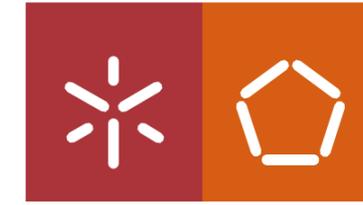




Aplicação dos princípios e práticas Lean Thinking e metodologia TRIZ no desenvolvimento de novos produtos

Franciane Ferreira do Nascimento

UMinho | 2022

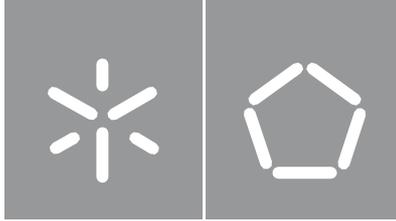


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Franciane Ferreira do Nascimento

Aplicação dos princípios e práticas Lean Thinking e metodologia TRIZ no desenvolvimento de novos produtos

março de 2022



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Franciane Ferreira do Nascimento

Aplicação dos princípios e práticas Lean Thinking e metodologia TRIZ no desenvolvimento de novos produtos

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação dos

Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

Professor Doutor Manuel José Lopes Nunes

março de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado saúde, discernimento e perseverança nesta caminhada.

Quero agradecer à minha família e amigos, agradeço por estarem sempre do meu lado, por acreditarem em mim e por tornarem tudo mais divertido. Ao meu pai e à minha mãe por serem o meu exemplo, por me transmitirem os valores certos, por me mostrarem que com muito trabalho conseguimos realizar os nossos objetivos. Obrigada por demonstrarem sempre o orgulho que têm em mim. Obrigada por tudo e por tanto.

Também quero agradecer à Professora Doutora Anabela Carvalho Alves, por desde a primeira conversa ter aceitado juntar-se a mim neste desafio, e ainda por ter indicado o Professor Doutor Manuel José Lopes Nunes para nos acompanhar ao longo dessa jornada. Por todas as críticas de melhoria, considerações que me faziam refletir, por toda a disponibilidade, o meu mais sincero obrigada. Sem a vossa contribuição não teria conseguido terminar este trabalho. Guardo estima, admiração e gratidão por cada um.

Agradeço também a todos os integrantes da empresa na qual o trabalho foi realizado que disponibilizaram parte do seu tempo para que este trabalho pudesse ser concluído.

Aos meus colegas de curso, e a todos os excelentes professores que fizeram parte deste curso obrigada por todas as partilhas, trocas de experiências e companheirismo. Tornaram este processo de aprendizagem muito mais rico e prazeroso.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste trabalho, o meu muito obrigada por tudo.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Aplicação dos princípios e práticas Lean Thinking e metodologia TRIZ no desenvolvimento de novos produtos

RESUMO

Em um mundo globalizado que vivemos, entregar produtos com rapidez e qualidade é fundamental para a sobrevivência das empresas, dessa forma este trabalho tem o objetivo principal de analisar a aplicação dos princípios e práticas do *Lean Thinking* e da metodologia TRIZ no desenvolvimento de novos produtos em um Centro de pesquisa e desenvolvimento do Polo Industrial de Manaus. Neste contexto, os objetivos específicos procuraram analisar as práticas atuais do Instituto XPTO, verificar o alinhamento das práticas atuais com os princípios e práticas do Lean Thinking, identificar oportunidades de melhorias usando a metodologia Lean através do mapeamento do fluxo de valor, utilizar a metodologia TRIZ para a solução de problemas durante o desenvolvimento de produtos, medir o grau de satisfação entre os membros participantes do projeto, aplicar as melhorias identificadas e demonstrar os resultados alcançados.

De modo a alcançar os objetivos definidos, foi aplicada a metodologia *Action Research*, que contempla cinco fases de desenvolvimento: diagnóstico, planejamento das ações, implementação de ação, avaliação e especificação de aprendizagem. A fase de diagnóstico consistiu na aplicação de questionário, mapa de fluxo de valor atual para que fosse possível determinar a situação atual do Instituto XPTO. Na fase de planejamento de ações, foram analisadas as respostas obtidas na aplicação do formulário, e com base nos três conceitos fundamentais do Pensamento *Lean*: valor, desperdício e princípios do *Lean* foram planejadas as ações necessárias para solução dos problemas identificados.

Na fase de implementação de ações procurou-se aplicar as metodologias mais apropriadas para a resolução do problema em estudo. Terminado esse passo, na fase de avaliação foi efetuada uma análise às soluções formuladas. Medidas importantes destes resultados foram tanto quantitativa quanto qualitativas, como a redução do tempo de desenvolvimento do produto e a melhoria da integração dos diversos departamentos envolvidos no processo de desenvolvimento de produto.

PALAVRAS-CHAVE

Desenvolvimento de produtos, Lean, TRIZ.

Application of Lean Thinking Principles and Practices and TRIZ Methodology in the Development of New Products

ABSTRACT

In the globalized world we live in, delivering products quickly and with quality is essential for the survival of companies, so this work has the main objective of analyzing the application of the principles and practices of Lean Thinking and the TRIZ methodology in the development of new products in a research and development center at the Manaus Industrial Pole. In this context, the specific objectives sought to analyze the current practices of the XPTO Institute, verify the alignment of current practices with Lean Thinking principles and practices, identify opportunities for improvement using the Lean methodology through value stream mapping, use the TRIZ methodology for solving problems during product development, measuring the degree of satisfaction among the members participating in the project, applying the identified improvements and demonstrating the results achieved.

In order to achieve the defined objectives, the Action Research methodology was applied, which includes five stages of development: diagnosis, action planning, action implementation, assessment, and learning specification. The diagnostic phase consisted of applying a questionnaire, a current value flow map so that it was possible to determine the current situation of the XPTO Institute. In the action planning phase, the answers obtained in the application of the form were analyzed and based on the three fundamental concepts of Lean Thinking: value, waste, and Lean principles, the necessary actions to solve the identified problems were planned.

In the implementation of actions phase, we tried to apply the most appropriate methodologies to solve the problem under study. After this step was completed, an analysis of the formulated solutions was carried out in the evaluation phase. Important measures of these results were both quantitative and qualitative, such as reducing product development time and improving the integration of the various departments involved in the product development process.

KEYWORDS

Product Development, Lean, TRIZ.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice.....	viii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xiv
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	3
1.3 Metodologia de investigação	4
1.4 Organização da dissertação.....	6
2. Revisão bibliográfica	7
2.1 <i>Lean Production</i>	7
2.2 Desenvolvimento do produto	12
2.2.1. Fases do processo e atividades.....	13
2.2.2. <i>Lean Product Development</i>	15
2.2.3. <i>Design for Excellence</i>	17
2.3 Metodologia TRIZ	18
2.3.1. Conceito de idealidade.....	18
2.3.2. Matriz de contradições e Princípios inventivos	18
2.4 Sinergia Lean e TRIZ	20
3. Apresentação do instituto.....	22
3.1 Área de atuação	22
3.2 Visão, missão e valores	22
3.3 Tipos de produtos	23
3.4 Estrutura organizacional	24
4. Descrição e análise crítica da situação atual.....	25

4.1	Funcionamento do departamento de pesquisa e desenvolvimento	25
4.1.1.	Departamentos e responsabilidades.....	25
4.1.2.	Fluxo de Informação	26
4.1.3.	Procedimentos existentes	27
4.2	Análise crítica e identificação de problemas	30
4.2.1.	Desperdícios identificados através da aplicação do mapeamento de fluxo de valor	30
4.2.2.	Desalinhamento das práticas atuais com os princípios Lean Thinking.....	34
5.	Apresentação de propostas	39
5.1	Propostas para o Processo de Desenvolvimento de Produtos	39
5.1.1.	Implementação de novos sistemas de gestão.....	40
5.1.2.	Modificação de metodologias	42
5.1.3.	Mapeamento do fluxo de valor futuro	44
5.2	Aplicação da metodologia TRIZ para solução de problemas.....	44
5.3	Proposta de melhorias na metodologia de desenvolvimento de produtos	47
5.3.1.	Aplicação dos princípios Lean – Pessoas, Processos e Ferramentas - no Pré-Desenvolvimento.....	49
5.3.2.	Aplicação do princípio Lean – Ferramentas – em algumas etapas do projeto.....	51
5.3.3.	Aplicação do princípio Lean - Processos – na etapa de Projeto Conceitual	52
6.	Análise e discussão dos resultados.....	53
6.1	Ganhos qualitativos	53
6.2	Ganhos quantitativos	54
6.3	Avaliação do trabalho realizado.....	55
7.	Conclusão	57
7.1	Conclusões e contribuição do trabalho desenvolvido	57
7.2	Limitações do trabalho desenvolvido e perspectivas de trabalho futuro	58
	Referências bibliográficas	59
	Apêndices	62
	Apêndice I – Formulários de pesquisa.....	63
	Apêndice II – Plano de Treinamento para a capacitação técnica dos líderes de projeto	64

Apêndice III – A3 PDCA para utilização na sala Obeya..... 65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fases do Action Research	5
Figura 2 - Fases de desenvolvimento de produto (Rozenfeld et al., 2006)	13
Figura 3 - Fórmula da idealidade criada por Altshuller	18
Figura 4 - Estrutura Organizacional do Instituto XPTO	24
Figura 5 - Atividades do Instituto XPTO.....	25
Figura 6 - Fluxo de Informação	26
Figura 7 - Fases Macro do Processo de Desenvolvimento de Produtos.....	28
Figura 8 - Entregáveis do Projeto Informacional.....	29
Figura 9 - Entregáveis do Projeto Conceitual	29
Figura 10 - Entregáveis do Projeto Detalhado.....	30
Figura 11 - Mapeamento do fluxo de valor atual do desenvolvimento do produto Smart Vent dentro do sub-processo Projeto Conceitual	32
Figura 12 - Respostas da Questão 1- O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido?.....	34
Figura 13 - Respostas da Questão 2 - Os clientes e demais Stakeholders (acionistas, funcionários, etc.), são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos?	35
Figura 14 - Respostas da Questão 3 - A preocupações iniciais, das partes interessadas em design e desenvolvimento do projeto, são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível?.....	35
Figura 15 - Respostas da Questão 4- As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas?	36
Figura 16 - Respostas da Questão 5- Produtos e Processos são desenvolvidos de forma simultânea?	36
Figura 17 - Respostas da Questão 6 - Produtos e Processos são desenvolvidos de forma simultânea?	37
Figura 18 - Planilha de Controle de Recursos Tecnológicos	40
Figura 19 - Exemplo de SharePoint Implementado.....	41
Figura 20 - Planilha de Controle das Lições aprendidas por Projeto.....	42
Figura 21 - Exemplo de Sistema de gestão de recursos humanos	43

Figura 22 - Mapeamento do Fluxo de valor Futuro do desenvolvimento do produto Smart Vent dentro do sub-processo Projeto Conceitual.....	44
Figura 23 – Produto Smart Control.....	45
Figura 24 - Suporte do motor – Antes e Depois.....	47
Figura 25 – Fluxo de processo para estabelecer as necessidades do cliente	50
Figura 26 - Exemplo de Kanban Board	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Definições de Lean Production.....	9
Tabela 2 - Sete Desperdícios.....	10
Tabela 3 - Diferentes áreas de aplicação do Lean.....	12
Tabela 4 - Princípios do Lean Product Development.....	16
Tabela 5 - Parâmetros de engenharia.....	19
Tabela 6 - Princípios Inventivos.....	20
Tabela 7 - Sinergia entre o Lean e TRIZ.....	21
Tabela 8 – Etapas realizadas para identificação de desperdícios	31
Tabela 9 – Classificação dos desperdícios e suas possíveis causas	32
Tabela 10 – Resumo das Conclusões das respostas obtidas.....	38
Tabela 11 - Plano de ação 5W2H para os problemas identificados no mapeamento do fluxo de valor	39
Tabela 12 – Análise do sistema técnico para o problema de ruído	46
Tabela 13 - Princípios e Ideias para solução do problema de ruído no projeto Smart Control	47
Tabela 14 – Comparativo de praticas atuais e recomendadas pelo Lean Product Development (LPD)	48
Tabela 15 - Demonstrativo das melhorias de redução do tempo de desenvolvimento.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

BI – *Business Intelligence*

C/T - *Calendar Time*

CT- *Cycle Time*

DFA - *Design for Assembly*

DFF - *Design for Fabrication*

DFM - *Design for Manufacturability*

DFM - *Design for Manufacturing*

DFR - *Design for Reliability*

DFSC - *Design for Supply Chain*

DFT - *Design for Test*

DFX - *Design For Excellence*

ERP - *Enterprise resource planning*

FMEA - *Failure Modes and Effects Analysis*

ID – *Identity document*

IoT - *Internet of Things*

JIT – *Just in Time*

LESA - *Lean Self Assessment*

LPD - *Lean Product Development*

MIT - *Massachusetts Institute of Technology*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

PDP – *Processo de Desenvolvimento de Produtos*

PI – *Princípios Inventivos*

PIM - *Polo Industrial de Manaus*

QFD - *Quality Function Deployment*

ST – *Sistema Técnico*

TPS - *Toyota Production System*

TRIZ - *Teória Rechénia Izobretátelskih Zadátchi*

VA - *Value Add*

VOC - *Volatile Organic Compound*

VSM - *Value Stream Map*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se o enquadramento sobre o tema estudado na dissertação, assim como os objetivos, a metodologia e a organização da dissertação.

1.1 Enquadramento

O Polo Industrial de Manaus (PIM) é um dos mais modernos centros industriais e tecnológicos em toda a América Latina, reunindo atualmente cerca de 600 indústrias de ponta nos segmentos Eletroeletrônico, Duas Rodas, Naval, Mecânico, Metalúrgico e Termoplástico, entre outros, que geram mais de meio milhão de empregos diretos e indiretos. A maioria das empresas do polo industrial de Manaus usam a transferência de tecnologia como um substituto da pesquisa e desenvolvimento interno de produtos, apenas adaptando tecnologias de processo de produção já desenvolvidas pelas empresas detentoras das tecnologias do produto, e/ou ainda desenvolvem produtos em suas matrizes no exterior (Suframa, 2017).

Para a sobrevivência num contexto onde a competição é predominante, as empresas pretendem melhorar constantemente o seu desempenho operacional (Knol et al., 2018). A globalização e o avanço tecnológico vêm tornando mais desafiador o cenário atual de mercado em que as organizações estão inseridas. Em conjunto com esses fatores, tem-se também a elevação do nível de exigência dos clientes, proporcionado pela maior quantidade de informação disponibilizada, assim como um maior número de possibilidades de produtos oferecidos. Essas tendências têm obrigado as organizações a desenvolver produtos diferenciados e introduzi-los no mercado da forma mais rápida possível (Wang, 2010).

Portanto, o processo de desenvolvimento de um produto implica a utilização de uma abordagem que mantenha ou aumente o seu desempenho e, ao mesmo tempo, crie valor de forma consistente para todos os envolvidos. Dessa forma dois conceitos são explorados que estão relacionados ao desenvolvimento de produtos que são o *Lean Thinking* (Womack and Jones, 1996) e a metodologia TRIZ (Altshuller, 1961).

Muitos estudos têm sido realizados de forma a expandir a aplicação dos princípios do *Lean Thinking* para o desenvolvimento de produtos. De acordo com Mascitelli (2004), *Lean* tem uma conotação muito específica e positiva: o ato de eliminar o desperdício sem valor agregado em toda a organização para permitir uma elevada produtividade, aumentar os lucros e melhorar a competitividade geral.

Mascitelli (2004) define valor como sendo o que os clientes pagam de bom grado. Como todo o objetivo do design de um novo produto é obter rentabilidade, o facto de os clientes pagarem pelo valor deve incentivar as organizações em criá-lo. O primeiro passo para definir o valor de um produto é identificar a solução. Cada produto é a solução para um problema. Quanto mais importante o problema, percebido pelos clientes, mais eles estão dispostos a pagar. Da mesma forma, quanto mais o *Lean* for destinado a efetivar a solução do produto, conforme percebida pelos clientes, mais estes estarão dispostos a pagar.

Com o intuito de promover a inovação sistemática e a procura de novas soluções envolvendo produtos mais eficientes e uma produção limpa tem sido utilizada a metodologia TRIZ (Alves, Sousa e Navas, 2020). TRIZ é uma técnica de inovação que os profissionais aplicam sistematicamente de acordo com um conjunto definido de princípios (Goldense, 2016). TRIZ é uma sigla em língua russa: *Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch*, que significa, literalmente, “Teoria da Resolução Inventiva de Problemas”. Esta metodologia nasceu nos anos quarenta e foi criada por Genrich Altshuller, na Rússia, sendo direcionada para a busca de ideias, através de uma abordagem sistemática da criatividade, para a solução de problemas inventivos (Altshuller, 1961).

Ao longo das últimas décadas, a TRIZ desenvolveu uma série de ferramentas que permitem criar/inventar e resolver problemas técnicos com diferentes níveis de complexidade. Atualmente é possível identificar várias ferramentas básicas da TRIZ, bem como outros métodos ou técnicas que se conjugam entre si para criar a inovação sistemática, como é o caso do *Lean* em simultâneo com a TRIZ (Krasnoslobodtsev, 2012). Portanto, pode referir-se que a metodologia TRIZ faculta ferramentas específicas, e que a auxiliam na análise dos conflitos verificados no desenvolvimento do produto (Almeida, 2008).

Para acelerar essa disseminação, foram feitas muitas tentativas para simplificar o método, algumas vezes integrando-o com outros métodos (como FMEA, QFD, *Lean*) que já estavam presentes nos organizações e aumentando a notoriedade do TRIZ, publicando estudos de caso bem-sucedidos (Spreafico e Russo, 2016).

De acordo com Spreafico e Russo (2016), o TRIZ continua sendo um método universal usado para muitas aplicações diferentes. É frequentemente usado para fortalecer outros métodos, não apenas nas fases iniciais do projeto, mas também nas fases de realização e para concretizar soluções finais (por exemplo, para colocar um produto no mercado).

O Instituto objeto de estudo nesta dissertação, designado de Instituto XPTO por questões de confidencialidade, tem como atividade principal a pesquisa e desenvolvimento de processos e produtos

na área de Biotecnologia e Tecnologia, e está presente no Polo Industrial de Manaus, no Estado do Amazonas. Fundado em 01 de dezembro de 2017, o instituto XPTO realiza a concepção e desenvolvimento de novos produtos no segmento de soluções tecnológicas tais como: IoT, *Digital Consumers*, Telecomunicações, entre outros.

O Instituto XPTO apresenta como um dos objetivos para os anos vindouros o desenvolvimento de novos produtos orientados para o mercado, de elevada qualidade e custo inferior, contribuindo para a inovação e evolução na cadeia de valor e desenvolvimento de relações de parceria com os clientes. Para tanto precisa ter metodologias de projeto que facilitem o desenvolvimento de um produto com eficiência e eficácia. Esta foi a principal razão para a investigação realizada nesta dissertação.

1.2 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação foi propor melhorias no processo de desenvolvimento de produto com aplicação de práticas de *Lean Thinking* e da metodologia TRIZ num centro de Pesquisa e Desenvolvimento, denominado de Instituto XPTO. Para concretizar este objetivo principal foi necessário:

- Analisar as práticas atuais do Instituto XPTO;
- Verificar o alinhamento das práticas atuais do instituto XPTO com os princípios e práticas do *Lean Thinking*;
- Identificar oportunidades de melhorias usando a metodologia *Lean* através do mapeamento do fluxo de valor;
- Utilizar a metodologia TRIZ para a solução de problemas durante o desenvolvimento de produtos;
- Medir o grau de satisfação entre os membros participantes do projeto;
- Aplicar as melhorias identificadas e demonstrar os resultados alcançados.

Concretizadas estas etapas, espera-se melhorar as seguintes medidas de desempenho:

- Reduzir o tempo de desenvolvimento dos produtos;
- Melhorar a integração dos diversos departamentos envolvidos no processo de desenvolvimento de produto;
- Aumentar a produtividade da equipa;
- Reduzir os custos de desenvolvimento.

Com o objetivo principal, pretendeu-se também propor uma metodologia, que poderia ser utilizada não só pelo instituto em estudo, mas também por outros institutos que queiram desenvolver produtos de

forma rápida, economicamente viáveis e inovadores, acelerando seus processos de desenvolvimento e lhe dando ferramentas necessárias para se tornarem cada vez mais competitivos.

1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação usada nesta dissertação foi a *Action Research*. A autora desta dissertação trabalha atualmente no instituto estudado, o que facilitou o estudo do problema e o atingir o objetivo desta dissertação, uma vez que esta metodologia de investigação é caracterizada pela intervenção do investigador na ação do local de investigação.

Cohen, Manion e Morrison (2011) citam que o escopo da *Action Research* como método é admirável, pois este pode ser usado em praticamente qualquer ambiente em que um problema envolva pessoas, tarefas e procedimentos que precisam de uma solução, ou quando alguma mudança de recurso resulta em um resultado mais desejável. Kemmis and McTaggart (1992) sugerem que a *Action Research* tem vários princípios chaves, dentre os quais podem citar-se os mais utilizados no presente trabalho:

- A *Action Research* estabelece comunidades autocríticas de pessoas que participam e colaboram em todas as fases do processo de pesquisa: o planeamento, a ação, a observação e a reflexão; visa construir comunidades de pessoas comprometidas em se esclarecer sobre a relação entre circunstância, ação e consequência em sua própria situação, e emancipar-se das restrições institucionais e pessoais que limitam seu poder de viver seus próprios valores educacionais e sociais legítimos;
- A *Action Research* envolve pessoas que teorizam sobre suas práticas - sendo curiosas sobre circunstâncias, ações e consequências e chegando a entender as relações entre circunstâncias, ações e consequências em suas próprias vidas;
- A *Action Research* requer que as pessoas testem suas práticas, ideias e suposições sobre instituições, reunindo evidências que poderia convencê-los de que suas práticas, ideias e suposições anteriores estavam erradas;
- A *Action Research* tem a mente aberta sobre o que conta como evidência (ou dados) - envolve não apenas manter registos que descrevam o que está acontecendo com a maior precisão possível, mas também coletar e analisar os próprios julgamentos, reações e impressões sobre o que está acontecendo;

- A *Action Research* permite construir registos de melhorias: registos de atividades e práticas em mudança, registos das mudanças na linguagem e no discurso em que se descrevem, explicam-se e justifica-se as práticas, registos das mudanças nas relações sociais e formas de organização que caracterizam e restringem as práticas, e registos do desenvolvimento no domínio da pesquisa-ação.
- A *Action Research* permite dar uma justificativa fundamentada do trabalho educacional aos outros porque podem mostrar como as evidências que foram coletadas e a reflexão crítica que foi realizada ajudaram a criar uma lógica desenvolvida, testada e criticamente examinada para o que estão fazendo.

Além dos princípios chave da *Action Research*, também é totalmente relevante citar que de acordo com Susman and Evered (1978), a *Action Research* pode ser vista como um processo cíclico com cinco fases: diagnóstico, planejamento de ações, implementação de ações, avaliação e especificação de aprendizado (Figura 1). Essas fases são seguidas no presente trabalho.

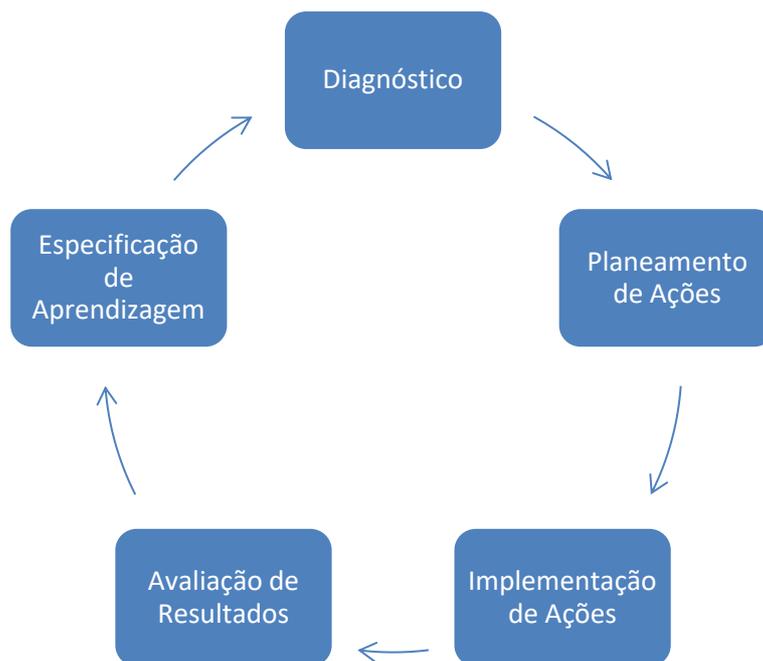


Figura 1 - Fases do Action Research

Assim, as fases são:

1. Diagnóstico: Foi investigado e estabelecido o problema que causava o desejo de mudança. A investigação se deu através de aplicação de questionário com os principais gestores envolvidos no desenvolvimento de novos produtos do Instituto XPTO. Esse questionário visou investigar qual o alinhamento do instituto com os princípios Lean, e para tanto foi utilizado um formulário adaptado do

Lean Self Assessment (LESAT) proposto pelo MIT em 2001 (Apêndice I), também na fase de diagnóstico foi usada a ferramenta de mapeamento de fluxo de valor com o intuito de determinar a situação atual da etapa de projeto conceitual e criar um novo valor eliminando os desperdícios encontrados;

2. Planeamento de Ações: nesta fase foram investigadas e planeadas as ações para resolver os problemas identificados, os quais estão listados no capítulo 4, a partir das respostas obtidas na aplicação do formulário, e baseando-se nos três conceitos fundamentais do Pensamento *Lean*: valor, desperdício e princípios do *Lean*;

3. Implementação de ações: aplicação de ferramenta de VSM do estado futuro com as propostas de melhorias nele incluídas e formuladas soluções para o problema em estudo;

4. Avaliação de Resultados: nesta fase foram analisadas e testadas as soluções formuladas e comparados os resultados obtidos;

5. Especificação de Aprendizagem: esta fase serviu para especificar o conhecimento resultante de cada fase, que se refletiu na escrita da dissertação, assim como o debate entre “resultados atingidos vs. resultados esperados” com referência às propostas de melhoria para trabalho futuro.

Importa realçar que durante a primeira fase do diagnóstico foi realizada em simultâneo uma revisão bibliográfica de algumas teorias e conceitos que suportaram a investigação realizada ao longo da dissertação.

1.4 Organização da dissertação

Além da introdução, a dissertação tem seis capítulos. O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica abordando os conceitos existentes na literatura acerca de *Lean Production*, Desenvolvimento de Produto, *Lean Product Development* e Metodologia TRIZ.

O capítulo 3 apresenta o Instituto XPTO, destacando a área de atuação, a visão, missão e valores, os tipos de produtos e a estrutura organizacional.

No capítulo 4 são apresentadas a descrição e a análise crítica da situação atual, com ênfase no funcionamento do departamento de pesquisa e desenvolvimento e na análise crítica e identificação de problemas.

O capítulo 5 traz a apresentação de propostas. No capítulo 6 são discutidos e analisados os resultados e o capítulo 7 traz as conclusões e o trabalho futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se a história do *Lean Production*, Desenvolvimento de Produto, *Lean Product Development*, contemplando uma revisão da literatura centrada nas origens de seus princípios, mostrando a descrição do que é valor, fluxo de valor, fluxo, sistema *pull*, perfeição da busca. É dada também uma ênfase especial à metodologia TRIZ com intuito de promover a inovação sistemática e a procura de novas soluções para o desenvolvimento de novos produtos.

2.1 *Lean Production*

Esta secção apresenta de forma sucinta as origens do *Lean*, que surgiu na empresa Toyota, dentro do *Toyota Production System*, abordando algumas definições de *Lean Production*, os conceitos de desperdício e valor e os princípios da *Lean Thinking*.

2.1.1 Origem de *Lean Production*

Os princípios básicos e intrínsecos do TPS são representados por uma casa, denominada casa TPS, onde os pilares dessa casa são os conceitos de *Just in Time*, *Pull system* e *Jidoka*. Para além dos seus pilares, a casa TPS engloba outros conceitos que funcionam como a base da casa, tais como: *Heijunka* (japonês para produção nivelada), os processos estáveis estandardizados, e no centro desta, para garantir estabilidade o *Kaizen* (*Kai* que significa melhoria e *Zen* continua), os ciclos PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), a gestão visual, entre outros (Liker & Morgan, 2006).

Após a Segunda Guerra Mundial devido a diminuição de material e a elevada competitividade com a Ford, o Japão precisava se reinventar. A indústria japonesa neste contexto sofria com uma produtividade reduzida na sua linha de fábrica e o ponto de partida para a melhoria era maximizar a eficiência na produção e diminuir o índice de desperdício (Arai, 1984). Foi nesse cenário que surgiu *Lean Production*, ligada ao sistema de produção da empresa Toyota e tendo como base para a fundamentação conceitual.

Sakichi Toyoda foi um inventor e empresário japonês que viveu entre 1867 e 1930, chamado de rei dos inventores japoneses e pai da revolução industrial japonesa. Sakichi morava em um povoado de camponeses no qual as mulheres trabalhavam em teares. Em 1896, ele desenvolveu a invenção que ficou mais famosa que é o tear mecânico automático, invenção na qual foi aplicado o princípio de *Jidoka* (autonomação), que significa que a máquina para automaticamente, toda vez que ocorre um problema. Esse princípio, mais tarde, se tornou uma das ferramentas chave do Sistema de Produção da Toyota

Industries Co., Ltd. O sucesso dessa invenção, juntamente com o reduzido custo foi logo reconhecido pela companhia exportadora Mitsui, que assinou um contrato para comercializar os teares de Toyoda.

Sakichi Toyoda também é o fundador da Toyota Industries Co., Ltd. e o desenvolvedor do conceito de 5 Porquês que determina que, diante da ocorrência de um problema, deve-se perguntar "porquê" cinco vezes com o objetivo de tentar encontrar a fonte do problema e, em seguida, atuar na fonte do problema a fim de eliminar definitivamente evitando nova ocorrência.

No ano de 1907, Sakichi fundou a empresa Toyoda Loom Works com um capital de 1 milhão de ienes. Três anos mais tarde, Sakichi viajou aos Estados Unidos e se interessou pela complexidade de um novo produto, o automóvel (Reishauer, 1977).

Quando voltou ao Japão, Sakichi fundou a Toyoda Spinning and Weaving Co. Ltd. Em 1929, Toyoda vendeu os direitos de suas patentes (de teares) para a empresa britânica Platt Brothers e encarregou seu filho Kiichiro dos investimentos na indústria de automóveis. Após um ano, Sakichi faleceu e Kiichiro começou a trabalhar no desenvolvimento de motores de combustão à gasolina. No ano de 1932 Kichiro fundou a Divisão Automobilística da Toyota Automatic Loom Works e, no ano de 1937, Kiichiro produziu o primeiro protótipo de automóvel e estabeleceu os pilares para a fundação da Toyota Motor Company Ltd. (Reishauer, 1977).

Taiichi Ohno foi um engenheiro mecânico (nascido na China, mas de pais japoneses) que viveu entre 1912 e 1990 e é reconhecido como o maior responsável pela criação do Sistema Toyota de Produção (Ohno, 1997).

Também foi o desenvolvedor do sistema *Just in Time* (JIT) nas décadas de 1950 e 1960. *Just in time* refere-se a um sistema de administração da produção que determina que nada deve ser produzido, transportado ou comprado antes da hora certa. *Just in time* é um termo inglês, que significa literalmente "na hora certa" ou "momento certo". Nessa época a Toyota buscava um sistema que proporcionasse a produção de maiores variedades de automóveis sem aumento de custos. O elevado grau de eficiência vem do sistema criado em 1938 por Toyoda que ficou conhecido como *Just in Time*, uma ideia inovadora, na qual as peças chegavam à linha de produção na hora da montagem e na quantidade exata.

O raciocínio do senhor Ohno foi que se o tempo necessário para a mudança de uma peça para outra fosse bastante reduzido, as mudanças na linha de produção poderiam ser feitas com maior frequência. Dessa forma, era possível fabricar mais modelos, podendo-se encurtar as longitudes de séries e minimizar estoques e inatividade dos trabalhadores.

2.1.2 Definições de *Lean Production*

Desde o surgimento do conceito até à atualidade, a popularidade do *Lean Production* tem aumentado de forma espantosa. Se inicialmente era apenas aplicado às empresas industriais (tendo daí resultado designações como *Lean Manufacturing*), já se tornou um modelo organizacional comprovado, implementado em diferentes setores e serviços (Alves et al., 2012). O *Lean Production* pode ser definido como uma estratégia produtiva que tem como principal fundamento a eliminação ou minimização de atividades que não agregam valor ao produto final.

Outros termos utilizados para nomear o *Lean Production* são: TPS, *Lean Manufacturing*, Produção *Lean* ou ainda *Lean Thinking* (Rooney e Rooney, 2005). Algumas definições de *Lean Production* encontram-se na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Definições de Lean Production

Referencia	Definição
Lean Enterprise Institute, 2007, p.20	Um conjunto de princípios, práticas e ferramentas usadas para criar um valor preciso ao consumidor – sendo estes um produto ou serviço com melhor qualidade e poucos defeitos – com menos esforços humanos, menos espaço, menos capital e menos tempo do que os sistemas tradicionais de produção em massa
National Institute of Standards and Technology – NIST, 2000	Uma abordagem sistemática para identificar e eliminar os desperdícios por meio de um processo de melhoria contínua em busca da perfeição a partir das necessidades dos clientes
Rodrigues, 2004, p.19	Um sistema de medidas e métodos que trazem benefícios na indústria como um todo e proporcionam um sistema produtivo competitivo, atacando principalmente o desenvolvimento de produtos, a cadeia de suprimentos, o gerenciamento de chão de fábrica e os serviços pós-venda
Costa et.al , 2018	Produção Lean é um termo usado para definir um sistema de produção mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa e habilitado a enfrentar um mercado em constante mudança
Alves et al. 2012	Modelo em que as pessoas assumem o papel de pensadores e a partir desse envolvimento promovem a melhoria contínua, garantindo uma maior agilidade para enfrentar as demandas de mercado e um ambiente de mudanças
Marodin et al., 2018	Sistema gerencial formado por dois níveis de abstração: princípios e práticas

A base fundamental do *Lean Production* é a busca contínua da eliminação de todas as perdas que existem no processo de produção que são totalmente desnecessárias e geradoras de custo, dando maior foco nas atividades que agregam valor para o cliente. Os dois princípios básicos do *Lean Production* são o princípio do não-custo e a lógica das perdas (Ohno, 1997). Este conceito é usado até hoje como parte da aplicação de metodologias *Lean* para resolver problemas, melhorar a qualidade e reduzir desperdícios (Reishauer, 1977).

Esse princípio surgiu logo depois da primeira crise do petróleo que ocorreu em 1973, momento no qual a demanda tornou-se determinada pela exigência de produtos cada vez mais diferenciados, que apresentassem um nível superior de qualidade, pelos prazos de entrega cada vez menores e pelos preços compatíveis. Os fabricantes de bens de consumo não poderiam mais sustentar o “princípio de custo” que era o vigente antes da crise (Ghinato, 1996).

O princípio de custo, expresso pela fórmula: $PREÇO = CUSTO + LUCRO$, definia que o preço imposto no mercado era o resultado de um custo somado a uma margem de lucro pretendida. Porém, com o aumento das dificuldades das condições de mercado, os consumidores começaram a ter maior poder de escolha, tendo como consequência o poder de determinar o preço de venda (Ohno, 1988). Dessa forma a lucratividade passou a ser definida como a diferença entre o preço de venda e o custo de fabricação (Ghinato, 1996). A nova lógica passou a ser representada pela fórmula $PREÇO - CUSTO = LUCRO$, demonstrando que a única forma de aumentar o lucro é através da redução dos custos.

2.1.3 Conceito de desperdício e valor

O desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não contribui para as operações como, por exemplo, espera, acumulação de peças semiprocessadas, recarregamentos, passagem de materiais de mão em mão, etc. (Shingo, 1996). A fim de identificar e reduzir as perdas, Ohno (1997) e Shingo (1996) estabelecem sete tipos de desperdícios (**Tabela 2**).

Tabela 2 - Sete Desperdícios

Desperdício	Definição
Superprodução	produzir excessivamente ou cedo demais, o que resulta em um fluxo reduzido de peças e informações ou excesso de inventário
Espera	longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo reduzido, bem como em <i>lead times</i> longos;
Transporte	movimento excessivo de pessoas, informação ou peças, o que resulta em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia
Processamento	utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva
Movimentação desnecessária	desorganização do ambiente de trabalho o que resulta em baixo desempenho dos aspectos ergonômico e perda de itens
Defeitos	problemas frequentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto ou reduzido desempenho na entrega
Inventário Desnecessário	armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e reduzido desempenho do serviço prestado ao cliente

Dessa forma, a eliminação dos desperdícios é tido como a base para o processo de *Lean Thinking* dentro das empresas, logo deve-se procurar elimina-las uma vez que só aumentam os custos sem agregar valor, ou seja, são as atividades que não agregam valor ao produto.

2.1.4 Princípios do Lean Thinking

A designação *Lean Thinking* foi pela primeira vez utilizada por Womack e Jones (1996) no livro com o nome “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*”. James Womack e Daniel Jones passaram a década de 1980 no Japão, a estudar os seus métodos de trabalho e de gestão. Desse estudo resultou uma obra de referência designada por “The machine that changed the world” em 1990 (Womack et al., 1990).

Womack e Jones (1996) declaram que as empresas, se querem implementar *Lean Thinking* devem seguir cinco princípios: identificar o valor; mapear o fluxo de produção e identificar os desperdícios; implantar o fluxo contínuo; deixar o cliente puxar a produção e buscar a perfeição, descritos e relacionados a seguir.

O ponto de partida para o *Lean Thinking* é a definição de valor. É importante ressaltar que a definição de valor é feita pelo cliente e não pela empresa. O valor é gerado pela necessidade de algo, que cabe a empresa identificar e satisfazer, ganhando o direito de cobrar por isso um preço específico que possibilite a manutenção da instituição no mercado e a obtenção de lucros através de melhorias contínuas, tanto nos processos quanto nos produtos, com a redução dos custos e melhoria da qualidade (Womack e Jones, 1996).

Mapear ou desenhar um fluxo de valor (segundo princípio) significa identificar e separar todas as atividades da cadeia produtiva e os processos em três categorias:

- Aqueles que geram valor;
- Aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade dadas as condições atuais destes;
- Os que não agregam valor e devem ser eliminados (puro desperdício).

Ter fluxo contínuo (terceiro princípio) é uma etapa complexa do processo, que se refere a uma sequência linear das principais operações na fabricação de um produto. Nesse sentido, a execução do trabalho advém de uma sequência já estabelecida. É preciso prover “fluidez” aos processos. A consequência de criar fluxos contínuos é a redução nos tempos de fabricação dos produtos, de processamento de pedidos e redução dos estoques (Lean Institute Brasil, 2007).

O quarto princípio designa-se por produção puxada à inversão do fluxo de informação. Isso significa que as empresas não mais empurram seus produtos para os clientes (o que gera grandes estoques), ao

contrário passam a puxar o fluxo de valor, com a conseqüente redução de estoques e valorização dos produtos. Este ponto deve ser a meta constante de todos os que estão envolvidos (fornecedores, fabricantes, distribuidores, revendedores) no fluxo de valor, que devem conhecer o processo como um todo para que possam buscar a melhor maneira de gerar valor. A melhoria contínua (*Kaizen*) deve ser almejada sempre em direção a um estado ideal, sendo este o quinto princípio, procurar a perfeição (Womack e Jones, 1996).

Mesmo que esse sistema de produção tenha-se originado na indústria, pode ser aplicado em diferentes áreas, tais como se pode ver na **Tabela 3** (Alves et al., 2017).

Tabela 3 - Diferentes áreas de aplicação do Lean

Area de aplicação do Lean	Definição
<i>Lean Services</i>	aplicado à prestação de serviços (escritórios, hospitais, educação, restaurantes, ...)
<i>Lean Office</i>	aplicado a processos administrativos em escritório; normalmente está incluído na primeira categoria
<i>Lean Higher Education</i>	aplicado a processos de universidades; normalmente está incluído na primeira categoria
<i>Lean Construction</i>	aplicado à construção de casas, estradas, pontes, navios e outros produtos de grande dimensão em um layout de tipo de site fixo (ou projeto)
<i>Lean Green</i>	aplicado para alcançar o desenvolvimento sustentável (kits de ferramentas dos EUA -EPA)
<i>Lean Coaching</i>	aplicada a recursos humanos, treinamento e desenvolvimento de pessoas
<i>Lean Six Sigma</i>	aplicado à melhoria de processos
<i>Lean Supply Chain Management/Lean Logistics</i>	aplicado à cadeia de abastecimento e gerenciamento de armazenagem
<i>Lean Accounting</i>	aplicado a contabilidade
<i>Factory of One/Personal Kanban/Personal Management</i>	aplicado ao desempenho individual
<i>Lean Startup</i>	aplicada ao desenvolvimento de software e empreendedorismo
<i>Lean Project Management</i>	aplicado à gestão de projetos
<i>Lean Leadership</i>	aplicado à liderança
<i>Lean Product Development</i>	aplicado ao desenvolvimento de produto
<i>Lean Education</i>	aplicado ao programa de educação, concepção e entrega de currículo.
<i>Lean-TRIZ</i>	combinou a metodologia Teoria da Resolução Inventiva de Problemas com Lean

Womack e Jones (2016) afirmam que o *Lean Thinking* é um poderoso antídoto para os desperdícios, que são essencialmente qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor.

2.2 Desenvolvimento do produto

Esta secção apresenta as fases do processo de desenvolvimento de produto, mostrando as fases do processo e suas principais atividades.

2.2.1. Fases do processo e atividades

De acordo com Kaminski (2000) existe um conjunto de atividades que constitui o processo de desenvolvimento de produtos, que envolve praticamente todas as áreas de uma empresa, e o principal objetivo é transformar as necessidades de mercado em produtos ou serviços que as atendam e que sejam viáveis do ponto de vista econômico.

Conforme Rozenfeld et al. (2006), existem três grandes Macro Fases no Processo de Desenvolvimento de Produtos: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós- desenvolvimento.

Na Macro fase de pré-desenvolvimento de produtos estão as atividades e o período que se encontram desde a geração de uma ideia inicial para um novo produto até a decisão de uma empresa de investir no desenvolvimento do produto cujo conceito recebeu a aprovação (Brentani & Reid, 2012). No pré-desenvolvimento, as atividades se iniciam com o reconhecimento de oportunidades, o alinhamento estratégico do novo produto com as estratégias competitivas de uma empresa, a coleta de informações de mercado e as avaliações prévias sobre o mercado e sobre a tecnologia a ser adotada no novo produto. A finalização dessa fase ocorre com a execução das atividades de definição do conceito do produto, planejamento do projeto e análise inicial de viabilidade técnica e comercial (Brentani & Reid, 2004 cf. Costa, 2016).

Segundo Rozenfeld et al. (2006) na Macro fase de desenvolvimento existem cinco subfases: Projeto Informacional; Projeto Conceitual; Projeto Detalhado; Preparação da Produção e Lançamento do Produto, como demonstrado na **Figura 2**.

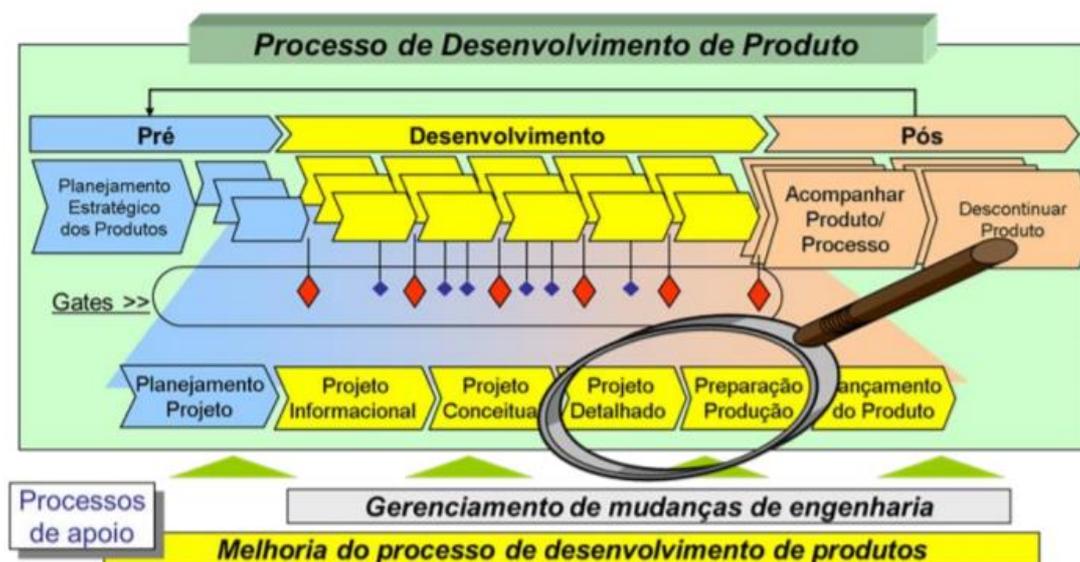


Figura 2 - Fases de desenvolvimento de produto (Rozenfeld et al., 2006)

Nessa representação pode-se observar que a fabricação dos primeiros protótipos ocorre na subfase de Preparação de Produtos e as demais subfases tem a responsabilidade de assegurar sua manufaturabilidade. Porém, as fases anteriores têm a responsabilidade pela qualidade das informações transmitidas ao desenvolvimento.

Na Macro fase de pós-desenvolvimento explora-se o acompanhamento do produto e do processo e também a revelação e consciência do instante para que seja descontinuado do mercado.

De acordo com o modelo proposto por Rozenfeld et al. (2006) o processo de desenvolvimento de produtos dá-se a partir da coleta de informações sobre as necessidades e deficiências de mercado. Tais informações são transformadas em ideias e posteriormente em projetos e protótipos necessários para a produção de um produto (Clark e Fujimoto, 1991 cf. Araujo, 2006).

Ainda segundo Rozenfeld et al. (2006) é necessário que o pré-desenvolvimento esteja alinhado com a estratégia do instituto e que garanta que ideias de todos os envolvidos com os produtos (clientes internos e externos e demais responsáveis pelo PDP no instituto como engenharia de produto, marketing, etc.), oportunidades e restrições sejam sistematicamente transformados em um conjunto de possíveis projetos, ou seja, o portfólio dos produtos que deverão ser desenvolvidos.

Esta Macro fase ainda se subdivide em: fase de planejamento estratégico dos produtos e fase de planejamento do processo. Assim, podemos perceber que o pré-desenvolvimento faz a ligação do objetivo do Instituto XPTO com os produtos desenvolvidos.

Após a definição do portfólio e o planejamento dos projetos inicia-se a Macro fase de desenvolvimento, que tem as seguintes fases (Rozenfeld et al, 2006 cf. Costa, 2010):

a) Projeto informacional: com base nas informações coletadas na Macrofase anterior (pré-desenvolvimento) são desenvolvidas as especificações-meta do produto, ou seja, as características técnicas que o produto deverá ter para o atendimento da necessidade do consumidor. Após o estabelecimento das especificações-meta são determinados os critérios de avaliação para a tomada de decisões das próximas fases do desenvolvimento;

b) Projeto conceitual: esta fase está relacionada com a busca, criação, representação e seleção de informações, sendo iniciada com a atualização das especificações-meta. A busca consiste em benchmarking. A criação é orientada pelas necessidades e requisitos do produto. A representação por sua vez, acontece juntamente com a criação e é elaborada através de desenhos ou esquemas podendo

ser manuais ou com auxílio computacional. Por fim, é executada a seleção de informações baseada em métodos adequados às necessidades previamente definidas. Assim, nesta fase é elaborado e definido o conceito do produto, que é constituído por: integração dos princípios de solução; arquitetura, layout, estilo de produto etc;

c) Projeto detalhado: nesta fase são desenvolvidas e finalizadas todas as especificações do produto ou processo, que serão depois enviados à manufatura e demais fases do desenvolvimento. É nesta fase que as especificações finais do produto quanto aos desenhos, tolerância, plano de processo, material de suporte ao produto, projeto das embalagens e seu término de vida são obtidas. É importante destacar que é nesta subfase do desenvolvimento que é assegurado o sucesso do produto, já que é nela que são detalhadas todas as especificações para o desenvolvimento do protótipo para que na fase seguinte seja avaliada a sua manufaturabilidade, ou seja, capacidade de ser fabricado e reproduzido. O desenvolvimento de protótipo é parte das fases de projeto detalhado e preparação;

d) Preparação para produção: inicia os produtos no mercado nas condições de manufatura atendendo aos requisitos definidos nas fases anteriores. Contempla a obtenção de recursos de fabricação, produção piloto (protótipo), otimização da produção, especificação dos processos e manutenção, e capacitação de pessoal. Os protótipos são produzidos e testados e posteriormente homologados. Homologar significa verificar se estes protótipos atendem todos os requisitos anteriormente definidos e/ou padrões específicos da indústria (Rozenfeld et al., 2006). Entretanto, é preciso verificar se a empresa possui capacidade de produzir os produtos com a mesma qualidade do produto piloto atendendo às mesmas necessidades e requisitos dos clientes ao longo do seu ciclo de vida.

e) Lançamento do produto: aqui ocorre a inserção do produto no mercado garantindo os serviços de atendimento ao cliente e assistência técnica, levando em consideração também as campanhas de marketing;

f) Após a conclusão das duas primeiras Macrofases inicia-se a Macrofase de pós-desenvolvimento, momento no qual a empresa busca alcançar suas metas de desempenho. Envolve duas fases: Acompanhar o produto e processo e descontinuar o produto (Rozenfeld et al. 2006 cf. Costa, 2010).

2.2.2. *Lean Product Development*

O *Lean Product Development* surgiu a partir da conscientização, de que uma vez que as empresas tem sucesso na fabricação dos produtos, o próximo passo deve ser trabalhar na parte do design do produto

(Liker & Morgan, 2011). Nesse contexto, torna-se uma ferramenta que auxilia as empresas a desenvolver o fluxo de valor de um desenvolvimento de produto contínuo e fluido com desperdícios mínimos, puxados pelo cliente (Wang et al, 2012).

Quando aplicada ao desenvolvimento de produtos, a abordagem *Lean* leva a maior flexibilidade, dinamismo e interação entre equipes, além de menores tempos de desenvolvimento (Rossi et al., 2017; Wang et al., 2012).

Morgan e Liker (2006) publicaram um livro que apresenta como a Toyota faz o seu desenvolvimento de produto, detalhando os métodos específicos que os engenheiros da Toyota usam. O *Lean Product Development* de Morgan e Liker (2006) é composto de três subsistemas que estão interrelacionados e são interdependentes: processos, pessoas e ferramentas (**Tabela 4**).

Tabela 4 - Princípios do *Lean Product Development*

Principais SubSistemas	Princípio	Descrição
Processo	1. Estabeleça o valor definido pelo cliente para separar o valor agregado do desperdício	<i>Lean</i> é uma jornada sem fim de eliminação de desperdícios. O desperdício não é um valor agregado definido pela primeira definição do valor para o cliente.
	2. Dê início ao processo de desenvolvimento do produto para explorar completamente as soluções alternativas enquanto houver espaço máximo para o projeto.	Definir o problema errado ou convergência prematura na solução errada terá custos ao longo do ciclo de vida do produto. Reservar um tempo para explorar alternativas exaustivamente e resolver problemas antecipados na causa raiz tem benefícios exponenciais.
	3. Crie um Fluxo de Processo de Desenvolvimento de Produto nivelado	O nivelamento do fluxo começa com a estabilização do processo para que ele possa ser previsto e planejado de forma adequada. Isso permite o planejamento do produto para reduzir oscilações violentas na carga de trabalho. As oscilações previsíveis da carga de trabalho podem ser administradas por meio de <i>pools</i> de mão de obra flexíveis.
	4. Utilizar padronização rigorosa para reduzir a variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis.	A padronização é a base para a melhoria contínua. A padronização do produto e do processo é a base para todos os outros princípios do processo
Pessoas	5. Desenvolva um “Sistema de Engenheiro Chefe” para integrar o desenvolvimento do início ao fim.	O engenheiro-chefe é o arquiteto mestre com autoridade e responsabilidade final por todo o processo de desenvolvimento do produto. O engenheiro-chefe é a fonte abrangente de integração de produtos e processos.
	6. Organize-se para equilibrar a experiência funcional e a integração multifuncional.	Experiência funcional profunda combinada com objetivos superiores e o sistema de engenheiro-chefe fornecem o equilíbrio procurado pela organização matricial.
	7. Desenvolva uma competência técnica elevada em todos os engenheiros.	Os engenheiros devem ter profundo conhecimento especializado do produto e do processo que vem da experiência direta no <i>gemba</i> .
	8. Integre totalmente os fornecedores ao sistema de desenvolvimento de produtos.	Os fornecedores de componentes devem estar perfeitamente integrados ao processo de desenvolvimento com recursos e cultura compatíveis.

Principais SubSistemas	Princípio	Descrição
Pessoas	9. Incremente o aprendizado e a melhoria contínua.	O aprendizado organizacional é uma condição necessária para a melhoria contínua e se baseia em todos os outros princípios.
	10. Construa uma cultura para apoiar a excelência e a melhoria implacável.	Excelência e <i>kaizen</i> na análise final refletem a cultura organizacional.
Ferramentas	11. Adapte a tecnologia para se adequar ao seu pessoal e processo.	A tecnologia deve ser customizada e sempre subordinada às pessoas e aos processos.
	12. Alinhe sua organização por meio de uma comunicação visual simples.	Metas alinhadas devem ser colocadas em cascata e a solução conjunta de problemas é possibilitada por uma comunicação visual simples.
Ferramentas	13. Use ferramentas poderosas para padronização e organização Aprendendo.	Ferramentas poderosas podem ser simples. Seu poder vem de permitir a padronização, que é necessária para o aprendizado organizacional.

Com esses subsistemas e princípios, Morgan e Liker (2006) demonstram uma descrição precisa do sistema de desenvolvimento Toyota que possa servir como referência para a criação de sistemas de desenvolvimento de produtos que ofereçam alto desempenho em outras empresas e outros setores, porém cada setor e cada empresa terão que desenvolver uma interpretação do sistema de desenvolvimento Toyota que funcione em seu próprio ambiente.

2.2.3. *Design for Excellence*

Vários autores, entre eles Oppenheim et al., (2011), Khan et al., (2011) e Wang et al. (2012) designam o *Design for Excellence* como uma das práticas do *Lean Development Product*.

Wang et al (2012) explicam que *Design for Excellence*, também conhecido pela sigla DFX ou *Design for X*, significa projetar produtos que são mais fáceis de fabricar, montar, manter, desmontar, reparar, reutilizar, reformar e reciclar enquanto atendem, entre outras coisas, às dimensões, ao custo e ao valor desejados.

Em suma, é uma metodologia que traz regras, procedimentos e métodos para guiar os projetistas a fim de que eles atendam todos os requisitos do mercado e consumidor final. Na sigla DFX, o X é o atributo principal para o qual o projeto estará focado durante o desenvolvimento, com o principal objetivo de buscar a excelência, nestes podem incluir: *Design for Supply Chain* (DFSC), *Design for Reliability* (DFR),

Design for Fabrication (DFF), Design for Assembly (DFA), Design for Manufacturability (DFM), Design for Test (Bralla, 1996).

2.3 Metodologia TRIZ

A metodologia TRIZ foi desenvolvida por G.S. Altshuller, durante os anos 40-70. Este, e seus colaboradores, procuraram definir quais os processos envolvidos na obtenção das soluções criativas contidas nas patentes, estudando problemas que haviam sido resolvidos de forma criativa, e procurando retirar deles informações que pudessem ser utilizadas para a solução de outros problemas (López et al., 2005).

De acordo com Savransky (2000): “TRIZ é uma metodologia sistemática, orientada ao ser humano, baseada em conhecimento, para a solução inventiva de problemas.” Fundamentalmente a metodologia se baseia no conceito de idealidade, contradição e recursos, descritos nas secções seguintes.

2.3.1. Conceito de idealidade

Altshuller (1979) afirma que os sistemas em geral tendem a evoluir buscando aumentar a idealidade, sendo esta a razão entre a soma de todas as funções desejadas, pela soma de todas as funções indesejadas. Desta maneira os sistemas tendem a se tornar mais eficientes, económicos, de menor dimensão, menos poluentes, etc. A fórmula de idealidade está dada pela **Figura 3**.

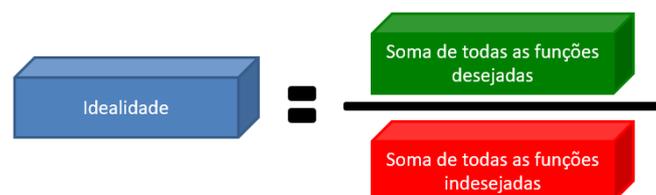


Figura 3 - Fórmula da idealidade criada por Altshuller

Segundo Malkin e Malkin (2003), esta busca pela idealidade, leva ao grau mais próximo da perfeição, o que significa que só existe um estado ideal. Porém classificá-lo pode ser um problema, uma vez que, depende do ponto de vista, ou das condições do problema analisado. Nota-se em todos os casos que não existe a necessidade do sistema, mas sim da função que ele realiza.

2.3.2. Matriz de contradições e Princípios inventivos

O conceito de contradição é uma consequência da primeira lei da dialética, a lei da unidade dos opostos (Altshuller, 1979). Este autor demonstrou que as partes dos sistemas técnicos se desenvolvem de forma

não uniforme, o que provoca o surgimento de contradições. A evolução de tais sistemas envolve a resolução de contradições.

Assim sendo um problema técnico inventivo é definido por contradições. Desta maneira se não há contradições, não há problema técnico inventivo. As contradições técnicas são aquelas em que quando alguma coisa melhora, outra fica pior. Na **Error! Reference source not found.** estão os parâmetros de engenharia.

Tabela 5- Parâmetros de engenharia

1 Peso do objeto em movimento	2 Peso do objeto parado
3 Comprimento do objeto em movimento	4 Comprimento do objeto parado
5 Área do objeto em movimento	6 Área do objeto parado
7 Volume do objeto em movimento	8 Volume do objeto parado
9 Velocidade	10 Força
11 Tensão ou pressão	12 Forma
13 Estabilidade da composição	14 Resistência
15 Duração da ação do objeto em movimento	16 Duração da ação do objeto parado
17 Temperatura	18 Brilho
19 Energia gasta pelo objeto em movimento	20 Energia gasta pelo objeto parado
21 Potência	22 Perda de energia
23 Perda de substância	24 Perda de informação
25 Perda de tempo	26 Quantidade de substância
27 Confiabilidade	28 Precisão de medição
29 Precisão de fabricação	30 Fatores externos indesejados
31 Fatores indesejados causados pelo objeto	32 Manufaturabilidade
33 Conveniência de uso	34 Manutenibilidade
35 Adaptabilidade	36 Complexidade do objeto
37 Complexidade de controle	38 Nível de automação
39 Capacidade ou produtividade	

Demarque (2005) cita exemplos de contradições técnicas na indústria automobilística:

- O veículo deve ter motor potente e consumir pouco combustível;
- O veículo deve ter grande aceleração e consumir pouco combustível;
- O veículo elétrico para rodar grandes distâncias necessita de baterias maiores e mais pesadas que comprometem a sua autonomia.

O método dos princípios inventivos idealizado por Altshuller (1969) é o mais difundido dos métodos da TRIZ. Os princípios inventivos (PI) são sugestões de possíveis soluções para um determinado problema. Tais princípios foram obtidos a partir da generalização e agrupamento de soluções repetidamente

utilizadas na criação, desenvolvimento e melhoria de sistemas técnicos de diferentes áreas. Esse trabalho foi feito a partir da análise de uma grande quantidade de patentes.

Altshuller partiu da pesquisa de duzentas mil patentes, das quais classificou quarenta mil como inventivas. Da análise destas quarenta mil patentes derivaram os conceitos que dão sustentação para a TRIZ (Kowallic, 1997).

De acordo com Carvalho e Black (2001), os princípios inventivos são investigativos, ou proposta, de possíveis soluções para um determinado problema. Nesse sentido, os princípios inventivos são apresentados na **Tabela 6**.

Tabela 6 - Princípios Inventivos

1 Segmentação ou fragmentação	11 Amortecimento prévio
2 Extração	12 Equipotencialidade
3 Qualidade Local	13 Inversão
4 Assimetria	14 Esferoidicidade
5 Consolidação	15 Dinamização propriedades
6 Universalidade	16 Ação parcial ou excessiva
7 Aninhamento	17 Mudança para uma nova dimensão
8 Contra-peso	18 Vibração mecânica
9 Compensação prévia	19 Ação periódica
10 Ação prévia	20 Continuidade da ação útil
21 Aceleração	31 Uso de materiais porosos
22 Transformação de prejuízo em lucro	32 Mudança de cor
23 Retroalimentação	33 Homogeneização
24 Mediação	34 Descarte e regeneração
25 Auto-serviço	35 Mudança de parâmetros e propriedades
26 Cópia	36 Mudança de fase
27 Uso e descarte	37 Expansão térmica
28 Substituição de meios mecânicos	38 Uso de oxidantes fortes
29 Construção pneumática ou hidráulica	39 Uso de atmosferas inertes
30 Uso de filmes finos e membranas flexíveis	40 Uso de materiais compostos

2.4 Sinergia Lean e TRIZ

Segundo Bligh (2006), TRIZ e *Lean Thinking* têm em comum a melhoria das operações de um sistema. Para essa melhoria é necessário tempo para definir o problema, analisar o estado atual da empresa para prever o estado futuro e melhorar o uso dos recursos disponíveis. Essa sinergia entre o *Lean* e o TRIZ está descrita de forma resumida na **Tabela 7**.

Tabela 7 - Sinergia entre o *Lean* e TRIZ

<i>Lean</i>	TRIZ
O <i>Lean Six-Sigma</i> também é combinado com a metodologia TRIZ para melhorar a qualidade e o desempenho do processo de serviço, mesmo no setor de serviços, como descrito em Wang e Chen (2010).	Maia et al. (2015) explica que no princípio 23, Retroalimentação, que está relacionado com modificar um processo, tem-se que conhecer o processo e como ele funciona, o que implica obter feedback sobre esse comportamento.
Reconfiguração da produção do sistema em células de produção ou linhas de fluxo contínuo.	Relacionado à melhoria do sistema e minimiza as atividades desperdiçadas é o princípio 5, Consolidação, tornar objetos ou operações contíguas ou paralelas.
Transporte desnecessário	O princípio 10, Ação prévia, pré-organiza os objetos, a fim de obter fluidez e local adequado, sem perder tempo em transporte desnecessário ou procurando ferramentas ou materiais, apesar de colocar a máquina em funcionamento.
Ferramentas 5S <i>Lean</i> que resulta em menos tempo de inatividade das máquinas (Maia et al., 2010).	O princípio 20, Continuidade da ação útil, tem outro aspecto relacionado à eliminação de todas as ações ou trabalhos inativos ou improdutivos.

3. APRESENTAÇÃO DO INSTITUTO

Neste capítulo apresenta-se de forma breve o Instituto, organização onde foi realizado este projeto. Para manter a confidencialidade do instituto este é designado de Instituto XPTO. Assim, apresenta-se sua área de atuação, visão, missão e valores, tipos de produtos e estrutura organizacional.

3.1 Área de atuação

O Instituto XPTO é um centro de pesquisa e desenvolvimento que foi criado em 2017, em Manaus, capital do estado do Amazonas. Foi criado com o intuito de oferecer produtos e processos digitais e tecnológicos às fabricas do Polo Industrial de Manaus, as quais recebem incentivo fiscal do governo para investir 5% das suas receitas em Pesquisa e Desenvolvimento.

Os seus membros possuem mais de 10 anos na área de desenvolvimento de produtos e de tecnologias inovadoras, e se constituem de técnicos, engenheiros, mestres e doutores. O Instituto XPTO veio agregar um salto mais arrojado para o desenvolvimento na área de pesquisa básica e pesquisa aplicada, bem como capacitação e transferência de tecnologia na área de eletrônicos, tecnologia da informação e biotecnologia.

O Instituto XPTO atua na Investigação e Desenvolvimento de tecnologias voltadas a informação, soluções para software & hardware e biotecnologia, e em estudos e análises sensoriais e experimentais no ramo de alimentos. Tem como principal compromisso a inovação com elevada qualidade e segurança nos mais variados projetos, atendendo os requisitos normativos exigidos e a melhoria contínua do Sistema de Gestão da Qualidade e Satisfação de seus Clientes.

3.2 Visão, missão e valores

Desde sua criação em 2017, tem a visão de ser um Instituto mundialmente reconhecido por promover uma grande diversidade de produtos e serviços tecnológicos, visando a satisfação dos seus clientes e parceiros. Tem a missão de promover projetos com foco em Investigação e Desenvolvimento de tecnologias, produtos e serviços inovadores que contribuam para o crescimento e força, tanto em âmbito regional quanto nacional.

Com isso, motiva seus colaboradores a ampliar horizontes e experimentar ideias, aplicando e transferindo conhecimentos tecnológicos a todos ao seu redor. Acredita firmemente que seu comprometimento com

o desenvolvimento, implementação e melhoria contínua não é possível sem o comprometimento do capital humano.

O capital humano, regido pelos valores adequados, não possui limites, utilizando os seguintes valores que garantem o sucesso de sua operação: respeito a diversidade, “nossa força vem da nossa gente”, compromisso com a excelência, busca contínua com a satisfação de seus clientes, criar e inovar sempre, compromisso com os resultados, confiança e credibilidade, preservação de segurança das informações, compromisso com o meio ambiente, política da qualidade, objetivos da qualidade.

3.3 Tipos de produtos

Por possuir cinco núcleos macros, os seus tipos de produtos variam conforme a necessidade de cada cliente e estão divididos nas seguintes áreas:

- a) **Biologia:** O laboratório de Biologia tem como objetivo desenvolver pesquisas relacionadas à nutrição, reprodução, larvicultura, sanidade de peixes nativos e aproveitamento de resíduos do beneficiamento de pescado. Desenvolvem novos fitoterápicos destinados ao tratamento das principais doenças e profilaxia de peixes cultivados, contando com uma estrutura e equipamentos robustos, moderna e da mais avançada tecnologia.
- b) **Química:** A química de produtos naturais é a área da química responsável por investigar, isolar e caracterizar biomoléculas presentes em plantas, animais e micro-organismo e que podem ser utilizadas nas mais variadas áreas. Os projetos têm como foco a busca por bioativos, utilizando técnicas de cromatografia moderna para aplicação nas áreas de: Fito cosméticos, Fitoterápicos e Alimentos Funcionais.
- c) **Software:** Utilizam-se modernas plataformas de desenvolvimento para gerar pesquisas e produzir Softwares seguindo os mais elevados padrões de qualidade. Atualmente pesquisam, desenvolvem protótipos e softwares para os mais variados segmentos de negócios, destacando-se a Indústria 4.0 e o e-Commerce. As tecnologias mais avançadas como as aplicadas em IoT, Mobile, Business Intelligence (BI) e Web são *expertises* da equipa.
- d) **Hardware:** Busca realizar a concepção e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos digitais e analógicos abrangendo as seguintes áreas tecnológicas: eletrônicos de consumo, automação industrial, sistemas embarcados, hardware reconfigurável, sistemas elétricos para fontes de energias renováveis, IoT, Indústria 4.0 e telecomunicações. Possui laboratório com

equipamentos de testes e medições de última geração e um fluxo completo com máquinas dedicadas à concepção e prototipagem de placas de circuito impresso.

- e) Produtos Integrados: esse setor é responsável pela concepção e desenvolvimento de produtos que precisam de uma integração dos departamentos de marketing, design, software, hardware, mecânica e testes elétricos. Tais produtos podem ser de bens de consumo duráveis, IoT, telecomunicações ou outros produtos tecnológicos. Para tal, possui estrutura multidisciplinar e especializada em diversas áreas tecnológicas - como desenvolvimento de mecânica, eletrônica, sistemas, aplicativos, software embarcado, integração de sistemas e dispositivos, manufatura avançada e produção piloto para análise da produção - para oferecer ao cliente soluções completas.

3.4 Estrutura organizacional

A estrutura organizacional está dividida conforme a **Figura 4**. O instituto possui hoje mais de 300 funcionários gerenciados principalmente por diretorias e gestores diretos que delegam as atividades a serem realizadas conforme a criação dos projetos relacionados aos tipos de produtos do item 3.3.

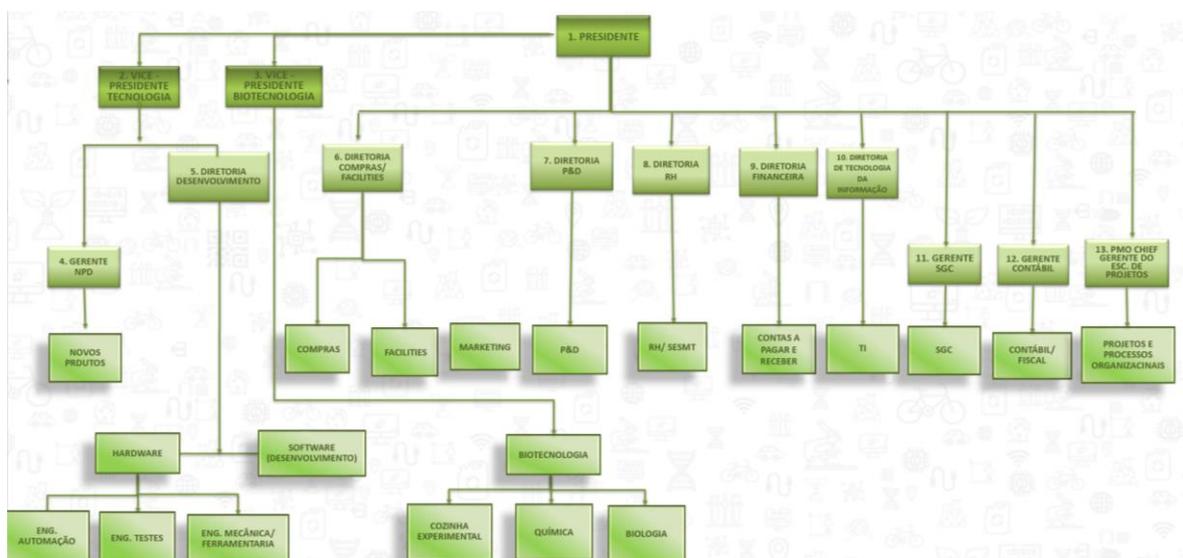


Figura 4 - Estrutura Organizacional do Instituto XPTO

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Neste capítulo apresenta-se uma descrição da forma como é realizado o desenvolvimento de novos produtos integrados no Instituto XPTO. Depois desta descrição, faz-se uma análise crítica identificando problemas que atrasam este desenvolvimento.

4.1 Funcionamento do departamento de pesquisa e desenvolvimento

Esta secção apresenta a interação do departamento de pesquisa e desenvolvimento com os demais departamentos da empresa, bem como a responsabilidade de cada área. Após esse levantamento, são descritos os procedimentos existentes no departamento.

4.1.1. Departamentos e responsabilidades

O instituto XPTO possui um departamento de novos produtos, cujo papel é liderar e integrar as ações dos departamentos de software, hardware, design, marketing, mecânica e testes elétricos. A **Figura 5** ilustra essa interdependência de atividades.



Figura 5 - Atividades do Instituto XPTO

De seguida, descrevem-se as referidas atividades:

- a) Hardware: responsável por desenvolver soluções elétricas e eletrônicas para o funcionamento do produto;

- b) Mecânica: responsável por desenvolver soluções mecânicas que envolvem o funcionamento do corpo do produto;
- c) Software: responsável por desenvolver soluções de *firmware* e software para o funcionamento do produto;
- d) Marketing: responsável por fornecer análises de benchmarking e estudos de mercado que irão levar a equipe ao fechamento do escopo e conceção do produto;
- e) Design: responsável por fornecer opções de desenhos do corpo do produto, com sugestões de cores, designs, tamanhos etc.;
- f) Elétrica: responsável por desenvolver todas as soluções de testes de validação do produto, a fim de garantir o seu bom funcionamento;
- g) Novos Produtos - NPI: equipa responsável por desenvolver as características do processo produtivo do produto;
- h) Líder/coordenador do projeto: gerenciamento do projeto, auxilia e puxa a equipa para a definição de recursos (humanos, custos, tempo), controla todas as atividades macros das demais áreas.

4.1.2. Fluxo de Informação

O fluxo de informação demonstrado na **Figura 6**, serve como material de apoio para o Processo de Desenvolvimento de Produtos, uma vez que a informação é a matéria-prima para o produto.



Figura 6 - Fluxo de Informação

A informação para o desenvolvimento de um novo produto, surge a partir da necessidade do cliente. Após isso é realizada uma reunião com o líder do projeto, onde é fechado o escopo macro do projeto junto ao cliente.

Seguidamente, é realizada uma reunião de abertura do *Lean Inception* utilizado para escolher os recursos de um produto necessários para desenvolver um mínimo produto viável (produto que tem um mínimo de requisitos tecnológicos para ser utilizado) com foco nos usuários, com os gestores de cada departamento, e também com o objetivo de determinar o cronograma referente ao ciclo de cinco reuniões diárias para encerramento das premissas técnicas do projeto. Após essas cinco reuniões, o resultado é apresentado para o cliente a fim de pegar suas considerações finais e validar todo o escopo detalhado do projeto.

Uma vez que todo o escopo está finalizado, é realizado por cada área o dimensionamento das atividades a serem realizadas, definição de recursos humanos, investimento e tempo para cada atividade de sua área. Após isso, o projeto é submetido para avaliação do cliente quanto ao seu custo e, uma vez aprovado, é realizado o *Kickoff* do projeto com os envolvidos.

Uma vez realizado o *kickoff*, o projeto está oficialmente aberto, e acontecem reuniões semanais onde cada gestor do departamento, faz um breve resumo do status e onde é atualizado o cronograma macro e analisadas as próximas ações. Atualmente o tempo de ciclo para desenvolver um novo produto é cerca de um ano e meio.

4.1.3. Procedimentos existentes

Os procedimentos existentes são adaptados pelo Instituto XPTO baseado no modelo referencial de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) de Rozenfeld et al. (2006), descrito na secção 2.2.1 da revisão, seguindo as fases macro descritas na **Figura 7**.

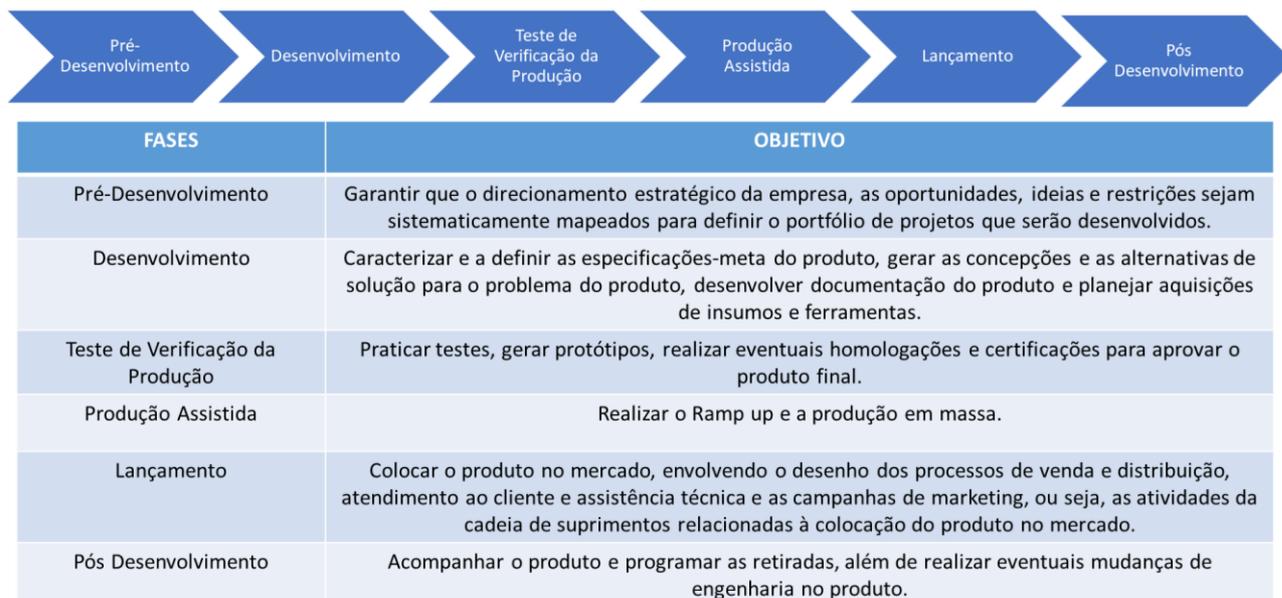


Figura 7 - Fases Macro do Processo de Desenvolvimento de Produtos

Com o intuito de delimitar a análise, e assim ter-se foco na parte que mais pode proporcionar o sucesso do produto, detalha-se a macro fase de Desenvolvimento. Assim, após o planejamento dos projetos inicia-se a fase de desenvolvimento, que tem as seguintes fases adaptadas:

- a) Projeto informacional: O objetivo dessa fase é, a partir das informações levantadas no planejamento e em outras fontes, desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, chamado de especificações-meta do produto. A **Figura 8** mostra os documentos necessários para o desenvolvimento do produto no Instituto XPTO.



Figura 8 - Entregáveis do Projeto Informacional

b) Projeto conceitual: Na fase do projeto conceitual as atividades estão relacionadas com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. A **Figura 9** mostra as etapas de cada sub-fase do projeto conceitual.

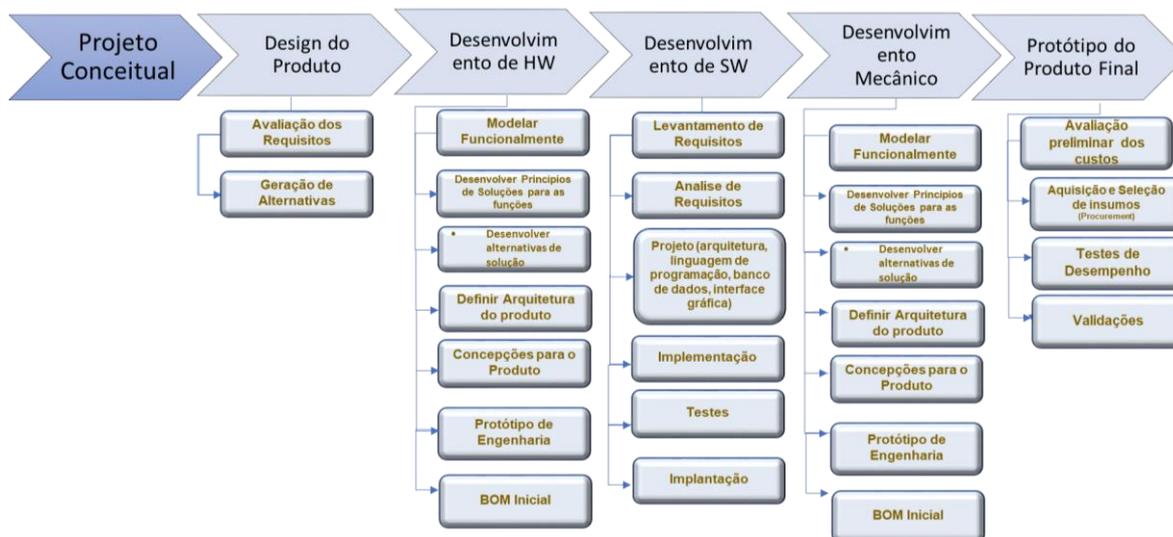


Figura 9 - Entregáveis do Projeto Conceitual

- c) Projeto detalhado: O objetivo é desenvolver e finalizar todas as especificações do produto, para então serem encaminhadas à manufatura e às outras fases do desenvolvimento. A **Figura 10** apresenta as atividades efetuadas em cada subfase do projeto detalhado.

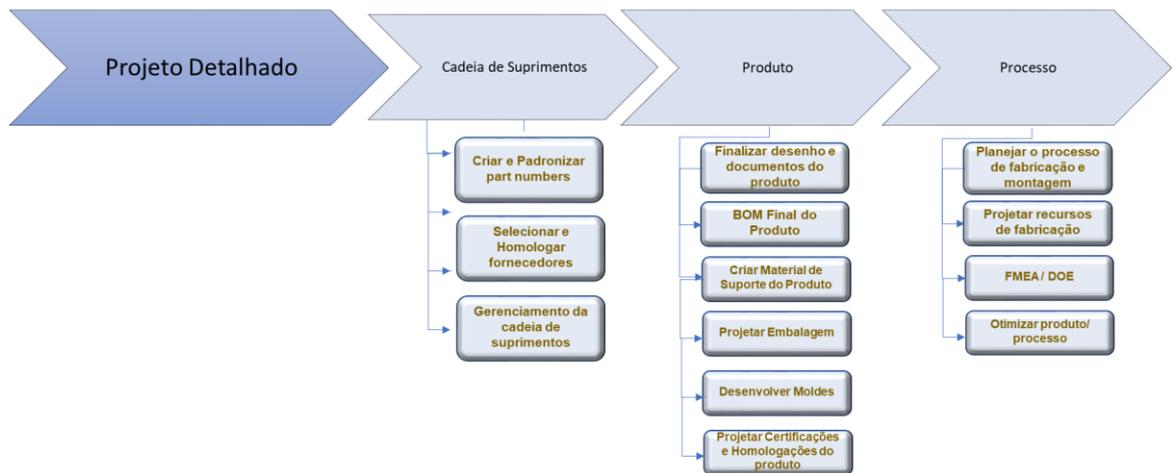


Figura 10 - Entregáveis do Projeto Detalhado

4.2 Análise crítica e identificação de problemas

Esta secção apresenta a análise realizada para identificação dos problemas no processo de desenvolvimento de produtos do Instituto XPTO. A realização dessa análise e identificação de problemas se deu através de entrevistas, *brainstorming* e observações realizadas usando as ferramentas de mapeamento de fluxo de valor e questionário *Lean Self Assessment* (LESAT).

4.2.1. Desperdícios identificados através da aplicação do mapeamento de fluxo de valor

A realização do mapa de fluxo de valor do estado atual, identificou desperdícios dentro do processo de desenvolvimento de produtos do Instituto XPTO. O mapeamento foi realizado dentro da sub-área que os participantes do projeto entenderam que mais afeta a entrega do produto, que é a sub-fase do Projeto Conceitual. Este retrata melhor o desenvolvimento das especificações do produto.

O mapeamento foi realizado através de entrevistas e reuniões in loco, pois todos os envolvidos no projeto já participaram em formações e eventos Lean em empresas anteriores e possuem um grau de conhecimento, não sendo necessário um workshop ou formação adicional. Com a equipa já definida, o início deu-se na escolha do projeto referência para ser mapeado, pois embora o processo de desenvolvimento de produto se realizasse de forma muito similar de um projeto para outro, escolheu-se

um projeto como referência para haver uma definição e ter um direcionamento em casos de eventuais dúvidas. Dessa forma o projeto escolhido foi o projeto *Smart Control*, que por questões de confidencialidade será descrito apenas como um produto que é composto de um sistema central de controle de ar refrigerado.

Os processos desse projeto foram descritos apenas em um nível, não houve desdobramento dos processos em níveis detalhados de atividades e a identificação se deu por meio da participação dos envolvidos através de estímulos durante a atividade e também através de um brainstorming realizado em reuniões e entrevistas. Na **Tabela 8** descreve-se cada etapa realizada.

Tabela 8– Etapas realizadas para identificação de desperdícios

Item	Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor	Característica da Etapa	Atividade
1	Escolha do Produto	Preparação do estudo	Identificar o time; Escolher o projeto e a forma de mapear o projeto
2	Desenho do Mapa do estado atual	Levantamento da situação atual	Identificar os principais processos, selecionar suas métricas, preencher caixas de dados; Identificar atividades que criam valor e os desperdícios
3	Desenho do estado Futuro	Elaboração da situação ideal	Idealizar fluxo com menos desperdícios
4	Implementação	Plano para implementação do estado futuro	Desenvolver plano para implementação do estado futuro

Dessa forma, em seguida foi elaborado o mapeamento do fluxo de valor atual da fase de projeto conceitual do desenvolvimento de produto do projeto *Smart Control*. Durante a atividade foram identificados um total de cinco macro processos para essa fase, citados e apresentados na **Figura 9**.

Após o levantamento, sequenciamento e organização dos processos nas caixas de processo, iniciou-se a seleção das métricas e o preenchimento dos blocos de dados, isto é, levantar o *calendar time* (C/T) e o *value add* (VA). Entre os processos “Design de Produtos” e “Desenvolvimento de Hardware” foi identificado uma espera de 15 dias referente à revisão e aprovação dos planos pelo cliente. Na sequência, foram calculadas as métricas do fluxo de valor – *Lead time* e VA total - e identificados os desperdícios. Os dados foram obtidos por meio da experiência dos participantes e selecionados através do consenso entre os mesmos. Para o desenho do fluxo de valor atual e futuro, utilizou-se do software *IGrafX FlowCharter* (**Figura 11**).

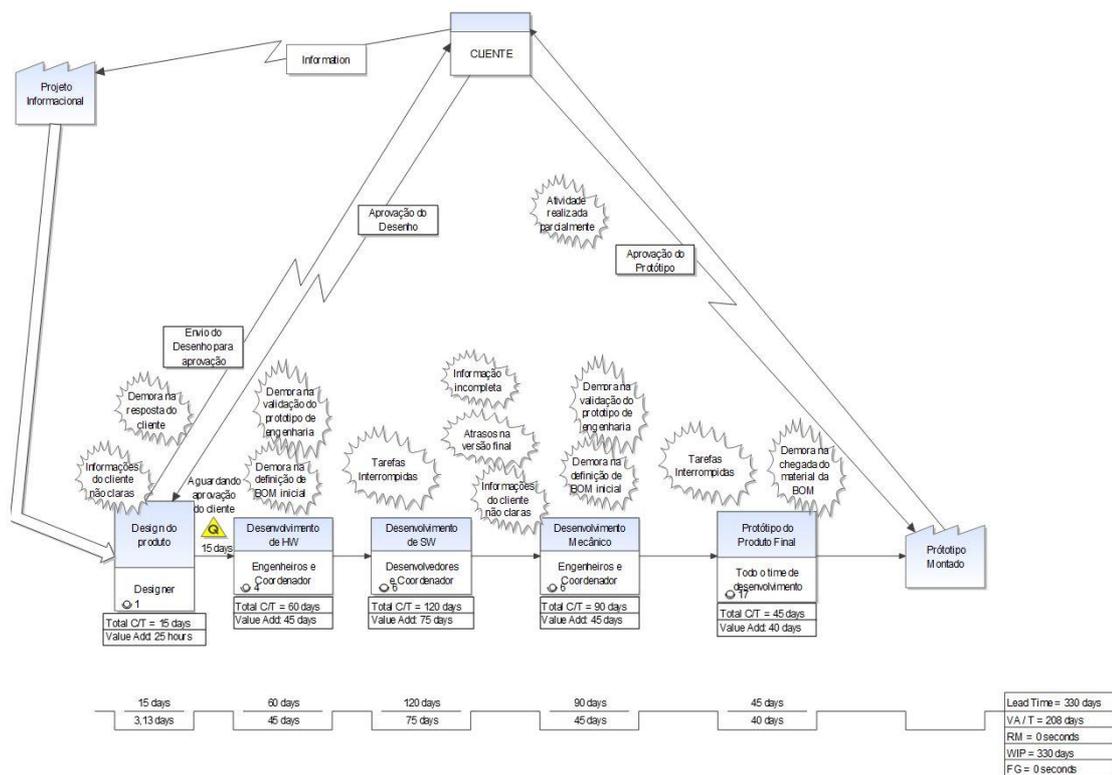


Figura 11 - Mapeamento do fluxo de valor atual do desenvolvimento do produto Smart Vent dentro do sub-processo Projeto Conceitual. Através da leitura do mapa, foi possível identificar os desperdícios e assim houve a possibilidade de análise dos dados e elaboração da **Tabela 9** – Classificação dos desperdícios e suas possíveis causas, onde se classificou os desperdícios de acordo com o tipo, tal como descrito na secção 2.1.3 e 2.2.2.

Tabela 9 – Classificação dos desperdícios e suas possíveis causas

Mapa VSM	Atividade	Descrição do problema	Desperdício
Projeto Conceitual	Design do Produto	O processo de design do produto somente finaliza após a aprovação do desenho pelo cliente, o que muitas vezes demora devido a falta de priorização dessa atividade pelo cliente, acarretando assim em atraso na próxima atividade de mecânica.	Espera
		Erro na definição da especificação do produto, não atendendo às reais necessidades do cliente	Defeito
	Desenvolvimento Mecânico	O processo mecânico inicia após o final da sub-fase do design do produto, pois é aqui que serão colocados os desenhos no CAD e prototipagem em 3D das peças do protótipo de engenharia.	Espera
		O departamento mecânico tem somente um engenheiro projetista o qual se divide entre outros projetos, e acaba atrasando as entregas do protótipo de engenharia.	Espera

Mapa VSM	Atividade	Descrição do problema	Desperdício
Projeto Conceitual	Desenvolvimento Mecânico	Notou-se que existe uma falta de padronização nas atividades de engenharia mecânica, o que causa erros nos desenhos e retrabalhos.	Superprocessamento Defeitos
	Desenvolvimento de Hardware	Falta de padronização no sequenciamento das atividades de desenvolvimento dos esquemas elétricos e funcionalidades que irão permitir a criação da BOM para compra dos componentes que serão utilizados na conceção do protótipo de engenharia.	Espera Superprocessamento
		Informação disponibilizada incorreta	Espera Movimentação desnecessária Defeito
		Pouca Mão de Obra dedicada ao projeto, ocasionando em informações esperando por pessoas e filas no caminho crítico	Espera Inventário
	Desenvolvimento de Software	Limitada disponibilidade de licenças (licenças flutuantes compartilhadas)	Limitação de recursos
		Falta de informação nos documentos recebidos do cliente, gerando necessidade de novo contato para a busca da informação faltante	Espera Movimentação desnecessária
		Correção dos erros identificados	Defeito
		Pouca Mão de Obra dedicada ao projeto, ocasionando em informações esperando por pessoas e filas no caminho crítico	Espera Inventário
		Tarefas interrompidas geradas pela demora do encerramento do processo no depto de hardware.	Espera
	Protótipo do Produto Final	Dúvidas geradas por desenhos e especificações incorretas, tendo como causa: - Má interpretação dos dados; - Falta de ferramentas poka-yoke; - Validações de planos incompletas.	Espera Transporte defeitos
		Demora na chegada dos componentes devido a: - Falta de padronização de procurement de fornecedores - Fornecedores com alto lead time - Pouco reuso de informações de projetos anteriores	Espera Superprocessamento Falta de disciplina

4.2.2. Desalinhamento das práticas atuais com os princípios Lean Thinking

Afim de entender o alinhamento das práticas atuais do Instituto XPTO com os princípios e práticas do *Lean Thinking* foram elaboradas questões baseadas no questionário (Apêndice I), adaptado do *Lean Self Assessment* (LESAT) proposto pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT, 2001) o qual foi enviado o link por e-mail aos gestores de cada área descrita no item 4.1.1. Dessa forma o formulário permitiu avaliar o estado atual e as oportunidades de melhorias, as quais serão apresentadas no capítulo 5.

Desta forma, para atingir os objetivos deste trabalho, foram elaboradas as seguintes questões:

1. Existe um processo de desenvolvimento de produto formalizado e compreendido?
2. Os clientes e demais *Stakeholders* (acionistas, funcionários, etc.), compreendem e são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos?
3. As preocupações iniciais, das partes interessadas em design e desenvolvimento do projeto, são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível?
4. Existe a remoção das interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento?
5. O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico?
6. Os Produtos e Processos são desenvolvidos de forma simultânea?

A seguir apresentam-se os resultados dessas avaliações relativas ao processo de desenvolvimento de produtos no Instituto XPTO.

Para a pergunta 1, chegou-se à conclusão de que existe um processo de desenvolvimento de produtos formalizado, mais de 50% das pessoas o entendem e melhorias são realizadas. Porém, existe um percentual elevado de participantes que afirma que não entendem o processo de desenvolvimento de produtos. Na **Figura 12**, tem-se a representação resumida das respostas.

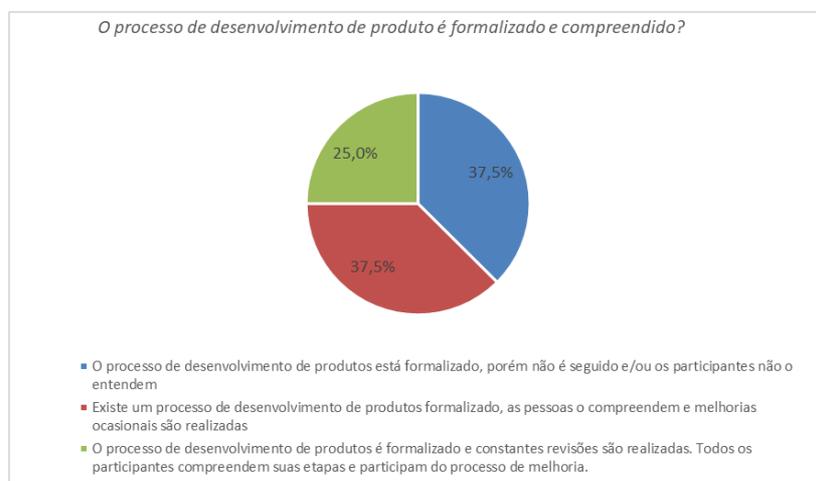


Figura 12 - Respostas da Questão 1- O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido?

Com as respostas da questão 2 apresentadas (**Figura 13**), pode-se concluir que os clientes participam e estão representados dentro dos projetos com o intuito de *feedback* e melhorias contínuas. Porém, existe uma visão de parte dos participantes de que os inputs do cliente são capturados somente no início do projeto. Dessa forma, se aprofundado nos resultados durante a coleta das informações, ficou claro que essa resposta foi dada pelo fato desses participantes desconhecerem que o *Product Owner* esteja fazendo o trabalho de retroalimentação do *feedback* do cliente.

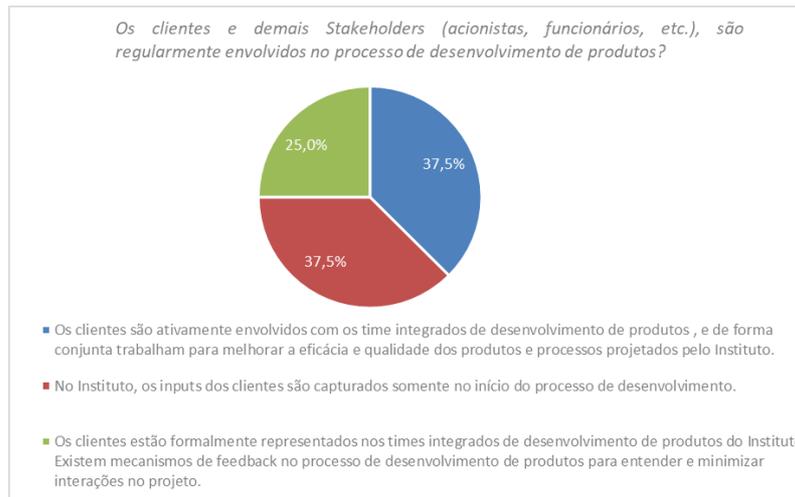


Figura 13 - Respostas da Questão 2 - Os clientes e demais Stakeholders (acionistas, funcionários, etc.), são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos?

Na questão 3, cujos resultados estão apresentados na **Figura 14**, após a análise das respostas ficou claro que as equipas multifuncionais incluíam os fornecedores chave no projeto e, além disso, eles priorizam os *stakeholders* de forma a utilizá-los na avaliação e melhoria do processo. Porém, percebe-se que deve ser aumentando a interação dos *stakeholders* ao longo do projeto, uma vez que 37,5% respondeu que os *inputs* são capturados somente no início do processo de desenvolvimento.

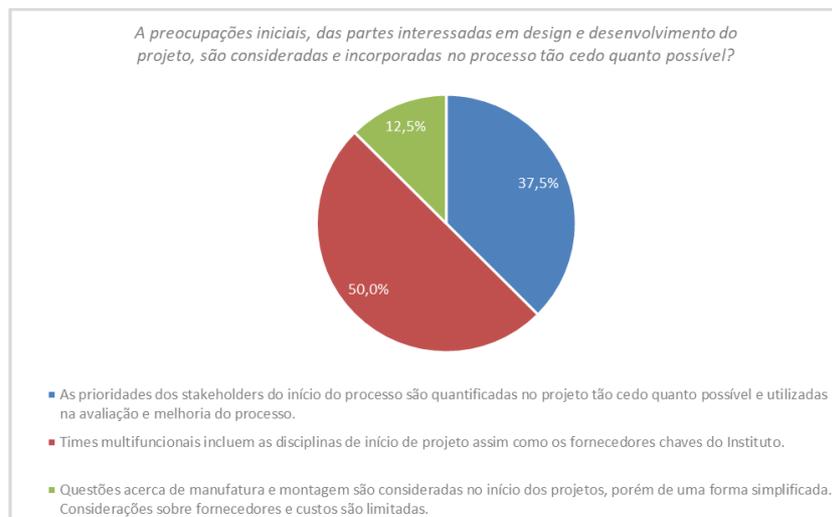


Figura 14 - Respostas da Questão 3 - A preocupaçãos iniciais, das partes interessadas em design e desenvolvimento do projeto, são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível?

Na questão 4, cujos resultados estão apresentados na **Figura 15**, buscou-se verificar o alinhamento dos processos do Instituto XPTO com os princípios *Lean* de fluxo de valor e perfeição. Com as respostas, chegou-se à conclusão de que os departamentos gerenciavam suas informações usando o Microsoft *Project* ou JIRA, tendo dessa forma as informações do andamento do projeto verificadas. Porém as informações existentes não eram na sua essência analisadas para a melhoria do processo e nem eram totalmente unificadas e integradas em todos os departamentos, ficando assim difícil ter um entendimento do processo como um todo.

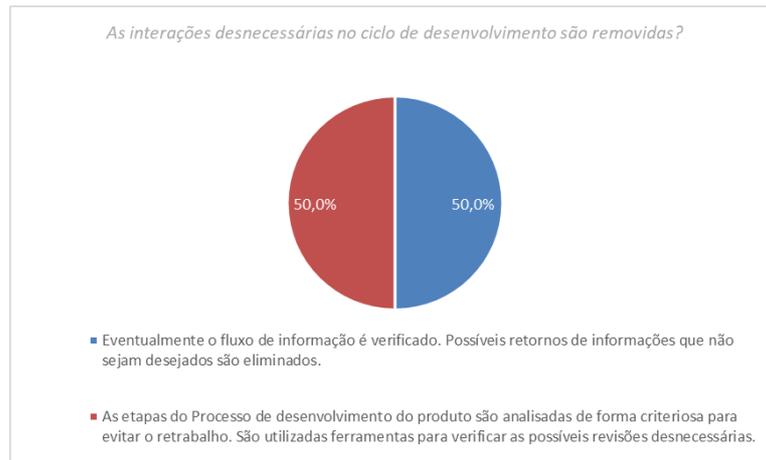


Figura 15 - Respostas da Questão 4- As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas?

Na questão 5, as respostas da **Figura 16**, levam a concluir que todas as pessoas envolvidas com o ciclo de desenvolvimento, realizavam revisões no sentido de tornar as atividades menos complexas e no sentido de remover aquelas atividades não necessárias e isso tudo estaria alinhado ao caminho crítico. Porém essas revisões precisavam de ser mais constantes e com a participação de grupos multifuncionais.

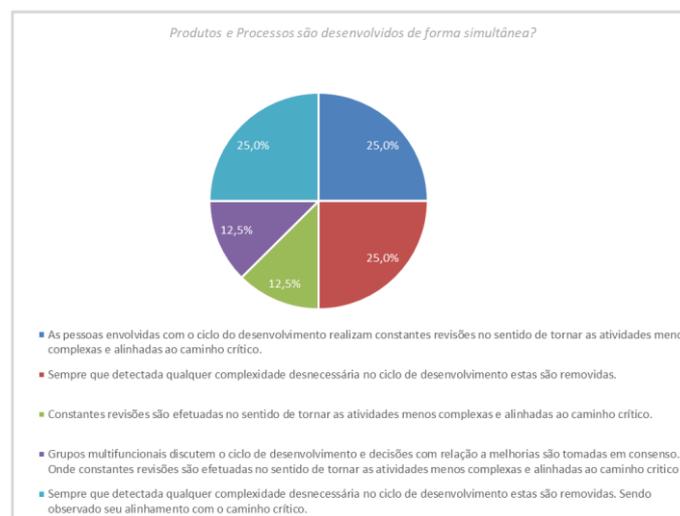


Figura 16 - Respostas da Questão 5- Produtos e Processos são desenvolvidos de forma simultânea?

Na última questão (questão 6), cujos resultados estão na **Figura 17**, procurou-se verificar o alinhamento do Instituto XPTO no que se refere ao desenvolvimento integrado e simultâneo de produtos, elucidando assim se o mesmo tinha os princípios *Lean* de valor e fluxo de valor. Dessa forma, analisando as repostas, observou-se que o Instituto XPTO tinha uma equipa integrada de produtos com o desenvolvimento usando uma matriz funcional. Porém devia-se trabalhar para que esta equipa tivesse métricas melhor definidas que a ajudariam a realizar uma melhor análise do projeto, efetuando-se assim melhorias no processo.

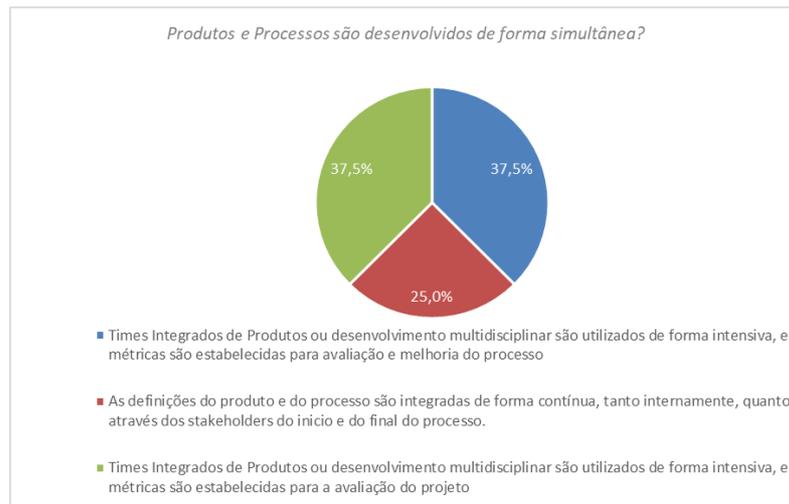


Figura 17 - Respostas da Questão 6 - Produtos e Processos são desenvolvidos de forma simultânea?

De seguida apresenta-se um resumo das principais conclusões obtidas das análises às respostas no estudo de caso do Instituto XPTO (**Tabela 10**).

Tabela 10 – Resumo das Conclusões das respostas obtidas

Questão	Principais conclusões
O processo de desenvolvimento de produto atual está formalizado e compreendido?	- Verificou-se a necessidade de um treinamento a respeito dos princípios e práticas Lean, de forma de que fique unificado o entendimento quanto a necessidade de aplicação de melhorias contínuas no processo de desenvolvimento de produto; - O processo de desenvolvimento de produto devia ser formalizado para todos os envolvidos no processo e deviam estar integrados à estratégia da empresa.
Os clientes e demais Stakeholders (acionistas, funcionários, etc.), são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento de produtos?	- A figura do cliente dentro dos projetos de desenvolvimento de produtos era exercida pelo Líder do Projeto, que também exercia a função de Product Owner. Notou-se pelas respostas obtidas, que o papel do Product Owner não estava claro, dando a impressão de que muitas vezes os inputs dos clientes eram realizados somente no início do projeto;
As preocupações iniciais, das partes interessadas em design e desenvolvimento do projeto, são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível?	- Os stakeholders, muitas vezes, não eram identificados de forma correta; - As preocupações dos stakeholders precisavam ser identificadas sempre no início do processo e utilizadas na avaliação e melhoria do processo.
As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento são removidas?	- Ferramentas específicas precisavam de ser unificadas para uso integrada de todos os participantes, para que o valor fosse criado e os desperdícios eliminados.
O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico?	- Grupos multifuncionais deviam ter maiores interações a fim de identificar as melhorias e revisar periodicamente o ciclo de desenvolvimento.
Produtos e Processos são desenvolvidos de forma simultânea?	- A representação do processo de desenvolvimento de produtos devia considerar apenas as atividades que criam valor; - Métricas deviam ser criadas visando estabelecer um ciclo de análise melhorias de processo.

A partir da aplicação do formulário de pesquisa e apoiado nas respostas obtidas, foi possível avaliar o alinhamento do Instituto XPTO com os princípios *Lean*. Além disso, a aplicação da ferramenta de mapeamento do fluxo de valor atual também contribuiu para identificar os problemas no processo de desenvolvimento de produtos, oferecendo assim a base para a apresentação das propostas de melhorias no capítulo a seguir.

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS

Este capítulo tem o intuito de fornecer as propostas que foram utilizadas para a melhoria do processo de desenvolvimento de produtos, bem como a proposta para a utilização da metodologia TRIZ, no que tange a solução de problemas encontrados na etapa do desenvolvimento de hardware.

5.1 Propostas para o Processo de Desenvolvimento de Produtos

Para os problemas identificados pelo mapeamento de fluxo de valor do estado atual, criou-se o mapeamento de fluxo de valor futuro e uma tabela (**Tabela 11**) das soluções propostas, apresentando o plano de ação através da ferramenta 5W2H.

Tabela 11 - Plano de ação 5W2H para os problemas identificados no mapeamento do fluxo de valor

What?	Why?	How	Who?	Where?	When?	How much?
Inclusão no cronograma a atividade de reuniões periódicas com o cliente	Eliminar o atraso no projeto proveniente da demora de aprovação do cliente	Através de reuniões semanais com o cliente deixar claro sobre os prazos esperados da sua validação, além de lhe passar um status do andamento do projeto	Franciane F. e líder do projeto	Instituto XPTO	Dez de 2020	0 €
Modificação da metodologia de modelagem técnica	Reduzir a probabilidade de Especificação modelada de forma incorreta	Realizar treinamento para o time técnico sobre o DfX (Design for Excellence)	Setor de RH	Instituto XPTO	Novembro 2021	4.800,00 €
Modificação da metodologia de compartilhamento de recursos humanos	Eliminar a limitação de recursos humanos	Realizar a gestão de tempo de cada recurso por projeto	Gestores de área	Instituto XPTO	Junho de 2020	0 €
Implementação de sistema de gestão de recursos tecnológicos	Eliminar a limitação de recursos tecnológicos	Elaborar planejamento sequencial das atividades evitando falta de recursos tecnológicos	Depto TI	Instituto XPTO	Jan de 2020	0 €
Implementação de sistema de gestão de informações do produto	Eliminar a divulgação de informações incorretas	Elaborar base de dados para que todas as informações do projeto fiquem salvas em somente um lugar, colocando as suas respectivas revisões a cada modificação	Franciane F. e líder do projeto	Instituto XPTO	Dez de 2020	0 €

What?	Why?	How	Who?	Where?	When?	How much?
Implementação de sistema de gestão da lições aprendidas e histórico de problemas ocorridos	Eliminar o Pouco reuso de informações de projetos anteriores	Elaborar base de dados para consultas a problemas ocorridos anteriormente e o método de resolução; - Realizar reunião de lições aprendidas ao final do DP com a equipe	Franciane F. e líder do projeto	Instituto XPTO	Jan de 2020	0 €
Implementação de sistema de gestão da cadeia de suprimentos	Demora na chegada dos componentes necessários para montagem do protótipo	Criação de histórico de compras por fornecedor Mapeamento do lead time de cada fornecedor	Depto de compras	Instituto XPTO	Jan de 2020	0€

5.1.1. Implementação de novos sistemas de gestão

Como já referido no capítulo anterior, alguns dos problemas existentes foram solucionados com modificações realizadas nos sistemas de gestão de recursos tecnológicos, gestão de informações do produto, gestão das lições aprendidas e histórico de problemas ocorridos e gestão da cadeia de suprimentos. As evidências dessas modificações apresentam-se de seguida.

5.1.1.1 Sistema de gestão de recursos tecnológicos

Com o intuito de resolver o problema de limitação de recursos tecnológicos que precisavam ser usados durante o projeto, criou-se uma planilha de controle de recursos por departamento e por colaborador participante do projeto. A mesma foi implementada pelo departamento de TI, que é o setor responsável por esses controles. Com isso, melhorou-se a utilização dos softwares utilizados por cada departamento, uma vez que pode-se entender quem de fato precisava utilizar cada software, além de ter o controle de vencimento das licenças para que as mesmas fossem renovadas no período adequado, sem que fosse necessário vencer e bloquear o acesso para que renovassem as licenças. A **Figura 18** mostra a planilha preenchida com alguns exemplos.

LOGOTIPO DO INSTITUTO XPTO		Controle de Recursos Tecnológicos			Código
					FO-XXX
					Revisão
					01
Departamento	Colaborador	Projeto	Software	Vencimento	Justificativa
Engenharia Mecânica	Engenheiro 1	Smart Gym	Autocad	01/09/2021	Para desenhos mecanicos
NPI	Especialista 2	Mercury	Visio	01/10/2021	Para elaborar fluxogramas

Figura 18 - Planilha de Controle de Recursos Tecnológicos

5.1.1.2 Sistema de gestão de informações do produto

Afim de resolver o problema de divulgação de informações incorretas acerca do produtos, criou-se uma pasta compartilhada no *Microsoft SharePoint* onde se colocou todas as informações do produto em um mesmo lugar. Neste formato, fica o histórico de quem e quando o documento foi alterado, sendo fácil de identificar qual a ultima versão do documento a ser utilizada. Além disso, foi eliminado o compartilhamento de informações do produto por email dando mais confidencialidade ao projeto, uma vez que somente as pessoas cadastradas tem acesso às informações que estão na pasta. Por motivos de confidencialidade dos projetos internos, optou-se apenas por colocar um exemplo de como o *sharepoint* funciona (**Figura 19**).

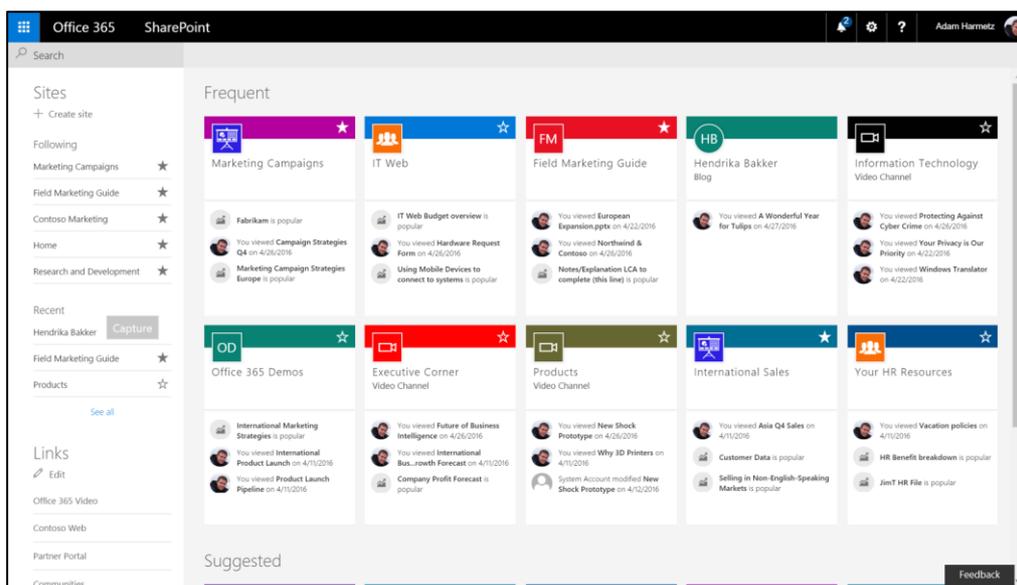


Figura 19 - Exemplo de *SharePoint* Implementado

5.1.1.3 Sistema de gestão de lições aprendidas e histórico de problemas ocorridos

Durante o mapeamento do fluxo de valor do estado atual, foi evidenciado as grandes oportunidades de melhoria e aprendizagem que um sistema de gestão das lições aprendidas trariam com o intuito de facilitar ou possibilitar o aumento de capacitação e do desempenho do processo de desenvolvimento de produtos. Dessa forma foi incorporado o formulário de lições aprendidas, onde se procurou em cada final de fase traçar um panorama do histórico de problemas ocorridos durante a fase de projeto conceitual e tendo assim as ações que foram implementadas para cada problema identificado (**Figura 20**).

LOGOTIPO DO INSTITUTO XPTO		Lições Aprendidas por Projeto					Código
							FO-XXX
							Revisão
							01
Projeto	Fase do Projeto	Erro ou Acerto	Data	Fato ou ocorrência	Lição Aprendida	Ações preventivas	Ações corretivas
Mercury	Projeto conceitual	Erro	24/09/2020	Estimativa de prazos para conclusão de atividade fora da realidade	O prazo antes de ser repassado para o cliente, deve ser exaustivamente discutido pela equipe e gerente.	Elaborar um cronograma detalhado identificando as tarefas, responsáveis e duração conforme as funcionalidades levantadas.	Aplicar método de contagem de software (metrica) para estipular de forma científica o prazo.

Figura 20 - Planilha de Controle das Lições aprendidas por Projeto

5.1.1.4 Sistema de gestão da cadeia de suprimentos

Outro problema identificado, foi o de demora na chegada dos componentes necessários para produção do protótipo e/ou do piloto. Para esse problema identificou-se que faltava uma base de dados com o histórico de compras por fornecedor, e que essas informações ficavam somente no email. Dessa forma sempre que o setor de compras tinha que realizar o procurement de componentes, eles iniciavam o processo do zero. Portanto, verificou-se que o ERP utilizado pela empresa oferecia essa base de dados, mas que ela não era utilizada pela equipa de compras. A partir de então passou-se a usar essa informação para criar um histórico de fornecedor por tipo de componentes, facilitando assim a etapa de compras uma vez que os fornecedores já estavam pré-determinados.

A outra causa raiz para resolver esse problema era o fato de que o setor de compras não tinha histórico de *lead time* de fornecimento para cada fornecedor, fazendo que na maioria das vezes eles passassem para o grupo de projetos uma informação incorreta sobre a chegada do componente no instituto, o que causava falta de acurácia no planeamento das etapas do projeto. Portanto, observou-se que era de suma importância o setor de compras identificar dentro da mesma base de dados do histórico de fornecedores uma coluna para a informação de lead time estimado para cada tipo de componentes.

5.1.2. Modificação de metodologias

Para reduzir a probabilidade de especificação modelada de forma incorreta, observou-se que se poderia substituir a metodologia atual de apenas *brainstorming* com os engenheiros técnicos e passar a utilizar a metodologia técnica de DfX (*Design for Excellence*) com a participação de toda a equipa do projeto que trariam uma visão mais abrangente de perfis variados e que traria a visão de, ao se projetar um produto,

sob qual óptica pretende-se focar, analisando assim qual tipo de DFX será utilizado, DFA, DFM ou DFR por exemplo. Porém, identificou-se que apenas alguns membros da equipa tinha familiaridade com essa ferramenta, trazendo assim a necessidade de aplicar uma formação completa e exclusiva para toda a equipa de desenvolvimento de produtos. Tal formação será ainda realizada em Novembro de 2021, sendo que esta ação está somente planeada.

Outra metodologia que se observou a necessidade de modificar, foi a metodologia de compartilhamento de recursos humanos. Dessa forma, se pretendia eliminar o problema de pouca mão de obra dedicada ao projeto, ocasionando a falta de informações esperando por pessoas e filas no caminho crítico.

Os recursos humanos eram contabilizados por percentual, a critério do gestor do departamento, e divididos em variados projetos. Porém, verificou-se que esse compartilhamento trazia inúmeros problemas de não atendimento das atividades pré-estabelecidas durante a fase de planeamento, uma vez que os recursos humanos estavam focados em dois ou três projetos ao mesmo tempo. Para resolver tal problema, primeiramente adotou-se a necessidade de um sistema de gestão de recursos humanos baseado no *Kanban* de *To do* (para fazer), *Doing* (em execução) e *Done* (concluído), dentro da plataforma JIRA, afim de rastrear as atividades diárias de cada participante do projeto e poder usar uma agenda e critérios de prioridade para cada atividade, permanecendo assim com o compartilhamento de recursos humanos, mas fazendo isso de forma organizada através do gerenciamento do tempo nas atividades. Por motivos de confidencialidade dos projetos internos, optou-se apenas por colocar um exemplo de como o *sharepoint* funciona para essa gestão (**Figura 21**).

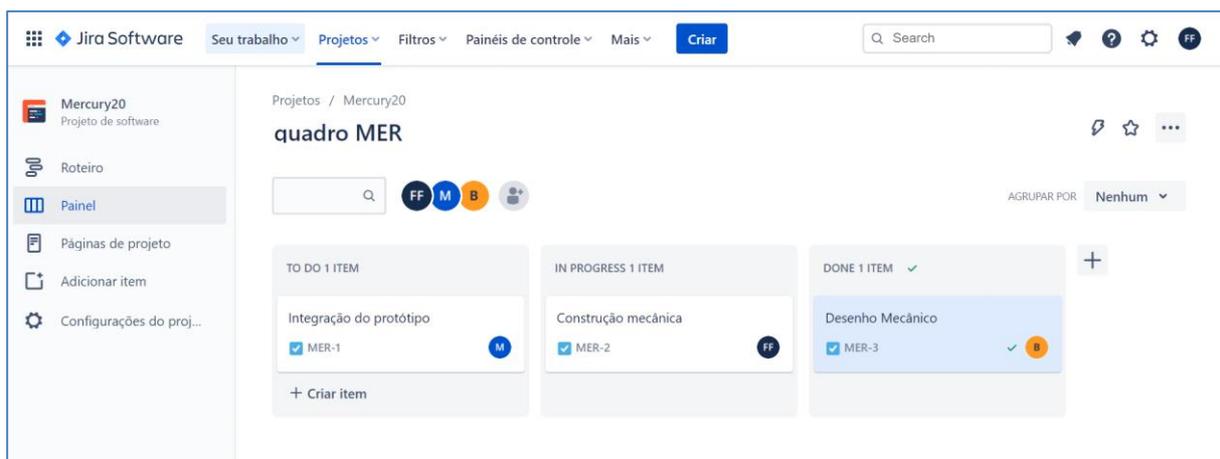


Figura 21 – Exemplo de Sistema de gestão de recursos humanos

5.1.3. Mapeamento do fluxo de valor futuro

Após implementação das ações e análises, foi realizado o desenho do fluxo de valor futuro apresentando a nova estrutura, dessa forma percebe-se que a empresa teria um ganho de eficiência e diminuiria o lead time do desenvolvimento, o que lhe traria uma vantagem competitiva (**Figura 22**).

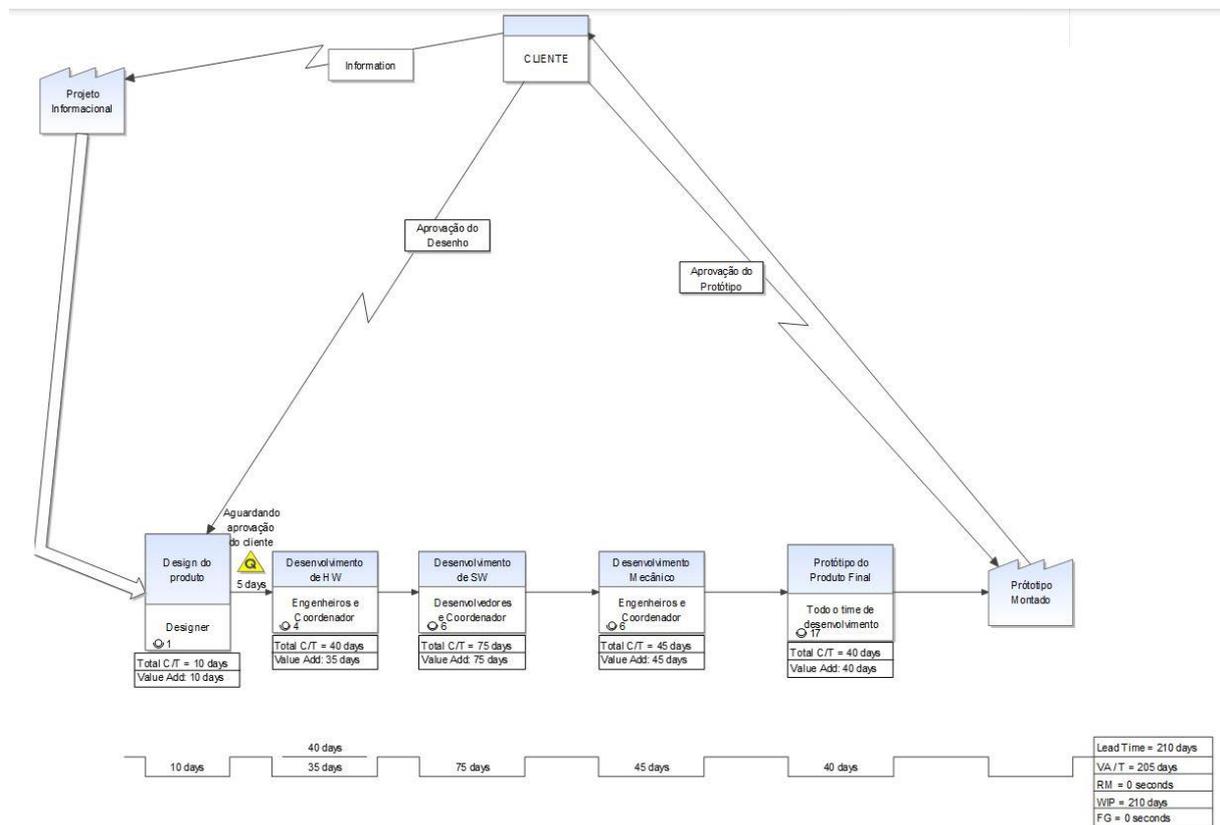


Figura 22 - Mapeamento do Fluxo de valor Futuro do desenvolvimento do produto Smart Vent dentro do sub-processo Projeto Conceitual

5.2 Aplicação da metodologia TRIZ para solução de problemas

Através da revisão de literatura e da análise do mapeamento do fluxo do valor atual, onde se encontrou um problema de erro na definição da especificação do produto, que não atendia às reais necessidades do cliente e também uma falta de padronização nas atividades de engenharia mecânica, o que causava erros nos desenhos e retrabalhos, observou-se que a metodologia TRIZ (apresentada na secção 2.3) poderia ser usada na fase de desenvolvimento do produto para resolver os problemas encontrados na concepção de produtos usando a matriz de contradições e princípios inventivos. Portanto, definiu-se usar a metodologia TRIZ como uma ferramenta para a solução de problemas encontrados no produto durante a sub-fase de projeto conceitual.

O produto *Smart Control* é um sistema de controle e direcionamento do ar refrigerado que sai das tubulações de central de ar. Ele é composto por um módulo de controle do fluxo de ar, um módulo sensor e uma central de comandos. Além disso, possui um software de comando que é um aplicativo que é controlado pelo celular. Estes componentes estão apresentados na **Figura 23**.

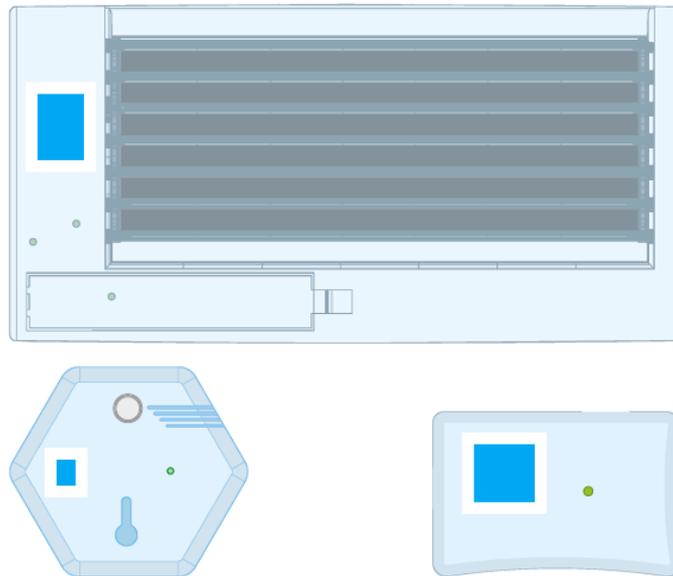


Figura 23 – Produto *Smart Control*

Durante a etapa de desenvolvimento, mais especificamente após a etapa de prototipagem, observou-se o problema de ruído acima do especificado ($>80\text{dB}$) quando se realizava a função de *Swing* das aletas do módulo de controle do fluxo de ar. Logo, a proposição era reduzir o ruído, mas não piorar o movimento suave que as aletas tem quando estão no modo *Swing*. Dessa forma procurou-se utilizar o método dos princípios inventivos e matriz de contradição para solucionar o problema, onde inicialmente buscou-se realizar a análise do sistema técnico afim de entender o funcionamento do sistema, conforme mostra a

Tabela 12.

Tabela 12 – Análise do sistema técnico para o problema de ruído

Etapas do método dos princípios inventivos	Detalhamento
1. Identificação (nome) do ST;	<i>Smart Control</i>
2. Identificação da função ou funções principais do ST;	Principal: Controle de temperatura de sistemas de refrigeração/aquecimento, que usam dutos para a circulação do ar, a qual é controlada pela quantidade de vazão de ar para o ambiente, ou seja, em cada saída do duto é baseada na escolha feita pelo usuário em um aplicativo mobile (disponível tanto para Android quanto para IOS). Secundária: Medição através do módulo de sensor de umidade e temperatura.
3. Identificação dos principais elementos do ST e de suas funções;	1. Módulo de controle do fluxo de ar: controlar o fluxo do ar através da abertura das aletas. 2. Módulo sensor: medição de umidade e temperatura do ambiente. 3. Central de comandos: receber os comando do aplicativo e enviar os comandos para o modulo de controle do fluxo de ar, e integrar vários módulos de controle do fluxo de ar em uma só central. 4. Software de comando: identificar cada comodo onde possui um módulo de controle de fluxo de ar instalado, controlar individualmente a temperatura ambiente e a abertura das aletas usando os seletores. A aplicação ainda terá o modo <i>swing</i> das aletas, no qual o controle térmico do ambiente ficará inativo enquanto este modo estiver ativo. Demonstrar as informações da bateria ao lado do ID de cada aleta ou sensor, as informações do sensor de presença marcando a última atividade registrada, VOC, Umidade, CO ₂ e pressão.
4. Descrição do funcionamento do ST;	O <i>Smart Vent</i> ajusta o fluxo de ar para ambientes com ar-condicionado e redirecionar esse fluxo de ar para as salas que mais precisam dele, conforme a abertura das aletas do modulo de controle do fluxo de ar. O usuário controla seus Smart Vents sem fio a partir de seu smartphone.
5. Levantamento dos recursos;	Recurso de substância: Ar, umidade, temperatura. Recurso de energia: energia elétrica Recurso de espaço: a central deve estar instalada no mesmo andar que está instalado o modulo de controle do fluxo de ar. Recurso de campo: pressão do vento, gravitacional. Recurso de tempo: O produto tem autonomia de bateria mínimo de 6 meses estar disponível para uso diário, 365 dias por ano. Recurso de informação: liga/desliga, Recurso de função: controle do fluxo de ar, fornecer informação de parâmetros como umidade, temperatura.
6. Identificação da característica desejada a ser melhorada ou da característica indesejada a ser reduzida, eliminada ou neutralizada no ST	Ruído acima de 80 dB quando está na função de modo <i>swing</i> das aletas.
7. Formulação do resultado final ideal (RFI).	O <i>Smart Control</i> precisa funcionar perfeitamente sem ruídos no modo swing das aletas e apresentar um movimento suave durante o deslizar das aletas.

Em seguida buscou-se gerar ideias de solução utilizando a Matriz de Contradição, onde se identificou que a característica desejada a ser melhorada estava relacionada com o parâmetro de engenharia 31 - Formulação das contradições técnicas via característica desejada a ser melhorada e que a característica a ser preservada estava relacionada ao parâmetro de engenharia 9 – Velocidade. De acordo com esses dois parâmetros, a Matriz TRIZ propõe os seguintes princípios para resolver esta contradição:

- a) Princípio 35: Alterar parâmetros e propriedades
- b) Princípio 28: Substituição Mecânica
- c) Princípio 3: Qualidade Local
- d) Princípio 23: Realimentação

Analisando os princípios propostos, as ideias surgiram conforme **Tabela 13**.

Tabela 13 - Princípios e Ideias para solução do problema de ruído no projeto *Smart Control*

Princípio Inventivo	Ideias
Princípio 35: Alterar parâmetros e propriedades	Alterar o posicionamento do motor Alterar o material do rolete do motor,
Princípio 28: Substituição Mecânica	Alteração do motor que faz o direcionamento das aletas.
Princípio 3: Qualidade Local	Alterar o material das aletas de metal para plástico.
Princípio 23: Realimentação	Alterar a especificação de ruído do produto para que ela atenda o valor atual de dB.

Todas as ideias foram testadas, exceto a ideia referente ao princípio 23, pois a mesma estaria fora do padrão de ruídos operados pelas normas regularizadoras.

Efetivamente a ideia que foi escolhida, foi a criação de um suporte para a suspensão do motor, que antes era fixado em um casulo que estava fixado diretamente na carcaça do gabinete principal, pois foi observado que o ruído era maior devido ao plástico não ter robustez suficiente para movimentar as aletas, fazendo com que a peça fizesse fricção. Na **Figura 24**, tem-se o antes e depois do rolete do motor.



Figura 24 - Suporte do motor – Antes e Depois

5.3 Proposta de melhorias na metodologia de desenvolvimento de produtos

A proposta de implementação de melhorias na metodologia foi desenvolvida baseada na metodologia atual do Instituto XPTO, que é uma metodologia baseada no processo de desenvolvimento do produto

de Rozenfeld et al. (2006), o qual atrelou a metodologia de *Lean Product Development* de Morgan e Liker (2006). Além disso buscou-se fazer um paralelo com os problemas identificados nas respostas obtidas, através das questões baseadas no questionário (Apêndice I), adaptado do *Lean Self Assessment* (LESAT), de forma a determinar as ações para os problemas de desalinhamento com as práticas *Lean Thinking* e falta de uso dos princípios do *Lean Product Development*.

Para tal, elaborou-se uma tabela comparativa afim de identificar que tipos de práticas do processo de *Lean Product Development* (LPD) poderiam ser implementadas na metodologia atual e em quais delas as ações para os problemas identificados na secção 4.2 poderiam estar relacionadas (**Tabela 14**).

Tabela 14 – Comparativo de praticas atuais e recomendadas pelo Lean Product Development (LPD)

Ação para os problemas identificados no desalinhamento das praticas <i>Lean Thinking</i>	Princípios de LPD (Morgan & Liker, 2006)	Praticas de LPD (Morgan & Liker, 2006)	Implementação nas fases do processo de desenvolvimento de produto do Instituto XPTO
Identificação dos stakeholders Clareza na identificação dos papeis de cada stakeholder	Pessoas	Engenheiro Chefe (Shusa)	Pré-Desenvolvimento
	Processos	Mapa de Stakeholders	Pré-Desenvolvimento
Uso de ferramentas integradas para criação de valor e eliminação de desperdícios	Ferramentas	Lista de Verificação	Pré-Desenvolvimento , Projeto Conceitual, Teste de Verificação da Produção e Produção Assistida
Maior integração dos grupos multifuncionais para criação de valor. Uso de ferramentas integradas para criação de valor e eliminação de desperdícios Criação de métricas visando estabelecer um ciclo de análise e melhorias de processo. Aplicação de melhorias contínuas no processo de desenvolvimento de produto	Processos	Estabelecer valor definido pelo cliente através do Desdobramento da função qualidade	Pré-Desenvolvimento
Revisão periódica do ciclo de desenvolvimento do produto	Processos	Avaliação do ciclo de desenvolvimento do produto	Projeto Informacional
Uso de ferramentas integradas para criação de valor e eliminação de desperdícios Aplicação de melhorias contínuas no processo de desenvolvimento de produto	Ferramentas	A3-PDCA	Projeto Conceitual, Teste de Verificação da Produção e Produção Assistida
Uso de ferramentas integradas para criação de valor e eliminação de desperdícios Criação de métricas visando estabelecer um ciclo de análise e melhorias de processo.	Ferramentas	DfX (Design for Excellence)	Desenvolvimento – Projeto Conceitual
Formalização do processo de desenvolvimento de produtos integrado a estratégia da empresa	Ferramentas	Instalar o Obeya	Pré-Desenvolvimento
Formalização do processo de desenvolvimento de produtos integrado a estratégia da empresa	Ferramentas	Kanban Board	Projeto Informacional Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Teste de Verificação da Produção e Produção Assistida

5.3.1. Aplicação dos princípios Lean – Pessoas, Processos e Ferramentas - no Pré-Desenvolvimento

A fase de Pré-Desenvolvimento é composta pelas sub-fases: Planeamento estratégico do produto e Planeamento do Projeto. Na sub-fase de Planeamento do Projeto, observou-se uma falha na identificação dos stakeholders, os quais muitas vezes, não eram identificados de forma correta. Além disso, as preocupações dos stakeholders não eram identificadas no início do processo e utilizadas na avaliação e melhoria do processo. Dessa forma, estabeleceu-se duas modificações conforme abaixo:

- a) **Necessidades e Requisitos:** Mapear os stakeholders envolvidos e determinar os desejos e necessidades dos stakeholders. No estado atual, verificou-se que o instituto apesar de identificar os stakeholders no início do projeto, praticamente considerava somente o solicitante do desenvolvimento como o principal stakeholder, o que levava a crer que somente as necessidades desse deveria ser atendida, e isso acarretava em *feedbacks* tardios de outros envolvidos que causavam retrabalhos e aumento no tempo de desenvolvimento do produto. Dessa forma estabeleceu-se uma metodologia para a definição dos stakeholders, identificando as diferentes perspectivas de valor para cada um, o que passou a ser realizado na sub-fase de planeamento do projeto. Nessa sub-fase passou a ser obrigatória a consulta a esses grupos de forma que pudesse identificar e equilibrar as diferentes necessidades.
- b) **Gestão de Projetos:** Identificar o Engenheiro Chefe (*Shusa*) e instalar uma sala *obeya*. No Instituto XPTO, a figura do Engenheiro chefe é estabelecida através do Líder do projeto o qual também é o *Product Owner*, responsável por entender e validar todas as informações necessárias para o desenvolvimento junto ao cliente e de fornecer o estado geral do andamento do projeto. Existiam dois líderes de projetos, destinados a comandar todos os projetos de desenvolvimento de produtos. Porém, através do conhecimento adquirido pelo entendimento da metodologia do *Lean Product Development*, verificou-se que as seguintes modificações precisariam ser realizadas:
 1. Através dos conceitos de *Lean Product Development*, entendeu-se que o líder do projeto não poderia ser apenas um gestor de projeto, mas um líder e integrador de sistemas técnicos. Dessa forma, analisou-se que os líderes precisariam obter maiores conhecimentos técnicos para de fato poder desenvolver um trabalho mais participativo no processo de desenvolvimento de produtos e poder discutir ideias técnicas de forma qualitativa junto aos demais departamentos. Portanto, procurou-se estabelecer um plano de formação para a capacitação técnica dos líderes de projeto (Apêndice II).

2. Estabeleceu-se um sistema, com o suporte do método QFD que é totalmente eficaz na identificação e tradução das necessidades e expectativas dos clientes em relação aos atributos de um produto, onde o Líder de Projeto tem a obrigação de conhecer o que os clientes valorizam e de que maneira as características de valor se entrosam com as características de desempenho do produto. Aqui entendeu-se que o líder de projeto deveria entender o valor para o cliente não somente considerando as informações de marketing quanto às preferências dos usuários finais, e também não somente considerando as premissas impostas pelo cliente demandante do projeto, mas que deveria ir a campo e entender as dificuldades enfrentadas, o que seria totalmente relevante para definir um conjunto de informações necessárias para definir o valor para o cliente. Dessa forma implementou-se que, uma vez que o valor foi definido, ele deve ser comunicado para todos os membros da equipa e adicionados objetivos mensuráveis para cada valor definido que representem tarefas específicas que cada integrante da equipa possa executar. Este fluxo está representado pela **Figura 25**.

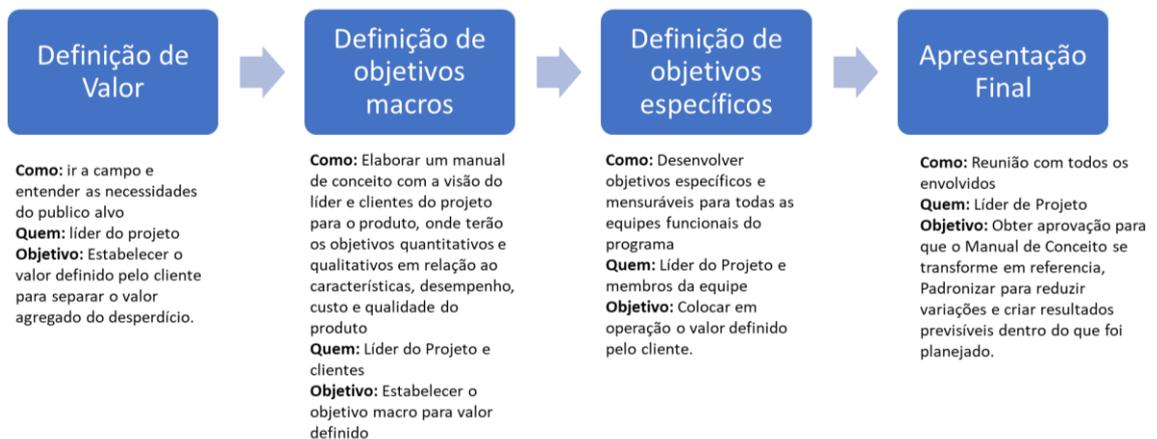


Figura 25 – Fluxo de processo para estabelecer as necessidades do cliente

Após a definição deste fluxo, procurou-se realizar a implantação da metodologia *obeya* (palavra japonesa para sala grande), que consiste em ter um lugar onde todos os membros da equipa possam ter uma visualização dos dados e estado do projeto, bem como possam realizar reuniões periódicas com o líder de projeto para resolver problemas multifuncionais, e dessa forma tendo uma importante visualização para se ter um trabalho com eficácia em equipa. Nesta sala foi também implementado, o fato de que cada departamento tinha um líder, e esse era responsável por determinar cada fluxo de trabalho e uma

seção da parede para exibir visualmente as suas atividades. Portanto, a formação de uma sala *Obeya* (Apêndice III), na qual os envolvidos de cada projeto de produto se reúnem diante de quadros de gestão visual para acompanhar e discutir os problemas de evolução das atividades, foi considerada como ferramenta para estimular a integração.

5.3.2. Aplicação do princípio Lean – Ferramentas – em algumas etapas do projeto

Esta secção apresenta a aplicação de algumas ferramentas utilizadas no princípio *Lean* dentro das etapas de Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Teste de Verificação da Produção e Produção Assistida, com o objetivo de aumentar a eficiência em seu processo de desenvolvimento de produtos.

5.3.2.1 A3-PDCA

A implementação da ferramenta A3-PDCA se deu com o intuito de se ter um formato padrão de comunicação para expressão clara e precisa de pensamentos complexos em uma só folha de papel, o que ficou totalmente ligado com a estrutura na formação da sala *Obeya*, onde ter-se uma gestão visual clara e objetiva é fundamental. Dessa forma determinou-se que a ferramenta A3 seria utilizada para apresentar propostas, auxiliar a tomada de decisões ou resolver problemas. O mesmo é elaborado com a participação de todos os membros da equipa, dentro da sala *Obeya*, e fica exposta na parede para se ter um registo da aplicação das soluções encontradas e para acompanhamento da evolução das situações registadas. A utilização do mesmo está evidenciado no Apêndice III.

5.3.2.2 Kanban board

O *Kanban board*, foi implementado através do software JIRA, com o intuito de se ter um método de gerenciamento de fluxo de trabalho para entrega das atividades de forma rápida e eficiente, além de se poder ter controlo de todas as atividades realizadas pelos membros da equipa e assim se ter uma visão macro e rápida de que forma os recursos humanos poderiam ser compartilhados de forma mais simples. Com o uso da ferramenta pode-se também visualizar os gargalos existentes que teriam que ter intervenções de forma a não ter atrasos na conclusão das atividades planeadas. Por motivos de confidencialidade dos projetos internos, optou-se apenas por colocar um exemplo de como é o modelo de *kanban board* (**Figura 26**).

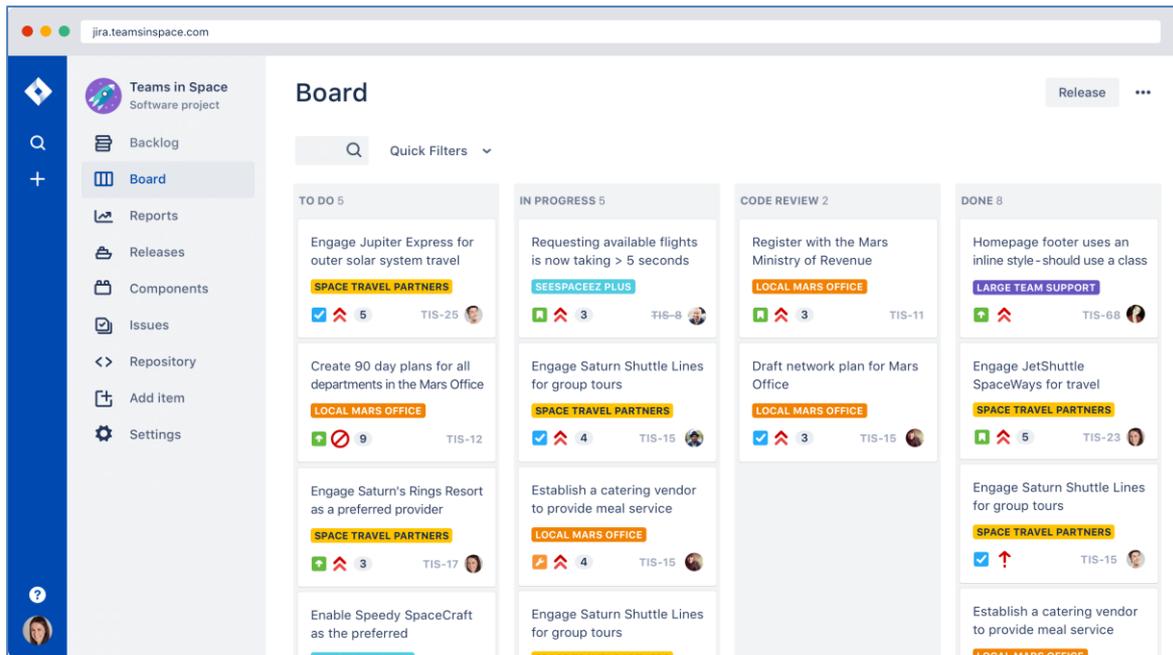


Figura 26 - Exemplo de Kanban Board

5.3.3. Aplicação do princípio Lean - Processos – na etapa de Projeto Conceitual

Na análise do estado atual realizado no capítulo 4, observou-se que apenas na etapa de Projeto Conceitual eram despendidos 330 dias, ou seja, quase um ano era gasto somente para se ter a finalização de um protótipo, um conceito aprovado do produto. Isso para um instituto de pesquisa e desenvolvimento, que dispõe de tecnologias e profissionais qualificados, é muito tempo, ainda mais levando-se em consideração que no mundo globalizado em que se vive as tecnologias avançam muito rápido e portanto deve-se lançar produtos em um curto prazo de desenvolvimento. Todas as melhorias propostas levaram ao mapa de estado futuro onde houve uma redução no *lead time* da etapa de projeto conceitual em 36,37%, o qual está descrito no item 5.1.3. Após isso criou-se uma padronização, dentro do procedimento de desenvolvimento de produtos, de se analisar uma vez ao ano o ciclo de desenvolvimento do produto, afim de identificar as melhorias e considerar apenas as atividades que criam valor.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo dedica-se a analisar e discutir os resultados e melhorias encontrados em função do objetivo principal, que era a aplicação dos princípios e práticas *Lean Thinking* e metodologia TRIZ no desenvolvimento de novos produtos.

Dessa forma, a seguir são demonstrados os ganhos quantitativos e qualitativos que demonstram aquilo que foi obtido de resultados com este estudo de caso.

6.1 Ganhos qualitativos

Concluído este trabalho é possível afirmar que a grande maioria dos objetivos propostos foram atingidos, embora baseando-se no pensamento *Lean* ainda exista margem de melhoria. Na prática este trabalho permitiu obter os seguintes ganhos qualitativos:

- Melhoria da integração dos diversos departamentos envolvidos no processo de desenvolvimento de produto: essa melhoria foi obtida através da implementação de reuniões periódicas com o cliente, o qual fez com que todos ficassem mais integrados com a necessidade do cliente, evitando terem dúvidas e discussões desnecessárias no desenvolvimento do produto por não entender o que realmente o cliente queria. Além disso, a implementação da sala obeya, a qual foi implantada em conjunto com as ferramentas de gestão visual (PDCA, A3), implicou utilizar as atividades de gerenciamento de projetos da instituição, obtendo-se assim uma maior integração dos grupos multifuncionais para criação de valor;
- Utilização da metodologia TRIZ para a solução de problemas durante o desenvolvimento de produtos: o procedimento geral da metodologia TRIZ começa pela identificação dos problemas específicos, depois eles são transformados em problemas genéricos, em que posteriormente são selecionadas soluções genéricas para cada problema. E, por fim, estas soluções são adaptadas aos problemas específicos, identificados inicialmente, resultando em soluções inovadoras e criativas. Assim, através desta metodologia, foi possível não só melhorar o projeto demonstrado no item 5.2, mas também será possível beneficiar, é claro, em um estudo mais aprofundado, outras áreas funcionais do Instituto XPTO;
- Melhor aproveitamento do potencial humano através da formação realizada com os líderes de projeto nas áreas técnicas, de forma que estes obtivessem conhecimento técnico básico

nas áreas de software, mecânica, hardware, melhorando assim seu desempenho na condução do projeto junto as equipes;

- Embora houvesse por parte dos participantes do projeto um conhecimento na metodologia *Lean manufacturing*, pois os mesmos já tinham tido experiência profissional ao longo de sua vida, este trabalho serviu também para que houvesse uma revisão dos conceitos do pensamento *Lean*, proatividade permanente de sugestões de melhoria e sinergia para implementação de medidas que promoveram um ambiente de melhoria contínua.

6.2 Ganhos quantitativos

Além dos ganhos qualitativos referidos acima, existiram também ganhos quantitativos, obtidos pela redução de desperdício na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos. Dessa forma apresentam-se aqui as melhorias realizadas demonstrando como se obteve as melhorias das medidas de desempenho de: redução do tempo de desenvolvimento dos produtos e aumento da produtividade da equipa.

Foi analisada a redução do tempo de desenvolvimento do produto, através da medição realizada antes e depois da implementação das melhorias no projeto *Smart Control* em sua fase 1 e em sua fase 2 dentro da sub etapa de projeto conceitual, o qual está demonstrado no VSM atual e futuro e resumido na **Tabela 15**.

Tabela 15 - Demonstrativo das melhorias de redução do tempo de desenvolvimento

Sub-Fase	Atividade	CT antes	CT depois	Melhoria em relação à situação inicial [%]
Projeto Conceitual	Design do Produto	15 dias	10 dias	67%
	Desenvolvimento Mecânico	60 dias	40 dias	67%
	Desenvolvimento de Hardware	120 dias	75 dias	63%
	Desenvolvimento de Software	90 dias	45 dias	50%
	Protótipo do Produto Final	45 dias	40 dias	89%
	TOTAL	330	210	64%

Como é possível verificar na Tabela 15, as melhorias implementadas resultaram numa redução de 120 dias de trabalho da equipa dedicada na sub-fase do projeto conceitual do projeto *Smart Vent*, o que representa um percentual de 64% de ganho de tempo demandado.

A redução do tempo de desenvolvimento dos produtos implica também uma redução direta dos tempos de espera das atividades subsequentes. Adicionalmente esta capacidade extra poderá ser convertida em novos projetos. Em suma este ganho de tempo, via redução e eliminação de desperdício, pode traduzir-se por:

- Aumento de competitividade por conseguir fazer a mesma atividade em menos tempo (redução de *lead time*);
- Aumento de competitividade por redução de custos dos projetos, pois uma vez que eles duram menos tempo tem-se a redução inerente de custo com mão de obra das atividades realizadas durante o projeto;
- Aumento da capacidade de fazer mais projetos no período de um ano, aumentando assim a produtividade da equipa.

6.3 Avaliação do trabalho realizado

Aqui apresenta-se a medição do grau de satisfação entre os membros participantes do projeto, onde formulou-se as questões abaixo em uma avaliação, afim de esclarecer se os mesmos admitem que o trabalho trouxe ganho substancial e se poderá ser replicado para outras fases do projeto e para outros projetos de desenvolvimento de produto. Esta avaliação foi realizada através da colocação de algumas questões em reunião de fechamento do projeto, de maneira sistemática.

- O modelo de trabalho realizado é exequível para os demais tipos de projetos do Instituto XPTO?
- O modelo de trabalho proposto é fácil de ser aplicado a outras fases do processo de desenvolvimento de produto?
- Qual seu grau de satisfação com o trabalho executado?
- Você acredita que o trabalho realizado trouxe ganhos para o Instituto XPTO?

Em relação à exequibilidade, 100% acredita que sim, pois exigiu somente um esforço inicial para que tudo que foi realizado entrasse em uma rotina de trabalho, os gestores das áreas relataram que além da redução de tempo e de custos inerentes a essa redução, o mais importante foi a não necessidade de contratação de mão de obra adicional, o que era um fato comum de acontecer pois não se conseguia atender ao tempo do projeto necessitando assim de aumento de mão de obra.

Considerando a facilidade de aplicação, eles responderam que não acreditam que terão dificuldades em replicar a mesma linha de raciocínio a outras fases do projeto, angariando ainda mais eliminação de desperdícios e aumentando o número de entregas de projetos em um curto espaço de tempo.

Quanto ao grau de satisfação, todos os membros participantes do projeto *Smart Vent*, se sentiram muito entusiasmados e agradecidos em terem participado do projeto com todas as melhorias implementadas.

E, por último, todos acreditam que o trabalho realizado trouxe ganhos consideráveis não somente para o Instituto XPTO, mas também para seu currículo profissional, fazendo com que eles relembassem conceitos básicos de melhorias utilizando a metodologia *Lean Manufacturing* as quais podem estar facilmente estabelecidas em suas rotinas diárias.

7. CONCLUSÃO

Neste capítulo apresentam-se as contribuições e conclusões do trabalho e propostas de desenvolvimento futuro.

7.1 Conclusões e contribuição do trabalho desenvolvido

Com as rápidas mudanças tecnológicas que atualmente ocorrem no mundo, existe a necessidade de novos lançamentos de produtos pelas empresas, onde é sentida uma necessidade constante de procura de soluções inovadoras que possam auxiliar no desenvolvimento de produtos com custos e tempos reduzidos.

Dessa forma, na investigação realizada no âmbito desta dissertação procurou-se, propor melhorias no processo de desenvolvimento de produto com aplicação de práticas de *Lean Thinking* e da metodologia TRIZ num centro de Pesquisa e Desenvolvimento, denominado de Instituto XPTO. Para alcançar esse objetivo foi necessário o cumprimento de seis objetivos. O primeiro objetivo específico levantado foi analisar as práticas atuais do Instituto XPTO, o que foi alcançado na seção 4.1 do capítulo 4. Percebeu-se que apesar do Instituto XPTO ter apenas três anos de funcionamento, existe um processo de desenvolvimento de produtos estabelecido, departamentos estruturados e fluxo de informação que serve como apoio para o processo de desenvolvimento de produtos. O procedimento para desenvolvimento de produtos é baseado no modelo referencial de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) de Rozenfeld et al. (2006).

O segundo objetivo específico foi verificar o alinhamento das práticas atuais do Instituto XPTO com os princípios e práticas do *Lean Thinking*, o qual foi demonstrado na seção 4.2 do capítulo 4, onde através da aplicação do questionário formulado demonstrado no Apêndice I, foi possível entender que o Instituto XPTO possui em média 40% de um índice geral de alinhamento das práticas atuais com os princípios e práticas do *Lean Thinking*, e sendo assim foi possível finalizar um pacote de identificação de problemas para serem analisados e melhorados.

O terceiro objetivo específico foi identificar oportunidades de melhorias usando a metodologia *Lean* através do mapeamento do fluxo de valor, o qual foi realizado na sub fase denominada de projeto conceitual, onde foi possível identificar vários desperdícios em cada etapa do desenvolvimento.

O quarto objetivo específico, o qual está demonstrado na seção 5.2 do capítulo 5, foi utilizar a metodologia TRIZ para a solução de problemas durante o desenvolvimento de produtos, onde procurou-

se usar as etapas do método dos princípios inventivos e a geração de ideias de solução utilizando a Matriz de Contradição para resolver o problema de Ruído acima do especificado (>80dB) quando se realizava a função de *Swing* das aletas do módulo de controlo do fluxo de ar do produto *Smart Control*.

O quinto objetivo específico foi medir o grau de satisfação entre os membros participantes do projeto. Estes deram parecer totalmente favorável ao fato de que o trabalho trouxe ganho substancial e que poderá ser replicado para outras fases do projeto e para outros projetos de desenvolvimento de produto.

O sexto objetivo específico foi aplicar as melhorias identificadas e demonstrar os resultados alcançados, o que aconteceu no capítulo 5 e no capítulo 6, respectivamente.

Em termos pessoais, este projeto foi de grande valia uma vez que possibilitou trabalhar em melhorias inerentes ao departamento de novos produtos e além disso contribuir com a experiência de anos em melhorias de processos produtivos.

Por fim, acredita-se que a contribuição deste trabalho se dá para que cada vez mais empresas do polo industrial de Manaus se interessem em desenvolver no Brasil produtos desde sua fase de conceituação até fabricação em grande escala e que através desse trabalho possam melhorar seu ciclo de desenvolvimento de novos produtos, gerando desenvolvimento intelectual para os profissionais envolvidos.

7.2 Limitações do trabalho desenvolvido e perspectivas de trabalho futuro

As limitações do trabalho desenvolvido foram relacionadas com não ter tempo disponível de aplicar o mesmo a todas as fases de desenvolvimento de produto, uma vez que precisaria analisar o projeto desde a fase de Pré-desenvolvimento, o que demoraria cerca de três a quatro anos para analisar o estado atual de um projeto e depois aplicar as melhorias em um novo projeto ou em uma nova fase do projeto.

Outra limitação deu-se pelo fato que o projeto teve parte de sua elaboração realizada durante a pandemia do covid-19, o que ocasionou a postergação de alguns prazos que houveram necessidade para o fechamento das ações necessárias.

Recomenda-se para trabalhos futuros uma análise de quais outras metodologias ou tecnologias inovadoras podem ser usadas para reduzir o *time-to-market* de um projeto de desenvolvimento de um novo produto industrial e além disso também aconselha-se um trabalho no sentido de entender de quais seriam os melhores indicadores para se medir as entregas das etapas de desenvolvimento de novos produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, R.P.D., (2008). *Design de produtos: Princípios e ferramentas básicas da metodologia TRIZ*.
- Altshuller, G. S. (1961). Creativity as An Exact Science - The Theory of The Solution of Inventive Problems. 1a. ed. Luxemburg: Gordon & Breach.
- Altshuller, G.S. (1979). Creativity as an Exact Science.Theory of Inventive Problem Solving . - M.: Sovietskoje radio.
- Alves, Anabela C., J. Dinis-Carvalho, and Rui M. Sousa. (2012). "Lean Production as Promoter of Thinkers to Achieve Companies' Agility." In *The Learning Organization*. Vol. 19., edited by Goran D. Putnik, 219–237. Melbourne: Emerald Group Publishing Limited. doi:10.1108/09696471211219930.
- Alves, A. C., Sousa, R., Dinis-Carvalho, J., & Moreira, F. (2017). Lean education at University of Minho: Aligning and pulling the right requirements geared on competitive industries. In *Lean education: An overview of current issues* (pp. 149-175). Springer, Cham.
- Alves, Anabela Carvalho, Sousa, P., & Navas, H. (2020). Lean and TRIZ: From the Problems to Creative and Sustainable Solutions. In *Proceedings of the 6th European Lean Educator Conference. Lecture Notes in Networks and Systems, 122*; 103-116. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41429-0_11.
- Arai, Joji. (1984). 'Produtividade, a experiência japonesa". In: *Aumentos da Produtividade*, Rio de Janeiro, Intercultural.
- Araujo, C.; Andrade, L. M.; Amaral, D. C.(2006). Diagnóstico da gestão de processo do desenvolvimento de produtos: um estudo de caso no setor de equipamentos e próteses médicas. In: XIII SIMPEP, 2006, Bauru, SP. Anais...Bauru.
- Bligh, A. (2006). The overlap between TRIZ and lean. University of Rhode Island, 1-10.
- Bralla, J.G. (1996). Design for Excellence. New York :Mcgraw-Hill. 327p.
- Brentani, U.; Reide, S. E. (2012). The fuzzy front-end of discontinuous innovation: Insights for research and management. *Journal of Product Innovation Management*, 29(1), 70-87.
- Carvalho, M. A.; Black, N. (2001). Uso de conceitos fundamentais da TRIZ e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos. In: 3o. Congresso Brasileiro de gestão de Desenvolvimento de produto. Florianópolis, SC.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education* (7th ed.). London Routledge.
- Costa, M.A. (2010). Análise das práticas da gestão do processo de desenvolvimento de produtos em institutos de revestimento cerâmico do Polo de Santa Gertrudes-SP. 2010.157p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Departamento de Pós Graduação em Engenharia de Produção- UFSCar, São Carlos.
- Costa, M. A. B.; Toledo, J. C. (2016). Análise dos modelos e atividades do pré-desenvolvimento: revisão bibliográfica sistemática. *Gestão & Produção*, 23(4):1-14.
- Demarque, Eduardo (2005) TRIZ Teoria para Resolução de Problemas Inventivos Aplicada ao Planejamento de Processos na Industria Automotiva

- Ghinato, P. (1996) Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. Caxias do Sul: EDUCS
- Goldense, B. (2016). TRIZ is Now Practiced in 50 Countries. Machine Design.
- Khan, M. S., Al-Ashaab, A., Shehab, E., Haque, B., Ewers, P., Sorli, M., Sopelana, A. (2011). Towards lean product and process development. International Journal of Computer-Integrated Manufacture. v. 26, n. 12, p. 1105-1116.
- Kaminski, P.C. (2000). Produtos e a Sociedade. In: Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade. Rio de Janeiro: LTC.
- Kemmis, S.; McTaggart, R. (1992). The action researcher planner. Geelong: Deakin University Press.
- Kowallic, J. F. (1997). Technology Forecasting with TRIZ. TRIZ Journal.
- Krasnoslobodtsev, V.(2012). “Essential TRIZ for Beginners - Innovación Sistemática | Curso Introducción Al TRIZ Clásico.”
- Lean Institute Brasil. (2007). Uma visão sistemática dos princípios lean: reflexão após 16 anos de pensamento e aprendizagem lean Disponível em: <<https://www.lean.org.br/artigos/44/uma-visao-sistemica-dos-principios-lean-reflexao-apos-16-anos-de-pensamento-e-aprendizagem-lean.aspx>>. Acesso em: 20 mar. 2021..
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services : The Case of Lean Product Development. Exchange.
- Liker, J. K., & Morgan, J. (2011). Lean Product Development as a System: A Case Study of Body and Stamping Development at Ford. Engineering Management Journal, 23(1), 16–28.
- López, J., Almeida, R.L. de, & Araujo-Moreira, F.M.. (2005). TRIZ: criatividade como uma ciência exata?. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27(2), 205-209. <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172005000200004>
- Malkin, S.; Malkin A. (2003).Eureka on demand. Ideation International Inc.
- Mascitelli, R. (2004). The lean design guidebook: everything your product development team needs to slash manufacturing cost. Technology perspectives.
- MIT – MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY. (2001). Lean enterprise self-assessment tool. Version 1.0. Cambridge: Lean Aerospace Initiative.
- Morgan, J. M.; Liker, J. K. (2006) The toyota production development system: integrating people, process, and tecnologia. New York: Productive Press.
- Ohno, T. (1997). O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala, Bookman, Porto Alegre.
- Ohno, T.(1988). Workplace Management, Productivity Press.
- Oppenheim, B. W., Murman, E. M., Secor, D. A. (2010) Lean enablers for systems engineering. Systems Engineering. v. 14, p. 29-55.
- Reishauer, Edwin O. (1977). The Japanese. Cambridge, Harvard University Press.
- Rossi, M., Morgan, J., & Shook, J. (2017). Lean product and process development.

- Rozenfeld, H., Forcellini, F.A., Amaral, D.C., Toledo, J.C. and Silva, S.L. (2006). *Gestão de Desenvolvimento de Produtos*, Editora Saraiva, São Paulo.
- Rooney, S. A., & Rooney, J. J. (2005). Lean glossary. *Quality Progress*, 38(6), 41–47
- Rozenfeld, H.; Forcellini, F.A.; AmaraL, D.C.; ToledO, J.C.; Silva, S.L.; Allipradini, D.H.; Scalice, R.K.(2006). *Gestão de Desenvolvimento de Produtos – uma referência para a melhoria do processo*. São Paulo: Saraiva.
- Savransky, S.D. (2000). *Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving.*, p.408.
- Shingo, Shigeo. (1996). *Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre: Bookman.
- Spreafico, C., & Russo, D. (2016). TRIZ Industrial Case Studies: A Critical Survey. *Procedia CIRP*, 39, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.165>.
- Suframa (2017). Consultado em: <http://site.suframa.gov.br/assuntos/polo-industrial-de-manaus>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative science quarterly*, 582-603.
- Wang, H. (2010). *Product variety induced complexity and its impact on mixed-model assembly systems and supply chains* (Tese de doutorado). University of Michigan, Michigan.
- Wang, L.; Ming, X.G.; Kong, F.B.; Li, D.; Wang, P.P. (2012). Focus on implementation: a framework for lean product development. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D. (1990), *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates, New York, NY.
- Womack, J.P., Jones, D.T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster.

APÊNDICES

APÊNDICE I – FORMULÁRIOS DE PESQUISA

Avaliação do alinhamento do Processo de Desenvolvimento de Produto com as Práticas Lean

Descrição do formulário

E-mail *

E-mail válido

Este formulário está coletando e-mails. [Alterar configurações](#)

O processo de desenvolvimento de produto é formalizado e compreendido? *

- Não existe um processo de desenvolvimento de produtos formalizado
- O processo de desenvolvimento de produtos está formalizado, porém não é seguido e/ou os participantes...
- Existe um processo de desenvolvimento de produtos formalizado e os envolvidos o entendem
- Existe um processo de desenvolvimento de produtos formalizado, as pessoas o compreendem e melhoria...
- O processo de desenvolvimento de produtos é formalizado e constantes revisões são realizadas. Todos o...

Os clientes e demais stakeholders (acionistas, funcionários) são regularmente envolvidos no processo de desenvolvimento? *

- No Instituto, os inputs dos clientes são capturados somente no início do processo de desenvolvimento.
- Os inputs dos clientes são considerados de forma quantitativa através de uma ligação da alta gerência co...
- Os clientes estão formalmente representados nos times integrados de desenvolvimento de produtos do In...
- Os clientes são ativamente envolvidos com os time integrados de desenvolvimento de produtos, e de for...
- Os clientes estão, de forma rotineira, envolvidos com os times integrados de desenvolvimento de produto...

3. As preocupações iniciais dos stakeholders sobre o projeto e seu desenvolvimento são consideradas e incorporadas no processo tão cedo quanto possível? *

- As questões de manufatura são consideradas no final do processo de desenvolvimento. Isto freqüenteme...
- Questões acerca de manufatura e montagem são consideradas no início dos projetos, porém de uma form...
- Times multifuncionais incluem as disciplinas de início de projeto assim como os fornecedores chaves do l...
- As prioridades dos stakeholders do início do processo são quantificadas no projeto tão cedo quanto possi...
- Os valores dos stakeholders do início do processo são quantificados e balanceados em função dos trade...

4. As interações desnecessárias no ciclo de desenvolvimento de produtos são removidas? *

- Não há avaliação das informações que retornam causando retrabalho.
- Eventualmente o fluxo de informação é verificado. Possíveis retornos de informações que não sejam dese...
- As etapas do Processo de desenvolvimento do produto são analisadas de forma criteriosa para evitar o re...
- São utilizadas ferramentas específicas para acompanhamento do fluxo de informações no Processo de D...
- O mapeamento e análise do fluxo das informações são executados de forma que ao longo de todo o proc...

5. O ciclo de desenvolvimento tem sido simplificado e alinhado ao caminho crítico? *

- Sempre que detectada qualquer complexidade desnecessária no ciclo de desenvolvimento estas são rem...
- Sempre que detectada qualquer complexidade desnecessária no ciclo de desenvolvimento estas são rem...
- Constantes revisões são efetuadas no sentido de tornar as atividades menos complexas e alinhadas ao c...
- As pessoas envolvidas com o ciclo do desenvolvimento realizam constantes revisões no sentido de tornar...
- Grupos multifuncionais discutem o ciclo de desenvolvimento e decisões com relação a melhorias são tom...

6. Produtos e processos são desenvolvidos de forma simultânea? *

- O desenvolvimento é realizado numa organização funcional, e estas áreas funcionais não são integradas ...
- Times Integrados de Produtos ou desenvolvimento multidisciplinar são utilizados numa pequena extensão.
- Times Integrados de Produtos ou desenvolvimento multidisciplinar são utilizados de forma intensiva, e m...
- Times Integrados de Produtos ou desenvolvimento multidisciplinar são utilizados de forma intensiva, e m...
- As definições do produto e do processo são integradas de forma contínua, tanto internamente, quanto atr...

APÊNDICE II – PLANO DE TREINAMENTO PARA A CAPACITAÇÃO TÉCNICA DOS LÍDERES DE PROJETO

LOGOTIPO DO INSTITUTO XPTO	Plano de Treinamento para a capacitação técnica dos líderes de projeto	Código
		FO-XXX
		Revisão
		01

Módulos Líderes	Liderança na Gestão de Projetos Mecânicos	Liderança na Gestão de Projetos de Software	Liderança na Gestão de Projetos de Hardware	Liderança na Gestão de Pessoas
Líder 1	16/08 a 30/08	N/A	04/10 a 22/10	01/11 a 08/11
Líder 2	16/08 a 30/08	13/09 a 01/10	04/10 a 22/10	01/11 a 08/11
Líder 3	16/08 a 30/08	N/A	04/10 a 22/10	01/11 a 08/11
Líder 4	16/08 a 30/08	13/09 a 01/10	04/10 a 22/10	01/11 a 08/11

Objetivos dos Módulos

Liderança na Gestão de Projetos Mecânicos	Instrumentalizar as lideranças e potencializar sua atitude no processo de apropriação, consolidação e disseminação das competências do processo de desenvolvimento mecânico.
Liderança na Gestão de Projetos de Software	Instrumentalizar as lideranças e potencializar sua atitude no processo de apropriação, consolidação e disseminação das competências do processo básico de desenvolvimento de software.
Liderança na Gestão de Projetos de Hardware	Instrumentalizar as lideranças e potencializar sua atitude no processo de apropriação, consolidação e disseminação das competências do processo básico de desenvolvimento de hardware.
Liderança na Gestão de Pessoas	Promover comportamentos que evidenciem Liderança de Pessoas e Equipes, Comunicação com Transparência e Espírito Colaborativo. Desenvolver e aprimorar as competências de Gestão de Pessoas, visando que as lideranças reconheçam a importância e utilizem boas práticas de gerenciamento de pessoas na administração da Prefeitura de Porto Alegre.

APÊNDICE III – A3 PDCA PARA UTILIZAÇÃO NA SALA OBEYA

