

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**EVERTON FARINA**

**DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL DE UM MÓDULO DE  
POTÊNCIA PARA AGRICULTURA**

**Florianópolis  
2010**

**EVERTON FARINA**

**DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL DE UM MÓDULO DE  
POTÊNCIA PARA AGRICULTURA**

Dissertação de Mestrado em Engenharia  
mecânica Para a obtenção do título de Mestre  
em Engenharia Universidade Federal de  
Santa Catarina.  
Programa de Pós-Graduação e Pesquisa.

**ORIENTADOR: ACIRES DIAS**  
**CO-ORIENTADOR: ALBERTO KAZUSHI NAGAOKA**

**Florianópolis**  
**2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**

**DESENVOLVIMENTO CONCEITUAL DE UM MÓDULO DE  
POTÊNCIA PARA AGRICULTURA**

**EVERTON FARINA**

**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do  
título de MESTRE EM ENGENHARIA, especialidade:  
ENGENHARIA MECÂNICA sendo aprovada em sua forma  
final.**

---

**Prof. Acires Dias, Dr.º Eng.º – Orientador**

---

**Prof. Alberto Kazushi Nagaoka, Dr.º Eng.º – Co-orientador**

---

**Prof. Eduardo Alberto Fancello, Dr.º Sc.º – Coordenador do  
Curso**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. André Ogliari, Dr.º Eng.º**

---

**Prof. Fernando Cesar Bauer, Dr.º Eng.º**

---

**Prof. Daniel Martins, Dr.º Eng.º**

“Só em Deus repousa a minha alma, é dele que me vem o que eu espero”.

(Salmos 61:6 – Bíblia Católica)

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável, mas não uma especialidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto. Deve aprender a compreender as motivações dos homens, suas quimeras e suas angústias para determinar com exatidão seu lugar a seus próximos e à comunidade.”

(Albert Einstein)

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Vilson e Elza pelas angustias e preocupações que passaram por minha causa, por terem dedicado suas vidas a mim, pelo amor, carinho e estímulo que me ofereceram e a meus irmãos, Fabiane e Geferson, a minha namorada Rosane e a Gabriele por todo incentivo, dedico-lhes essa conquista como gratidão.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Acires Dias, pelos ensinamentos nas disciplinas, por confiar em mim, pela orientação precisa, pelos incentivos, por disponibilizar todos os recursos necessários.

Ao meu co-orientador, Professor Alberto Kazushi Nagaoka, pela orientação, disponibilidade e incentivo com que sempre auxiliou no desenvolvimento das idéias.

Aos meus pais e irmãos que sempre me incentivaram e apoiaram em todos os sentidos. Estiveram sempre ao meu lado mesmo distantes e foram minha referência.

Aos amigos Ivo Rodrigues Montanha Jr, Douglas Roberto Zaions, Paulo F. do Carmo e Eduardo Yuji Sakurada pela amizade, companheirismo e boa convivência desde os primeiros dias do mestrado e pelas elucidações relacionadas às disciplinas.

Aos demais colegas do NEDIP por fazerem do Laboratório um lugar agradável de trabalhar.

À sociedade brasileira que através da agência CNPq fomentou este trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xi
LISTA DE QUADROS .....	xi
LISTA DE ABREVIACÕES .....	xi
RESUMO .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto da tecnologia na agricultura .....	1
1.2 Contexto das máquinas alternativas .....	3
1.3 Objetivos e contribuições .....	5
1.3.1 Objetivo Geral .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.3.3 Contribuição .....	6
1.4 Divisão e organização da dissertação .....	6
<b>2 CONCEPÇÕES TEÓRICAS METODOLOGICAS PARA DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO .....</b>	<b>7</b>
2.1 Contextualização .....	7
2.2 Abordagem de máquinas artesanais (Jerico) .....	9
2.3 Contextualizando a máquina agrícola .....	11
2.4 Fonte e transmissão de potência de máquinas .....	13
2.4.1 Transmissão Mecânica .....	13
2.4.2 Transmissão Elétrica .....	15
2.4.3 Transmissão Pneumática .....	16
2.4.4 Transmissão Hidráulica .....	17
2.5 Conclusões do capítulo .....	19
<b>3 PROCESSO DE PROJETO .....</b>	<b>20</b>
3.1 Projeto Informacional .....	23
3.2 Projeto Conceitual .....	26
3.3 Conclusões do capítulo .....	30
<b>4 PROJETO INFORMACIONAL .....</b>	<b>32</b>
4.1 Estudo informativo do problema de projeto .....	33
4.1.1 Determinação do tamanho as amostra do questionário aplicado .....	35
4.1.2 Determinação das especificações de projeto do Módulo de Potência para agricultura (Problema de projeto) .....	37
4.1.3 Procurar a informações necessário para o trabalho de projeto .....	38

4.1.4. Definir os produtos de referência .....	38
4.2 Definição do ciclo de vida do produto .....	41
4.3 Levantamento das necessidades dos clientes .....	44
4.4 Conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto .....	51
4.5 Avaliação dos requisitos de clientes X requisitos de projeto ...	53
4.6 Lista de especificações do projeto .....	53
4.7 Conclusões do capítulo .....	59
<b>5 PROJETO CONCEITUAL</b> .....	60
5.1 Definição da estrutura funcional do produto .....	61
5.2 Selecionar estrutura de funções .....	62
5.3 Criação dos princípios de solução para as funções .....	69
5.4 Combinações dos princípios de solução .....	72
5.5 Avaliação das concepções alternativas .....	87
5.5.1 Avaliação baseada no julgamento da viabilidade .....	87
5.5.2 Avaliação baseada na matriz de avaliação .....	89
5.5.3 Modelo gráfico da concepção proposta gerada a partir da avaliação das concepções alternativas .....	91
<b>6 ANÁLISE DO CONCEITO</b> .....	95
6.1 Análise do conceito .....	95
6.2 Apresentação do modelo analógico .....	105
6.3 Conclusões do capítulo .....	110
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	111
7.1 Conclusões .....	111
7.2 Recomendações para continuação do trabalho .....	113
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	115
<b>APÊNDICE</b> .....	120
Introdução .....	120
Apêndice A: Questionário elaborado .....	120
Apêndice B: Produtos referencias .....	127
Apêndice C: Matriz de Roth: matriz de apoio à identificação das necessidades dos clientes .....	132
Apêndice D: Matriz de conversão dos requisitos de clientes em requisitos de projeto .....	135
Apêndice E: Matriz QFD: Casa da Qualidade .....	139
Apêndice F-A: Matriz Morfológica .....	143
Apêndice F-B: Concepções alternativas .....	147
Apêndice G: Ata de apresentação .....	150

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Jerico.....	10
Figura 2.2 – Protótipo de micro trator articulado e implemento de plantio e adubação por covas, acoplado (Fonte: RESENDE, 1995) .....	12
Figura 3.1 – Processo, macrofases, fases e saídas do modelo de referência para o PDMA. (Fonte: ROMANO, 2003) .....	21
Figura 3.2 – Diretriz inicial do ciclo de vida (Fonte: FONSECA, 2000) .....	22
Figura 3.3 – Fluxograma da metodologia de projeto. (Fonte: REIS, 2003) .....	22
Figura 3.4 – Ciclo de vida (Fonte: FONSECA, 2000) .....	23
Figura 3.5 – Fase informacional da metodologia de projeto utilizada ...	25
Figura 4.1 – Seqüência Metodológica. (Fonte: FONSECA, 2000) .....	32
Figura 4.2 – Grandezas e condições que influenciam no desenvolvimento e na construção. (Fonte: PAHL & BEITZ, 2005) .....	42
Figura 4.3 – Ciclo de vida do produto (Adaptado de: FONSECA, 2000) .....	42
Figura 5.1 – Metodologia da fase de projeto conceitual adotada .....	60
Figura 5.2 – Função global do sistema .....	61
Figura 5.3 – Obtenção das cadeias de Funções .....	62
Figura 5.4 – Estrutura de Funções 01 .....	63
Figura 5.5 – Estrutura de Funções 02 .....	63
Figura 5.6 – Estrutura de Funções 03 .....	64
Figura 5.7 – Estrutura de Funções 04 .....	64
Figura 5.8 – Estrutura de Funções selecionada .....	68
Figura 5.9 – Considerações das forças para análise .....	70
Figura 5.10 – Campo de visão previsto .....	71
Figura 5.11 – Princípio de Solução 1 .....	73
Figura 5.12 – Sistema Variável .....	73
Figura 5.13 – Princípio de Solução 2 .....	74
Figura 5.14 – Controle estabilidade .....	75
Figura 5.15 – Princípio de Solução 3 .....	76
Figura 5.16 – Exemplo de pêndulo invertido .....	76
Figura 5.17 – Deslocamento de massa para pêndulo invertido .....	77
Figura 5.18 – Princípio de Solução 4 .....	78
Figura 5.19 – Exemplo de funcionamento .....	79
Figura 5.20 – Trator da Plustech .....	80
Figura 5.21 – Princípio de Solução 5 .....	81

Figura 5.22 – Estrutura flexível .....	81
Figura 5.23 – Princípio de Solução 6 .....	82
Figura 5.24 – Estabilidade máquina .....	83
Figura 5.25 – Princípio de Solução 7 .....	84
Figura 5.26 – Proposta de articulação .....	85
Figura 5.27 – Variações da máquina .....	85
Figura 5.28 – Estrutura de segurança (Fonte: Autor) .....	86
Figura 5.29 – Concepção Modelada .....	92
Figura 5.30 – Módulo Estrutural .....	93
Figura 5.31 – Módulo Estrutural com carenagem .....	94
Figura 6.1 – Estrutura principal do Módulo .....	96
Figura 6.2 – Base de suporte para moto-gerador .....	96
Figura 6.3 – Base de suporte para Operador .....	97
Figura 6.4 – Apresentação dos elementos da concepção .....	98
Figura 6.5 – Utilização combinada em Tandem .....	99
Figura 6.6 – Utilização combinada em Paralelo .....	99
Figura 6.7 – Módulo de carga .....	100
Figura 6.8 – Detalhe do módulo de carga .....	100
Figura 6.9 – Detalhe do apoio 3 pontos .....	101
Figura 6.10 – Detalhe da transmissão .....	101
Figura 6.11 – Controle da Suspensão .....	102
Figura 6.12 – Variação da Suspensão .....	103
Figura 6.13: Apresentação dimensional e distribuição de massa.....	104
Figura 6.14 – Estrutura do conceito modelada em aço .....	105
Figura 6.15 – Estrutura da suspensão modelada em madeira .....	106
Figura 6.16 – a) Concepção da suspensão modelada por software de CAD; b) Concepção da suspensão modelada em madeira na escala 1:10 .....	107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Clientes por fase do Ciclo de vida .....	43
Tabela 5.1: Lista das Especificações de maior pontuação .....	65
Tabela 5.2: Tabela das escalas recomendadas por Ullman (1992) .....	65
Tabela 5.3: Matriz de Pugh (1991) simplificada .....	66
Tabela 5.4: Matriz de Pugh (1991) simplificada .....	90

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 – Etapas do projeto conceitual. ....	27
Quadro 4.1 – Cálculo do tamanho da amostra .....	36
Quadro 4.2 – Produto de referência .....	39
Quadro 4.3 – Produto de referência – microtratores .....	40
Quadro 4.4 – Lista das necessidades dos clientes do projeto .....	45
Quadro 4.5 – Requisitos dos clientes do projeto .....	48
Quadro 4.6 – Requisitos de projeto .....	52
Quadro 4.7 – Lista das especificações do projeto do modulo de potência .....	54
Quadro 4.8 – Lista das especificações do projeto do módulo de potência ordenada .....	58
Quadro 4.9 – Resultados da análise de viabilidade das concepções ...	88
Quadro 6.1: Resultado da avaliação do conceito pelos agricultores ....	107

## LISTA DE ABREVIACÕES

CC .....	Corrente Contínua ;
CA .....	Corrente Alternada
QFD .....	Quality function deployment (Casa da Qualidade)

## RESUMO

As razões que levaram ao desenvolvimento deste trabalho surgiram devido a grande transformação da agricultura brasileira que ao longo dos anos tem favorecido ao êxodo rural, incentivado por sua modernização excludente e parcial dos recursos para o trabalho com perspectivas de agravamento diante do cenário econômico mundial. Essas transformações foram: a globalização com abertura de mercado, a importância do meio ambiente e a revolução tecnológica. Todos esses fatores acabam por impulsionar a otimização das atividades nas propriedades rurais exigindo que cada vez se produza maiores quantidades com maior qualidade e com custos reduzidos. Essa exigência afasta cada vez mais o produtor rural de menor porte, geralmente composto por trabalho familiar que, por causa do êxodo rural, está envelhecendo e contando com um número significativamente menor de membros da família para o trabalho e, por outro lado, abre mais espaço para grandes produtores com poder aquisitivo maior. Já a evolução da tecnologia tem favorecido muito os produtores de grande porte, mas essa tecnologia não chegou aos pequenos e médios produtores na mesma proporção dos grandes. Hoje os produtores rurais de pequeno e médio porte ainda não podem contar com máquinas modernas, modulares e versáteis, que atendam na íntegra suas reais necessidades. Diante disso, a proposta desse trabalho foi desenvolver um protótipo conceitual de um módulo de potência para a agricultura, preparado para receber diferentes tecnologias de propulsão para o atendimento aos pequenos e médios produtores. No desenvolvimento da máquina foram definidas as especificações de projeto com base no resultado do questionário semi-estruturado, a fim de poder delinear o desenvolvimento do mesmo. A máquina (módulo de potência) foi projetada para ser utilizada em terrenos acidentados onde o risco de acidente por tombamento é grande. O trabalho foi desenvolvido até o projeto conceitual, em nível de um modelo eletrônico e de um modelo analógico. Para testar o conceito fez-se um processo de avaliação com parte dos agricultores e técnicos que participaram da especificação das necessidades. A avaliação dos modelos foi positiva recomendando a implementar para as outras fases do projeto. A percepção é que a estrutura modular permitiu ampliar as possibilidades de utilização da máquina e seu elemento de movimentação visa levar o conceito para a visão ecologicamente correta quanto a utilização de fontes de combustíveis renováveis.

Palavras-chave: Máquina agrícola; Módulo de Potência

## ABSTRACT

The reasons for the development this work arose because of the big transformation in the Brazilian agriculture over these years has caused the exodus from the countryside to the cities. The exodus has been caused by the exclusive and partial modernization of the agricultural equipments and processes. There is a projection to increase if for the new world order stimulated by these changes: the globalization added to the open market, the esteem by the environment and the technological revolution. All these factors optimize the activities of the lands forcing a better production with more quality and low costs. These requirements delay the progress of the small farms, generally composed of members of the family that, because the exodus, are decreasing and becoming older. On the other hand, this situation benefits big companies that can invest in high technology with less human resources. The evolution of the technology has encouraged the healthy producers, but has not reached the small and medium producers in the same proportion of the big ones. Nowadays, the small and medium agricultural producers still can't make use of modern, modular and versatile machines, which fully support their needs. To carry out the project had to be a theoretical methodologies directed to product development, the relationship between the development of agricultural machinery to the needs of customers and the establishment of functional structures of products to meet a specific demand. Thus, the proposal of this work is develop a conceptual prototype of a module for agriculture prepared to receive different propulsion technologies for solutions to the small and medium agricultural producers. It's providential a systematic design methodology to elaborate that such machine. In order to delineate the development of it, it was defined the specifications of design based on the results of the structured survey to develop the equipment. The machine (power module) was designed to be used in rough lands where there are high risks of accidents by rolling. The study was conducted to the conceptual design, the level of an electronic model and an analog model. To test the concept became a process of evaluation with farmers and technicians who participated in the specification of requirements. The evaluation of the models was recommended to implement positive for the other phases of the project. The perception is that the modular structure possible to enlarge the possibilities of using the machine and the drive and how to use sources of renewable fuels.

Keywords: Agricultural machinery; Module Power



### 1.1 CONTEXTO DA TECNOLOGIA NA AGRICULTURA

Analisando o cenário atual da agricultura brasileira fica explícita a redução do número de pessoas nesse setor sendo que a demanda agrícola não diminuiu. Desta forma surge a necessidade de utilização de meios que permitam aos pequenos produtores rurais produzirem um mesmo volume de produto contando com um número cada vez menor de mão de obra e, isso somente torna-se possível com a modernização da agricultura.

Agra (2000), afirma que a modernização da agricultura brasileira, ocorrida principalmente nos anos 60 e 70, é excludente e parcial. O mesmo autor completa ainda que essa modernização fomenta um modelo dual de produção, onde ocorre o aumento da pobreza no campo, porém prioriza a globalização de mercado a parcela mais rica.

De forma geral, as principais transformações que ocorreram na agricultura brasileira nos últimos anos foram: a globalização com abertura de mercado; a importância do meio ambiente; o aumento do êxodo rural; e a revolução tecnológica. A sobrevivência da agricultura familiar depende da adequação da agricultura brasileira ao processo de globalização que implica em competitividade, operacionalizada por um aumento de produtividade, redução de custos e aumento de qualidade dos produtos e serviços. “Quando se refere a meio ambiente, à palavra-chave é sustentabilidade da agricultura, definida como sistemas agrícolas economicamente viáveis, socialmente aceitáveis, ambientalmente sãos e politicamente respaldados” (TEIXEIRA, 2005). Segundo pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, o avanço científico e tecnológico das últimas décadas indica a tendência de concentração do poder com base no domínio do conhecimento, o que motiva a pesquisa e o desenvolvimento. Nesse aspecto, a proposta deste trabalho é abordar novas tecnologias para o campo sempre buscando atender as necessidades dos agricultores e seguindo as tendências de mercado que resultem em incrementos na produtividade, maior desenvolvimento na área de pesquisa e oferta em matéria de equipamentos e máquinas em geral.

Entender, portanto, a modernização da agricultura brasileira como uma simples mudança da base técnica é simplificar, em muito, o seu significado.

O processo de modernização da agricultura brasileira está intimamente ligado à fase conclusiva do processo de substituição de importações – a internalização de indústrias produtoras de bens de capital e de insumos modernos – ou seja, a entrada no país de multinacionais produtoras de tratores, fertilizantes, herbicidas etc.

O desenvolvimento de produtos para o preenchimento de lacunas tecnológicas no Brasil tem se restringido a poucas empresas. No que diz respeito à indústria de máquinas agrícolas, através de pesquisa de campo junto a produtores rurais e vendedores de máquinas e implementos agrícolas, foi possível perceber que há pouco investimento no desenvolvimento de novos produtos e na melhoria de produtos existentes. No entanto, essas ações ocorrem com maior ênfase para produtos de maior valor agregado, máquinas essas que serão adquiridas por grandes produtores rurais ou sociedades de agricultores para uso coletivo.

Os princípios de solução, utilizados pelas empresas fabricantes são basicamente os mesmos há vários anos, sendo que as poucas diferenças entre as máquinas se restringem ao arranjo e dimensões de seus componentes. Uma das possíveis causas desse quadro é a não utilização de metodologias para o desenvolvimento de produtos.

Segundo Romano et al (2001), “o desenvolvimento das máquinas normalmente é feito de forma intuitiva, quando não através de cópia e adaptações de produtos existentes no mercado”. Na maioria das empresas instaladas no Brasil, não se verifica a aplicação das abordagens metodológicas de projeto de produtos industriais conhecidas, tais como Back (1983), Pahl & Beitz (1996) Back et al (2008), entre outras que formam o elemento principal para o sucesso no desenvolvimento de produtos.

Dentro do desenvolvimento de produtos, destaca-se a macro-fase de projeto como sendo um processo de extrema importância. Segundo Blanchard & Fabrycky (1990), “[...] ao final do projeto mais de 90% do custo do ciclo de vida do produto já está comprometido”. Back et al (2008) aponta que “[...] as decisões tomadas durante os primeiros 10% do tempo total de desenvolvimento de um produto comprometem 85% dos fundos a serem gastos no empreendimento”.

Ogliari (1999) aponta que, “[...] para que o desenvolvimento de produtos se torne eficaz e eficiente, a macro-fase de projeto do produto precisa ser planejada cuidadosamente e executada sistematicamente”.

Analisando o atual cenário da agricultura brasileira, onde impera o aumento de produtividade e qualidade e a redução dos custos, o desenvolvimento de máquinas modulares para pequenas e médias propriedades rurais aparece como uma tendência promissora. Entretanto, para que essa área de atuação se torne uma realidade consolidada, é necessário que se desenvolvam equipamentos apropriados para as mais diversas condições (cultura do cliente, tipo de solo, clima, etc.).

Hoje os produtores rurais de pequeno e médio porte ainda não podem contar com máquinas modernas, modulares e versáteis que atendam na íntegra suas reais necessidades. Para o desenvolvimento de tal equipamento é providencial a utilização de uma metodologia de projeto. Desta maneira a metodologia de projeto utilizada neste trabalho foi elaborada com base nas metodologias de Back et al. (2008), Romano (2001) e Fonseca (2000).

## 1.2 CONTEXTO DAS MÁQUINAS ALTERNATIVAS

A Região do Alto Uruguai Catarinense é um importante pólo produtivo agrícola. Composto em sua maior parte por agricultura familiar, tornou-se foco principal para o desenvolvimento da pesquisa.

Quem passar por essa região pode surpreender-se com a presença de estranhos veículos de quatro rodas que, evidentemente, jamais passou por uma loja. Esses veículos, que normalmente circulam pelos acostamentos, parecem picapes antigas. Porém, se forem observadas de perto, nota-se que são feitos de maneira artesanal, em pequenas oficinas, por sítiantes.

Esses veículos geralmente são confeccionados a partir de um chassi de picape Willis, onde é adaptado um motor, normalmente estacionário de um ou dois cilindros.

Frente ao uso desses veículos pode-se afirmar com muita convicção que, na região, os agricultores que os possuem estão muito satisfeitos com os mesmos e os que ainda não possuem, estão em busca de um chassi Willis para que possam montar o seu próprio “*jerico*”. Normalmente esses veículos tendem a substituir tratores nas tarefas diárias.

Os primeiros tratores utilizavam motores a vapor, e eram essencialmente substitutos dos eqüinos e bovinos. Com o desenvolvimento dos motores a diesel e a nova configuração dos tratores de rodas, passando a apresentar, como configuração mais comum, duas rodas grandes de tração atrás e duas rodas menores

direcionáveis na frente, constituindo uma estrutura rígida. O mercado de tratores obteve uma estrutura de produto que viria a perdurar até nos dias atuais.

Esses tratores sofreram grandes atualização, sendo que a tendência de evolução aconteceu com relação ao tamanho, peso e potências, sempre preservando o mesmo conceito de trator presente desde os primeiros modelos. Esse conceito antigo encontra-se em fase de modificação devido as novas exigências do mercado consumidor. Atualmente, na região estudada, a tendência é de priorizar máquinas de menor peso, com a utilização da maior potência disponível.

Conforme Biondi et al. (1996), a redução no peso dos tratores é explicada pelo “[...] melhor dimensionamento do chassi, que elimina materiais desnecessários e reduz os custos de produção”. Ainda segundo Biondi et al. (1996), “esta redução provoca diminuição da resistência ao rolamento, com importante decréscimo da potência perdida [...]”. A redução de peso imprime desta maneira versatilidade ao trator ideal para as aplicações leves, entretanto as operações que demandam grande esforço de tração determinam uma alta dependência de lastro.

Os tratores agrícolas brasileiros de menor potência possuem relações peso/potência em torno dos 60 kg kW<sup>-1</sup>. Isto confirma o que relatam Renius (1994) e Biller & Olfe (1986), que indicam que os tratores de menor potência são comumente utilizados para trabalhos leves, pode-se considerar que a relação peso/potência de 60 kg kW<sup>-1</sup> é bastante elevada comparativamente aos 35 kg kW<sup>-1</sup> considerado ideal para operações leves por Márquez (1990), Biondi et al. (1996).

Em análise aos estudos apresentados até agora, conclui-se, portanto, que estes tratores pequenos, quando executam operações leves, perdem potência e energia para vencer a resistência ao rolamento adicional ocasionada pelo excesso de peso, o que resulta em diversos prejuízos, tais como maior consumo de combustível, aumento da compactação do solo e menor desempenho operacional.

Levando-se em consideração que, para o agricultor, não é possível diminuir essa relação, pois não há como retirar peso. A minimização desse problema deve ser buscada por ocasião da compra do trator, na definição correta das necessidades.

## **1.3 OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Este trabalho de pesquisa tem o objetivo geral de desenvolver de forma conceitual um módulo de potência que permita realizar as operações agrícolas na pequena propriedade e possa ser fabricado em pequenas e médias unidades fabris, ao mesmo tempo seja versátil para portar qualquer sistema de motorização, visando experimentar diferentes tecnologias para motorização de máquinas, e seja inovador do ponto de vista estrutural, visando quebrar o atual paradigma da estrutura rígida, presente nas máquinas agrícolas.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos deste trabalho, pretende-se:

- Aplicar o conhecimento da metodologia de projeto desenvolvida no NEDIP para estruturar o processo de projeto para a inovação em máquina agrícola, abordando as fases de projeto informacional e conceitual;
- Levantar e organizar as necessidades e requisitos demandados pelos produtores rurais das pequenas propriedades quanto a máquinas modernas para atividades agrícolas, tendo por referência a Região do Alto Uruguai Catarinense em face da facilidade de acesso, proximidade e da diversidade de atividades agrícolas presente na região;
- Desenvolver o conceito de máquina agrícola voltado para a facilidade de obtenção dos processos e técnicas de fabricação apropriadas à pequenas e médias unidades fabris;
- Apresentar um conceito inovador de máquina agrícola, utilizando as modernas ferramentas de desenvolvimento de produto e aplicação de tecnologia, considerando a conservação dos recursos naturais e o meio ambiente;

### **1.3.3 Contribuição**

Este trabalho tem como principal contribuição, disponibilizar tecnologia na forma de um protótipo conceitual com potencial para ser desenvolvido nas fases: preliminar e detalhada do projeto. Com isso, pretende-se contribuir para melhorar a tecnologia de equipamentos disponíveis no país para utilização nas pequenas propriedades rurais.

## 1.4 DIVISÃO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em sete capítulos. No primeiro capítulo procurou-se mostrar a natureza e a importância do trabalho. Aqui se encontra apresentado sucintamente o atual cenário da agricultura brasileira, fazendo um aporte para a falta de atualização de produtos no meio rural, especificamente para pequenos e médios produtores, relacionado com a necessidade de aumento de competitividade e preocupação ambiental. Em seguida, foram explicitados os objetivos e a contribuição do trabalho e finalmente, expôs-se uma visão geral da estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é feita uma revisão bibliográfica sobre máquinas agrícolas e das máquinas alternativas. São apresentados os principais tipos de transmissão de energia/movimento, culminando na justificativa da pesquisa.

No capítulo 3 é feita uma revisão referente à metodologia de desenvolvimento de produtos adotada. Segundo essa metodologia, o projeto é dividido em quatro grandes fases, que são: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. O desenvolvimento dessas fases é mostrado nos capítulos 4 e 5 sendo que o escopo deste trabalho limita-se as fases: Informacional e conceitual do projeto.

O capítulo 4 tem como principal objetivo mostrar o processo de obtenção das especificações de projeto do sistema (projeto informacional). É no projeto informacional que se procura identificar as necessidades dos clientes e em seguida converter essas necessidades em requisitos, seguindo a metodologia, para posteriormente avançar nas etapas e chegar às especificações de projeto.

No capítulo 5 (projeto conceitual) é estabelecida a estrutura funcional do produto, com o objetivo de gerar diversas concepções, utilizando-se ferramentas como a matriz morfológica, matriz de decisão e métodos de criatividade. O produto deste capítulo é a escolha das concepções do produto.

No capítulo 6 é apresentada uma análise do conceito desenvolvido com o intuito de verificar se o objetivo do trabalho foi alcançado e se as especificações de projeto foram atendidas.

No capítulo 7 são apresentados os pareceres conclusivos sobre o trabalho realizado e uma proposta de desenvolvimento para continuação do projeto.

### CONCEPÇÕES DE PRODUTO E SISTEMAS DE TRANSMISSÃO

#### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A motivação pela aplicação da pesquisa no campo de desenvolvimento de protótipos de máquinas e implementos agrícolas teve por base a estrutura fundiária da região Sul do Brasil, que é constituída, basicamente, por pequenas unidades de produção familiar, numa proporção maior do que para as outras regiões do Brasil.

Segundo dados apurados pelo IBGE (2010), as unidades de produção familiar ocupam 24,3% das áreas agrícolas em nível nacional que, apesar de ocupar apenas um quarto da área, a agricultura familiar responde por 38% do valor da produção agrícola do país (ou R\$ 54,4 bilhões). Sendo que na região sul tem-se uma grande incidência desse tipo de produção.

Do ponto de vista social, a pequena propriedade é a maior responsável pela fixação do homem no campo, na medida em que emprega todos os membros da família. No aspecto econômico, é responsável pela maior parte dos alimentos básicos consumidos pela população.

“Tomando por base o Estado de Santa Catarina constata-se que ¾ das terras tem declividade superior a 20%. Para o fator declividade utilizou-se como critério o intervalo de classes estabelecido no sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras [...]”, proposto por Ramalho Filho e Beek (1995). Essa informação é de extrema importância para quando se inicia um estudo de desenvolvimento de um produto específico, para que dessa forma seja possível fazer uma avaliação dos primeiros fatores que influenciarão no desenvolvimento do projeto. Desta maneira, (CORSEUIL e CAMPOS, 2007) apresenta a seguinte informação:

Define que as declividades abaixo de 20% são as mais adequadas para a utilização agrícola, de 20% a 45% conferem uma baixa adequação por apresentarem dificuldades para o preparo do solo e para a mecanização. Já as declividades maiores que 45% são consideradas inadequadas para essa atividade, devendo ser destinadas para outros usos, como por exemplo: culturas permanentes, silvicultura e áreas de preservação.

Em outras palavras, apenas  $\frac{1}{4}$  das terras de Santa Catarina são altamente adequadas a mecanização nas condições oferecidas pelas máquinas atuais. Contudo, mesmo para as terras em condições apropriadas para mecanização há várias limitações das máquinas hoje existentes, em relação às necessidades dos agricultores: custo de aquisição e manutenção elevado, limitações em relação a ergonomia, complexidade para ajustes, o que leva a alto tempo para regulagem, baixa manutenibilidade, baixa confiabilidade, consumo elevado, baixa eficiência tratoria, pouca versatilidade operacional, segurança deficiente, baixa estabilidade, alto peso.

Quando se amplia a atuação para as declividades nas faixas de 20% à 45% percebe-se uma falta ainda maior de produtos constituindo assim uma excelente oportunidade para desenvolvimento, atuando exatamente nas limitações impostas por esse aspecto físico. Estas limitações afetam não só a região Sul do Brasil, Santa Catarina em particular, mas muitas outras regiões, principalmente, aquelas próximas dos centros urbanos que também apresentam uma estrutura fundiária de pequenas propriedades.

Do ponto de vista da conjuntura nacional, a falta de uma política agrícola sólida e os planos econômicos têm sido desfavoráveis às propriedades familiares. Assim, Burin (2008), citando vários autores afirma que, cronologicamente, até meados de 1978, a agricultura brasileira era tipicamente artesanal, com modelo de produção independente do contexto industrial. De 1979 à 1986 foi à época da agricultura química. Nesse período, observou-se um incremento constante no uso de insumos, tendo como consequência o aumento da produtividade e dos custos de produção. Em meados da década de 80 o modelo foi caracterizado como intensivo. A partir de 1990 surge o modelo de agricultura alternativa caracterizada por: aproveitar melhor a mão de obra; eliminar o uso de biocidas; usar adubação orgânica; equilibrar a relação força de trabalho humana, mecanizada e animal; usar sistemas de plantio direto e cultivo mínimo; buscar a viabilização da propriedade com redução de custo; não priorizar o simples aumento da produtividade como é feito no sistema intensivo.

Este modelo ainda precisa ser construído, sendo o ideal para os pequenos agricultores, uma vez que preconiza o bom aproveitamento de todos os fatores de produção. Esse modelo precisa também ser suportado por tecnologias que quebrem o paradigma hoje existente, baseado em máquinas agrícolas conceitualmente iguais as utilizadas nas grandes propriedades. Esta simples adaptação gera compactação, facilita a erosão, cria dependência por mais mecanização e maior uso de

correções físicas e químicas do solo, tornando a propriedade inviável economicamente, resultando no desânimo e no êxodo.

As máquinas agrícolas sofreram um forte processo de atualização em termos de carenagem, eletrônica embarcada, aumento de potência, incorporação de sistemas hidráulicos para diminuir esforços de manobra, mas o conceito de projeto é o mesmo do início do século passado. Para a pequena propriedade, o processo está na contramão por tornar as máquinas mais caras para adquirir e para manter, portanto, com maior risco para o negócio da pequena propriedade rural. Em face desse risco, na atual abordagem econômica “mundializada”, o Estado tem a tendência de se afastar cada vez mais como parceiro no fornecimento de crédito subsidiado, o que agrava a crise e o risco para a pequena propriedade rural.

Com uma avaliação mais detalhada, identificaram-se várias causas fundamentais ou causas raízes. Uma delas se relaciona com a limitada oferta de máquinas e equipamentos para o produtor rural, adequada a sua propriedade, a sua produção, a sua dimensão econômica, ao combustível mais barato e viável para a geração de potência que ele precisa. Por meio da investigação das necessidades dos clientes (agricultores, vendedores e projetistas de máquinas), através da aplicação de questionários semi-estruturados, foi identificada também a necessidade de pesquisar novos sistemas de autopropulsão, e de desenvolver um módulo portador do sistema de potência que quebre o paradigma até hoje existente quanto aos aspectos de: portabilidade do sistema de potência, manobrabilidade, posição do centro de gravidade, maior estabilidade, versatilidade, baixo peso, menor custo, alta manutenibilidade, eficiência na transmissão de potência e na força de tração.

## **2.2 ABORDAGEM DE MÁQUINAS ARTESANAIS (*JERICO*)**

Como mencionado anteriormente, os veículos de fabricação artesanal tem suprido uma necessidade agrícola onde as grandes empresas montadoras de máquinas não atuam. Em quase toda a região do Alto Uruguai Catarinense é possível encontrar esses veículos.

Em uma breve conversa informal com alguns sitiantes, foi possível identificar as principais características que torna tão importante o uso desses veículos na região: rústicos, econômicos. Esses “*jericos*” têm força de trator, maneabilidade de jipe e capacidade cargueira de camioneta.

Normalmente esses veículos é fruto de uma junção da necessidade com o improviso, onde seguem a mesma linha de desenvolvimento iniciadas nas décadas passadas por artesãos, fazendo verdadeiro aproveitamento de sucatas para suprir demandas bem específicas da lavoura.

Para fazerem os “*jericos*”, os agricultores e mecânicos geralmente iniciam a fabricação com desmanche de um microtrator Tobatta, adicionando elementos que darão a forma final ao produto.

O ponto forte desses “*jericos*” é o motor ciclo diesel de um cilindro, que, adaptado em cima do chassi dos extintos utilitários Willys (como apresentado na Figura 2.1), gerou esse produto rústico, típico da informalidade da economia da roça brasileira. Não havendo motores da marca Tobatta, o agricultor usa motores Agrale ou Yanmar, com um ou dois cilindros, geralmente a partida é manual com manivela que na maioria das vezes presente na propriedade rural.



Figura 2.1: “*jerico*” (Fonte: site

[http://www.caldeiraopolitico.com.br/image\\_box.php?codigo=22008](http://www.caldeiraopolitico.com.br/image_box.php?codigo=22008)).

Este passa a ser o veículo de serviço de quem saiu da carroça puxada por junta de boi, mas, que devido ao custo de aquisição não pode comprar nem sustentar uma camioneta convencional. Por ser essencialmente um veículo de serviço rural, o “*jerico*” está dispensado de usar placa e pagar IPVA. Normalmente possuem a velocidade máxima de 40 Km/h, sendo um problema apenas no asfalto. Em compensação, a caixa de câmbio e a tração nas quatro rodas lhe permitem atravessar praticamente qualquer terreno.

De acordo com levantamento conseguido por meio da pesquisa de campo, sabe-se que um “*jerico*” usado não sai por menos de R\$ 5 mil, enquanto um novo pode custar entre R\$ 10 mil e R\$ 16,5 mil. As

indústrias não têm interesse no atendimento da clientela, de poder aquisitivo muito baixo.

## 2.3 CONTEXTUALIZANDO A MÁQUINA AGRÍCOLA

Para uma compreensão mais adequada dos conceitos de Máquina e Implemento Agrícola, buscou-se uma definição mais clara sobre os dois nas obras publicadas.

Desta maneira, Gadanha Júnior et al. (1991) apresenta que “a máquina é composta por um conjunto de órgãos que apresentam movimentos relativos e com resistência suficiente para transmitir o efeito de forças externas ou transformar energia. Já o implemento não apresenta movimento relativo nem tem a capacidade para transformar energia”.

Assim, Mialhe (1996) completa a afirmação definindo que “[...] o trator é, portanto, uma máquina provida de meios que, além de conferir apoio sobre uma superfície horizontal rígida, capacita-o para tracionar, transportar, fornecer potência mecânica, para movimentar os órgãos de máquinas e implementos agrícolas”.

Varella (1999), apresenta as características de tratores agrícolas:

- Vão livre vertical mínimo de 400 mm
- Presença obrigatória de barra de tração oscilante removível
- Controle remoto opcional
- Presença obrigatória de tomada de potência
- Capacidade de giro rápida e curta
- Eixos dianteiros e traseiros de bitolas reguláveis
- Instrumentos de fácil leitura com presença de tacômetro e horímetro
- Assento com regulagens e cinto de segurança
- Presença de estribos e alças

Essas características são uma base de referência no desenvolvimento do módulo de potência.

Uma constatação importante apresentada por Cordeiro (1996), aponta para o aumento do peso e da potência dos tratores ao longo do tempo, embora a relação entre os dois fatores tenha diminuído, conforme apresentado no capítulo 1. Isto se reflete no excesso de peso nas rodas motrizes para que exerçam a força de tração máxima na barra de tração, resultando em prejuízo para o solo e para o desempenho do trator.

Há várias justificativas técnicas e principalmente econômicas para a tendência de aumento do peso e da potência nas máquinas agrícolas, no contexto brasileiro. Contudo, esta tendência está na contramão dos 70% das pequenas propriedades rurais brasileiras, que necessitam de máquinas mais leves e com menor custo.

O cenário de pesquisa em máquinas agrícolas no Brasil é bem limitado. O normal é importar projetos e adequá-los no que for conveniente, principalmente, para o setor industrial. Consta-se, porém, que há esforços em produzir no Brasil conhecimento sobre máquinas apropriadas para as pequenas propriedades, como está indicado nas referências ao final deste projeto.

Particularmente na Engenharia Mecânica da UFSC, tem-se investido neste campo de pesquisa, no contexto de projeto de produto, desde 1984. Na década de 1990 foi desenvolvida uma série de equipamentos apropriados ao cultivo mínimo e ao plantio direto e um micro trator-articulado (Figura 2.2) para portar esses implementos e suprir a demanda constatada no setor agrícola.



Figura 2.2: Protótipo de micro trator articulado e implemento de plantio e adubação por covas, acoplado (Fonte: RESENDE, 1995)

Fatores conjunturais centrados nos aspectos econômicos da época geraram dificuldades de financiamento e de transferência de tecnologia para a indústria, influenciando de certa forma, para um “congelamento” desta linha de pesquisa em relação a outras que continuaram a serem desenvolvidas pelos professores.

## 2.4 FONTE E TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA DE MÁQUINAS

As máquinas e implementos agrícolas desde a mais simples, semeadoras de tração animal, até a mais complexas, colhedoras, podem ser decompostas em várias máquinas simples. Nela cada elemento transmite ou recebe o próprio movimento por meio de mecanismos chamados de transmissões.

O sistema de transmissão é um conjunto de mecanismos responsáveis pela recepção, transformação e transmissão da potência do motor até locais de utilização nos tratores. Nos tratores agrícolas os principais locais de utilização de potência são: tomada de potência, sistema hidráulico do engate de três pontos e barra de tração (VARELLA, 1999).

Os sistemas de transmissão que atualmente são usados em tratores agrícolas, segundo Ribas (2010, p.2) podem ser divididas, basicamente, em três categorias: mecânicas, hidrostáticas e hidrodinâmicas. Especificamente, para a faixa de potência menor ou igual a 37kW, que contemplam os tratores de referência para a pesquisa, o tipo de transmissão utilizado, segundo Ribas (2010, p.2) é de engrenagens deslizantes.

Porém, a seguir estão descritas as principais formas de transmissão existente, a fim de poder gerar opções diferenciadas para a elaboração de vários novos conceitos.

Sendo o sistema de transmissão o principal responsável em transferir potência e movimento às rodas, permite, assim, o deslocamento da máquina que, dependendo da fonte de potência, pode ser um sistema de transmissão: Mecânico, Elétrico, Pneumático ou Hidráulico, podendo ocorrer a combinação de dois sistemas.

### 2.4.1 Transmissão Mecânica

A transmissão de força e movimento no sistema mecânico pode ser pelo contato geométrico (forma) e por atrito. A transmissão pela forma é assim chamada porque a forma dos elementos transmissores é adequada para encaixe desses elementos entre si. Essa maneira de

transmissão é a mais usada, principalmente com os elementos chavetados, eixos-árvore entalhados e eixos-árvore estriados.

Segundo Niemann (2002), os principais tipos de elementos de transmissão mecânica de potência:

- Engrenagem
- Parafuso sem Fim
- Corrente
- Correia

“A transmissão do tipo mecânica contém engrenagens que se deslocam em eixos com ranhuras para encaixarem-se umas às outras; logo, a velocidade de saída depende do número de pares engatados e do número de dentes das engrenagens (RIBAS et al, 2010, p. 2).

“As transmissões por engrenagem são as mais freqüentemente usadas, tanto para eixos paralelos como para eixos reversos ou concorrentes, servindo para potências, rotações e multiplicação de movimentos” (NIEMANN, 2002, p. 86). Neste tipo, destaca-se a transmissão como sendo sem deslizamento, pela segurança, baixa manutenção e pelas resistências a sobrecargas.

Outra forma de transmissão citada por Niemann (2002) é realizado por meio de parafuso sem fim, que é empregado para eixos reversos. Esse tipo de transmissão é mais silencioso e amortece melhor as vibrações do que qualquer outro tipo de transmissão por engrenagens.

Já as transmissões por corrente, segundo Niemann (2002), “são empregadas para eixos paralelos com maior distância entre eixos do que no caso de engrenagens e também não apresentam escorregamentos”. Além do preço da utilização de corrente ser consideravelmente inferior ao uso de engrenagens, outra vantagem apontada por Niemann (2002) é de “[...] uma só corrente poder acionar várias rodas dentadas”. Como desvantagem está a sua menor vida útil.

“As transmissões por correia constituem um recurso vastamente utilizado em diversos segmentos industriais e em máquinas devido a sua versatilidade e baixo custo” (CUNHA, 2005, p. 158). Assim, Niemann (2002) completa que, a transmissão por correia é utilizada tanto para eixos paralelos como para eixos reversos.

No momento da escolha do elemento de transmissão mecânica de potência é necessário assumir as seguintes condições para a escolha da forma e do tipo:

a) conhecimento das exigências e condições de funcionamento: potência nominal, rotação de serviço, relação de transmissão, momento de partida, número de partidas, tempo de funcionamento por dia, grau de solicitação;

b) familiaridade com as propriedades e com as formas construtivas das transmissões que podem ser adotadas;

c) dados suficientes para determinar as dimensões principais em função da potência a transmitir.

Outras possibilidades de transmissão e de transformação do movimento rotativo oferecem as transmissões hidráulicas (com bomba e motor hidráulico) e as elétricas (com gerador e motor elétrico). Ambos os tipos permitem maior liberdade de disposição dos elementos (somente necessita de tubulação hidráulica ou de condutores elétricos como elemento de ligação) e uma possibilidade adicional de regulagem da relação de transmissão.

## 2.4.2 Transmissão Elétrica

Motores elétricos ou, como definido por Fitzgerald et al (2006, p.343) “as máquinas CC são máquinas destinadas a transformar energia elétrica em mecânica e são largamente encontradas em uma ampla variedade de aplicações de baixa potência”.

É o mais usado de todos os tipos de motores, “[...] pois combina as vantagens da energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando – com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos” (FITZGERALD et al 2006, p.343).

A tarefa reversa, aquela de converter o movimento mecânico na energia elétrica, é realizada por um gerador ou por um dínamo. Em muitos casos os dois dispositivos diferem somente em sua aplicação e detalhes menores de construção. Os motores de tração usados em locomotivas executam frequentemente ambas as tarefas se a locomotiva for equipada com os freios dinâmicos. Normalmente também esta aplicação se dá a caminhões fora de estrada e são denominados eletrodiesel.

A transmissão elétrica é feita utilizando sinais elétricos de corrente ou tensão e, além das vantagens já citadas, podemos ainda acusar:

- a) Permite transmissão à longas distâncias com poucas perdas.
- b) Permite fácil conexão aos motores.
- c) Fácil instalação.
- d) Permite de forma mais fácil a realização de operações.
- e) Permite que o mesmo sinal (4 a 20 mA) seja “lido” por mais de um instrumento, ligando em série os instrumentos.

### **Desvantagens**

a) Necessita de técnico especializado para sua instalação e manutenção.

b) Exige cuidados especiais na escolha do encaminhamento de cabos ou fios de sinais.

c) Os cabos de sinal devem ser protegidos.

Com a utilização de um sistema de transmissão elétrico, fica evidente a possibilidade de utilização da Telemetria e mesmo o controle remoto da máquina agrícola.

Geradores de eletricidade são máquinas elétricas que tem a capacidade de gerar energia elétrica CC ou AC, corrente contínua ou corrente alternada.

Podem ser de vários tipos entre eles, com acionamento hidráulico, eólico ou mecânico.

- Hidráulico, acionada por turbina movimentada pela força de uma queda d'água.
- Eólico, acionado por hélices movimentadas pelo vento.
- Mecânico, acionado por outro motor elétrico (usado em laboratório quando se necessita de estabilidade de tensão) ou motor a combustão, gasolina ou diesel.

### **2.4.3 Transmissão Pneumática**

“A transmissão pneumática é feita utilizando ar comprimido, cuja pressão é alterada conforme a necessidade de velocidade de trabalho. Essa pressão é transmitida por meios de mangueiras até os motores pneumáticos (FREIRE, 2008)”. Comparativamente à hidráulica, a pneumática é sem dúvida o elemento mais simples, de maior rendimento e de menor custo que pode ser utilizado. Fato este devido a uma série de características próprias de seu fluido de utilização, que no caso é o ar.

Fialho (2003, p.20) descreve vantagens de se utilizar a pneumática:

a) O ar para ser comprimido existe em quantidades ilimitadas;

b) O ar é transportado por meio de tubulações, não existindo para esse caso a necessidade de linhas de retorno, como é feito nos sistemas hidráulicos;

c) Em pneumática o ar é comprimido por um compressor e armazenado em um reservatório, não sendo necessário que o compressor trabalhe continuamente;

d) O ar comprimido é insensível às oscilações da temperatura, permitindo um funcionamento seguro mesmo em condições extremas;

e) O ar comprimido não apresenta perigos de explosão ou incêndio;

f) É um meio de trabalho que permite alta velocidade de deslocamento, em condições normais entre 1 e 2 m/s, podendo atingir 10 m/s em casos de cilindros especiais e 500.000 rpm no caso de turbinas pneumáticas;

g) Possuem elementos de segurança contra sobrecarga.

Fialho (2003, p.22) também apresenta desvantagens ao se utilizar a pneumática:

a) Necessita de tubulação de ar comprimido para seu suprimento e funcionamento;

b) Necessita de equipamentos auxiliares tais como compressor, filtro, desumidificador, etc ..., para fornecer aos instrumentos ar seco, e sem partículas sólidas;

c) Vazamentos ao longo da linha de transmissão ou mesmo nos instrumentos são difíceis de serem detectados.

#### **2.4.4 Transmissão Hidráulica**

“Similar ao tipo pneumático e com desvantagens equivalentes, o tipo hidráulico utiliza-se da variação de pressão exercida em óleos hidráulicos para transmissão. É especialmente utilizado em aplicações onde o torque elevado é necessário ou quando o processo envolve pressões elevadas (FREIRE, 2008)”.

Stewart (2007) aponta vantagens na utilização de sistema hidráulico:

a) Podem gerar grandes forças e assim acionar equipamentos de grande peso e dimensão;

b) O óleo ajuda a lubrificar as várias peças deslizantes, como os elementos do pistão no cilindro;

c) O óleo evita a oxidação;

d) Para propósitos práticos o óleo é um líquido que não sofre variação em seu volume no sistema quando a pressão for variada.

Stewart (2007) aponta desvantagens na utilização de sistema hidráulico:

a) Necessita de tubulações de óleo para transmissão e suprimento.

b) Necessita de inspeção periódica do nível de óleo bem como sua troca.

c) Necessita de equipamentos auxiliares, tais como reservatório, filtros, bombas, etc...

“Sistema de Transmissão hidráulica trata-se de um sistema de transmissão com um amplo leque de funções dentro de uma só unidade. Esse sistema funciona com função de arranque, movimento e passagens de caixa, tudo dentro do mesmo conjunto” (STEWART, 2007).

A configuração básica do sistema consiste numa bomba de óleo que converte a potência produzida pelo motor em pressão hidráulica e que converte no grupo motriz essa mesma pressão em potência transmitida à roda.

Para as transmissões hidráulicas, o acionamento por pistões hidráulicos geralmente é mais usado em situações que exigem maior força.

“A idéia básica atrás de qualquer sistema hidráulico é muito simples: a força que é aplicada num ponto é transmitida para outro ponto usando um fluido incompressível. O fluido é quase sempre um tipo de óleo. A força é quase sempre multiplicada no processo” (STEWART, 2007).

A potência de um sistema hidráulico é determinada pela potência do motor que está acoplado à bomba. Geralmente, o motor, a bomba, o reservatório e as válvulas podem estar reunidos numa única unidade, que é chamada de Central Hidráulica ou Unidade Hidráulica. Os motores das bombas podem ser elétricos ou motores a quatro tempos movidos a gasolina ou a diesel.

Em relação às principais vantagens e desvantagens do sistema hidráulico, além das citadas anteriormente existem:

**Vantagens:**

Mantém uma força alta e constante em diferentes velocidades e por muito tempo. Permite precisão de operação, um pouco menor que o acionamento de motores elétricos, mas maior que os pistões pneumáticos.

**Desvantagens:**

Tende a ser um pouco mais lento que o sistema pneumático. Requer uma fonte de energia cara. Requer cara e extensiva manutenção. As válvulas devem ser precisas e são caras. Está sujeito a vazamentos de óleo do sistema.

Ao texto apresentado deve-se acrescentar:

- Transmissões hidrodinâmicas: São transmissões que utilizam a energia cinética do fluido. Ex.: embreagens hidráulicas e conversores hidráulicos de torque.

- Transmissões hidrostáticas: São transmissões que utilizam a pressão estática do fluido. Ex.: bomba hidráulica acionada pelo motor converte potência do motor (torque e rpm) em potência hidráulica (pressão e vazão), transmitida por uma linha de escoamento, e convertida novamente em potência junto aos rodados dos tratores.

As configurações de transmissões hidrostáticas utilizadas em tratores agrícolas são baseadas em pacotes de discos com embreagens que direcionam o movimento da potência e do torque diferentemente dentro do sistema de transmissão, graças aos princípios de pressão hidrostática (Ribas et al, 2010, p. 2).

Ribas et al (2010, p.2), apresentam que “a transmissão do tipo hidrodinâmica tem o princípio de transferência de potência por meio da energia cinética de um fluido hidráulico”; no entanto, os autores lembram que atualmente, esse tipo de transmissão não equipa nenhum trator agrícola.

## **2.5 COMENTÁRIOS DO CAPÍTULO**

Para contribuir com a mudança desta perspectiva conservacionista e apoiar o desenvolvimento de propostas adequadas às demandas do trabalho do campo é que se pretende investir em pesquisas básicas para a mecanização apropriada. Optou-se, primeiramente, desenvolver uma estrutura de suporte para a fonte de potência e operador da máquina que cumpra os requisitos de: ser leve, ter centro de gravidade ajustável (sem usar peso adicional) para maximizar capacidade de tração e segurança, versátil em relação ao tipo e ao desnível do solo, versátil na possibilidade de portar diferentes fontes de potência, para acoplar ferramentas para o preparo do solo, o plantio, a colheita e o transporte, fácil dirigibilidade, custo adequado, permita sistema de tração independente para se deslocar em qualquer direção, etc.

Também neste capítulo foram apresentadas de forma sucinta as opções transmissões mais convencionais e disponíveis para elaboração do estudo adequado de aplicação no projeto do conceito do módulo de potência.

## CAPÍTULO 3

### PROCESSO DE PROJETO

---

Face à grande importância do desenvolvimento de um produto para ser lançado no momento certo e que desperte interesse por parte do mercado, torna-se necessário um procedimento para desenvolvimento de boas soluções, que seja planejável, flexível, otimizável e verificável (PAHL & BEITZ, 1996).

Back et al (2008) descreveram que o desenvolvimento de produto é um conceito amplo e, compreenderá os aspectos de planejamento e projeto, ao longo de todas as atividades da seqüência do processo, desde a pesquisa de mercado até o descarte ou desativação do mesmo. Por esse conceito, entende-se como desenvolvimento de produto todo o processo de transformação de informações necessárias para a identificação da demanda, a produção e o uso do produto.

Os produtos são constituídos de elementos que formam um conjunto de atributos básicos, tais como: aparência, forma, cor, função, imagem, material, embalagem, marca, serviços pós-venda e garantias.

Outro termo usado nesta dissertação é o de ciclo de vida do produto, que segundo Back et al (2008), explicam que, ciclo de vida do produto significa a seqüência de fases pelas quais se desenvolve o produto, desde a busca de oportunidades no mercado, o projeto, a fabricação até o uso e o descarte.

Dentro desse ciclo, tratou-se o processo de desenvolvimento do produto, que compreende as seguintes fases: planejamento do produto; definição das especificações de projeto; projeto do produto; projeto do processo de fabricação e de montagem; construção e teste do protótipo; e planejamento do processo de transporte, manutenção e descarte ou desativação do produto.

Das metodologias propostas para o desenvolvimento de produtos, encontram-se diversos trabalhos muito expressivos tanto na área industrial como na área agrícola e, metodologias como a desenvolvida por Fonseca (2000) e Romano (2003). As mesmas buscaram apresentar ferramentas que possibilitem projetar produtos em tempos menores, a custos menores e com qualidade maior, apontando soluções para o desenvolvimento de produtos com forte adequação as necessidades dos clientes e com o meio ambiente.

Para se chegar ao problema de projeto, seguiu-se a metodologia proposta por Romano (2003), como demonstrado na Figura 3.1.

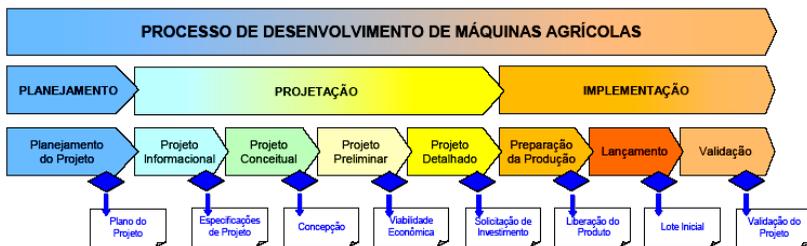


Figura 3.1: Processo, macrofases, fases e saídas do modelo de referência para o PDMA. (Fonte: ROMANO, 2003)

No trabalho de Romano (2003), encontra-se uma adequada metodologia aplicada ao desenvolvimento de máquinas agrícolas, chamada de modelo de referência. Romano (2003) em sua metodologia enfatiza a importância do trabalho de estudo anterior ao início da fase de projeção. Assim, conforme recomendado por Back et al 2008, o projeto inicia muito antes da etapa de projeto propriamente dito conforme representada na Figura 3.2. A proposta inicia com a percepção de uma oportunidade de desenvolvimento de um produto seguindo exatamente como referenciado por Back et al (2008) citado anteriormente.

Analisando a Figura 3.2, é possível perceber claramente que para chegar-se ao problema de projeto, é muito importante que seja feita uma verificação e avaliação da viabilidade de produção de um determinado produto. Fonseca (2000) esclarece bem a importância de se fazer a análise da viabilidade em mais dois setores (Mercado e Consumo) antes da definição do problema de Projeto. A representação em forma de uma espiral denota um ganho de conhecimento através dos trabalhos de análises.

Em termos de metodologias de projeto, já foram desenvolvidos alguns modelos que são aplicados para o desenvolvimento de equipamentos com finalidade agrícola. Back (1983) publicou o livro “Metodologia de Projeto de Produtos Industriais”, integrando um registro de informações na sistematização do processo de projeto de produto. As fases dessas metodologias são definidas em estudo de viabilidade; projeto preliminar; projeto detalhado; revisão e testes; planejamento da produção; planejamento de mercado; planejamento para consumo e manutenção e planejamento da obsolescência. As quatro primeiras fases são as que podem ser divididas em outras etapas.

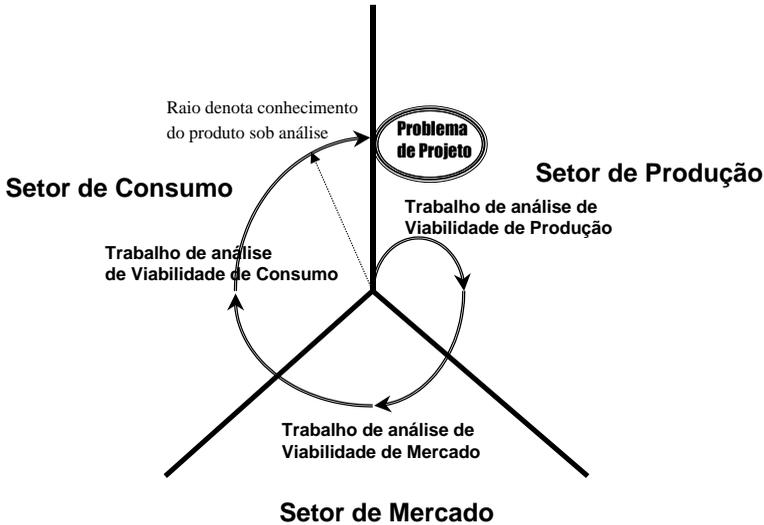


Figura 3.2: Diretriz inicial do ciclo de vida (Fonte: Fonseca, 2000)

Segundo Reis (2003), a característica do modelo de desenvolvimento de produtos composto por quatro fases (projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado), é a agregação de informações ao produto que, ao se tornar mais concreto, possibilita o avanço à fase seguinte e um melhor entendimento da fase anterior. A Figura 3.3 demonstra o fluxograma proposto por Reis (2003), apresentando o fluxo de informação entre as fases e os resultados obtidos em cada etapa para as tomadas de decisões.

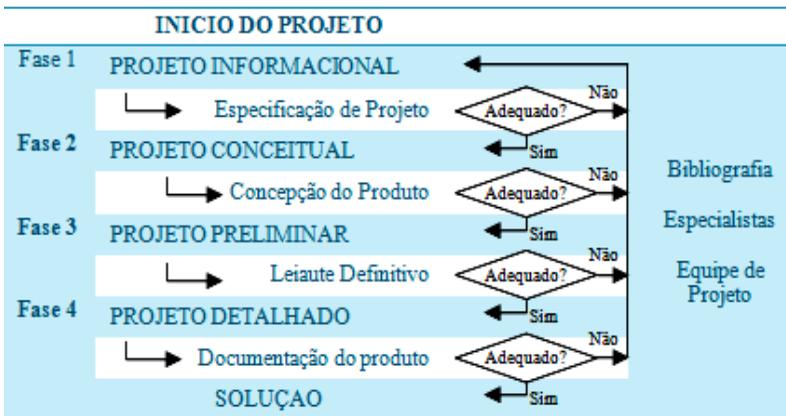


Figura 3.3: Fluxograma da metodologia de projeto. (Fonte: Reis, 2003).

Romano (2003) descreve que a primeira macrofase do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas fica destinado ao “planejamento do projeto”. Essa descrição compreende o planejamento de um novo projeto e a delimitação de funções e organização do trabalho a serem desenvolvidas, tais como:

- carta do projeto;
- partes envolvidas no projeto;
- declaração do escopo do projeto;
- plano do projeto;
- plano de qualidade;
- plano de segurança;
- aprovação do plano do projeto.

Verifica-se que vários autores concordam com o trabalho de Romano no que tange a macrofase “Projetação”. Portanto, nessa etapa deveras importante, deve ser estudada e prevista já no início do desenvolvimento de produto. Fica claro dessa forma, a importância da contribuição do trabalho de Fonseca (2000) como apresentado na Figura 3.4, para a definição do ciclo de vida do produto.

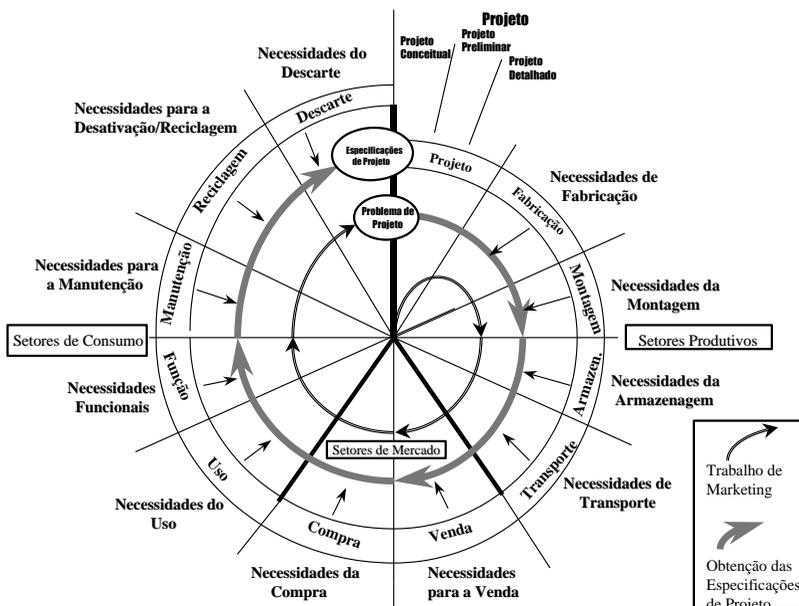


Figura 3.4: Ciclo de vida (Fonte: Fonseca, 2000)

### 3.1 PROJETO INFORMACIONAL

O projeto informacional trata da identificação das necessidades dos clientes, e da transformação dessas necessidades em especificações de projeto do produto. Para isso, utiliza-se uma metodologia, que prescreve passo a passo o caminho a ser percorrido pela equipe de projeto, para que essa transformação de informações seja feita de forma organizada (BACK & FORCELLINI, 2001).

Metodologias clássicas de projeto de autores como Back (1983), Ullman (1992), Hubka & Eder (1996) e Pahl & Beitz (1996), Back et al.(2008) preconizam uma primeira fase do processo de projeto, que, apesar das diferenças de terminologia, tratam, das informações relacionadas às necessidades dos clientes (conforme setas na cor cinza apresentadas na Figura 3.4, na espiral do ciclo de vida).

As especificações de projeto constituem uma lista de objetivos que o produto a ser projetado deve atender. Elas apresentam duas funções:

- direcionar o processo de geração de soluções;
- fornecer as bases para os critérios de avaliação das fases posteriores do processo de projeto (ROOZEMBURG & EEKELS apud NOVAES, 2005).

Para efetivar o cumprimento destas funções as especificações devem apresentar as propriedades: validade (adequação dos objetivos em termos teóricos); completeza (inclusão de objetivos válidos em todas as áreas de interesse para o problema); operacionalidade (dos objetivos envolvidos, ou seja, possibilidade de avaliações quantitativas); concisão (reduzido número de objetivos na especificação); praticabilidade (objetivos passíveis de serem testados) (ROOZEMBURG & EEKELS apud NOVAES, 2005, p. 29).

Romano (2003), afirma que “[...] os recursos necessários para um projeto mudam durante o seu ciclo de vida. O padrão típico dos recursos necessários para um projeto segue uma curva previsível, sendo possível dividir o ciclo de um projeto em fases de projeto”.

De posse dessa informação, a atenção no projeto informacional deve se voltar em determinar corretamente as fases do ciclo de vida que realmente irão contribuir para agregar informação e contribuir para a realização do projeto. Conforme Romano (2003), “as fases do ciclo de vida do projeto representam uma progressão linear, desde a definição do projeto, passando pela elaboração do planejamento, execução do trabalho e encerramento do projeto”.

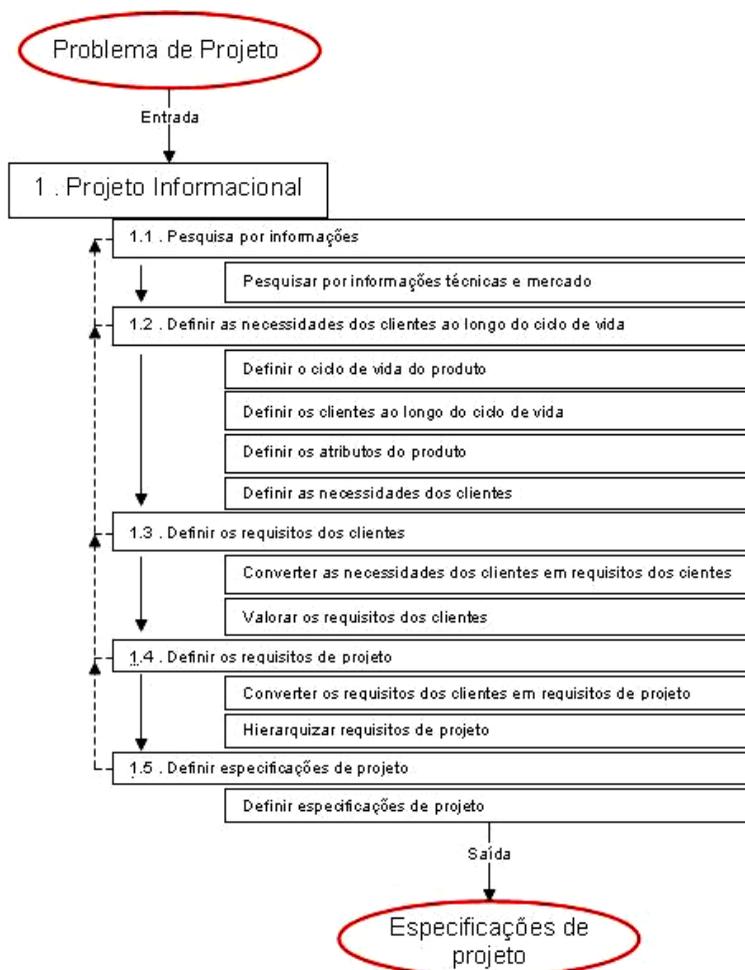


Figura 3.5: Fase informacional da metodologia de projeto utilizada

Neste trabalho, não será utilizada uma única proposta de ciclo de vida, pois criar nova metodologia não é o objetivo do trabalho. Optou-se por usar como referência básica a metodologia de Romano (2003), mas utilizando quando necessário, suporte da metodologia desenvolvida por Fonseca (2000). Assim, o modelo contará ainda com o suporte de uma metodologia mais recente encontrado na obra de Back et al, (2008). Logo, a metodologia adotada para o presente trabalho está apresentada anteriormente na Figura 3.5.

Para se obter um melhor resultado na Fase do Projeto Informacional, algumas ferramentas de auxílio ao desenvolvimento de produtos devem ser utilizadas. Assim, segue abaixo as ferramentas utilizadas:

- Questionário semi-estruturado;
- Entrevistas;
- Diagrama de Roth;
- QFD;
- Diagrama de Mudge.

### **3.2 PROJETO CONCEITUAL**

“No projeto conceitual os atributos da especificação de projeto traduzidos numa estrutura funcional, são transformados em princípios de solução conceituais alternativos (FONSECA, 2000)”. Essas soluções são geradas para atender as necessidades manifestadas pelos clientes do projeto, por meio das especificações técnicas.

Esta fase está subdividida em: (i) a estruturação funcional do produto que descreve o comportamento dos elementos físicos que virão constituir a máquina; (ii) concepção da matriz morfológica que demonstra os princípios de soluções das possíveis formas construtivas do equipamento.

De forma geral, Dufour (1996) afirmou que:

“[...]o projeto conceitual é a parte do processo de projeto onde, através da identificação de problemas essenciais, estabelecimento de estruturas funcionais, busca de princípios de soluções apropriados e a sua combinação, gera-se o caminho de uma solução básica através da elaboração de uma solução conceitual.

Uma vez que o problema central tenha sido formulado é possível indicar uma função global. “O detalhamento da função global corresponde ao passo de estabelecimento da estrutura de funções. Uma estrutura de funções é um conjunto de funções interligadas por fluxos (que podem ser de energia, material ou sinal) representados graficamente através de um diagrama de blocos (PAHL & BEITZ, 1996)”. Na Figura 3.6, está apresentado um exemplo da função global desenvolvida para o projeto do módulo de potência.

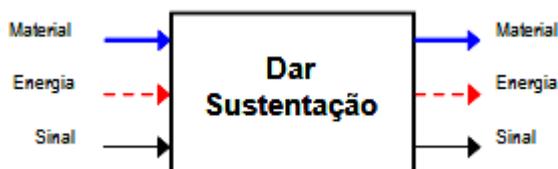


Figura 3.6: Exemplo de função global

Erros de conceitualização dificilmente poderão ser corrigidos nas fases seguintes. Uma solução de sucesso é mais fácil de ser obtida pela escolha do mais apropriado princípio de solução. As variantes de conceito geradas devem ser avaliadas, para determinar se satisfazem ou não as demandas das especificações. A fase de projeto conceitual consta segundo Dufour (1996), de sete etapas, mostradas no Quadro 3.1.

Quadro 3.1: Etapas do projeto conceitual. (Fonte: Pahl & Beitz, 1977, citado por Dufour, 1996).

<b>ESPECIFICAÇÕES</b>	
<b>PROJETO CONCEITUAL</b>	Abstrair e identificar os problemas principais
	Estabelecer estruturas de funções, funções globais e funções parciais
	Procurar princípios de soluções que satisfaçam as sub-funções
	Combinar princípios de soluções que satisfaçam as funções globais
	Selecionar as combinações adequadas
	Estabelecer variantes de conceito
	Avaliar variantes de concepção contra os critérios técnicos e econômicos
	Conceito

Seguindo o fluxo de trabalho de um desenvolvimento de produto, a etapa de concepção está prevista para vir em seguida à etapa de esclarecimento do problema (projeto informacional).

A busca de princípios de funcionamento apropriados e sua combinação na estrutura de funcionamento, define a solução preliminar (princípio de solução).

Assim, segundo Romano (2003), a fase de “projeto conceitual” destina-se ao desenvolvimento da concepção do produto (Figura 3.8).

A segunda fase da projeção é iniciada com a orientação da equipe de desenvolvimento a respeito das atualizações do plano do projeto.

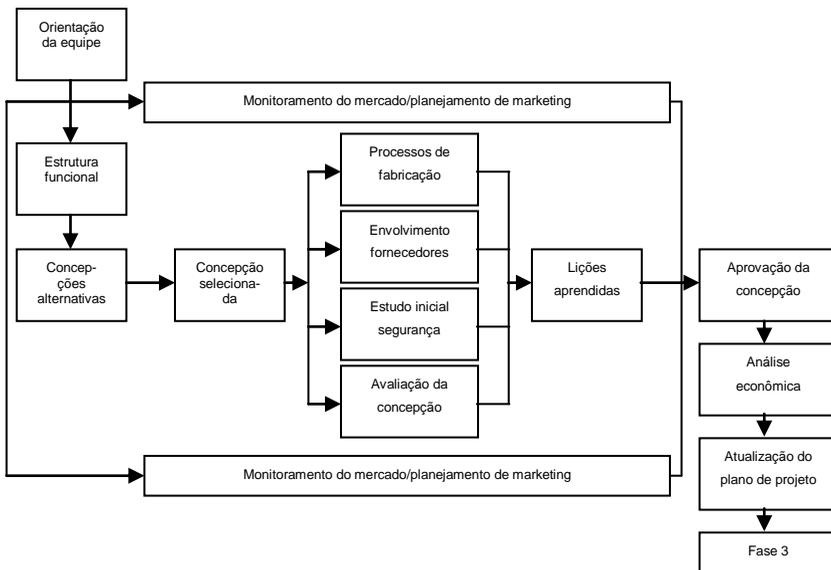


Figura 3.8: Fluxograma da fase de Projeto Conceitual (Fonte: adaptado de Romano, 2003).

Para atingir o propósito da fase são realizadas diversas tarefas que buscam, primeiramente, estabelecer a estrutura funcional da máquina agrícola. Seguindo a proposta de Romano (2003), essa atividade envolve a definição da função global a ser executada pela máquina, bem como, de suas subfunções.

Determinadas as funções a serem realizadas pela máquina, parte-se para o estudo de estruturas funcionais alternativas, com o objetivo de

selecionar a mais adequada. Sobre a estrutura funcional selecionada são desenvolvidas concepções alternativas para a máquina agrícola.

Para a seleção da concepção, diversos métodos são apresentados: Pahl & Beitz (1996) apresentam a síntese funcional como um método de decompor o problema em termos de fluxo de energia, material e sinal. Este desdobramento do problema em sub-problemas facilita a visualização de quais ações o sistema técnico, através do somatório dos efeitos dos seus elementos, deve realizar; quais as suas interfaces; e quais as suas variáveis de entrada e saída.

A partir da análise e abstração dos requisitos de projeto do produto, pode-se identificar a sua função global, que baseada no fluxo de energia, material e sinal, e com o auxílio de um diagrama de blocos, expressa a relação existente entre as entradas e saídas do sistema, independentemente da solução a ser escolhida para o problema.

Romano (2003) orienta para que se faça uma análise comparativa entre as alternativas considerando: as especificações de projeto; o custo meta da máquina; os riscos de desenvolvimento (do projeto do produto e do plano de manufatura – complexidade, prazo, custo, envolvimento de fornecedores, etc.); as metas de qualidade, de segurança e de dependabilidade.

Uma vez selecionada a concepção do produto iniciam os estudos para identificação dos processos de fabricação (novos ou conhecidos, internos ou externos) possíveis de serem utilizados. Simultaneamente, são definidos os prazos junto aos fornecedores para o desenvolvimento dos projetos preliminar e detalhado das subfunções especificadas na estrutura funcional, e é realizado estudo inicial de segurança sobre a concepção selecionada.

Antes da aprovação da concepção do produto, o mesmo é avaliado quanto ao atendimento ao escopo do projeto.

Neste processo de conversão de necessidades apresentadas na forma descritiva em representações físicas (elaboração da matriz morfológica), seguiu-se uma seqüência de etapas fundamentadas na proposta de Pahl & Beitz (1996), que contempla as seguintes etapas:

- Definição da estrutura funcional do produto;
- Pesquisa por princípios de solução alternativos para cada função;
- Combinação dos princípios de solução de modo a compor concepções alternativas;
- Seleção das concepções mais viáveis.

Na definição da estrutura funcional foram determinadas a função global a ser executada pelo sistema e as suas sub-funções para, em seguida, iniciar o processo de síntese e avaliação de estruturas funcionais alternativas, visando com isso selecionar a mais adequada frente os requisitos de clientes do projeto.

Com a definição da estrutura funcional do produto, inicia-se a pesquisa por princípios de solução que atendam cada uma das funções desta estrutura. Estes princípios de solução serão arranjados de modo a integrar variadas concepções de produto, e estas concepções posteriormente foram confrontadas com critérios técnicos de avaliação. A partir desta apreciação, uma concepção foi selecionada para prosseguir o processo de projeto.

Somente após a conclusão de todas estas etapas, serão demonstradas as escolhas dos princípios de soluções através da matriz de decisão atribuída para as fases subseqüentes de projeto com utilização do método Passa e não Passa.

E por fim a matriz de avaliação que vem correlacionar as escolhas de concepção com base nas necessidades do cliente com seu respectivo grau de importância.

Para finalizar esta fase, Romano (2003) alerta que, para incorporação em projetos futuros, as lições aprendidas da fase são registradas.

Encerrando as atividades desta fase, a concepção do produto – critério que autoriza o progresso para a fase seguinte – é submetida à aprovação. O plano do projeto é atualizado, bem como a análise econômica e financeira. Simultaneamente às tarefas da fase, o progresso do projeto é monitorado.

Do processo de desenvolvimentos de produtos abordado por Pahl e Beitz (1996), podem ser apontadas as ferramentas utilizadas na Fase de projeto conceitual como:

- Brainstorming;
- Matriz Morfológica;
- Matriz de Decisão; e
- Quadros de Avaliação.

### **3.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO**

O Capítulo 3 da dissertação buscou apresentar de forma simplificada todos os processos considerados para o desenvolvimento

do produto, apresentando a base de orientação para a realização efetiva deste trabalho.

Desta maneira, foram apresentados as fase de projeto: Informacional e Conceitual, que são as duas etapas utilizadas para o desenvolvimento da dissertação.

As outras etapas, Preliminar e Detalhado, não foram apresentadas, pois não serão abordadas no presente trabalho, sendo que as mesmas deverão ser desenvolvidas num próximo trabalho.

Assim, acrescenta-se a essas duas etapas do projeto, para estruturar a proposta do Módulo de Potência, as técnicas de: Mudge, QFD, Matriz Morfológica e Análise Funcional.

Em fase disso, os capítulos seguintes vão tratar do projeto informacional e conceitual já aplicados ao desenvolvimento da idéia do produto.

Neste capítulo encontram-se os procedimentos seguidos para a definição das especificações de projeto para o desenvolvimento do conceito do módulo de potência. Assim, o capítulo corresponde à primeira fase da metodologia de projeto utilizada, denominada projeto informacional. O objetivo dessa fase é, a partir do problema de projeto, identificar as necessidades dos vários clientes do produto, e transformá-las num conjunto de objetivos ou metas que o produto deve atender (especificações de projeto do produto).



Figura 4.1: Sequência Metodológica. (Fonte: FONSECA, 2000)

Estabelecido o problema de projeto, aplica-se a metodologia, cuja sequência está apresentada na Figura 4.1. A primeira etapa é o estudo informativo do problema de projeto, para o qual serão analisadas as

informações a serem coletadas, visando obter-se a lista de especificações de projeto.

Para um bom desempenho no processo de projetar, o produto deve ter antecipadamente características de definições dos atributos mais relevantes e que estejam intimamente associados aos equipamentos que irão processá-lo na fabricação e montagem, principalmente no caso de bens de consumo.

Nesse âmbito, é de suma importância que, independente do tipo de produto que se deseja projetar, que seja concebido e desenvolvido em base sistemática, ou seja, que todo o processo de projeto seja realizado com base numa metodologia por meio da qual se possa obter a documentação técnica e computacional do produto e principalmente dos processos para a sua realização física (FONSECA, 2000).

Diferentes técnicas e métodos isolados, possíveis de serem aplicados em momentos diferentes do início do processo de projeto têm sido implementados, sem, no entanto, serem utilizados em uma abordagem integrada necessária para oferecer um guia sistemático na elaboração das especificações de projeto.

Diante desta constatação, Fonseca (2000) propôs uma metodologia para servir como guia na obtenção das especificações de projeto. Como mencionado no capítulo anterior, esta abordagem metodológica é parte da metodologia que será adotada como modelo de referência para a definição das especificações de projeto do sistema tratado neste trabalho.

#### **4.1 ESTUDO INFORMATIVO DO PROBLEMA DE PROJETO**

A primeira etapa do estudo informativo do problema de projeto é uma revisão das informações pesquisadas e a elaboração de um questionário para levantar informações e vontades dos diversos clientes/consumidores em potencial.

O questionário elaborado, foi aplicado na região do Alto Uruguai Catarinense. Segundo informações obtidas junto a EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina), essa região abrange 15 municípios, compreendendo os municípios de Alto Bela Vista, Arabutã, Arvoredo, Concórdia, Ipira, Ipumirim, Irani, Itá, Lindóia do Sul, Paial, Peritiba, Piratuba, Presidente Castelo Branco, Seara e Xavantina.

Ainda, conforme informações da EPAGRI, a região ocupa uma área de 3.311,4 km<sup>2</sup>, e a população de 142.086 habitantes,

correspondendo a 2,6% da população de Santa Catarina. Sendo que a pesquisa trata da agricultura familiar, aqui considerou-se as propriedades fundiárias de até 20 há. Desta forma, conta-se com uma população de 9 mil habitantes.

Obs.: Todas essas informações foram extraídas do “Plano Anual de Trabalho 2011” da EPAGRI – Gerencia Regional de Concórdia.

Assim, para se conhecer as necessidades do cliente/consumidor e obter informações sobre a forma de trabalho e as exigências das atividades agrícolas, o Apêndice A apresenta o questionário elaborado.

O Questionário por sua vez, divide-se em três partes distintas:

- Identificação do perfil do cliente e condições de trabalho atuais;
- Identificação das deficiências nas máquinas agrícolas atuais;
- Identificação das características para um novo produto.

Na primeira parte do questionário, buscou-se conhecer o cliente e suas atuais condições de trabalho nas atividades diárias no campo. Composto por 7 (sete) perguntas de múltiplas escolhas e discursivas, o questionário representa a importância do entrevistado para o projeto.

A segunda parte do questionário busca identificar as deficiências das máquinas agrícolas atuais pela percepção do cliente/consumidor, sendo que o mesmo utiliza as máquinas agrícolas com muita frequência e na maioria das vezes consegue perceber essas deficiências. Nessa parte, constam 6 (seis) questões de múltiplas escolhas e discursivas.

Já a terceira parte do questionário busca identificar as características desejáveis para uma nova máquina agrícola, objetivando a realização e facilitação das atividades habituais. Composto por 13 (treze) questões com subitens, sendo questões com perguntas dicotômicas<sup>1</sup>, perguntas de múltiplas escolhas e discursivas.

Portanto, para o questionário prover o maior número de informações possíveis, também foi definido três tipos de clientes/consumidores:

- Produtor agrícola;
- Vendedor de máquinas agrícolas;
- Fabricante de máquinas.

A importância de abordar os três perfis de clientes/consumidores é criar um paralelo entre a vontade do produtor (quem efetivamente

---

<sup>1</sup> Dicotômica: perguntas que permitem duas respostas apenas, exemplo: sim ou não, gosto ou não gosto.

utiliza o produto), o vendedor (conhecer argumentos de venda) e o fabricante (que possui uma grande responsabilidade social).

Foram entrevistados 27 agricultores, 5 vendedores e 3 Projetistas representando os fabricantes de máquinas. Assim, foi possível levantar as necessidades existentes no campo e no comércio de máquinas agrícolas dentro de uma determinada faixa de valor financeiro.

O Questionário apresentado no Apêndice A, foi criado seguindo a metodologia para projeto de questionários descrita em Reis et al. (2003).

#### **4.1.1 DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DA AMOSTRA DO QUESTIONÁRIO APLICADO**

Não há dúvida de que uma amostra não representa perfeitamente uma população. Ou seja, a utilização de uma amostra implica na aceitação de uma margem de erro que denominaremos ERRO AMOSTRAL (TRIOLA, 1999).

Não se pode evitar a ocorrência do ERRO AMOSTRAL, porém pode-se limitar seu valor através da escolha de uma amostra de tamanho adequado.

Em muitos casos é possível determinar o tamanho mínimo de uma amostra para estimar um parâmetro estatístico.

Obs.: um passo importante antes de iniciar o cálculo do tamanho da amostra é definir qual o erro amostral tolerável para o estudo que será realizado.

Desta maneira, por tratar-se de uma análise informacional, onde se está buscando reconhecer as necessidades de clientes, foi aceito um erro amostral tolerável de 5%, assim, utilizando a seguinte fórmula:

Por meio da planilha de Excel fornecida pelo material anexo a obra de SMAILES, McGRANE (2002), e apresentada no Quadro 4.1, pode-se chegar facilmente ao número mínimo de amostragem necessário para se chegar a uma amostragem representativa da população.

Quadro 4.1 – Cálculo do tamanho de amostra para proporções

Fonte: SMAILES, McGRANE (2002) – cd com planilhas de Excel que acompanha a obra.				
Tamanho da População	<b>9.000</b>			
Proporção Populacional	95,00%			
<b>TAMANHO DE AMOSTRA PARA PROPORÇÕES</b>				
PRECISÃO	NÍVEL DE CONFIANÇA			
	80%	<b>90%</b>	95%	99%
10%	5	8	12	20
<b>5%</b>	20	<b>32</b>	45	77
3%	53	87	123	210
2%	118	193	272	459
1%	454	725	995	1590
<b>Legenda:</b>				
Tamanho da População ==>	O número de indivíduos com chance de entrarem na amostra e em relação aos quais serão feitas inferências.			
Proporção Populacional ==>	Proporção de eventos de interesse esperados na população.			
Precisão ==>	Margem de erro para estimação da proporção populacional.			
Nível de Confiança ==>	Probabilidade de acerto no teste de hipóteses e na estimação por intervalo.			

Assim, é possível determinar o utilizar a fórmula descrita para se determinar o número de indivíduos na amostra. Todavia, o número de indivíduos determinados através da utilização da fórmula, servira para testar o poder do processo de entrevistas para validá-la como base científica ou somente torná-la uma ferramenta de desenvolvimento da dissertação.

Como o número de entrevistados foi de 35 indivíduos, desta maneira, definiu-se com base no estudo estatístico um intervalo de confiança adequado para essa amostragem como 95% e, o erro máximo admissível foi estabelecido em 5%. Nestas condições caracterizada a amostragem por cota como sendo uma amostragem representativa estatisticamente da população.

#### **4.1.2 DETERMINAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DO MÓDULO DE POTÊNCIA PARA AGRICULTURA (PROBLEMA DE PROJETO).**

Nessa fase procurou-se projetar conceito de um módulo de potência para agricultura que satisfaça adequadamente os seguintes aspectos:

##### **Para o usuário de máquinas agrícolas:**

- Oferta de máquinas adequadas às necessidades da agricultura na pequena propriedade, no que se refere aos custos, funções dos equipamentos, facilidades de operação e segurança;
- Melhoria na condição humana de trabalho no campo com equipamentos apropriados, minimizando ou eliminando o esforço humano indesejado;
- Viabilização técnica e econômica da pequena propriedade propiciando a permanência da família agricultora no campo, com condições de auferir o conforto em seus processos produtivos.

##### **Na formação do profissional de projeto:**

- Capacitação de profissionais no projeto de máquinas e implementos agrícolas;
- Capacitação de profissionais de projeto em metodologias e ferramentas para o desenvolvimento integrado de produtos, incluindo fundamentos de síntese de produtos, engenharia simultânea, gerenciamento de projeto, modelagem e simulação de sistemas, ensaio de máquinas, entre outros.

##### **Para a indústria de máquinas agrícolas:**

- Desenvolvimento de mecanismos de transferência de tecnologia, na forma de conhecimento, métodos e técnicas que possam ajudar na organização do trabalho relacionado às atividades de projeto de produtos na empresa;
- Potencialização da indústria de máquinas e implementos agrícolas visando à competitividade de seus produtos no mercado regional e nacional, com soluções inovadoras em metodologias para o desenvolvimento e testes do produto.
- Obter especificações de projeto baseado nas necessidades dos clientes;
- Aplicar os conhecimentos em metodologias de projeto desenvolvidos no NEDIP para estruturar o processo de projeto para a inovação em máquinas agrícolas, abordando as fases de projeto informacional e conceitual;

- Levantar e organizar as necessidades e requisitos demandados pelos produtores rurais das pequenas propriedades quanto a máquinas autopropelidas para atividades agrícolas, tendo por referência o Estado de Santa Catarina, em face da facilidade de acesso, proximidade e da diversidade de atividades agrícolas presente no Estado;
- Desenvolver soluções de máquina agrícolas relacionadas com processo e técnicas de fabricação apropriadas às pequenas e médias unidades fabris;

#### **4.1.3 PROCURAR A INFORMAÇÃO NECESSÁRIA PARA O TRABALHO DE PROJETO**

As informações necessárias para o trabalho de desenvolvimento do projeto durante esta etapa inicial do projeto informacional é necessária a consulta com a maior quantidade possível de fontes de informações externas ao ambiente de projeto. Para uma segunda etapa, realizou-se uma busca via Internet, bem como acesso aos sites de fabricantes de máquinas agrícolas. Segundo Fonseca (2000), essa busca tem como objetivo:

- Procura de patentes sobre o produto que vai ser projetado;
- Procura de tecnologias e métodos de fabricação disponíveis e
- Procura de informação sobre produtos similares.

#### **4.1.4 DEFINIR OS PRODUTOS DE REFERÊNCIA**

Considerou-se como produtos concorrentes as diversas máquinas de pequeno porte utilizadas hoje para realizar as atividades do campo. Mesmo que as máquinas definidas como concorrentes não satisfaçam a todas as atividades do campo isoladamente e também possuam uma estrutura rígida (um dos paradigmas), é necessário utilizar alguns modelos que estão disponíveis hoje no mercado para aproveitar toda a riqueza de informação e conhecimento utilizado na confecção das mesmas. Estas máquinas agrícolas serão tomadas como padrão de comparação, para determinar algumas das características operacionais do novo produto.

##### **Microtratores de tecnologia simplificada (referências)**

Do trabalho desenvolvido na dissertação de Resende (1995), encontram-se apresentados alguns conceitos de microtratores a serem

considerados como produtos concorrentes. O autor apresenta os vários tipos de microtratores pesquisados e apontados como referências, além dos conhecimentos adquiridos pelo autor na realização do trabalho.

Neste grupo estão classificados, como o próprio nome diz, os microtratores mais simples. Esses tratores foram projetados para executar as tarefas básicas em terrenos normais, e geralmente tem como principal requisito o baixo custo.

Do Apêndice B conclui-se:

#### a . Microtratores de duas rodas com rabiças

Estes tratores são utilizados freqüentemente na horticultura. São úteis aos pequenos agricultores por serem versáteis duráveis e de fácil manutenção. Eles possuem duas rodas motrizes e um par de rabiças para comando do tratorista que, geralmente, caminha atrás do trator. Isto possibilita boa manobrabilidade, porém apresenta problemas de ergonomia tais como: postura inadequada do operador, falta de proteção do sistema de transmissão por correias e risco de acidentes devido à proximidade entre o operador e os implementos.

No Quadro 4.2 a seguir, é apresentado um exemplo do modelo de microtrator de rabiça:

Quadro 4.2 – Produto de referência

<p>Fabricante: Tramontini Modelo: GN 12 Preço: 12.000,00</p> 	Motor	Potência	12 cv
		RPM	2400 rpm
	Transmissão	N.º Cilindros	1 Cil.
		Arrefecimento	Radiador
		Partida	Manivela
	Dimensões	Sistema	03 correias em "V"
		Nº mudanças	F6 – R2
		Comprimento	2380 mm
		Altura	1330 mm
	Direção	Largura	800 mm
			Rabiça
	Pneu	Dianteiros	600-12 (24LB)
		Traseiros	600-12 (24LB)
Freios			
Acessório: Tomada de força 4 x 4 Sem enxada rotativa	Peso	386 kg	

## b . Microtratores convencionais

Estes tipos de microtratores são os mais comuns no mercado internacional, estão sendo fabricados por um número elevado de empresas estrangeiras, como exemplo pode-se citar: Yanmar, John Deere, Agrale, Ford, Iseki, Massey Ferguson, Mitsubishi, Internacional, Kubota, Sbibaura, e Agria. No Brasil esse tipo de microtrator não é encontrado facilmente, sendo a Agrale uma exceção à regra.

O desenvolvimento desse tipo de trator tem progredido bastante, inclusive com a utilização de tecnologias que só eram disponíveis em tratores de grande porte, como: controle hidráulico de implementos, tomadas de potência, partida elétrica, motores multicilindros de marcha sincronizada ou de engrenamento constante, opção de tração nas quatro rodas, etc. Como conseqüência, os custos são elevados para os pequenos agricultores de países em desenvolvimento.

No Quadro 4.3 a seguir, é apresentado um exemplo de modelo de microtrator convencional:

Quadro 4.3 – Produto de referência – microtratores

<b>Fabricante: Tramontini</b> <b>Modelo: T3025</b> <b>Preço: N/D</b> 	<b>Motor</b>	<b>Potência</b>	<b>30 cv</b>
		RPM	<b>2700 rpm</b>
		N.º Cilindros	<b>3 Cil.</b>
	<b>Transmissão</b>	Arrefecimento	<b>Radiador</b>
		Partida	<b>Elétrica</b>
		Sistema	<b>Caixa de Mudanças</b>
		Nº mudanças	<b>F8 – R2</b>
	<b>Dimensões</b>	Comprimento	<b>2800 mm</b>
		Altura	<b>1460 mm</b>
		Largura	<b>1350 mm</b>
	<b>Direção</b>	<b>Volante com dir. hidráulica</b>	
	<b>Pneu</b>	Dianteiros	<b>600-12 (24LB)</b>
		Traseiros	<b>9.5-24 / 8.3-24</b>
	<b>Freios</b>	<b>Com sapatas expansíveis</b>	
	<b>Acessório: Tomada de força Com reduzida</b>	<b>Peso</b>	<b>1540 kg</b>

## 4.2 DEFINIÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO

A definição do ciclo de vida do produto é uma das atividades fundamentais para o desenvolvimento do projeto. No âmbito do processo de desenvolvimento de produtos, “[...] o ciclo de vida representa a conversão de matéria prima em produtos econômicos de alto valor agregado (PAHL & BEITZ, 1996)”.

Como definição dos elementos do ciclo de vida, Roozemburg & Eekels (1995), apud Novaes (2005), definem que “[...] entre a criação e o descarte, o produto sofre diversos processos, tais como: fabricação, montagem, instalação, operação, manutenção, uso, reutilização e descarte”. Cada um desses processos traz consigo requisitos e necessidades para o novo produto, o que induz as equipes de projeto a considerar todos os seus inter-relacionamentos desde sua criação até o seu descarte.

Definido o ciclo de vida, podem-se detectar os clientes internos, intermediários e externos, envolvidos e associados a cada uma das fases do ciclo de vida. É importante salientar que a definição dos clientes é importante para levantar as suas necessidades.

Ogliari (1999) aponta para a utilização da análise do ciclo de vida na obtenção das necessidades dos clientes para fins de projeto, propondo o estabelecimento das fases do ciclo de vida do produto como base de categorização das informações de projeto.

A definição das fases do ciclo de vida de um produto depende de fatores como: o tipo de produto que vai ser projetado; o tipo de projeto a ser executado; a dimensão da demanda do produto; proximidade do mercado consumidor; suas características de funcionamento; características de uso e manuseio, entre outros (FONSECA, 2000).

Para se estabelecer o ciclo de vida, tem-se como referência também a proposta de Pahl & Beitz 2005, de acordo com a proposta de Fonseca, 2000. Assim, a Figura 4.2 apresenta a Diretriz Metódica proposta por Pahl & Beitz, 2005.

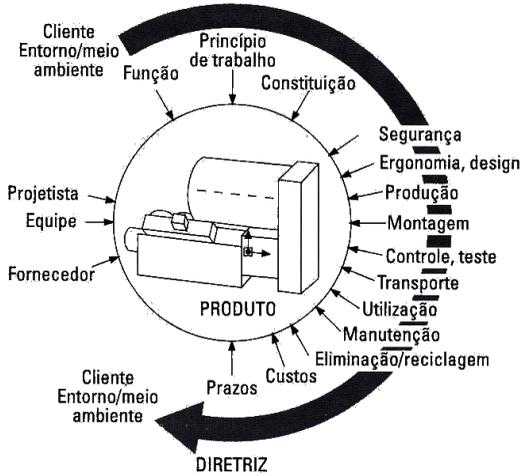


Figura 4.2: Grandezas e condições que influenciam no desenvolvimento e na construção. (Fonte: Pahl & Beitz, 1996)

O estabelecimento do ciclo de vida do produto foi feito com base nos produtos considerados referência, por este trabalho se tratar do projeto de um produto inovador e com perspectivas de apresentar um novo conceito de máquina agrícola.

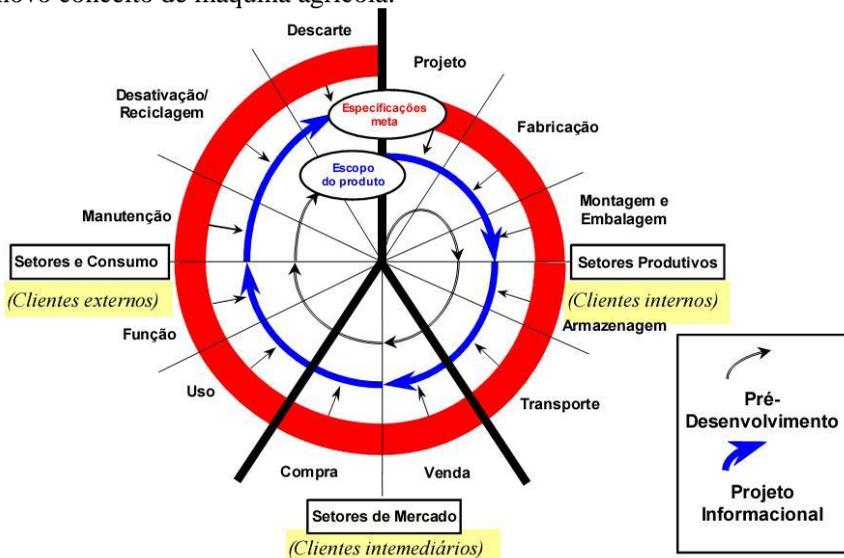


Figura 4.3: Ciclo de vida do produto (Adaptado de: FONSECA, 2000)

Essa definição, de certa forma limitada, fica restrita à experiência da equipe envolvida neste projeto. A Figura 4.3, apresentada anteriormente, ilustra a diretriz do ciclo de vida estabelecido.

O ciclo de vida para o módulo de potência torna-se definido como sendo constituído das seguintes fases: projeto, produção, montagem em fábrica, testes, transporte, uso, função, manutenção, reciclagem e descarte.

Definido o ciclo de vida, é fácil detectar os clientes envolvidos e associados às fases do ciclo de vida. A definição dos clientes, segundo Fonseca (2000), “é fundamental para levantar as necessidades, as quais devem ser definidas antes de serem tomadas as decisões”.

Desta forma, clientes não são somente os clientes diretos do produto, mas todo o pessoal envolvido nas fases do ciclo de vida, como fabricantes, comercializadores, pessoal de manutenção e reciclagem, entre outros.

A Tabela 4.1 apresenta uma associação entre o ciclo de vida e seus respectivos clientes.

Tabela 4.1: Clientes por fase do Ciclo de vida

Fases do Ciclo de Vida		Clientes
Projeto		Engenheiro; Técnicos; Pesquisadores; Colaboradores; Cliente.
Produção		Pequenas e Médias Empresas
Montagem em fábrica	Teste	Pequenas e Médias Empresas
Transporte		Transportadoras; <b>Pequeno e médio produtor rural</b>
Uso	Função	<b>Pequeno e médio produtor rural</b>
	<table border="1"> <tr> <td>Limpeza</td> </tr> <tr> <td>Descarga</td> </tr> </table>	
Limpeza		
Descarga		
Armazenagem		
Manutenção		Pequenas Oficinas; <b>Pequeno e médio produtor rural</b>
Reciclagem		Própria Empresa; Desmanches; Comerciantes.
Descarte		Própria Empresa; Desmanches.

Identificados os clientes do projeto, foram definidos os atributos do produto. Estes são características inerentes ao produto que são utilizadas como referência na tarefa de levantamento das necessidades dos clientes e na conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto.

Os atributos básicos escolhidos para serem utilizados, baseados em Fonseca (2000), foram: funcionamento, estética, ergonomia, economia, segurança, confiabilidade, legalidade, normalização, modularidade, flexibilidade, adaptabilidade e impacto ambiental. Assim, para a conversão dos requisitos de clientes em requisitos de projeto da mesma maneira, foram utilizados alguns dos atributos específicos do produto, que também compõe a lista de atributos mínimos, dos quais: geometria, material, peso ou massa, forças, cinemática, controle, fluxo, sinais, padronização, qualidade e energia.

### **4.3 LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES DOS CLIENTES**

Fonseca (2000) aponta duas maneiras gerais para poder levantar as necessidades dos clientes do projeto para que estas informações possam ser utilizadas na definição de especificações de projeto:

- a. a coleta das necessidades dos clientes do projeto com base nas fases do ciclo de vida do produto, utilizando para este fim questionários dirigidos;
- b. a obtenção das necessidades sem consultar os clientes do projeto. Neste caso, a equipe de projeto define as necessidades dos clientes baseando-se em pesquisas bibliográficas, em trabalhos iniciais de marketing, na experiência da equipe, no corpo de conhecimento da empresa, em listas de verificação, ou nos atributos do produto.

Para a elaboração deste projeto, a identificação das necessidades dos clientes foi realizada com base nas fases do ciclo de vida do produto estabelecido. Para conhecer as necessidades dos clientes e adquirir mais conhecimento sobre a forma de trabalho e as exigências das atividades agrícolas, foram realizadas entrevistas com agricultores, vendedores de máquinas agrícolas e projetistas de máquinas do Estado de Santa Catarina. Nestas entrevistas foi utilizado um questionário semi-estruturado como meio de captar as necessidades dos três tipos de clientes (Apêndice A).

A realização das entrevistas teve grande importância, não somente para auxiliar na tarefa de identificação das necessidades dos

clientes associadas à fase de utilização do produto, mas, também, avaliar a importância dessas necessidades para a formulação de pesos específicos de cada.

Para projetar os questionários utilizou-se a metodologia para projeto de questionários descrita em Reis et al. (2003). Essa metodologia leva em consideração o conceito de ciclo de vida do produto. Também foi utilizada como referência a metodologia para elaboração de questionário semi-estruturado para estudos de caso em gestão da inovação tecnológica proposta por MONTANHA JR et al., 2005.

No âmbito de complementar a lista de necessidades dos clientes, aplicou-se a matriz de apoio ao levantamento das necessidades dos clientes proposta por Fonseca (2000), que se encontra documentada no Apêndice C (Matriz de ROTH - Matriz de apoio à identificação das necessidades dos clientes). Esta matriz é indicada para os casos onde a equipe de projeto levanta por si própria, as necessidades dos clientes sem consultá-los. Na matriz de levantamento das necessidades as linhas correspondem às fases do ciclo de vida do produto e as colunas aos atributos básicos do produto. Do cruzamento entre linhas e colunas são geradas as necessidades dos clientes. Para obter uma lista mais completa e elaborada, fez-se uma abordagem de todas as fases do ciclo de vida do produto em busca das necessidades associadas a cada uma delas. A lista das necessidades dos clientes, classificadas segundo as fases do ciclo de vida, encontra-se no Quadro 4.4.

Quadro 4.4: Lista das necessidades dos clientes do projeto.

Ciclo de Vida	Necessidades dos Clientes
Projeto	1. Projeto multifuncional, que permita a ampliação da gama de equipamentos a serem acoplados
	2. Máquina com quatro rodas
	3. Oferecer tração nas 4 rodas
	4. O assento deve ser escamoteável/regulável
	5. Respeitar ergonomia (segurança e proteção)
	6. Massa do conjunto em torno de 500 kg
	7. Vida útil de 10.000 horas ou 10 anos com possibilidade de atualização
	8. A potência prevista deve estar entre 7 e 20 hp
	9. Desempenho de alta confiabilidade
	Continua...

	... continuação Quadro 4.3
	10. Custo de aquisição, operação e manutenção acessíveis ao pequeno produtor (max R\$ 16.000,00 custo do trator e R\$ 9,00 por hora de operação)
	11. Acompanhar as ondulações do terreno
	12. Adotar o padrão de acoplamento de equipamentos existente
	13. Ter boa estabilidade e baixo centro de gravidade (uso em terrenos com declividade máxima de 40%)
	14. Ser robusto/durável
	15. Resistente às intempéries (corrosão, chuva, calor, lama, poeira, etc.)
	16. Proteção segura para o operador
	17. Respeitar as distâncias de alcance dos membros (braços e pernas) aos comandos
	18. Apresentar maior desempenho tratório, oferecendo menor patinagem e compactação do solo
Produção	19. Apresentar boa aparência a fim de promover a empatia do cliente
	20. Baixo custo de fabricação
	21. Ser de fácil e simples fabricação e manutenção, utilizando apenas equipamentos e ferramentas convencionais
	22. As conexões fixas devem ser padronizadas
Montagem em fabrica	23. Fácil de trocar partes
	24. Regulagens simplificadas
	25. Utilizar materiais e componentes padronizados e de fabricação em massa
	26. Utilizar ligações parafusadas
Transporte	27. O carregamento e descarregamento deve ser seguro
	28. Ser de fácil "containerização" (possível comercialização exterior)
	29. Facilite de transporte
	30. Os eixos, peças e braços devem ser moveis a fim de recolher ou estender as dimensões
Uso	31. Possuir eficiente força de tração na barra
	32. Utilização severa do equipamento
	33. Operar a máquina sentado
	34. O sistema de direção deve ser simples e seguro com dimensões e força de acionamento ergonômico
	35. Permitir agilidade nas manobras em áreas restritas e no final das linhas de plantio
	36. Máquina adequada ao solo das propriedades catarinenses
	37. Fácil de usar (fácil operação)
	Continua...

	... continuação Quadro 4.3
	38. Baixo nível de ruído
	39. Baixo nível de vibração
	40. Ter proteção contra capotamento
	41. Fácil utilização de implementos existentes
	42. Regulagem facilitado
	43. Inspeção visual de elementos consumíveis
	44. Ter manual de instruções
	45. Possuir características ergonômicas
	46. Os comandos devem ser leves e de fácil acesso ao operador e com pequenos movimentos
	47. Oferecer maleabilidade no trabalho em diversos terrenos
Função	48. Garantir a qualidade do trabalho
	49. Possibilitar adaptação de motor existente na propriedade
	50. Componentes simples
	51. Poucos elementos de movimentação (sistemas dinâmicos)
	52. Componentes robustos
	53. Econômico (consumo energético)
	54. Ter baixo consumo de componentes renováveis
	55. Partes de movimento protegidas (sistemas dinâmicos)
	56. Tractionar, transportar e fornecer potência mecânica às máquinas e equipamentos agrícolas
57. Fácil de reparar (manutenção)	
Manutenção	58. Pouca manutenção
	59. Resistir a quebras
	60. Ter peças de reposição
	61. Manutenção barata
	62. Acesso livre componentes
	63. Fácil de substituição de componentes renováveis
	64. Usar poucas ferramentas para realizar a manutenção
Reciclagem	65. Fácil de desmontar
	66. Permitir a identificação de materiais
	67. Fabricado com materiais recicláveis
Descarte	68. Fabricado com materiais reutilizáveis
	69. Os materiais utilizados não devem ser tóxicos
	70. Cuidado no manuseio
	71. Utilizar materiais com vida útil semelhantes

Por meio dos questionários realizados com os três tipos de clientes e da utilização da matriz de apoio à identificação das necessidades (Matriz de Roth) foram identificadas 71 necessidades que, após serem identificadas, foram agrupadas de acordo com a fase do ciclo de vida a que estavam associadas.

Depois de agrupadas e classificadas, as necessidades foram convertidas em requisitos dos clientes com auxílio da matriz de apoio a conversão de necessidades de clientes em requisitos de clientes. Para se tornarem requisitos dos clientes, estas foram transformadas em frases curtas compostas pelos verbos ser, estar ou ter, seguidos de um ou mais substantivos, ou frases compostas por um verbo formador de função seguido de um ou mais substantivos.

É muito importante destacar que o critério de “Grau de Importância” foi estabelecido com base no resultado dos questionários aplicadas e o conhecimento sobre o assunto dos representantes e vendedores de máquinas agrícolas.

Com a realização desta conversão, obteve-se à lista de requisitos dos clientes, composta de 71 itens, os quais podem ser visualizados através do Quadro 4.5. O Quadro 4.5 apresenta a valoração da importância de cada item descrito como grau de importância.

Quadro 4.5: Requisitos dos clientes do projeto.

Ciclo de Vida	Requisitos de Cliente	Grau de importância
Projeto	1. Ser um projeto multifuncional	8
	2. Ser uma máquina de quatro rodas	8
	3. Ter tração nas 4 rodas	8
	4. Ter potência prevista entre 7 e 20 hp	8
	5. Ter massa em torno de 500 kg	5
	6. Ser capaz de acompanhar as ondulações do terreno	9
	7. Ter boa estabilidade e baixo centro de gravidade (uso em terrenos com declividade máxima de 40%)	8
	8. Ter assento regulável	7
	9. Ser projetado com ergonomia (segurança e proteção)	7
	10. Ter custo de aquisição, operação e manutenção acessíveis ao pequeno produtor (max R\$ 16.000,00 custo do trator e R\$ 9,00 por hora de operação)	10
	11. Ter proteção para o operador	7
	12. Respeitar as distâncias de alcance dos membros (braços e pernas) aos comandos	7
	13. Ter vida útil de 10.000 horas ou 10 anos com possibilidade de atualização	6
	14. Ter desempenho de alta confiabilidade	8

Continua...

		... continuação Quadro 4.4
	15. Ser robusto/durável	9
	16. Ser resistente às intempéries (corrosão, chuva, calor, lama, poeira, etc.)	7
	17. Ter capacidade adotar o padrão de acoplamento (equipamentos existentes)	7
	18. Ter maior desempenho tratório, oferecendo menor patinação e compactação do solo	8
Produção	19. Ser de fácil e simples fabricação e manutenção, utilizando apenas equipamentos e ferramentas convencionais	7
	20. Ter boa aparência a fim de promover a empatia do cliente	4
	21. Ter baixo custo de fabricação	8
	22. Ter conexões fixas padronizadas	2
Montagem em fábrica	23. Ser fácil de regular	7
	24. Ser fácil de trocar partes	6
	25. Ter uso preferencial de ligações parafusadas	2
	26. Utilizar materiais e componentes padronizados e de fabricação em massa	7
Transporte	27. Ter capacidade de recolhimento de eixos, peças e braços	7
	28. Ter estrutura que facilite o transporte	8
	29. Ser de fácil "containerização"	5
	30. Ter carregamento e descarregamento seguro	7
Uso	31. Ter manual de instruções	6
	32. Ter facilidade para configurar (Ajustes)	7
	33. Ter facilitada a utilização de implementos	7
	34. Ser de fácil operação	8
	35. Ser capaz de permitir agilidade nas manobras em áreas restritas e no final das linhas de plantio	8
	36. Ser ergonômico	7
	37. Ter baixo nível de vibração	6
	38. Ter baixo nível de ruído	8
	39. Ter sistema de direção simples e seguro com dimensões e força de acionamento ergonômico	7
	40. Ser capaz de operar a máquina sentado	8
	41. Ter proteção contra capotamento	7
	42. Ter comandos leves de fácil acesso e movimentos curtos	6
	43. Ter possib. de inspeção visual de elementos consumíveis	5
	44. Possuir eficiente força de tração na barra	10
45. Ter resistência a utilização severa	6	
46. Ser adequado ao solo das propriedades catarinenses	10	
47. Ter manual de instruções	6	
Função	48. Ter a possibilidade de adaptação de motor existente na propriedade	7
	Continua...	

...continuação do Quadro 4.4		
	49. Tracionar, transportar e fornecer potência mecânica às máquinas e equipamentos agrícolas	9
	50. Ter cor agradável	2
	51. Ter estrutura leve	4
	52. Ter número reduzido de sistemas dinâmicos	8
	53. Ter segurança nos sistemas dinâmicos	7
	54. Ter qualidade do trabalho	9
	55. Ter componentes robustos	7
	56. Ter baixo consumo energético	10
	57. Ter baixo consumo de componentes renováveis	9
Manutenção	58. Ser facilitado o acesso aos componentes	6
	59. Ter facilidade de substituição de componentes renováveis	7
	60. Ter minimizado o uso de ferramentas na manutenção	7
	61. Ter manutenção barata	8
	62. Ter baixa manutenção	8
	63. Ser resistente a quebras	8
	64. Ter peças de reposição	9
Reciclagem	65. Ser de fácil identificação de materiais	6
	66. Ser de fácil desmontagem	7
	67. Ser composto por materiais reutilizáveis	7
	68. Ser composto por materiais recicláveis	7
Descarte	69. Utilizar materiais com vida útil semelhantes	6
	70. Ser de materiais não tóxicos	6
	71. Ter segurança no manuseio	6

Seguindo as etapas da metodologia de desenvolvimento de produtos adotada, após determinados os requisitos dos clientes, inicia-se o processo de valoração dos mesmos. A valoração é um pré-requisito para a aplicação da primeira matriz do QFD (Quality Function Deployment).

De acordo com Ogliari (1999), “[...] usualmente a valoração dos requisitos dos clientes é conduzida pela equipe de projeto, através da análise sistemática e do debate sobre cada uma das necessidades e suas implicações no resultado do projeto”.

Neste trabalho a valoração dos requisitos dos clientes se deu com a utilização do método da comparação aos pares, recomendada por Ullman (1992), utilizando como ferramenta o diagrama de Mudge.

O diagrama de Mudge nada mais é que uma matriz onde as colunas e as linhas são compostas pelos requisitos de clientes, formando uma matriz quadrada. Nesta matriz compara-se cada um dos requisitos das linhas com todos os requisitos das colunas, um a um, exceto os

iguais (que formam a diagonal da matriz). Nesta interação, decide-se qual requisito apresenta a maior importância, e qual o grau desta importância.

O diagrama de Mudge utilizado permitiu a classificação dos requisitos em três níveis de importância: um pouco mais importante (valor um), medianamente mais importante (valor três) e muito mais importante (valor cinco).

O valor relativo de cada requisito é obtido pelo somatório dos valores observados em todo o diagrama (o somatório abrange somente os valores das células em que o mesmo requisito for considerado dominante).

#### **4.4 CONVERSÃO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES EM REQUISITOS DE PROJETO**

Com a identificação e valoração dos requisitos dos clientes realizada, passa-se para a próxima etapa da metodologia adotada: a conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto (que são características técnicas do produto, passíveis de serem mensuradas por meio de algum tipo de sensor). Esta etapa constitui um passo muito importante para o projeto. Convertê-los significa decidir algo físico sobre o produto, que o afeta definitivamente durante o trabalho de projeto.

A conversão dos requisitos dos clientes em requisitos de projeto constitui-se na primeira decisão física sobre o produto que está sendo projetado. Esta ação define parâmetros mensuráveis, associados às características definitivas que o produto deverá apresentar, razão pela qual, esta etapa é um momento bastante importante para o processo de projeto.

Nesta atividade utilizou-se como ferramenta a matriz de obtenção dos requisitos de projeto proposta por FONSECA (2000). A matriz utilizada neste trabalho é ilustrada no Apêndice D.

Como resultado da aplicação da matriz, foram identificados 35 requisitos de projeto, como apresentados no Quadro 4.6, a seguir, sendo que os itens do número 1 até o 23 foram obtidos por meio das conversões realizadas no projeto informacional a partir das necessidades dos clientes. Já os itens apresentados do item 24 ao item 35, foram obtidos por meio da investigação de outras obras na literatura que versavam sobre o tema.

Quadro 4.6: Requisitos de Projeto

Requisitos de Projeto do Módulo	Ações	Meta
1. Quantidade peças padronizadas	Maximizar↑	100 %
2. Altura máxima medida no assento	Minimizar↓	≤ 1200 mm
3. Largura máxima externa	Minimizar↓	≤ 1100 mm
4. Comprimento	Minimizar↓	≤ 2400 mm
5. Raio de Giro para manobras	Minimizar↓	950 ≤ R ≤ 3000 mm
6. Tempo para por em operação	Minimizar↓	Menor possível (horas)
7. Vida útil do Módulo	Maximizar↑	≥ 10.000 hs ou 10 anos
8. Tempo de regulação de implementos	Minimizar↓	Menor possível (horas)
9. Tempo de manutenção	Minimizar↓	Menor possível (horas)
10. Massa total	Minimizar↓	≈ 500 kg
11. Nível de ruído	Minimizar↓	Max. 65 dB
12. Potência requerida	Minimizar↓	Menor possível (W)
13. Potência na barra de tração	Maximizar↑	7 ≤ Ft ≤ 20 cv
14. Número de atividades possíveis	Maximizar↑	Maior qtd e possível
15. Conjuntos funcionais	Minimizar↓	≤ 50 Cjs
16. Custo de Aquisição	Minimizar↓	≤ R\$ 16.000,00
17. Custo de manutenção por ano	Minimizar↓	4% Valor do produto
18. Custo de operação <sup>2</sup>	Minimizar↓	≤ 20,00 R\$/h
19. Resistência dos materiais	Maximizar↑	Maior possível (Mpa)
20. Ergonomia	Maximizar↑	100 %
21. Adaptação de motores diversos	Maximizar↑	100 %
22. Número de comp. disponíveis no mercado local	Maximizar↑	≥ 40 %
23. Exigência de esforços físicos do operador	Minimizar↓	≤ 10 kgf
24. Número de módulos	Minimizar↓	04 unid.
25. Quantidade componentes substituíveis	Maximizar↑	≤ 20 unid.
26. Custo de projeto	Minimizar↓	Máximo R\$ 20.000,00
27. Custo de fabricação	Minimizar↓	≤ R\$ 8.000,00
28. Custo de montagem	Minimizar↓	≤ 1% Custo fabricação
29. Custo dos materiais de fabricação	Minimizar↓	≤ 50% Custo fabricação
30. Energia renovável	Maximizar↑	50 %
31. Número de componentes do sistema	Minimizar↓	Menor possível
32. Número de componentes recicláveis	Maximizar↑	100 %
33. Número de cantos vivos e arestas cortantes expostas	Minimizar↓	Nenhuma aresta exposta
34. Número de processos convencionais de fabricação	Maximizar↑	Até 3 processos
35. Projeto multifuncional	Maximizar↑	Maior n.º de funções

Dos requisitos de cliente apresentados no Quadro 4.5, foram sistematizados os 35 requisitos apresentados no Quadro 4.6, onde os valores da terceira coluna (Metas) foram desenvolvidos pelo autor.

<sup>2</sup> Custo de Operação: estabelecidos com base no estudo do IEA – Instituto de Economia Agrícola no site: [www.iea.sp.gov.br](http://www.iea.sp.gov.br)

## **4.5 AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS DE CLIENTES X REQUISITOS DE PROJETO**

Sendo o próximo passo da metodologia a avaliação dos requisitos de cliente versus os requisitos de projeto, utilizou-se o QFD (Quality Function Deployment), da mesma forma como costuma ser reportado na literatura (FONSECA, 2000). A primeira matriz do QFD, comumente conhecida como Casa da Qualidade, é utilizada para estabelecer relacionamentos entre os requisitos de clientes e requisitos de projeto, hierarquizando os últimos conforme seu valor.

A valoração conferida aos requisitos de projeto poderá ser utilizada para hierarquizá-los conforme sua “importância”, e também para valorá-los nas ocasiões em que estes requisitos venham a constituir-se critérios de avaliação.

O procedimento utilizado para o preenchimento da matriz da Casa da Qualidade do projeto do módulo para agricultura, e a ilustração desta matriz, poderão ser visualizados no Apêndice E.

## **4.6 LISTA DE ESPECIFICAÇÕES DO PROJETO**

Considerando a metodologia adotada, a etapa final do projeto informacional é a definição das especificações de projeto, levando em conta os objetivos e restrições do projeto.

As especificações de projeto não definem uma solução para o problema de projeto, sua principal função é fornecer subsídios ou critérios para tomada de decisão no que diz respeito à avaliação e seleção de alternativas de projeto do produto.

Por esta razão, a cada requisito de projeto deve ser associado um valor meta a ser atingido, um elemento sensor para avaliar se a meta estipulada foi atingida, saídas indesejáveis que podem ocorrer no projeto, restrições e comentários.

“Para definir as especificações de projeto do produto, associa-se a cada um dos requisitos de projeto um valor meta (objetivo) a ser alcançado” (Back & Forcellini, 2001). No Quadro 4.7 encontram-se as especificações de projeto do produto e observações que explicam mais detalhadamente o significado dos requisitos de projeto e indicam a procedência do valor meta.

Quadro 4.7: Lista das especificações do projeto do módulo de potência.

Requisitos	Unid.	Objetivos	Sensor	Saídas indesejáveis	Comentários
Quantidade de peças padronizadas	N.º	Utilizar todos os componentes padronizados	Verificação no projeto preliminar	Mínimo de peças não padronizadas	Considera-se “componentes padronizados”: chapas, parafusos, rolamentos, entre outros, disponíveis no comércio
Altura máxima medida no assento	mm	$\leq 1200$	Verificação no projeto preliminar	Altura da máquina exceder o valor especificado	Facilitar operações em parreirais e locais de baixa altura
Largura máxima externa	mm	$\leq 1100$	Verificação no projeto preliminar	Largura da máquina exceder o valor especificado	Facilitar operações entre linhas de plantio
Comprimento	mm	$\leq 2400$	Verificação no projeto preliminar	Comprimento da máquina exceder o valor especificado	Facilitar nas manobras
Raio de giro (manobras)	mm	$950 \leq R \leq 3000$ mm	Testes do Protótipo	Raio de giro exceder o valor especificado	Para facilitar as manobras e aumentar a agilidade
Tempo para por em operação	Horas	Mínimo tempo possível para por em operação	Verificação dos tempos de duração preparação	Tempo para por em operação elevado	Busca-se minimizar o tempo para por em operação para maximizar a disponibilidade da máquina
Tempo de montagem	Horas	Mínimo tempo possível de montagem	Verificação dos tempos de duração da montagem	Tempo de montagem elevado	Busca-se minimizar o tempo de montagem a fim de reduzir os custos da atividade
Vida útil do módulo	Horas ou anos	10.000 horas ou 10 anos	Informações dos clientes do produto	Vida útil muito inferior a 10.000 horas ou 10 anos	Valores estimados para uma carga de trabalho de 6 horas diárias
Tempo de manutenção	Horas	Mínimo tempo possível de manutenção	Verificação dos tempos de duração da manutenção	Tempo de manutenção elevado	Busca-se minimizar o tempo de manutenção para maximizar a disponibilidade da máquina
Massa total	kg	Próximo de 500 Kg	Estimado através das necessidades dos clientes e pesagem do protótipo	Peso da máquina exceder o valor especificado	Este valor foi determinado com referencia nas máquinas consideradas concorrentes e na experiência dos agricultores (clientes)
Nível de ruído	dB	Máximo de 85 dB	Normas Técnicas NR-15 e teste de campo	Nível de ruído acima do especificado	Nível de ruídos acima do especificado pode causar sérias lesões no operador da máquina

Continua...

...continuação Quadro 4.6

Requisitos	Unid.	Objetivos	Sensor	Saídas indesejáveis	Comentários
Potência requerida	W	Potência máxima requerida	Verificação no projeto preliminar	Utilizar fontes de potência que consumam muita energia e que apresentem elevados custos de aquisição	Busca-se utilizar fontes de potência que o agricultor já possua e também, que utilizem formas renováveis de energia e apresentem baixo consumo
Potência na barra de tração	cv	$7 \leq Ft \leq 20$	Verificação no projeto preliminar	Utilizar fontes de potência que consumam muita energia e que apresentem elevados custos de aquisição	Busca-se utilizar fontes de potência que o agricultor já possua e também, que utilizem formas renováveis de energia e apresentem baixo consumo
Número de atividades possíveis	N.º	Maximizar	Verificação no projeto conceitual	Sistema apresentar um n.º de operações menor que o especificado	Número estipulado com base em comparações com máquinas concorrentes e necessidades explicitas dos clientes
Número de conjuntos funcionais	N.º	$N^\circ \leq 50$ conjuntos	Verificação no projeto preliminar	Sistema apresentar mais que 50 conjuntos	Número estipulado com base em comparações com máquinas concorrentes
Custo de aquisição	R\$	$\leq 16.000,00$	Soma do custo de produção + lucro estimado	Custo de aquisição do sistema exceder R\$ 16.000,00	Valor foi estimado com base nas entrevistas realizadas junto aos agricultores e análise dos concorrentes
Custo de manutenção por ano	R\$	4% do valor do produto ao ano	Custos de manutenção anuais	Custo de manutenção anual superior ao especificado	Desenvolver um bom planejamento e otimização do projeto reduzindo ao máximo os custos de manutenção
Custo Operação	R\$	$\leq 20,00$ por hora		Custo de material exceder o valor especificado	Valor foi estimado com base nas entrevistas realizadas junto aos agricultores e análise dos concorrentes
Resistência dos materiais	MPa	Maximizar	Verificação no projeto preliminar	Falha prematura dos materiais	A falha de um componente pode prejudicar a segurança humana
					Continua...

...continuação Quadro 4.6

Requisitos	Unid.	Objetivos	Sensor	Saídas indesejáveis	Comentários
Ergonomia	%	Atender ao maior número possível de normas de ergonomia	Análise dos esforços físicos (departamento biomecânico – Ed. Física)	A máquina oferecer riscos à segurança/saúde dos clientes	Busca-se projetar um produto que não ofereça risco algum para a integridade física dos clientes
Adaptação de motores diversos	%	≥ 70 % motores disponíveis	Verificação no projeto conceitual	Não atingir a meta mínima de 70% de adaptabilidade de motores disponíveis no mercado	Pretende-se aproveitar motores disponíveis a fim de diminuir despesas de aquisição da máquina
N.º Componentes disponíveis no mercado	N.º	≥ 40% dos componentes	Verificação no projeto preliminar	Não atingir a meta mínima de 40% dos componentes disponíveis no mercado	Pretende-se utilizar no projeto o máximo de materiais e componentes manufaturados que possam ser encontrados disponíveis no mercado
Exigência de esforços físicos do operador	kg	Máximo de 10 kg	Análise dos esforços físicos (departamento biomecânico – Ed. Física)	Exigir uma carga de esforços do cliente maior que o especificado	Busca-se com este valor aumentar o conforto durante a realização do trabalho com a máquina
Quantidade de componentes substituíveis	N.º	N.º ≤ 20 componentes	Verificação no projeto conceitual	Sistema apresentar mais que 20 componentes	Número estipulado com base em comparações com máquinas concorrentes
Custo de Projeto	R\$	Maximo 20.000,00	Estimativa de custo através de ferramentas específicas	Custo maior que o estimado ou perda da qualidade	Inviabilidade do projeto
Custo de fabricação	R\$	≤ 8.000,00	Custo de fabricação do protótipo	Custo de fabricação exceder 1/2 do custo de aquisição	Valor de referência; para otimizar o projeto reduzindo ao máximo os custos de fabricação
Custo de montagem	R\$	Máximo 1% do custo de fabricação do produto	Verificação do tempo de montagem	Custo de montagem exceder o valor especificado	Valor foi estimado com base em projetos de produtos concorrentes
Custo de material de fabricação	R\$	50 % do custo de fabricação do produto	Custo de matéria prima e de componentes comprados	Custo de material exceder o valor especificado	Desenvolver um bom planejamento e otimização do projeto reduzindo ao máximo os custos com materiais

Continua...

...continuação Quadro 4.6

Requisitos	Unid.	Objetivos	Sensor	Saídas indesejáveis	Comentários
Energia renovável	%	$\geq 50$ %	Escolha do combustível	Não atingir a meta mínima de 50%	Entende-se por energia renovável: energia solar, energia elétrica, biogás e álcool
Número de componentes do sistema	N.º	Minimizar	Verificação no projeto conceitual	Número elevado de componentes	Prejudica a fabricação. Necessita de muitas ferramentas e gabaritos. Encarece a fabricação e o custo do produto
Número de componentes recicláveis	N.º	100%	Verificação do projeto preliminar dos componentes	Utilizar algum componente que não possa ser reciclado	Optar por componentes elaborados a partir de materiais recicláveis é um aspecto importante atualmente no projeto de produtos
Número de cantos vivos e arestas cortantes expostas	N.º	Nenhum canto vivo ou aresta cortante expostos	Verificação no projeto preliminar	A máquina apresentar componentes com cantos vivos ou aresta cortantes expostos	Cantos vivos e arestas cortantes podem causar acidentes de trabalho durante utilização da máquina
Número de processos convencionais de fabricação	N.º	Máximo 3: Usinagem Soldagem Conformação mecânica	Verificação no projeto preliminar	Necessitar de outros processos de fabricação que venham a onerar a produção	Estes processos de fabricação são comuns e fáceis de serem realizados por empresas de pequeno e médio porte
Nº. Componentes móveis expostos	N.º	Não ter partes móveis expostas	Verificação no projeto preliminar	Grande quantidade de partes móveis expostas oferecendo riscos ao operador	Objetiva-se obter segurança na montagem operação e manutenção do sistema
Projeto Multi-funcional	N.º	Varia aplicações	Verificação no projeto preliminar	Não ser multifuncional	O Módulo se destina a desempenhar varias atividades diferentes

A lista de especificações de projeto adequadamente classificadas, fornece os critérios de avaliação, através das especificações desejáveis, para a seleção das alternativas de projeto nas etapas seguintes. As soluções alternativas que cumprem a totalidade das especificações obrigatórias serão decididas dentre aquelas que possuam a maioria das especificações desejáveis.

O Quadro 4.8 a seguir, apresenta a lista de especificações ordenada segundo a pontuação proveniente da classificação com auxílio da Casa da Qualidade desenvolvida no Apêndice E.

Quadro 4.8: Lista das especificações do projeto do módulo de potência ordenada.

Requisito de Projeto	Unidade	Pontuação	Ordem
Custo de manutenção	R\$	1210	1º
Custo de fabricação	R\$	1108	2º
Projeto multifuncional	Função	1098	3º
Custo de operação	R\$	1097	4º
Número de peças	Unid.	1062	5º
Custo de aquisição	R\$	1060	6º
Vida útil do equipamento	10 anos	980	7º
Potência na barra de tração	Cv	912	8º
N.º componentes do sistema	Unid.	874	9º
Resistência dos materiais	Mpa	849	10º
Custo de projeto	R\$	836	11º
Número de operações Realizáveis	Qtde	773	12º
Adaptação de motores diversos	%	756	13º
Tempo de montagem	horas	748	14º
Custo de montagem	R\$	724	15º
Ergonomia	%	698	16º
Exigência de esforço físico do operador	kgf	680	17º
Número de módulos	Unid.	658	18º
Quantidade peças padronizadas	%	658	19º
Tempo de manutenção	horas	658	20º
Quantidade componentes substituíveis	Unid.	638	21º
Potência consumida	W	634	22º
Tempo para por em operação	horas	590	23º
Massa total	kg	581	24º
N.º componentes recicláveis	Unid.	558	25º
Largura	mm	557	26º
Altura	mm	544	27º
Comprimento	mm	534	28º
Custo materiais fabricação	R\$	494	29º
N.º comp. Disponíveis no mercado	Unid.	358	30º
N.º processos convencionais de fabricação	%	358	31º
Ângulo de Giro	º	354	32º
Energia renovável	%	293	33º
Nível de ruído	dB	192	34º
N.º cantos e arestas expostas	%	153	35º

De posse das especificações de projeto, são definidos: os fatores de influência no plano de manufatura da máquina agrícola; as informações sobre segurança no ciclo de vida da máquina agrícola; as metas de dependabilidade; e, o custo meta da máquina.

#### **4.7 CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO**

Agora, encerrada a fase que estabelece as metas do produto (em relação ao que o cliente espera), verifica-se com base nos requisitos dos clientes e nos requisitos de projeto, maior atenção aos custos (manutenção, fabricação e operação).

Com relação aos requisitos dos clientes, aqueles que justificam a abordagem de projeto novo com mudança de conceito são:

Três dos quatro primeiros requisitos são referentes a custos, sendo que o primeiro, custo de manutenção está diretamente associado com a lucratividade do setor, porque baixo custo de manutenção representa, na visão do cliente, maior sobra de ativos.

Já, do ponto de vista de projeto, baixo custo de manutenção é uma garantia de que a manutenção seja efetivamente realizada, aumentando a disponibilidade da máquina, contribuindo para aumento da vida útil do equipamento, que é o requisito que ocupa a sétima posição na avaliação.

De forma semelhante, o primeiro requisito está diretamente associado ao quinto requisito, pois quanto maior for o número de peças e componentes, maior é a probabilidade de ocorrência de falhas. Assim, o requisito: “número de peças” (5ª posição), está atrelado não somente ao requisito primeiro, mas também a outros como: custo de aquisição; vida útil; número de componentes do sistema; resistência e tempo de montagem.

O segundo requisito é o custo de fabricação, onde o cliente aponta como fator de importância para oferta do preço final do produto e influência da manutenção da máquina. Antes da aprovação das especificações de projeto, as mesmas são avaliadas quanto ao atendimento ao escopo do projeto.

Desta maneira, no capítulo seguinte, é apresentada a formulação do conceito, bem como sua avaliação e análises pertinentes. O conceito gerado é orientado pela lista de especificações que, neste capítulo foi apresentada de forma detalhada. Ao final do capítulo 5, é apresentado o conceito desenvolvido para o Módulo de Potência.

### PROJETO CONCEITUAL

---

A fase de projeto conceitual tem como principal objetivo desenvolver as formas estruturais das funções que o módulo de potência deverá executar em seu ciclo produtivo de utilização. Assim, o projeto conceitual é tido como a fase mais importante do projeto de um produto, pois as decisões nela tomadas exercem influência sobre os resultados das fases subseqüentes.

A Figura 5.1 apresenta as etapas da fase de projeto conceitual adotada para o desenvolvimento do projeto.



Figura 5.1 Metodologia da fase de projeto conceitual adotada.

Com a organização da metodologia e adaptação para as necessidades particulares do desenvolvimento conceitual do módulo de potência, foi possível elaborar um método sistemático para o desenvolvimento desse produto.

## 5.1 DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA FUNCIONAL DO PRODUTO

Antes de se iniciar a busca por soluções para o problema de projeto, é conveniente definir qual a função ou funções que o produto deve desempenhar. Back (1983) define uma função como sendo uma relação entre causa e efeito das grandezas de entrada e saída.

Para a definição da estrutura funcional do produto foi utilizado o método da função síntese, ilustrado em diversos trabalhos encontrados na literatura sobre projeto de produto, como nas obras de Pahl e Beitz (2005) e Back et al (2008).

A função global do módulo de potência foi definida como “Dar Sustentação”. Esta expressão é a representação simplificada do problema de projeto. As grandezas de entrada e saída, e as interfaces do sistema são apresentadas na Figura 5.2.



Figura 5.2: Função global do sistema

Segundo Romano (2003),

[...] sob o conceito de função síntese devem ser compreendidas as ações necessárias para formular, a partir de um problema verbalmente exposto, uma função geral de um sistema técnico, bem como as ações que serão necessárias para substituir a função geral formulada por estruturas de funções parciais ou elementares.

Desta maneira, com a definição da função global, foi possível substituir a mesma por estruturas de funções parciais para desenvolver princípios de soluções que viessem a cumprir tais funções. Assim, a Figura 5.3 mostra as cadeias de funções que atuam nos fluxos de material, energia e sinal, compondo o sistema estrutural/funcional do módulo de potência.

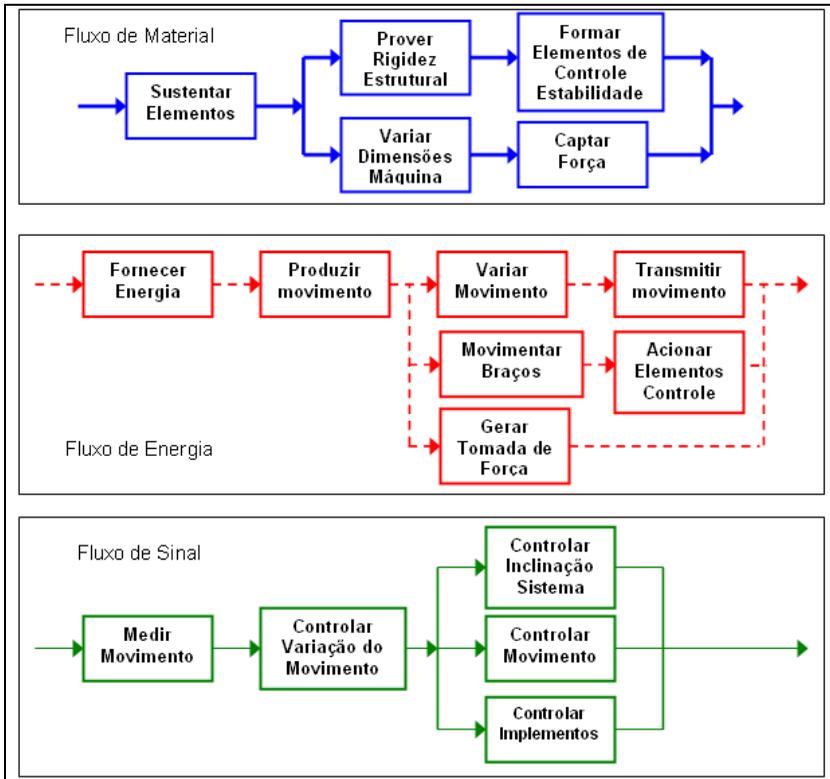


Figura 5.3: Obtenção das cadeias de funções

## 5.2 Selecionar estrutura de funções

O projeto apresenta 5 módulos principais também denominados como módulos realizáveis e, em razão deles foi possível desenvolver 4 estruturas de funções que estão apresentadas nas Figuras 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7 a seguir.

A estrutura em módulos realizáveis, segundo Dufour (1996), “busca selecionar e agrupar os módulos principais em módulos realizáveis, considerando sempre a facilidade de fabricação e a necessidade de compatibilizar os módulos entre si”. Essa associação de princípios deve ser orientada pela estrutura das funções parciais e suas ligações.

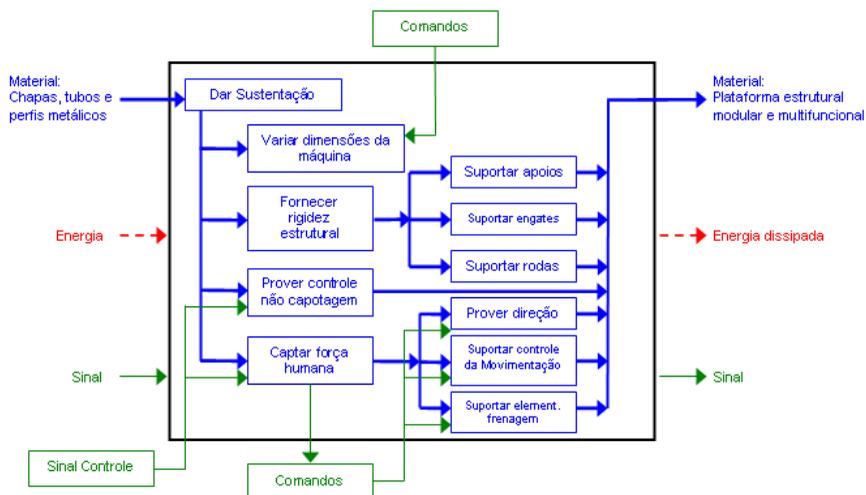


Figura 5.4: Estrutura de Funções 01.

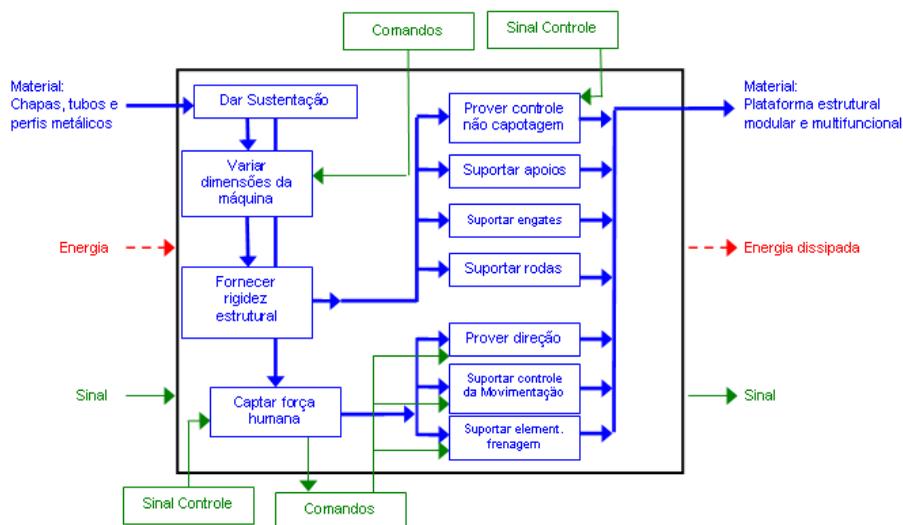


Figura 5.5: Estrutura de Funções 02.

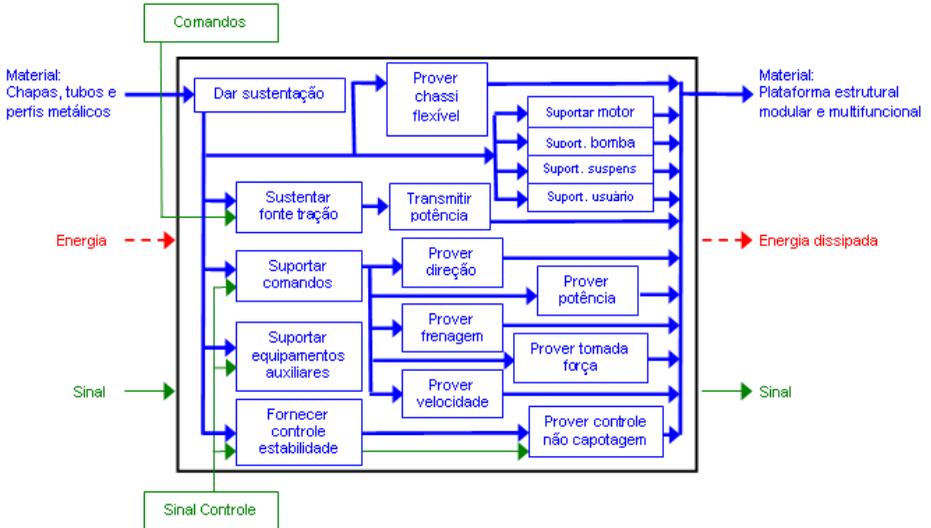


Figura 5.6: Estrutura de Funções 03.

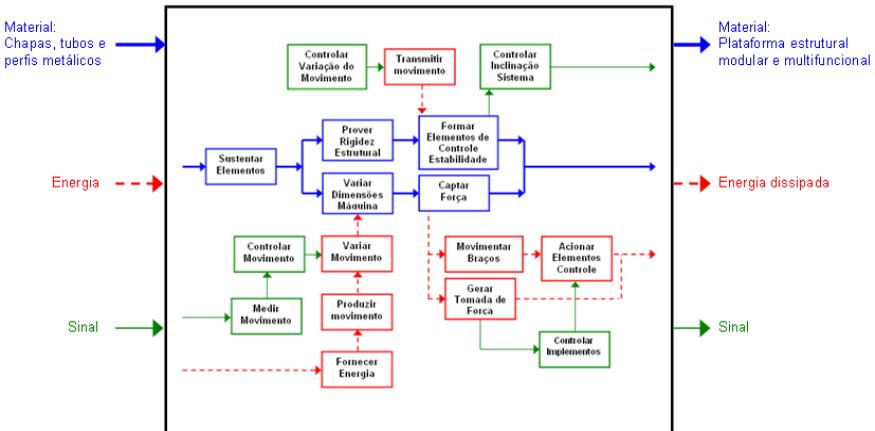


Figura 5.7: Estrutura de Funções 04.

Assumindo-se como parâmetro os 15 primeiros itens da lista de especificações do projeto, os itens que apresentaram maior pontuação (apresentado na Tabela 5.1). Procurou-se identificar aquelas funções básicas que fossem comuns a diversas concepções como propostas para atender a função global do módulo de potência.

Tabela 5.1: Lista das Especificações de maior pontuação.

Requisito de Projeto		Pontuação	Ordem
Custo de manutenção	R\$	1210	1º
Custo de fabricação	R\$	1108	2º
Projeto multifuncional	Função	1098	3º
Custo de operação	R\$	1097	4º
Número de peças	Unid.	1062	5º
Custo de aquisição	R\$	1060	6º
Vida útil do equipamento	10 anos	980	7º
Força tração	Cv	912	8º
N.º componentes do sistema	Unid.	874	9º
Resistência dos materiais	Mpa	849	10º
Custo de projeto	R\$	836	11º
Número de operações Realizáveis	Qtde	773	12º
Adaptação de motores diversos	%	756	13º
Tempo de montagem	horas	748	14º
Custo de montagem	R\$	724	15º

Por meio da Tabela 5.1 é possível verificar a grande influência dos custos como principal elemento influenciador nas tomadas de decisões referentes a elaboração de propostas dos sistemas de funções parciais com base nas necessidades dos clientes.

A partir dessa compreensão, foi possível desenvolver uma análise de viabilização para novos conceitos da função global “dar sustentação” e seus módulos funcionais buscando-se primeiramente o atendimento aos requisitos de maior importância, apresentados anteriormente e também a inovação e a quebra do paradigma de estrutura rígida convencional dos tratores.

O critério de avaliação qualitativa das estruturas de funções deu-se com a utilização da Matriz de Pugh, apresentada na Tabela 5.3 e a confecção da mesma aconteceram utilizando-se o critério de escala recomendado por Ullman (1992) sendo apresentado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Tabela das escalas recomendadas por Ullman (1992)

Avaliações qualitativas	Valores correspondentes
Critério atendido muito melhor que a referência	+3
Critério atendido melhor que a referência	+1
Critério atendido tão bem quanto a referência	0
Critério não atendido tão bem quanto a referência	-1
Critério é atendido muito pior que a referência	-3

Para a seleção da estrutura de funções mais adequada aos requisitos pertinentes ao desenvolvimento do módulo de potência, nem todos os referidos requisitos dos clientes puderam ser utilizados como critérios de avaliação devido as informações relacionadas aos requisitos ainda não estarem totalmente disponíveis nesta etapa do projeto e também por alguns requisitos serem somente metas a serem alcançadas, não sendo assim consideradas como critérios de avaliação.

Tabela 5.3: Matriz de Pugh (1991) simplificada do quadro 4.4.

Requisitos de Cliente	Pesos	Estruturas de Funções			
		EF1	EF2	EF3	EF4
Ser um projeto multifuncional	8	0	0	R	0
Ser uma máquina de quatro rodas	8	0	0		0
Ter tração nas 4 rodas	8	-1	+1		0
Ser capaz de acompanhar as ondulações do terreno	9	-1	-1	E	+1
Ter boa estabilidade e baixo centro de gravidade (uso em terrenos com declividade máxima de 40%)	8	+1	+1	F	+1
Ter proteção para o operador	7	0	0	E	0
Ter vida útil de 10.000 horas ou 10 anos com possibilidade de atualização	6	0	0	R	0
Ser robusto/durável	9	+1	0	Ê	0
Ter a capacidade de adotar o padrão de acoplamento de equipamentos existentes	7	0	0	N	0
Ter baixo custo de fabricação	8	0	0	C	0
Ter conexões fixas padronizadas	2	0	0	I	0
Ser fácil de trocar partes	6	+3	+1	A	+1
Utilizar materiais e componentes padronizados e de fabricação em massa	7	-1	-1		0
Ter capacidade de recolhimento de eixos, peças e braços	7	0	0		0
Ter estrutura que facilite o transporte	8	0	+1		0
Ter facilidade para Setup	7	+1	+3		+1
Ter facilidade de utilização de implementos	7	-1	-1		0
Ser ergonômico	7	-1	-1		-1
Ter baixo nível de vibração	6	-1	-1		-1
Ter baixo nível de ruído	8	-1	-1		0

Continua...

...continuação Tabela 5.3					
Requisitos de Cliente	Pesos	Estruturas de Funções			
		EF1	EF2	EF3	EF4
Ter sistema de direção simples e seguro com dimensões e força de acionamento ergonômico	7	+3	+3	R E F E R Ê N C I A	+3
Ter comandos leves de fácil acesso e movimentos curtos	6	-1	-1		-3
Ter a possibilidade de adaptação de motor existente na propriedade	7	0	0		0
Tracionar, transportar e fornecer potência mecânica às máquinas e equipamentos agrícolas	9	-1	-3		0
Ter número reduzido de sistemas dinâmicos	8	+1	+1		+1
Ter baixo consumo energético	10	+1	+1		+1
Facilidade de manutenção	8	-1	-1		-1
Ter taxa de falhas mínima	8	0	0		0
Ter baixa manutenção	8	-1	0		+1
Ter peças de reposição	9	0	0		0
Utilizar material que permite recondiçãoamento	7	0	0	0	
Total +		11	12	0	10
Total -		-13	-13	0	-4
Saldo		0	+1	0	+6
Saldo ponderado		-2	-3	0	+39
<b>Classificação Final</b>		3°	4°	2°	1°

O diagrama representado pela Estrutura de Funções 4 apresentado na Figura 5.7, traz uma estrutura com uma prévia integração de funções, possibilitando uma melhor interação das funções e conseqüentemente, permite um agrupamento das mesmas em módulos funcionais.

Ao se definir a função global do sistema foi verificada uma dificuldade em se visualizar alguma solução que transformasse de forma direta as grandezas de entrada nas grandezas de saída. Diante desta constatação optou-se por realizar um desdobramento da função global do sistema em funções parciais.

Por se tratar de um problema novo, um projeto caracterizado pela inovação, efetuar este desdobramento não é tarefa trivial. Para produtos já existentes, basta seguir o fluxo de material energia e sinal e montar

um fluxograma que liga as entradas às saídas. A Figura 5.8 apresenta a estrutura de funções selecionada.

Essa estrutura de funções vai ser utilizada como referência para o projeto e como pode ser visto, a estrutura da Figura 5.8 está composta por 3 grupos de sub-funções:

1 – Fluxo de Material, composto pelas funções: Sustentar elementos, Prover Rigidez Estrutural, Variar Dimensões da Máquina Formar Elementos de Controle da Estabilidade e Captar Força.

2 – Fluxo de Energia, composto pelas funções: Fornecer Energia Produzir Movimento, Variar Movimento, Movimentar Braços, Gerar Tomada de Força, Transmitir Movimento e Acionar Elementos de Controle.

3 – Fluxo de Sinal, composto pelas funções: Medir Movimento, Controlar a Variação do Movimento, Controlar Inclinação do Sistema, Controlar Movimentos e Controlar Implementos.

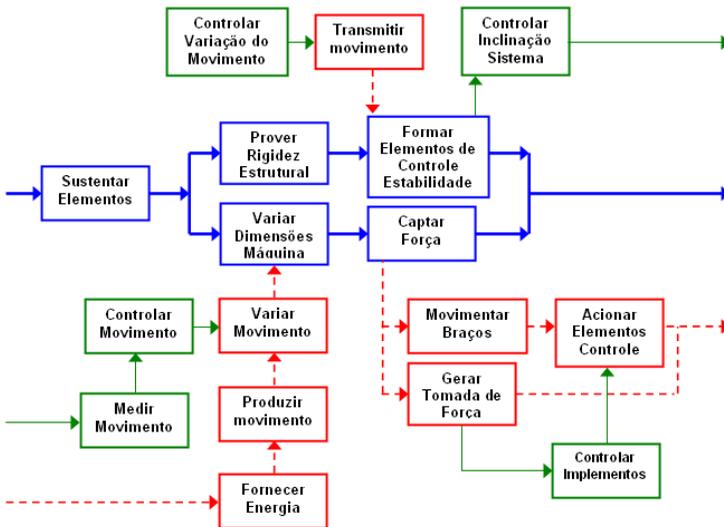


Figura 5.8: Estrutura de Funções selecionada.

Assim, inicia-se a pesquisa de princípios de solução, onde, para cada sub-função é necessário encontrar princípios de solução, que interligados resultam em uma combinação de princípios que asseguram a realização da estrutura de funções, sendo agora representadas na matriz morfológica (Apêndice F-A).

### 5.3 Criação dos princípios de solução para as funções

Nesta dissertação optou-se pela utilização do método sistemático da Matriz Morfológica, que pode ser visualizado na íntegra no Apêndice F-A por ser amplamente utilizado e pelos bons resultados alcançados em muitos trabalhos. A matriz morfológica consiste na pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos visando à geração de diferentes soluções para o problema/funções a serem atendidas.

As concepções geradas a partir da utilização da matriz morfológica são ilustradas no Apêndice F-B e a representação figurativa e descritiva (textualmente) encontra-se a seguir.

Sendo o objetivo desenvolver conceitualmente o protótipo da máquina, a definição dimensional e a comprovação de melhor princípio para atender as últimas funções ocorrerá apenas na fase de projeto preliminar.

Para maior completeza das propostas apresentadas a seguir, convém salientar que algumas informações e recomendações valem para todas as propostas. Assim, por ser definido como sendo o elemento principal e comum a todas as propostas, o módulo “ESTRUTURA”. Para que uma máquina, um automóvel ou um objeto funcionem bem, as estruturas devem resistir às ações que atuam sobre eles ao longo de sua vida útil. Estas ações, que solicitam a estrutura e podem levá-la à ruína, são basicamente de três tipos:

- Forças: a massa da estrutura e elementos suportados por ela;
- Variações de temperatura: essas variações, mudando a forma da estrutura, podem provocar esforços em seu interior;
- Deslocamentos de apoio (Torções e flexões).

Ao fazer-se o projeto de uma estrutura é preciso, portanto, estimar quais são as ações que poderão solicitá-la ao longo de sua vida útil, e projetá-la para suportar adequadamente estas ações.

A estrutura deve possuir uma rigidez suficiente para aumentar sua resistência à rolagem do chassi, também se tem a preocupação de evitar o aumento do ângulo de deriva, ou de escorregamento do pneu (por efeito de maior peso). Embora ela seja a responsável por suportar as torções e cargas que uma máquina sofre durante toda a sua vida, ela também deve ser flexível o bastante para quando ocorrer uma torção excessiva, não se danifique.

O conjunto moto-propulsor é fixado ao chassi com o auxílio do subchassi. Formando os elementos estruturais principais, o chassi e o

subchassi fixados firmemente formam uma unidade completa com superior resistência torcional e flexional, que pode ser considerada a espinha dorsal do módulo de potência.

Por tratar-se de uma máquina agrícola que também será utilizada em terrenos declivosos, considerou-se a segurança contra capotagem e a garantia da tração nas rodas. Assim, a estabilidade longitudinal e transversal, está relacionada com a capacidade de uma máquina subir, descer rampas e trafegar lateralmente em curva de nível sem comprometer sua dirigibilidade e a segurança do operador.

Quanto maior for a velocidade de deslocamento, mais intensamente se manifesta a ação dos processos dinâmicos, que podem provocar o tombamento lateral de uma máquina. Assim, para efeito de comparação das alternativas propostas, foi estabelecida uma relação entre a ação da gravidade sobre a massa da máquina (A) e a aceleração lateral que devido ao grau de inclinação do terreno (B) causa o tombamento da máquina. Na figura 5.9, está apresentado o elemento de comparação entre as estruturas propostas sendo que não há evidencia científica para tal afirmação, dado que essa relação foi baseada na literatura que narra as condições de acidentes com máquinas agrícolas com tombamento.

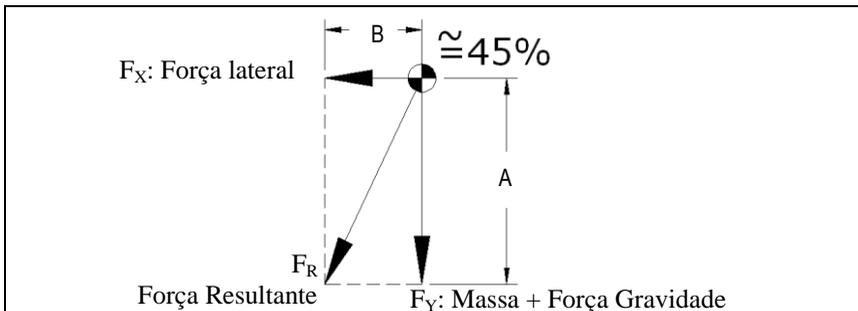


Figura 5.9: Considerações das forças para análise

A Figura 5.10 apresenta um modelo geral que servirá de referência para a descrição dos conceitos desenvolvidos nesta dissertação visando desenvolver máquinas seguras, estáveis, de baixo custo de fabricação e manutenção, ergonômicas, entre outros atributos, como foi recomendado nas especificações para os requisitos de projeto da Tabela 5.1.

Deseja-se que as máquinas operem satisfatoriamente em terrenos acidentados sem comprometer a dirigibilidade e segurança do operador.

Entretanto, esse fato não minimiza os efeitos causados à postura do operador no posto de trabalho, proporcionando desconforto e podendo levar à ocorrência de problemas na coluna do operador em decorrência da movimentação das máquinas sobre superfícies irregulares. Denota-se aqui a preocupação com o bem estar e a saúde do operador no projeto da máquina.

Para evitar a fadiga, o operador deve ser capaz de se sentar com conforto, adotando uma postura correta, principalmente com relação ao uso de músculos e juntas. Devem ser evitadas torções, abaixamentos e outros movimentos desconfortáveis. Desta maneira, o projeto conta com a utilização do desenho antropométrico para analisar a postura do operador, simulando a postura durante a operação da máquina. A Figura 5.10 apresenta o campo de visão previsto para o operador nas condições propostas na criação das alternativas.

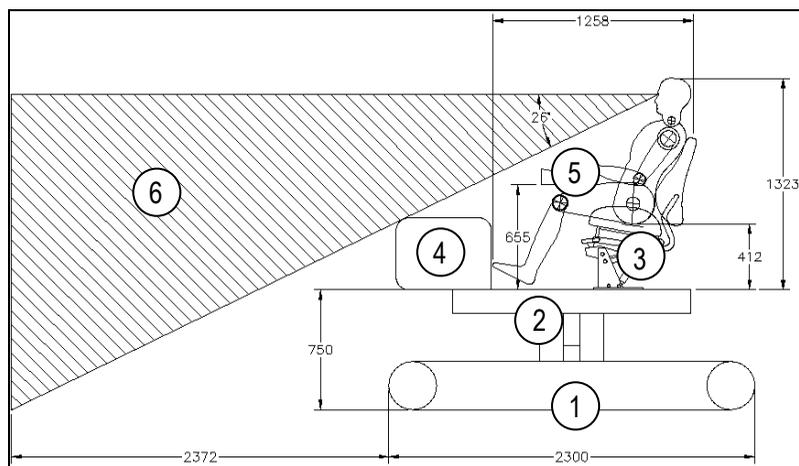


Figura 5.10: Campo de visão previsto

Da Figura 5.10, pode-se apontar em 1 o módulo de deslocamento ou tração. Já em 2, tem-se o módulo da sustentação, sendo o mesmo o objeto principal deste trabalho e o responsável pela estabilidade da máquina. Esse módulo é responsável por integrar todos os demais módulos: posto de trabalho (3), tração (1) e fonte de potência (4). Em 3 temos o posto de trabalho, desenvolvido com a utilização dos princípios antropométricos. O item marcado pelo número 4 representa a fonte de potência (energia para movimento). O item 5 é responsável por disponibilizar ao operador um fácil acesso aos controles dos comando

da máquina. Por fim, está representado pela número 6 o campo de visão esperado para a máquina em desenvolvimento.

Não somente o campo de visão deve ser analisado, mas todo o posto de trabalho deve passar por uma verificação quanto a adequado condição para o trabalho.

O dimensionamento correto do posto de trabalho é uma etapa fundamental para o bom desempenho da pessoa que ocupará esse posto. Essa pessoa vai passar várias horas ao dia, durante vários anos, nesse local. Qualquer erro cometido nesse dimensionamento pode submeter o operador a sofrimento por longos anos (IIDA, 1995).

Em cada um dos conceito a seguir se apresentará esta estrutura, incluindo em cada caso os detalhes que particularizam a especificidade do conceito. Assim, com a definição destes parâmetros, foi possível desenvolver 8 (oito) propostas de concepções para atenderem aos requisitos dos clientes e necessidades legais, sendo apresentadas a seguir.

#### **5.4 COMBINAÇÕES DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO**

A seguir estão apresentadas 8 (oito) concepções alternativas concebidas a partir da elaboração das combinações possíveis observadas a partir da matriz morfológica. Essas concepções descritas a seguir apenas enfatizam as particularidades de cada proposta com base na matriz morfologia apresentada no Apêndice F.

As concepções apresentadas são formadas por dois módulos estruturais, cada qual realizando uma função parcial. O módulo (2) denominado como estrutura proposta, e é responsável pela sustentação do operador, dos controles e elementos da autoproteção e garantir a estabilidade para realização das atividades por meio do módulo (1), que compreende um sistema variável de suspensão, fazendo com que se possa operar a máquina satisfatoriamente em terrenos acidentados sem comprometer a dirigibilidade e segurança do operador.

As estruturas são tubulares em aço, onde a rigidez estrutural é conseguida por meio de treliça de amarração. A barra em tubo oferece maior rigidez porque possui o raio de giração igual em todas as direções, além de ser um sistema mais econômico que o sistema convencional

(perfis abertos U, I e H), é um perfil considerado ótimo porque possui as mesmas propriedades geométricas em qualquer direção.

Assim, a Figura 5.11 apresenta a primeira concepção proposta.

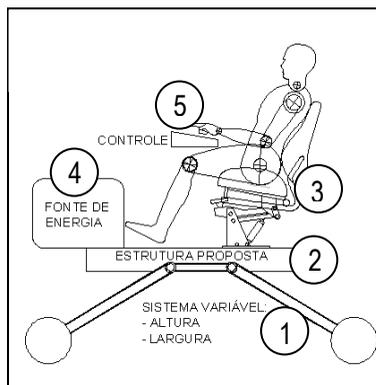


Figura 5.11 – Princípio de Solução 1.

Assim, a concepção 1 apresenta as seguintes particularidades:

O elemento de controle de estabilidade (1), possui braços estruturais (pseudo-suspensão) móveis, como apresentado na Figura 5.12, sendo também apresentada a variação da altura da máquina, proporcionando melhores condições de equilíbrio, permitindo uma utilização mais segura.

A Figura 5.12 apresenta a resultante das forças aplicadas ao conceito.

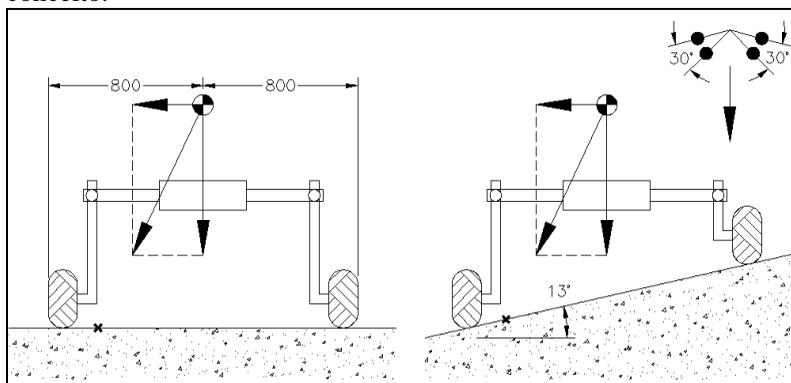


Figura 5.12 – Sistema Variável.

A fonte de potência (4) nessa proposta é um moto-gerador Gasolina/Eletricidade. Desta maneira tem-se como elementos de transmissão, cabos por onde a eletricidade é transmitida a motores elétricos (de passo e/ou servomotores).

Para atender as funções de Medir os Movimentos, Variar o Movimentos e Controle dos Movimentos (5), para essa proposta, tem-se: Potenciômetro, Inversor de Freqüência e Joystick. Também é apontado um controle eletrônico de movimento.

A tomada de força nessa proposta é conseguida através de um motor elétrico e o acionamento dos elementos dos implementos agrícolas se dará por meio de correntes a partir do motor elétrico. Desta maneira, a proposta finaliza com a opção de pneus convencionais para dar mobilidade à máquina.

A seguir, encontra-se apresentada a segunda proposta de concepção para o módulo de potência (Figura 5.13).

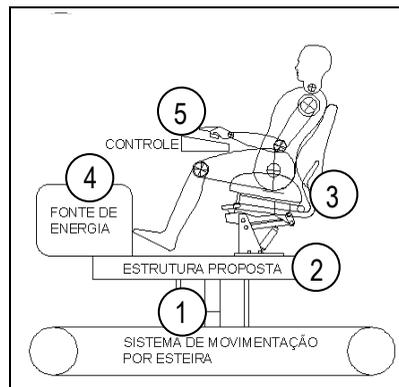


Figura 5.13 – Princípio de Solução 2.

A concepção 2 apresentada na Figura 5.13, segue uma proposta similar a concepção 1 com algumas particularidades:

Como elemento de controle de estabilidade (1), possui guias laterais e barras roscadas (eixo sem fim) que acionados por meio de correntes, aproveitando a transmissão mecânica de movimento do motor (4), compõem o sistema anti-tombamento conforme representado na Figura 5.14. A utilização deste sistema proporciona melhores condições de equilíbrio, permitindo uma utilização mais segura.

A Figura 5.14 apresenta a resultante das forças aplicadas ao conceito para o controle da estabilidade.

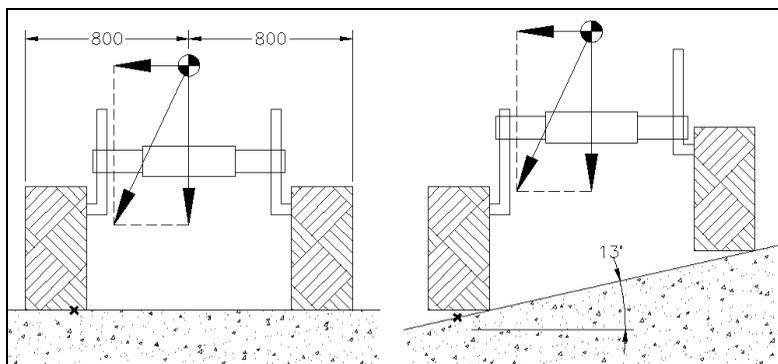


Figura 5.14 – Controle estabilidade

A fonte de potência (4) nessa proposta é um motor a gasolina podendo ser utilizado um motor a biodiesel. Desta maneira tem-se como elementos de transmissão, eixos, engrenagens, polias, correias, correntes e rodas dentadas, compondo uma proposta mais em conta no ponto de vista financeiro por tratar de elementos convencionais utilizados em grande escala comercial.

Para atender as funções de Medir os Movimentos, Variar o Movimentos e Controle dos Movimentos, para a proposta 2, tem-se: Comandos Mecânicos (cabos de aço), Transmissão variável (CVT) e Volante e Pedais. Os acionamentos serão por comandos mecânicos.

A tomada de força nessa proposta é conseguida de um eixo paralelo à transmissão de movimento, similar ao utilizado atualmente nos tratores convencionais e o acionamento dos elementos dos equipamentos agrícolas se dá por meio de correntes e/ou polias com correias. Desta maneira, a proposta finaliza com a opção de esteiras metálicas para dar mobilidade à máquina.

A Figura 5.15 apresenta a terceira proposta de concepção para o módulo de potência.

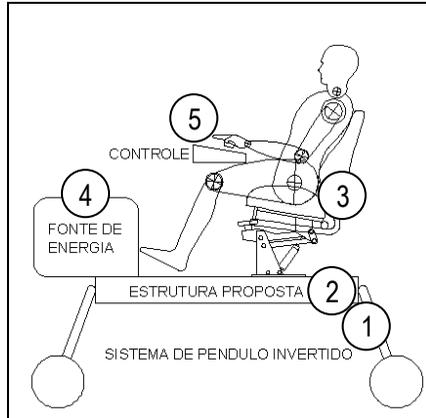


Figura 5.15 – Princípio de Solução 3

Esta proposta oferece uma estrutura de inclinação principal (2) e um módulo de separação inferior (1) que permanece na posição vertical em relação ao solo, conforme Figura 5.15. O sistema hidráulico é encaixado entre estas duas estruturas fornecendo o acionamento necessário para rodar a estrutura basculante relativa à base inferior estacionária, conforme representado na Figura 5.16.

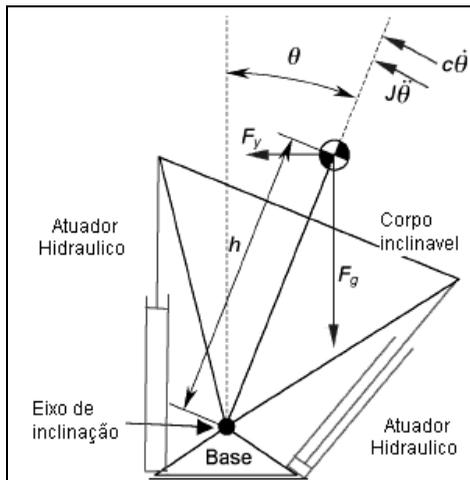


Figura 5.16 – Exemplo de pêndulo invertido (FONTE: autor)

Assumindo que a inclinação do eixo está no terreno, o sistema pode ser considerado como um sistema de controle de posição para um pêndulo invertido, com o comprimento do pêndulo sendo a distância entre a inclinação do eixo e do centro de massa.

Esta proposta conta com a idéia de controle de estabilidade por meio do deslocamento de massa, conforme apresentado na Figura 5.17.

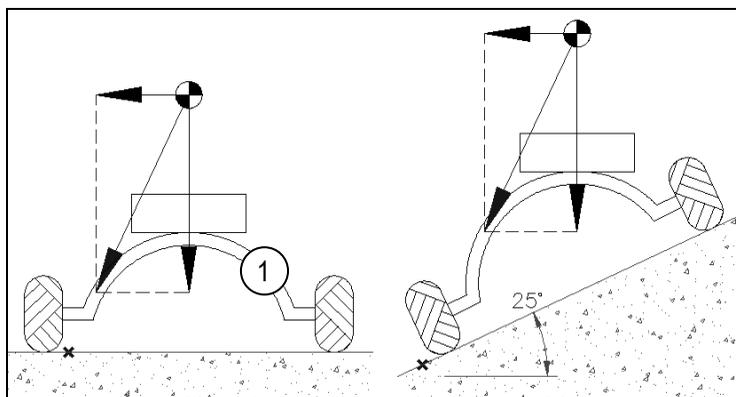


Figura 5.17 – Deslocamento de massa para pêndulo invertido

Assim, a proposta 3 tem como particularidade:

O elemento de controle de estabilidade (1), que possui braços estruturais (pseudo-suspensão) rígidos, sendo que a estabilidade da máquina é conseguida por meio dos deslocamentos de massa, exatamente como apresentado na Figura 5.17, deslocando o centro de massa, proporciona a condições de equilíbrio, permitindo uma utilização segura.

A fonte de potência nessa proposta é um motor Gasolina/biodiesel acionando uma unidade hidráulica. Desta maneira, os acionamentos da máquina deverão ser todos por elementos hidráulicos, sendo a transmissão de movimento por mangueiras ligadas a motores orbitais hidráulicos. Com a utilização da hidráulica, pode-se eliminar todos os elementos mecânicos de transmissão de movimentos que, em operação no campo, são de difícil substituição (Caixa de velocidades, engrenagens e eixos), assim, os elementos de transmissão hidráulicos, por serem mangueiras, possibilitam uma rápida substituição sendo realizada pelo próprio operador.

Para atender as funções de Medir os Movimentos, Variar o Movimentos e Controle dos Movimentos, para a proposta 3, tem-se: Sinal Elétrico, Válvula Hidráulica e Volante Orbital Hidráulico.

Também deve ser apontado o uso de cilindros hidráulicos no controle de movimento.

A tomada de força nessa proposta é conseguida de um motor orbital hidráulico ligado a mesma válvula de movimentação das rodas, para correlacionar as velocidades de movimentação da máquina com a utilização dos equipamentos agrícolas e o acionamento dos elementos dos implementos agrícolas se dará por meio de correntes e rodas dentadas a partir do motor orbital hidráulico (TDP). Desta maneira, a proposta finaliza com a opção de pneus convencionais para dar mobilidade à máquina.

A Figura 5.18 apresenta o esboço da quarta proposta de concepção para o módulo de potência.

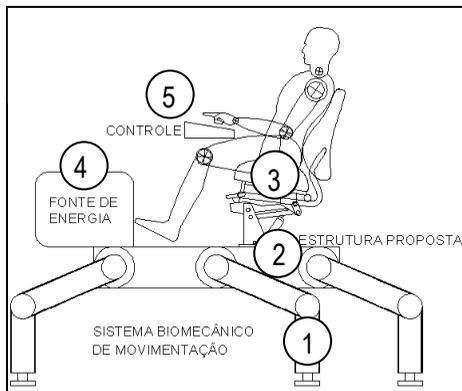


Figura 5.18 – Princípio de Solução 4.

Esta proposta conta com o conceito da Biomimética<sup>3</sup> para locomoção (1) e está apresentada de forma simplificada na Figura 5.19.

Esta concepção é formada por um módulo estrutural (2). A partir deste módulo responsável pela sustentação do operador (3), dos controles (5) e elementos da autopropulsão (4), são obtidos membros móveis de locomoção e controle de estabilidade da máquina. Este conceito apesar de ser muito novo e ousado, já pode ser observado em alguns protótipos de máquinas para a extração de madeira Figura 5.20 da página 92. O maior diferencial desta proposta para as demais é que o mesmo não necessita de estradas para trafegar e conseqüentemente, o

<sup>3</sup> Biomimética: estudo das estruturas biológicas e das suas funções, procurando aprender com a Natureza (e não sobre ela) e utilizar esse conhecimento em diferentes domínios da ciência

impacto ambiental torna-se menor. Por outro lado, esta proposta terá implicações em custo elevado de projeto, fabricação e manutenção. Também percebe-se a necessidade de um rigoroso sistema central de controle para movimento coordenado das “sapatas” para deslocamento.

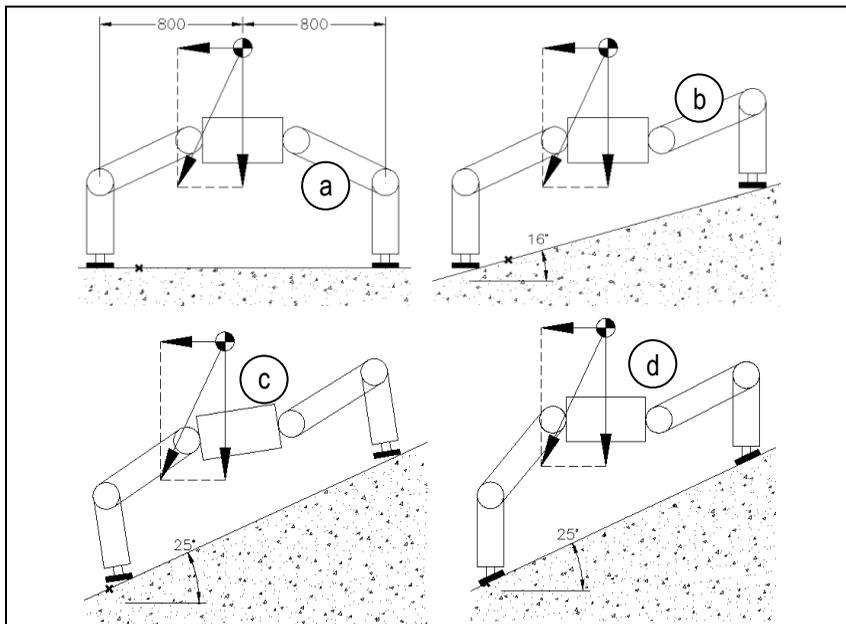


Figura 5.19 – Exemplo de funcionamento da estrutura de movimento.

O funcionamento do sistema apresentado no conceito 4 pode ser melhor compreendida por meio da observação da Figura 5.19. A máquina em sua posição normal de trabalho está apresentada pelo esboço (a). Assim, quando a máquina percebe a inclinação por meio de um sensor de posição, a configuração da máquina realiza um ajuste de posicionamento, permitindo que a estrutura receba uma nova configuração conforme apresentado em (b). Todo ajuste de posição ocorre quando a estrutura principal identifica mudança da inclinação (c). A mudança da inclinação medida pelo sensor é corrigida pela variação da posição das “sapatas”, fazendo com que a estrutura passe e assumir uma posição paralela com a horizontal (d).



Figura 5.20 – Trator da Plustech (FONTE: <http://www.plustech.fi>, acessado em 04/03/09)

A proposta 4 tem a seguinte particularidade:

A fonte de potência nessa proposta é um motor Gasolina/bio-diesel acionando uma unidade hidráulica. E, para atender as funções de Medir os Movimentos, Variar o Movimentos e Controle dos Movimentos, esta proposta tem: Sinal Elétrico e Válvulas Eletrohidráulicas. Também deve ser apontado o uso de cilindros e atuadores hidráulicos no controle de movimento.

A tomada de força nessa proposta é conseguida através de um motor orbital hidráulico ligado em série, no mesmo circuito hidráulico dos demais cilindros de deslocamento. Para que os implementos tracionados pela máquina possam apresentar melhor desempenho, ou seja, para que os implementos acompanhem o movimento de deslocamento da máquina me velocidade de plantio, por exemplo, a sua movimentação deverá estar sincronizada com o andar da máquina, por meio do acionamento das válvula de movimentação e assim sincronizar a utilização dos implementos agrícolas que poderá ser por meio de correntes a partir do motor orbital hidráulico.

A Figura 5.21 a seguir, apresenta a quinta proposta de concepção para o módulo de potência.

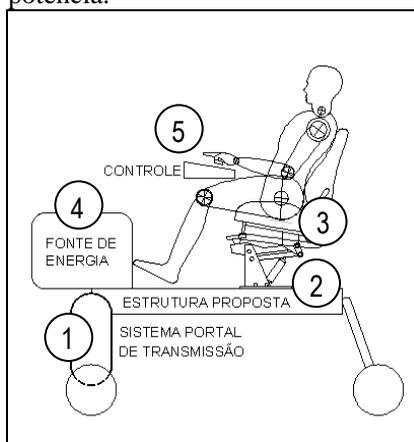


Figura 5.21 – Princípio de Solução 5

Esta proposta conta com a idéia de um sub-chassi (1), conforme apresentado na Figura 5.22.

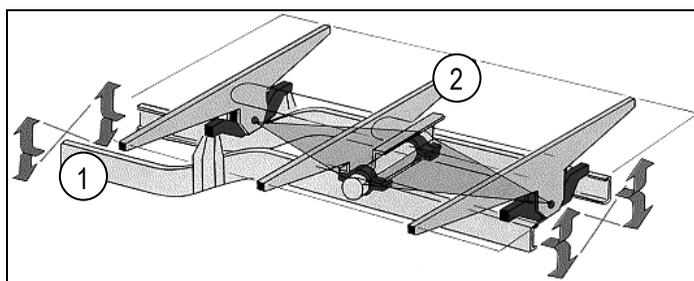


Figura 5.22 – Representação da estrutura flexível

A proposta 5 apresentada na Figura 5.21, é uma variação da concepção 3, porém nessa proposta, o mecanismo de pêndulo invertido está condicionado a flexibilidade da estrutura proposta, onde o operador (3), o motor (4), o variador de velocidades e a plataforma (2) ou organismo para apoio de sustentação estão localizados em três pontos. Isso garante livre flexão torcional da estrutura proposta, fazendo com que se possa operar a máquina satisfatoriamente em terrenos acidentados sem comprometer a dirigibilidade e segurança do operador.

O sistema de controle de estabilidade também é muito semelhante a proposta 3 com a diferença que agora a proposta é de utilizar uma fonte de energia elétrica e motor de passo, sendo a transmissão de movimento do motor para as rodas através de corrente do tipo portal.

Assim, a proposta 5 tem como particularidade:

Para atender as funções de Medir os Movimentos, Variar o Movimentos e Controle dos Movimentos, para a proposta 5, tem-se: Potenciômetro, Inversor de Frequência e Joystick. Também é apontado um controle eletrônico de movimento (5).

A tomada de força nessa proposta é conseguida através de um servomotor e o acionamento dos elementos dos implementos agrícolas se dará por meio de correntes a partir do servomotor. Desta maneira, a proposta finaliza com a opção de pneus convencionais para dar mobilidade à máquina.

A proposta de concepção 6 apresentada na Figura 5.23, demonstra as particularidades da proposta.

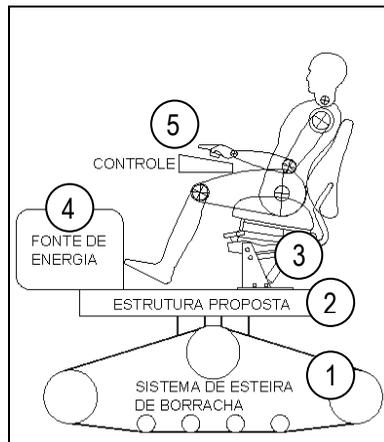


Figura 5.23 – Princípio de Solução 6.

Essa proposta é formada por dois módulos estruturais, cada qual realizando uma função parcial. O primeiro denominado como estrutura (2) e é responsável pela sustentação do operador (4), dos controles (5) e elementos da autopropulsão e garantir a estabilidade para realização das atividades por meio do segundo módulo (1), que compreende um sistema portal invertido de suspensão e transmissão de movimento ocorre independente para cada esteira por meio de cabos, uma vez que para essa proposta temos uma fonte de energia elétrica.

A Figura 5.24 apresenta a resultante das forças aplicadas ao conceito de deslocamento de massa.

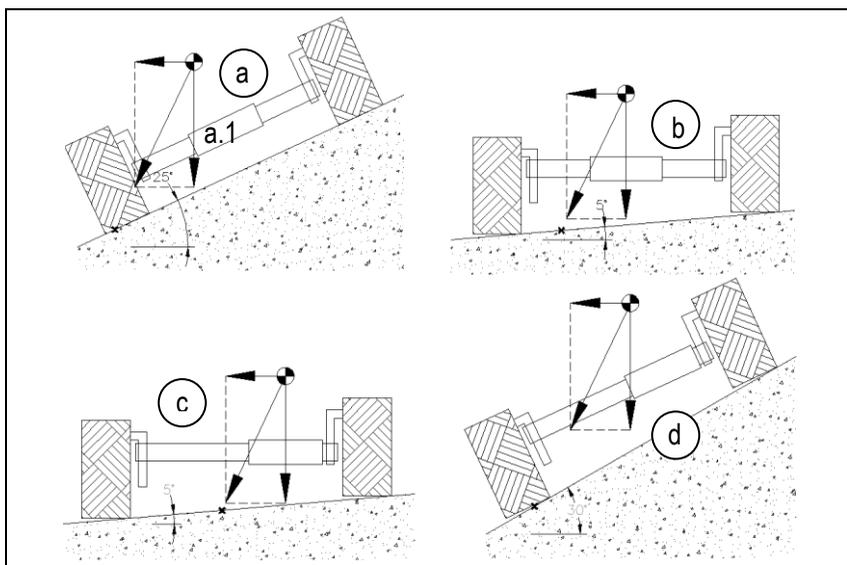


Figura 5.24 – Estabilidade máquina.

Assim, a proposta 6 apresenta as seguintes particularidades:

A estrutura é um sistema tipo “portal” conforme apresentado em (a), assim, a estrutura pode ser verificada na posição, sem o deslocamento da estrutura principal (a.1), aplicada em um terreno com 25° de inclinação. A seqüência apresenta o funcionamento da proposta por meio do deslocamento da estrutura (a.1) conforme apresentado em (b, c e d). Percebe-se que durante a inclinação da máquina, no momento onde ocorre o deslocamento da estrutura principal, a resultante das formas fica posicionada entre a vão das esteiras e, desta forma, o capotamento pode ser evitado.

Como elemento de controle de estabilidade, possui guias laterais e barras rosca (eixo sem fim) que acionados por servomotores elétricos que irão compor o sistema anti-tombamento Figura 5.24. A utilização deste sistema proporciona melhores condições de equilíbrio, permitindo uma utilização mais segura da máquina.

Para atender as funções de Medir os Movimentos, Variar o Movimentos e Controle dos Movimentos, para a proposta 6, tem-se:

Potenciômetro, Inversor de Frequência e Joystick. Também é apontado um controle eletrônico de movimento (5).

A tomada de força nessa proposta é conseguida através de um motor elétrico e o acionamento dos elementos dos implementos agrícolas se dará por meio de correntes a partir do motor elétrico. Desta maneira, a proposta finaliza com a opção de esteiras de borracha para dar mobilidade à máquina.

A seguir, encontram-se apresentadas a sétima e a oitava proposta de concepções para o módulo de potência.

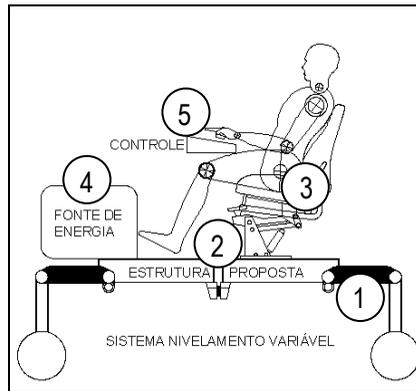


Figura 5.25 – Princípio de Solução 7 e 8.

A Figura 5.25 apresenta duas variações de uma mesma proposta sendo a diferença entre elas está na fonte de potencia e respectivamente nos meios de transmissão dessa potência que para a opção 8 passa a ser a eletricidade.

A proposta apresenta como particularidade: estrutura formada por módulos estruturais (1) e (2). O módulo (2) denominado como estrutura proposta, e é responsável pela sustentação do operador (3), dos controles (5) e elementos da autopropoção (4) e garantir a estabilidade para realização das atividades por meio do módulo (1).

Esses elementos constituem um sistema de nivelamento variável de suspensão, fazendo com que se possa operar a máquina satisfatoriamente em terrenos acidentados sem comprometer a dirigibilidade e segurança do operador.

As estruturas são uma combinação entre perfis “U” compondo a estrutura principal com travessas tubulares em aço, onde a rigidez estrutural é conseguida por meio da união soldada dos elementos.

A Figura 5.26 apresenta uma representação da articulação responsável pela direção do módulo.

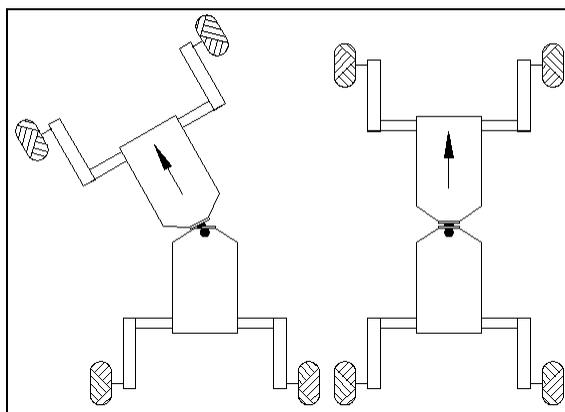


Figura 5.26 – Proposta de articulação 7 e 8.

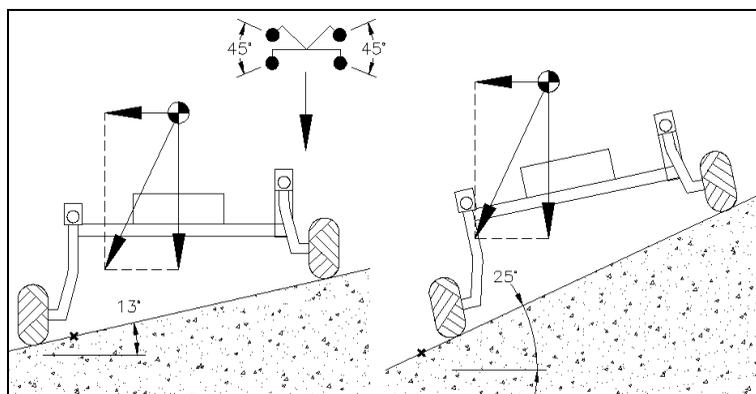


Figura 5.27 – Variações da máquina.

Exclusivo nesta proposta, a estrutura principal é bi-partida para que a mesma possa favorecer a ação torcional, garantindo maior contato em superfícies muito acidentadas. Da mesma forma que ocorre com a torção, também existe uma articulação responsável pela direção da máquina.

A fonte de potência nessa proposta é um motor Gasolina/biodiesel acionando uma unidade hidráulica. Desta maneira, os

acionamentos da máquina deverão ser todos por elementos hidráulicos (válvulas e mangueiras). Com a utilização da hidráulica, podemos eliminar todos os elementos mecânicos de transmissão de movimentos que, em operação no campo, são de difícil substituição (Caixa de velocidades, engrenagens e eixos), neste caso, serão utilizados cilindros hidráulicos e atuadores.

Para atender as funções de Medir os Movimentos, Variar o Movimentos e Controle dos Movimentos, para a proposta 7, tem-se: Sinal Elétrico e Válvulas Eletrohidráulicas. Também deve ser apontado o uso de cilindros e atuadores hidráulicos no controle dos movimentos. Já para a proposta 8, tem-se: Potenciômetro, Inversor de Frequência e Joystick. Também é apontado um controle eletrônico dos movimentos.

A tomada de força nessas propostas é conseguida através de:

- Proposta 7 – um motor orbital hidráulico.
- Proposta 8 – servomotor elétrico.

Desta maneira, a proposta finaliza com a opção de pneus convencionais para dar mobilidade à máquina.

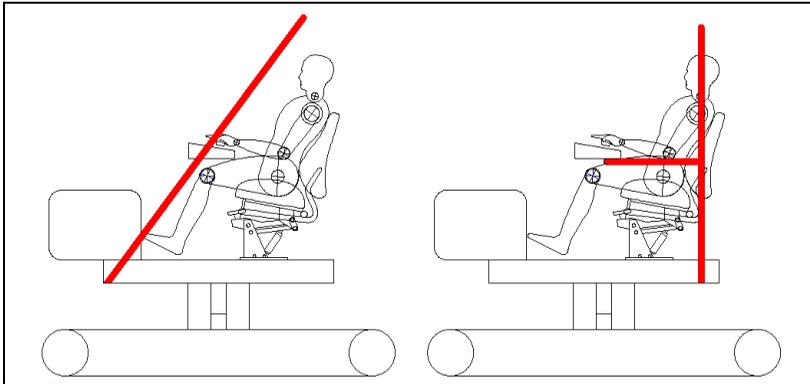


Figura 5.28 – Estrutura de segurança (FONTE: Autor)

Segundo proposição do PROJETO DE LEI Nº 532, de 2003, para máquinas agrícolas torna-se obrigatório a utilização de elementos de segurança junto a estrutura, a Figura 5.28 apresenta duas propostas de proteção de capotamento para o operador da máquina.

Assim, independente de qual proposta seja a escolhida após a realização das avaliações das propostas, confirma-se a instalação de proteções contra capotagens e outros equipamentos para a segurança do operador da máquina agrícola.

## **5.5 AVALIAÇÃO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS**

Neste capítulo, até agora, foram apresentados os procedimentos seguidos para gerar as concepções alternativas promissoras do protótipo conceitual do módulo de potência. Agora serão descritas as técnicas empregadas para a escolha da melhor destas concepções, ou seja, aquela que apresenta o maior potencial de gerar um produto que melhor atenda as especificações de projeto.

Na tarefa de avaliar as concepções, a maior dificuldade está no limitado número de informação e elevado nível de abstração destas informações. Para a elaboração do projeto, foi adotado a alternativa de gerar diversas concepções com um nível de detalhamento menor, assumindo um risco por julgar as concepções com níveis mais elevados de abstração.

Foram utilizadas duas técnicas para escolher a concepção com maior potencial de atendimento futuro: a avaliação baseada no julgamento da viabilidade; e a avaliação baseada no uso da matriz de avaliação.

### **5.5.1 AVALIAÇÃO BASEADA NO JULGAMENTO DA VIABILIDADE**

Esta etapa consistiu basicamente na verificação da viabilidade técnica e econômica das concepções. Para isso utilizou-se como critério de avaliação, a experiência técnica de pesquisadores da área de projeto de produto.

Nesta avaliação, primeiramente foram convidados dois professores do Curso Superior de Tecnologia pelo SENAI/SC a colaborarem com a realização da referida avaliação. No primeiro momento, foram apresentados os requisitos dos clientes do projeto para os colaboradores. Em seguida, procedeu-se a apresentação de todas as concepções geradas através de desenhos e descrições verbais. Desta forma ocorreu a verificação se cada concepção era tecnicamente e economicamente viável, condicionalmente viável ou inviável. Essa avaliação é realizado com base na lista de especificação de projeto apresentados no Quadro 4.7.

Assim, Quadro 4.9, apresentar um parecer sobre as conclusões de cada conceito proposto, como resultado da avaliação.

Quadro 4.9: Resultados da análise de viabilidade das concepções.

Solução	Viabilidade
Princípio de Solução 1	Condicionalmente viável – A proposta vem de encontro com as tendências tecnológicas e deve ser analisada frente aos requisitos de cliente para aprovação final.
Princípio de Solução 2	Inviável – Os motivos: a proposta está muito associada aos antigos conceitos de máquinas e desta maneira apresenta um baixo nível de manutenibilidade, principalmente dos elementos de transmissão de movimento.
Princípio de Solução 3	Viável – Idem a Concepção A. ressaltando que a proposta de pêndulo invertido é uma inovação sem precedentes em nível de máquinas agrícolas e deve ser analisada frente aos requisitos de cliente para aprovação final.
Princípio de Solução 4	Inviável – Os motivos: a falta de tecnologia disponível a baixo custo; o número elevado de atuadores e a dificuldades no gerenciamento dos comandos acaba por elevar o custo da proposta.
Princípio de Solução 5	Viável – A proposta vem de encontro com as tendências tecnológicas e a combinação dos benefícios do eixo portal associado ao controle de estabilidade através do sistema de pêndulo invertido formam uma estrutura com excelente propriedade de controle de estabilidade e deve ser analisada frente aos requisitos de cliente para aprovação final.
Princípio de Solução 6	Viável – Essa proposta é a mais ousada de todas e a grande flexibilidade de sua estrutura principal, através da movimentação do centro de gravidade permite alcançar os melhores índices na avaliação de estabilidade e deve ser analisada frente aos requisitos de cliente para aprovação final.
Princípio de Solução 7	Condicionalmente viável – A proposta apresenta uma solução notavelmente funcional devendo ser repensado a questão da direção e dos controles/atuadores para tornar viável a proposta.
Princípio de Solução 8	Condicionalmente viável – Idem a proposta 7 com a mesma recomendação, porém agora os elementos são eletro-eletrônicos.

Observando o Quadro 4.8, com base em avaliação não estruturada para 2 professores do SENAI/SC mostra como foi compreendidas as proposta oferecidas e a viabilidade quanto ao atendimentos aos requisitos de projeto.

## 5.5.2 AVALIAÇÃO BASEADA NA MATRIZ DE AVALIAÇÃO

Novamente se faz necessária a utilização do método: matriz de Pugh (1991). Sua utilização tem se mostrado eficiente para a comparação de concepções que não tenham sido suficientemente detalhadas e que apresentam, portanto, um nível elevado de abstração.

A essência da escolha da melhor concepção utilizando a matriz de avaliação pode ser resumida em quatro passos, conforme exemplifica Ullman (1997):

- A escolha dos critérios de avaliação – Foram escolhidos como critérios de avaliação os requisitos de projeto e os seus respectivos pesos. Considerou-se que utilizando estes pesos se estaria valorando os requisitos de projeto de modo imparcial.
- Seleção dos itens a serem comparados – Os itens a serem comparados foram as seis concepções aprovadas na avaliação com base na análise da viabilidade.
- Geração do escore – Como sugerido no método, optou-se em selecionar uma concepção para servir de referência, e todas as demais foram comparadas com ela, tomando como parâmetro de comparação os critérios de avaliação escolhidos. Para cada comparação com relação aos requisitos de projeto, a concepção sob avaliação foi avaliada como sendo “melhor que”, “mesmo que” e “pior que” a referência, recebendo com isso os escores “+1”, “0” e “-1”, respectivamente.
- Cálculo do escore total – Após as concepções terem sido comparadas com a referência quatro escores foram obtidos, o número de “+1”, o número de “-1”, o total global e o peso total. O total global foi obtido através da diferença entre o número de escores “+” e escores “-”. O peso total foi calculado pelo somatório do produto de cada escore pelo peso de cada requisito de projeto.

O resultado desta avaliação pode ser visualizado a seguir, por meio da Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Matriz de Pugh (1991) simplificada.

Requisitos de Cliente	Pesos	Estruturas de Funções					
		P1	P3	P5	P6	P7	P8
Ser um projeto multifuncional	8	-1	-1	0	R E F E R Ê N C I A	0	0
Ser uma máquina de quatro rodas	8	1	1	1		1	1
Ter tração nas 4 rodas	8	0	0	-1		0	0
Ser capaz de acompanhar as ondulações do terreno	9	0	0	0		0	0
Ter boa estabilidade e baixo centro de gravidade (uso em terrenos com declividade máxima de 40%)	8	-1	-1	-1		-1	-1
Ter proteção para o operador	7	1	0	1		1	1
Ter vida útil de 10.000 horas ou 10 anos com possibilidade de atualização	6	0	0	0		0	0
Ser robusto/durável	9	0	0	0		0	0
Ter a capacidade de adotar o padrão de acoplamento de equipamentos existentes	7	0	0	0		0	0
Ter baixo custo de fabricação	8	1	-1	1		-1	-1
Ter conexões fixas padronizadas	2	0	0	0		0	0
Ser fácil de trocar partes	6	0	-1	1		-1	-1
Utilizar materiais e componentes padronizados e de fabricação em massa	7	0	1	0		1	1
Ter capacidade de recolhimento de eixos, peças e braços	7	1	-1	0		1	1
Ter estrutura que facilite o transporte	8	1	0	0		0	0
Ter facilidade para Setup	7	0	1	0		0	0
Ter facilidade de utilização de implementos	7	-1	-1	-1	0	0	
Ser ergonômico	7	0	1	0	0	0	
Ter baixo nível de vibração	6	0	0	0	0	0	
Ter baixo nível de ruído	8	0	0	0	0	0	
Ter sistema de direção simples e seguro com dimensões e força de acionamento ergonômico	7	-1	-1	-1	1	1	
Ter comandos leves de fácil acesso e movimentos curtos	6	0	0	0	0	0	
Ter a possibilidade de adaptação de motor existente na propriedade	7	0	0	0	0	0	
Tracionar, transportar e fornecer potência mecânica às máquinas e equipamentos agrícolas	9	0	-1	0	0	0	

Continua...

...continuação Tabela 5.4							
Ter número reduzido de sistemas dinâmicos	8	0	0	0	R	-1	-1
Ter baixo consumo energético	10	-1	-1	1		E	1
Facilidade de manutenção	8	0	1	0	F	0	1
Ter baixa manutenção	8	1	0	0		E	0
Ter peças de reposição	9	0	1	0	R.	0	0
Utilizar material que permite recondicionamento	7	0	0	0		E	0
Total +		+6	+6	+5	0	+6	+7
Total -		-5	-9	-4	0	-4	-4
Saldo		+1	-3	+1	0	+2	+3
Saldo ponderado		-2	-32	+1	0	8	+16
<b>Classificação Final</b>							
		5°	6°	3°	4°	2°	<b>1°</b>

A pontuação total de cada concepção é um indicativo de quais são os pontos positivos e negativos de cada solução. Através de uma análise mais apurada de todas as características positivas das propostas aponta para algumas flexibilidades das melhores opções, podendo haver uma combinação de algumas características.

O resultado desta combinação é ilustrado através do modelo gráfico apresentado em detalhes no item 5.3.3. Este modelo desenvolvido é apenas um leiaute da proposta que irá prosseguir no processo de projeto, o que significa que a concepção proposta ainda deverá sofrer alterações na sua configuração.

### 5.5.3 MODELO GRÁFICO DA CONCEPÇÃO PROPOSTA GERADA A PARTIR DA AVALIAÇÃO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS.

A concepção 8 que apresentou a proposta com a maior pontuação, assim, a mesma encontra-se representada pela Figura 5.29.

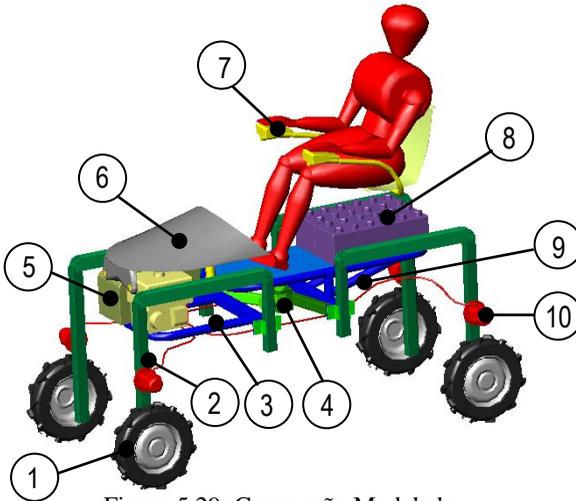


Figura 5.29: Conceção Modelada

Essa concepção conta com o elemento de sustentação da estrutura e é responsável pelo controle da estabilidade apresentado na Figura 5.29 pelo item (2). O item (4) representa o elemento responsável pela articulação da máquina, o que possibilita a mesma a fazer manobras. As manobras e os comandos de andar e parar são realizados pelos controles do item (7). Ainda estão destacados na figura os itens: (6) elemento responsável por fazer uma proteção da fonte de potência e portar os elementos visuais de informação dos controles (painel de carga das baterias; velocidade de deslocamento; inclinação da máquina); (8) baterias; (10) motores elétricos e (1) conjunto de pneu e roda.

A estrutura principal é composta por duas plataformas isoladas: a plataforma (9) responsável por sustentar o operador da máquina, um par de baterias (8) e os controles de movimentação (7). E a plataforma (3) responsável por sustentar o motogerador elétrico (5) e é base para a adaptação dos motores estacionários diversos.

As duas partes da plataforma podem ser melhor compreendidas pela observação da Figura 5.30 a seguir. A Figura (5.30a) apresenta uma vista isométrica das duas estruturas, sendo que (b) e (c) apresentam respectivamente as vistas: frontal e superior. Nesta figura as duas estruturas podem ser melhor identificadas: (3) plataforma da fonte de potência; (4) articulação; (9) plataforma do operador/baterias e o item (11) apresenta os suporte de fixação para os elementos de estabilidade.

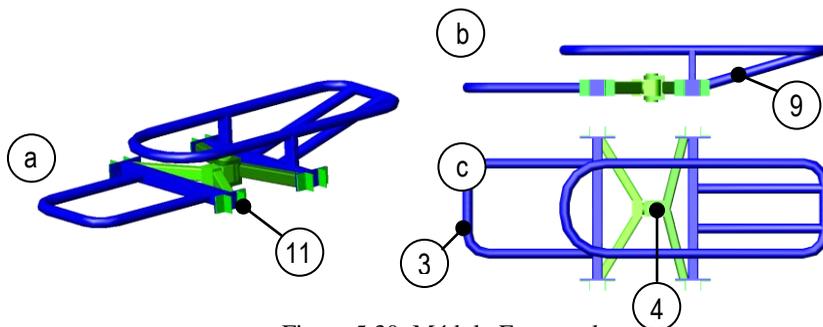


Figura 5.30: Módulo Estrutural

Essa estrutura do módulo deverá ser construída basicamente com tubos de aço SAE 1012 de construção mecânica, normalizado a ser dimensionado adequadamente no projeto preliminar, sendo o mesmo recomendado para trabalho futuro.

As conexões dos tubos deverão ser feitas por processo de soldagem do tipo MIG/MAG. As juntas são construídas e soldadas segundo a norma AWS.

O assoalho do módulo deve ser constituído por uma chapa de alumínio corrugado de 1,25 mm de espessura. Outras especificações que deverão orientar as etapas posteriores para a continuação do projeto serão apresentadas no Capítulo 06.

A utilização de baterias se faz necessário para melhor utilização da energia fornecida pelo gerador. As baterias atuais possuem uma autonomia suficiente para atender as demanda de uma jornada de trabalho proposta de 6 horas, sendo que a possibilidade de utilização do motogerador visa garantir o suprimento de energia para a realização desse trabalho. Com o avanço da tecnologia é muito provável que o mercado oferecerá opções viáveis e que possam aumentar a autonomia de trabalho, atendendo de forma mais eficaz as necessidades do cliente.

A Figura 5.31 apresentada acima retrata a estrutura com a característica final do produto. Essa estrutura responsável por acomodar o cliente e o motogerador, oferece assoalho (12) para maior conforto dos clientes.

Também está apresentada a carenagem (6), que desempenha as funções de:

- sustentar os elementos de apoio ao sistema de controle (relógios mostradores, chaves e tomadas de força);
- proteger o motogerador de agressões;
- gerar uma aparência mais agradável esteticamente e,

- evitar que o cliente ou terceiros tenham acesso a áreas onde o equipamento possa oferecer algum risco a integridade como: queimaduras, contato com elementos girantes, etc.

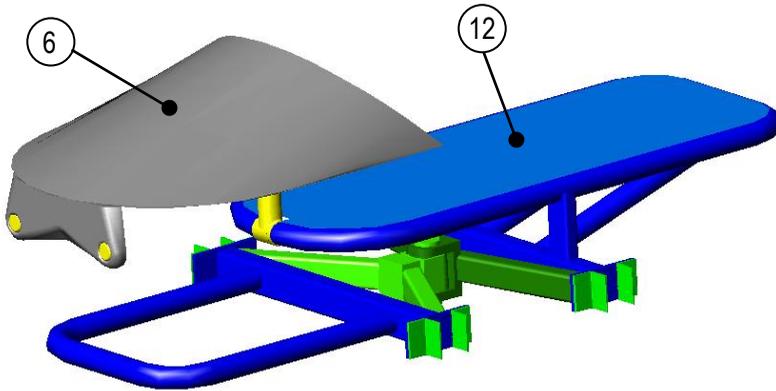


Figura 5.31: Módulo Estrutural com carenagem.

Na fase de projeto conceitual desenvolveu-se a proposta de um conceito do módulo de potência, adequado aos requisitos dos clientes. Assim, neste capítulo é apresentada a concepção definida no capítulo anterior com os devidos comentários avaliativos junto com a proposta justificada para conclusão do projeto na forma de um modelo eletrônico.

Antes de se iniciar a avaliação da concepção desenvolvida, é interessante avaliar até que ponto se deve considerar as vontades dos clientes no desenvolvimento de novos produtos e em que instância o projeto deve inovar a ponto de surpreender o cliente em questão.

O projeto de desenvolvimento do módulo tem como um dos objetivos que o projeto tenha um grande período de vida útil e, desta maneira, deve ser estudado para que haja uma possibilidade de atualização e renovação de componentes em um nível de tornar viável sua modularidade e conceito estrutural através da oportunidade oferecido pelo módulo de serem substituídas partes independentes da máquina e facilitando assim uma futura atualização de componentes.

Aplicando essa idéia em relação ao projeto informacional, pode-se observar que os clientes escolheram em sua maioria a opção de pneus como sistema de locomoção a ser adotado para o módulo.

#### 6.1 ANÁLISE DO CONCEITO

Neste capítulo, encontra-se um descritivo do conceito desenvolvido mantendo o foco nos requisitos do cliente, mas também adotando medidas que pretendem aumentar o período de vida útil do produto. Aqui o conceito é apresentado para que, a partir do projeto preliminar, próxima etapa, ocorrerá o dimensionamento dos componentes e desta forma a modelagem passará a adquirir a forma final do produto.

Essa apresentação simplificada da modelagem tem por objetivo apresentar o conceito com maior detalhe.

A estrutura principal do módulo é constituída por uma estrutura tubular em aço. A barra em tubo oferece maior rigidez porque possui o raio de giração igual em todas as direções, além de ser um sistema mais econômico que o sistema convencional (perfis abertos U, I e H), é um

perfil considerado ótimo porque possui as mesmas propriedades geométricas em qualquer direção.

Sendo composta por duas plataformas isoladas, A estrutura principal é responsável por sustentar o operador da máquina, um par de baterias, os controles de movimentação e o motogerador elétrico. As duas partes da plataforma podem ser observadas na Figura 6.1 abaixo.

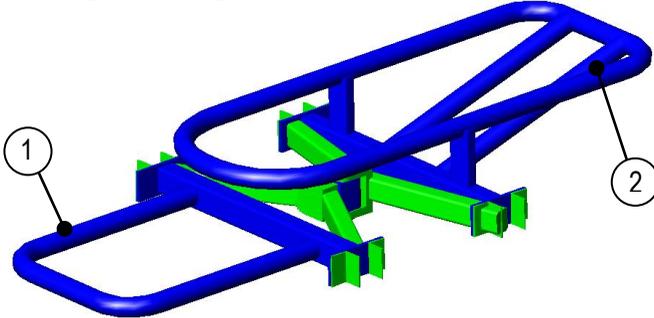


Figura 6.1: Estrutura principal do Módulo

A primeira plataforma (1) que é a base para o moto-gerador, além de contar com a utilização de perfis tubulares, conta também com uma travessa no perfil “L” e uma chapa lisa que servem de apoio para a fixação do moto-gerador. A Figura 6.2 apresenta em detalhe essa primeira plataforma, sendo possível identificar os elementos que formam o conjunto.

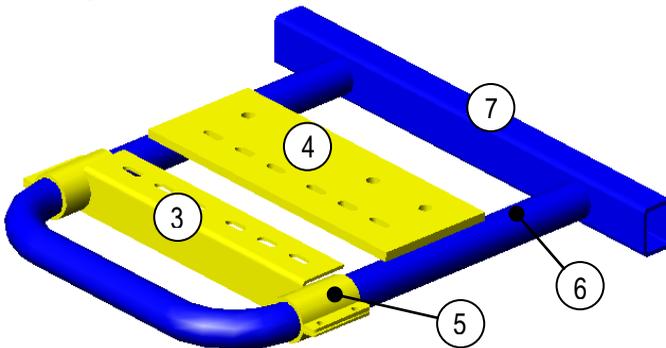


Figura 6.2: Base de suporte para moto-gerador

Devido à variação nos pontos de apoio para fixação dos moto-geradores, a base é composta por um elemento fixo (4) e um elemento móvel (3) permitindo variar a distância entre os dois elementos e a utilização de furos oblongos favorece muito a montagem. Ainda, os

itens (5), (6) e (7) são, respectivamente a abraçadeira de fixação da base móvel, estrutura/base da fonte de potência e a estrutura principal do suporte do motor.

A segunda plataforma (2) apresentada na Figura 6.1 é a base para o operador/cliente, é composto pela utilização de perfis tubulares e conta com uma chapa em alumínio corrugado como assoalho. A Figura 6.3 apresenta em detalhe essa plataforma, sendo possível identificar os elementos que formam o conjunto:

- (8) – Assoalho;
- (9) – Estrutura principal do suporte do operador;
- (10) – Estrutura/base do operador.

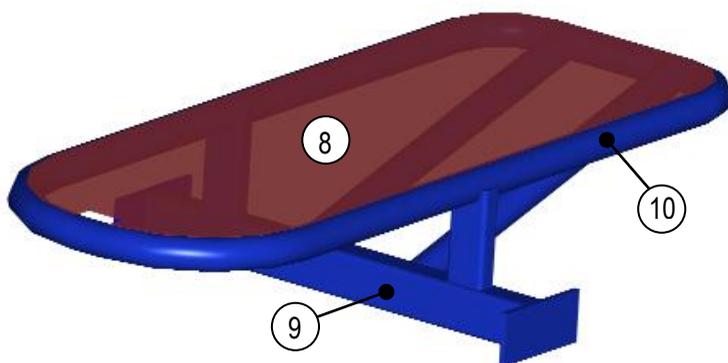


Figura 6.3: Base de suporte para Operador/cliente

Assim, a Figura 6.4 apresenta a máquina concebida segundo o atendimento aos requisitos de projeto. Desta forma, os elementos seguem:

A concepção, utiliza o moto-gerador embarcado (11), ele trabalha com o auxílio de um motor estacionário acoplado a um gerador, a energia gerada é acumulada na baterias (12) e através dos controles/comandos (13) é transmitida através de um chicote elétrico aos motores (14) que moverão individualmente cada uma das quatro rodas.

Por se tratar de uma máquina agrícola, a mesma necessita oferecer alto torque de trabalho e normalmente, baixa velocidade. Desta maneira, os motores elétricos não serão acoplados diretamente nas rodas, mas sim, num sistema de transmissão por correntes ou correias, conforme apresentado na Figura 6.4, com o objetivo de ampliar o torque através da utilização de pares de engrenagens de diâmetros diferentes.

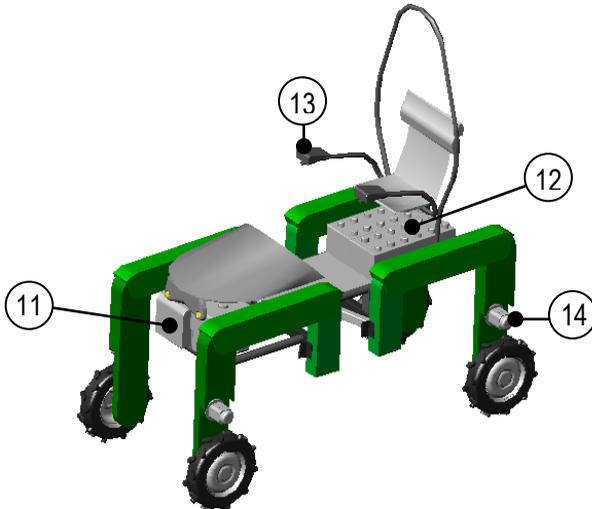


Figura 6.4: Apresentação dos elementos da concepção

A utilização de baterias se faz necessário para melhor utilização da energia fornecida pelo gerador. Levando em consideração as máquinas elétricas utilizadas na indústria (empilhadeiras, etc.) estima-se que as baterias para alimentar o módulo de potência sejam similares assim, com o avanço da tecnologia é muito provável que o mercado oferecerá opções viáveis e que atenda a necessidade.

O acionamento dos comandos por meio elétrico, é a opção para atender aos requisitos dos clientes como: ser multifuncional, projeto modular entre outros, pois assim ocorre a possibilidade de trabalho em comboio, onde um único operador pode trabalhar com dois ou mais módulos acoplados em “tandem ou em paralelo” (conforme apresentado respectivamente nas Figuras 6.5 e 6.6). Essa opção de poder acoplar em módulos é uma solução para a busca de maior potencia de trabalho quando necessário conforme apresentado nas figuras.

Essa alternativa de utilização dos módulos é recomendada para atividades que necessitam de maior potência, onde um único módulo não possui a capacidade de atender a necessidade. Neste caso, os módulos são acoplados com auxilio de um acessório adequado (C ou D) para uni-los.

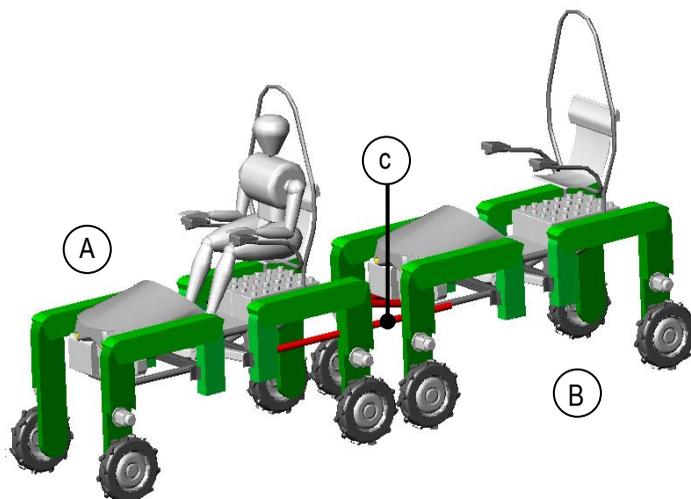


Figura 6.5: Utilização combinada em tandem

Por exemplo, um determinado cliente adquire um módulo de potência (A) com aproximadamente 20 cv de potência adequado a suas necessidades diárias de trabalho.

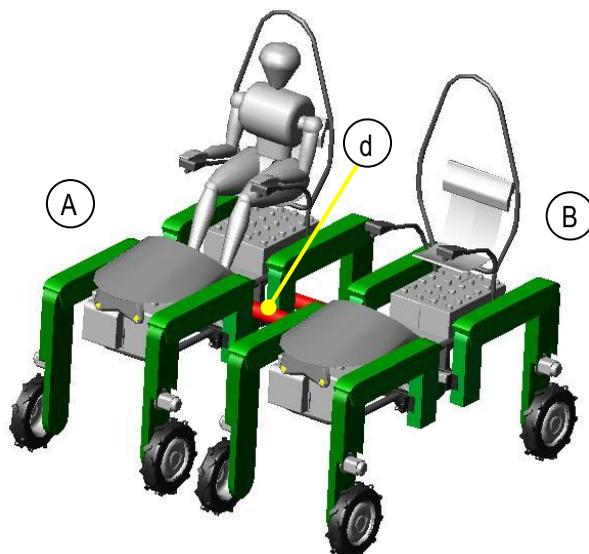


Figura 6.6: Utilização combinada em paralelo

Mas, num determinado momento, devido a uma cultura específica a ser preparada para plantio, esse mesmo cliente necessite de uma máquina com maior potência, neste caso, é necessário interagir com algum vizinho ou mesmo uma cooperativa (B) que também possua um módulo igual, mesmo com potência diferente e trabalhar com os dois módulos associados, garantindo assim a potência necessária para realização da atividade específica.

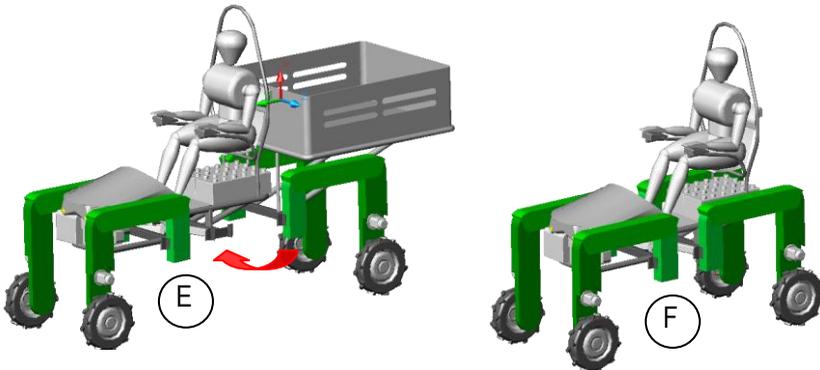


Figura 6.7: e. Módulo de carga. f. Sem módulo de carga

Também aproveitando a modularidade, a proposta dispõe de um módulo de carga facilmente acoplável, conforme apresentado na Figura 6.7. Com esse recurso a máquina poderá desempenhar a função de transporte de cargas com segurança devido ao aumento da distância entre “eixos” (de rotação do pneu).

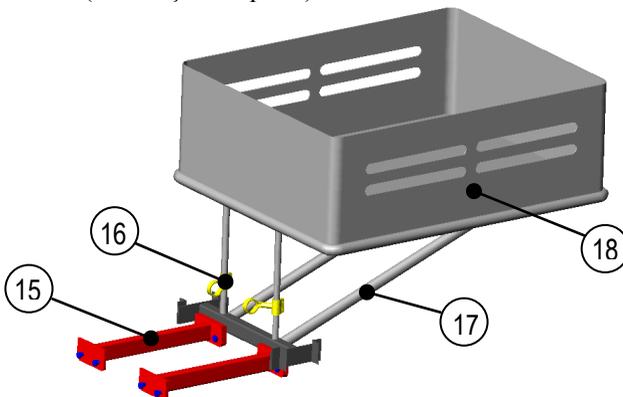


Figura 6.8: Detalhe do módulo de carga

Desta maneira, a Figura 6.8 apresenta o módulo de carga detalhado onde: suporte de ligação principal (15); suporte de ligação secundário (16); suporte da carga (17) e elemento de carga (18).

O mesmo sistema de acoplamento do módulo de carga exerce também a função de fornecer suporte para o engate 3 pontos (como nos tratores convencionais) dos implementos agrícolas conforme apresentado na Figura 6.9 a seguir, sendo: suporte base dos 3 apoios (20) e suporte superior (19).

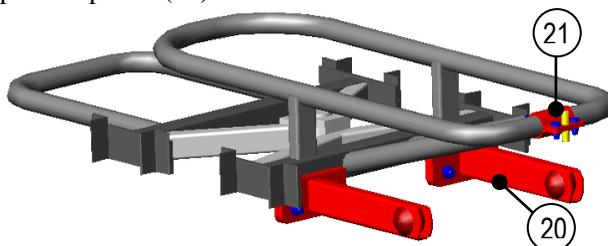


Figura 6.9: Detalhe do apoio 3 pontos

As Figuras anteriores apresentaram a possibilidade de variação da utilização da mesma estrutura modular para desempenhar atividades diferentes, atendendo assim a muitas das necessidades dos clientes. Agora faz-se necessário apresentação dos elementos responsáveis pela estabilidade.

Por se tratar de uma máquina agrícola, a mesma necessita oferecer alto torque de trabalho e normalmente, não necessita de uma alta velocidade.

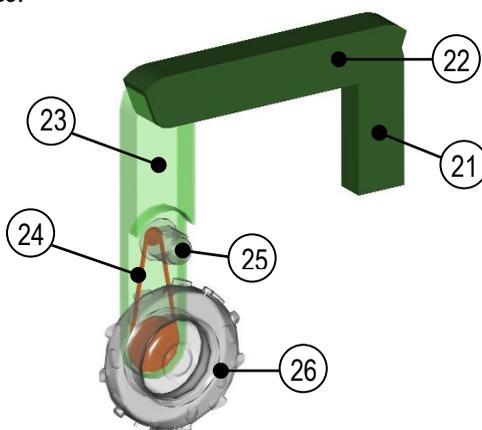


Figura 6.10: Detalhe da transmissão

Desta maneira, os motores elétricos (25) não serão acoplados diretamente nas rodas (26), mas sim, num sistema de transmissão mecânica por correntes ou correias (24), com o objetivo de ampliar o torque através da combinação de engrenagens de diâmetros diferentes, conforme apresentado na Figura 6.10. A figura ainda apresenta os itens: (21), (22) e (23) que podem ser descritos respectivamente como apoio de fixação, apoio de suspensão e estrutura da suspensão.

O módulo de potência tem como um de seus principais diferenciais de outras máquinas agrícolas, um sistema eficiente de controle de estabilidade anti-tombamento. Isso graças ao sistema Portal que, por meio de um mecanismo de 3 barras permite que o centro de gravidade seja mais baixo. O sistema conta ainda com mais um sistema eletromecânico apresentado na Figura 6.11, que realiza a variação na posição das 3 barras, controlando assim sua inclinação em terrenos acívos diminuindo consideravelmente as probabilidades de capotamento.

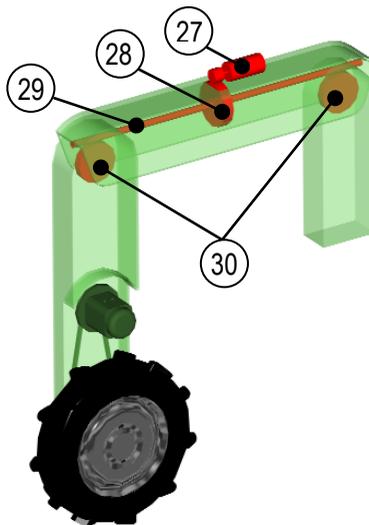


Figura 6.11: Controle da Suspensão

Desta maneira, apresenta-se os elementos responsáveis pelo ajuste da altura da máquina e consequentemente o controle da estabilidade: (27) motor elétrico de corrente contínua; (28) par de engrenagens ampliadoras de torque; (29) barra com rosca quadrada; (30) Engrenagem de ajuste das barras.

O módulo de potência sendo apoiado por essa tecnologia consegue variar suas dimensões de elementos de suspensão, possibilitando que a máquina tenha acesso a áreas de trabalho que apresentam maior declividade oferecendo maior segurança e conforto ao cliente/operador. A Figura 6.12 apresenta de forma ilustrativa essa idéia.

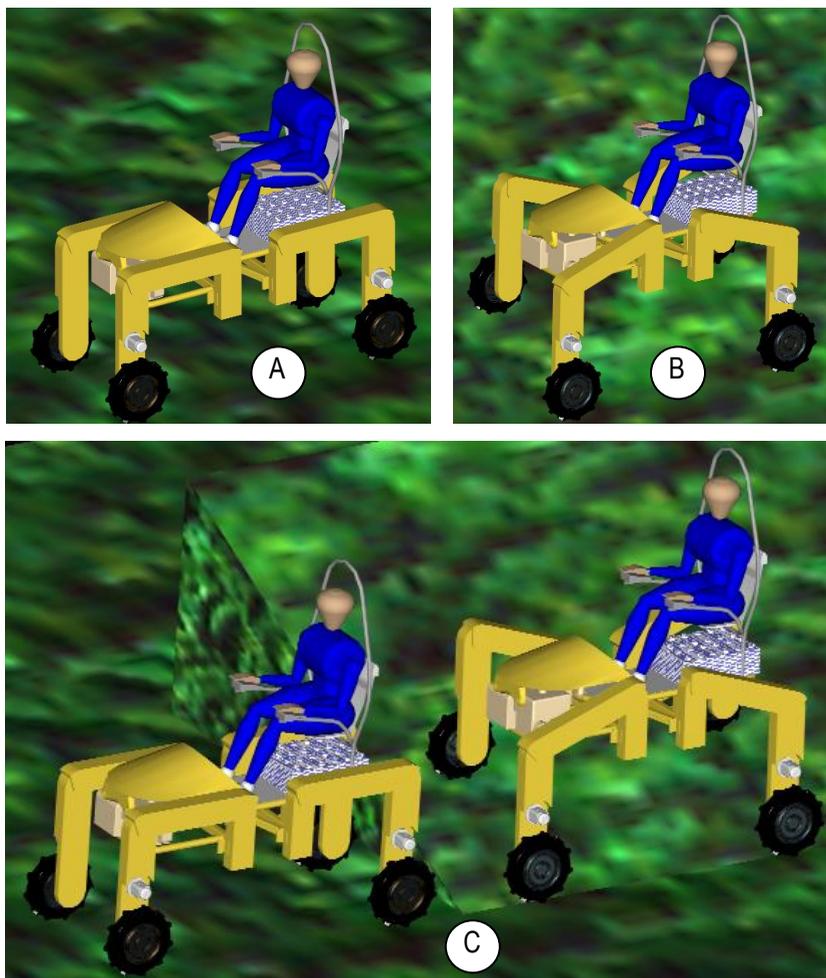


Figura 6.12: Variação da Suspensão. (A) Módulo em área plana; (B) Módulo em terreno com active; (C) Um paralelo entre as duas situações apresentadas

Assim, é notório que o projeto apresenta sofisticação tecnológica e inovação do sistema de suspensão, proporcionando uma eficiente condição de trabalho em terrenos com inclinação superior a 20%.

O projeto, seguindo as especificação de projeto, atendeu aos requisitos de dimensões, sendo possível verificar por meio da Figura 6.13 as principais dimensões propostas para a máquina.

A Figura 6.13 apresenta também o resultado da análise de distribuição de massa, onde, 65% da massa na máquina sem operador se concentra nas rodas dianteiras. Isso se deve ao fato de que, em média, uma pessoa adulta tem aproximadamente 80 kg de massa e, assim, quando a máquina estiver sendo utilizada pelo operador, a massa do conjunto ficará distribuída de forma a gerar melhor equilíbrio.

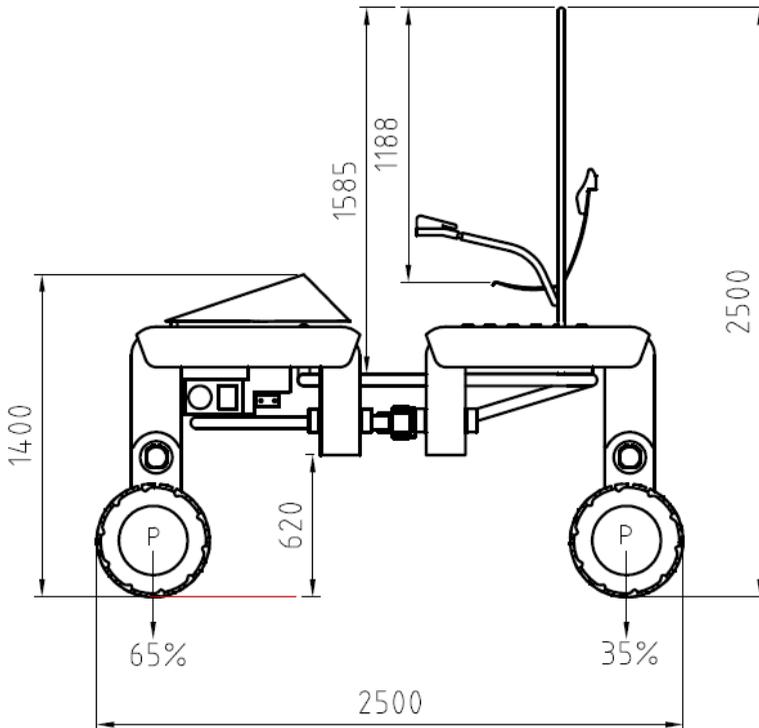


Figura 6.13: Apresentação dimensional e distribuição de massa

## 6.2 APRESENTAÇÃO DO MODELO ANALÓGICO

Para melhorar a compreensão na apresentação da concepção desenvolvida, foi confeccionado um modelo analógico do módulo de potência.

Segundo Back et al (2008), os modelos analógicos Comporta-se como o sistema original, embora necessariamente não tenha a mesma aparência. Esses modelos são também conhecidos como modelos em escala com características comportamentais semelhantes.

O modelo analógico é constituído por elementos metálicos (Figura 6.14) e madeira (Figura 6.15). Essa combinação fez-se necessária para que o conceito pudesse ser desenvolvido em modelo analógico.

A Figura 6.14 apresenta a imagem da estrutura principal do modelo analógico do módulo de potência, construída em escala 1:10. Sendo: (01) representa a base de suporte para o motorizador; (02) representa o suporte da carenagem e dos instrumentos de controle (relógios e mostradores); (03) representa a plataforma de suporte do operador; (04) articulação da estrutura, responsável por garantir que o módulo realize manobras; (05) Suporte para banco do operador; (06) representa a estrutura anti-tombamento também denominada de Santo Antônio.

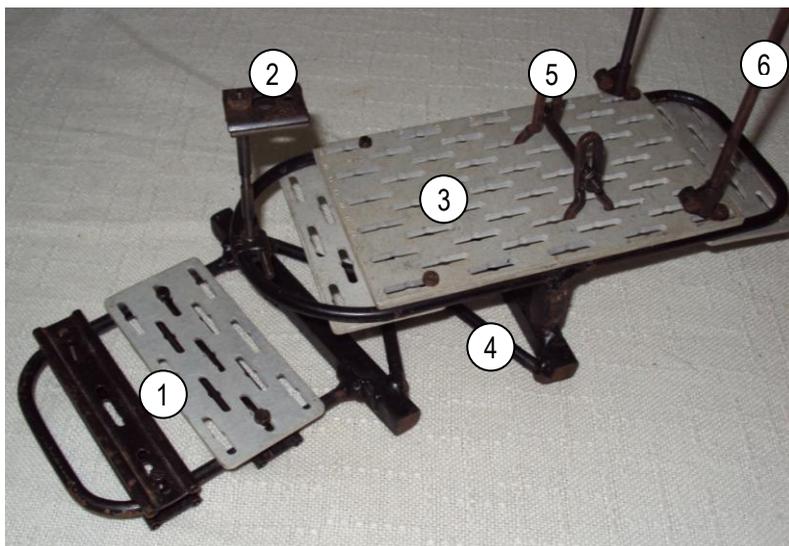


Figura 6.14: Estrutura do conceito modelada em aço

Agora, para representar o elemento de suspensão, responsável por dar sustentação para toda a máquina tem-se a estrutura apresentada na Figura 6.15. A suspensão foi modelada em madeira para simplificar sua confecção.

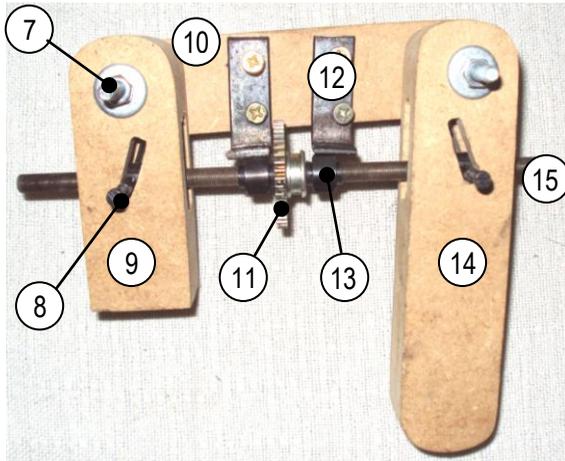


Figura 6.15: Estrutura da suspensão modelada em madeira

A Figura 6.15 apresenta: (7) parafuso para articulação; (8) pino de movimentação, fixado a porca da rosca sem fim, tem a função de movimentar a articulação; (9) barra fixa, fixada a estrutura principal, tem a função de juntar os elementos de suspensão com a estrutura da máquina; (10) barra intermediária, é o elemento de ligação da barra fixa e da móvel; (11) engrenagem para movimentação da rosca sem fim; (12) suporte para a trava que impede a o deslocamento axial da rosca sem fim; (13) trava que impede a o deslocamento axial da rosca sem fim; (14) barra móvel, responsável por variar a altura da máquina em relação ao solo; (15) barra roscada (rosca sem fim), responsável por toda a movimentação da suspensão.

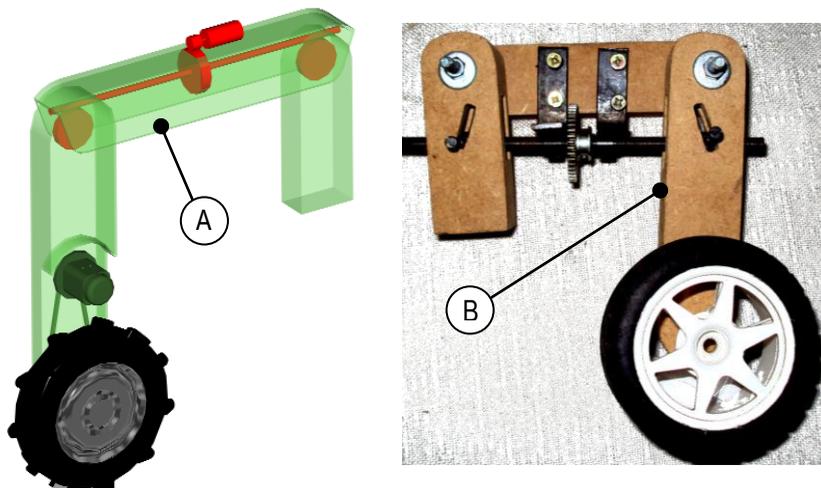


Figura 6.16: a) Concepção da suspensão modelada por software de CAD;  
b) Concepção da suspensão modelada em madeira na escala 1:10.

Para a modelagem física da concepção desenvolvida, optou-se por um modelo analógico para simular a movimentação da suspensão. A confecção do modelo físico mostrou-se mais complicada que a elaboração do modelo digital. Assim, como apresentado na Figura 6.16, as duas modelagens são comparadas.

Na Figura 6.16a está apresentada a modelagem digital da suspensão e a Figura 6.16b traz a imagem do modelo analógico. A principal diferença entre os dois modelos é o elemento de movimentação da mesma, onde: em (A) ocorre por meio de uma engrenagem e rosca sem fim e (B) ocorre por meio de uma guia de deslocamento e rosca sem fim.

Com a elaboração do modelo analógico fica mais fácil a compreensão da forma que a concepção desenvolvida se comporta. Sendo que desta maneira, foi possível reunir uma equipe de pessoas envolvidas com atividades agrícolas, que trabalham no regime de agricultura familiar para avaliar o resultado do trabalho desenvolvido.

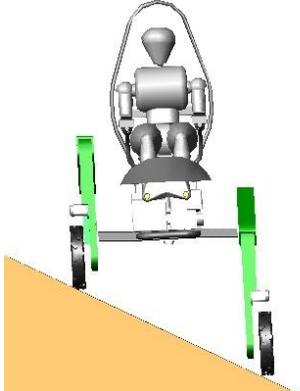
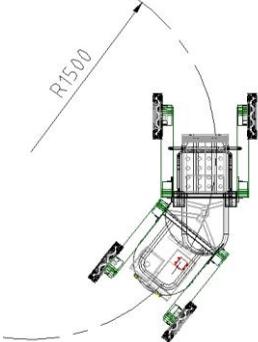
Para facilitar a participação dessas pessoas, foi reservado uma sala de aula de uma escola do Município que favoreceu a reunião do pessoal. As pessoas que participaram da apresentação do resultado do desenvolvimento foram pessoas que responderam os questionários da fase informacional ou um representante e alunos do SENAI que trabalho com agricultura, conforme lista de presença apresentada no Anexo G.

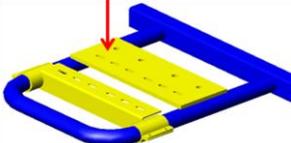
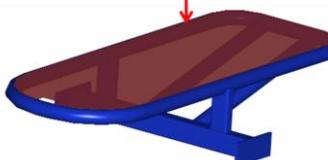
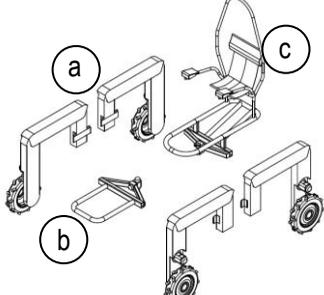
A reunião aconteceu no dia 20 de outubro de 2010 e teve como roteiro: apresentação do conceito; respostas as questões dos participantes; e anotação dos pontos relevantes apontados pelos agricultores.

Por meio desta apresentação, foi possível notar a satisfação dos agricultores por estarem participando de forma mais incisiva no desenvolvimento de um novo produto e a esperança que os mesmos depositam na possibilidade do mercado atualizar a linha de produtos com valores mais acessíveis aos pequenos produtores rurais.

Ainda, como resultado da avaliação, foram apontados os referencias do protótipo que atendem aos requisitos de projeto, sendo os principais itens percebidos pelos agricultores citados a seguir:

Quadro 6.1: Resultado da avaliação do conceito pelos agricultores

 <p>A 3D perspective rendering of a conceptual agricultural machine. The machine has a central body with a hopper-like top and two large, adjustable green arms extending downwards. It is shown on an orange-colored slope, demonstrating its ability to operate on inclined terrain.</p>	<p>O conceito desenvolvido apresenta uma forma interessante de controle de inclinação que permite o trabalho em terrenos com inclinação acima dos 20%</p>
 <p>A top-down technical drawing of the machine. A dashed line indicates a circular path with a radius of 1500 mm, labeled 'R1500'. The machine's components, including the central body and the green arms, are shown in a grey wireframe style.</p>	<p>A máquina conceitual apresenta um raio de giro de 1500 mm, possibilitando manobras numa área pequena</p>
<p style="text-align: right;">Continua...</p>	

... continuação do Quadro 6.1	
<p style="text-align: center;">Suporte variável adaptação de motorização</p> 	<p>Pela proposta de um módulo específico para o acoplamento do motor, sendo uma base com suportes móveis, é possível fazer adaptações de motores de diversos modelos</p>
<p style="text-align: center;">Base para usuário</p> 	<p>Com um módulo individual para o operador da máquina, é fácil de se trabalhar a ergonomia para o trabalho seguro</p>
	<p>Atendendo ao requisito de: multifuncional, o conceito possibilita trabalhar com máquinas em tandem e em paralelo. Também foi desenvolvido o sistema de carroceria para transporte de carga</p>
	<p>A máquina é dividida por módulo, isso torna o projeto mais dinâmico para possibilitar ajustes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. módulo de suspensão;</li> <li>b. módulo do motogerador;</li> <li>c. módulo operador (habitáculo)</li> </ol>
<p>Massa Total e Ergonomia</p>	<p>Dois importantes itens apontados foram a massa da máquina, sendo estimado em 380kg (Cad) e a ergonomia, que foi elaborada com auxílio de um boneco antropométrico</p>

### 6.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Para finalizar o trabalho de desenvolvimento conceitual do módulo de potência, é destacada a importância da realização das demais etapas do processo de desenvolvimento de produtos.

Desta forma, a proposta de continuação deste trabalho é a realização do Projeto Preliminar, onde o conceito passará a ser dimensionado e novamente avaliado e por fim recomenda-se a realização do Projeto Detalhado que, segundo metodologia adotada, dará todas as orientações para a confecção do protótipo ou cabeça de série por meio de desenhos detalhados.

Também a elaboração do modelo analógico colaborou para a análise mais detalhada da estrutura desenvolvida, contribuindo assim para validar a eficiência das ferramentas de desenvolvimento de produtos adotadas para o referido projeto.

Com essas recomendações acaba-se por concluir a concepção do módulo de potência, com a certeza do atendimento aos requisitos dos clientes e aos requisitos de projeto.

### CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

---

No início da pesquisa foi traçado um objetivo principal: “desenvolver de forma conceitual um módulo de potência que permita realizar as operações agrícolas na pequena propriedade e possa ser fabricado em pequenas e médias unidades fabris”. Ao chegar no estágio atual do desenvolvimento deste projeto, pode-se afirmar que este objetivo foi atingido satisfatoriamente.

Embora ainda não tenham sido desenvolvidas as fases: Preliminar e Detalhada do projeto para a obtenção do produto físico, os resultados da pesquisa apontam para a necessidade de pensar alternativas para máquinas destinadas à mecanização de áreas agrícolas com relevo acidentado.

Cabe aqui, além de uma síntese dos trabalhos realizados, estabelecer as conclusões gerais desta dissertação, em função dos objetivos traçados, e estabelecer caminhos a serem perseguidos, em futuros trabalhos, visando-se à conclusão do desenvolvimento do Módulo de Potência para Agricultura e a obtenção de um protótipo físico do produto. Nesse sentido, são apresentadas, nos itens que se seguem, as principais conclusões da presente dissertação.

#### 7.1 CONCLUSÕES

Tendo sido desenvolvido o conceito do módulo de potência, e realizada a avaliação deste conceito, é possível concluir que o objetivo principal do trabalho foi alcançado. A proposta desenvolvida permite construir um modelo analógico que contempla os requisitos de projeto.

Mesmo diante da necessidade de serem desenvolvidas as demais etapas do projeto para que aconteça a avaliação final do produto, é fato que uma nova proposta com inovação tecnológica foi gerada para atender a demanda por mecanização para os pequenos e médios produtores rurais das regiões com topografia desfavoráveis as opções atuais de máquinas agrícolas oferecidas pelo mercado.

As ferramentas utilizadas para os procedimentos de desenvolvimento de produtos estabelecidos na metodologia proposta para a concepção do conceito do módulo de potência possibilitaram conduzir esta atividade, desde o estabelecimento das necessidades de

projeto até a avaliação de soluções conceituais alternativas para o produto, gerando, desta maneira, o conceito final do módulo de potência.

A opção por abordar as fases: Informacional e Conceitual do desenvolvimento de produtos justifica-se pelo conhecimento exaustivo da importância das fases iniciais do desenvolvimento sobre o resultado final do produto.

Assim, com a análise realizada até o momento, já é possível afirmar que o conceito desenvolvido neste projeto, é capaz de atender a função global do produto – Dar Sustentação para a Máquina. Neste sentido, as conclusões apontam para contribuições feitas durante o trabalho:

- a proposição de um produto organizado por módulos permitindo dessa forma, uma variação no sistema motriz da máquina seguindo as tendências futuras. Tanto os elementos que fornece potência podem ser desta forma substituídos (o gerador e os motores elétricos são substituídos por unidade hidráulica e motores orbitais), quanto os elementos de locomoção (substituição de pneus convencionais por esteiras de borrachas é uma possibilidade real para a máquina);
- a oferta de uma máquina composta por módulos atende de forma otimizada a demanda dos pequenos produtores rurais. Contando com a intercambialidade de diversos elementos (implementos e demais acessórios), o Módulo de Potência possibilita a realização de muitas atividades no campo, seja por meios da utilização de um módulo de trabalho ou no emprego de duas máquinas trabalhando acopladas (tandem ou paralelas – apresentado no Capítulo 6 desta dissertação), para um ganho substancial de potências de trabalho.
- um requisito de muita importância é o de baixa manutenção, assim, a concepção demonstra que a utilização de motores elétricos trazem boas vantagens para a máquina. A transmissão elétrica conta com cabos para acionar os motores que desta maneira facilitam a manutenção. Mesmo quando utilizados outros elementos como a barra roscada, esse elemento é de fácil conservação e baixa manutenção.

- a fabricação da máquina prioriza a aquisição de componentes já disponíveis no mercado. Isso faz com que tanto a reposição de componentes quanto o custo da máquina sejam menores.

Outras contribuições oriundas do desenvolvimento do conceito do Módulo de Potência são:

- a proposta inicial utiliza um motor a combustão interna alimentado por óleo diesel, gasolina ou mesmo adaptado para trabalhar com gás natural acoplado a um gerador elétrico é uma aplicação de conceitos de preservação do meio ambiente;
- o sistema de controle de estabilidade utilizando estruturas de 3 (três) apoios permite superar o problema de declividade em terrenos que impossibilitavam a mecanização devido ao alto risco de acidente por capotamento dos tratores convencionais;
- a possibilidade que o cliente dispõem em poder optar pela utilização de pneus ou esteiras permite otimizar a função de tracionar ou mesmo a utilização em determinadas condições e tipos de solos.
- o aprendizado oportunizado pelo desafio de desenvolver uma máquina que atenda as reais necessidades dos clientes e a aplicação de ferramentas eficientes que permitirão a criação de uma concepção seguindo os requisitos de projetos devidamente elaborados.

Sob tais conclusões, entende-se que os principais objetivos da presente dissertação foram alcançados, e considerando-se os estudos e a realização das demais etapas que se fazem necessários para conclusão do projeto, descrevem-se, a seguir, as recomendações consideradas importantes para orientar o encaminhamento para a finalização do desenvolvimento do produto.

## **7.2 RECOMENDAÇÕES PARA CONTINUAÇÃO DO TRABALHO**

Neste tópico são apresentadas recomendações de trabalhos a serem realizados futuramente, com o objetivo de completar o ciclo de

desenvolvimento do projeto. Pela análise cuidadosa do conceito apresentado é feita a proposição da continuação do projeto. As recomendações procuram auxiliar nas etapas seguintes, alertando para a utilização de elementos importantes ao funcionamento do Módulo de Potência, sendo que os mesmos não foram modelados devido a necessidade de algumas definições estruturais que somente acontecerão na etapa preliminar do projeto.

Assim, recomenda-se a realização dos desenvolvimentos das demais etapas da metodologia de desenvolvimento de produtos apresentados no Capítulo 3 desta dissertação e a elaboração de análises funcionais das propostas de elementos e componentes na utilização de soluções inovadoras do projeto como segue:

- utilização de célula de carga no banco do operador para que a máquina somente realize deslocamentos quando o operador estiver no seu posto de trabalho, sendo que um sinal elétrico (gerado pela presença do operador no posto de trabalho) libera o sistema de frenagem da máquina. A utilização deste sistema aumenta muito a segurança no uso da máquina;
- utilização de um “Giroscópio” para realizar o controle e estabilidade da máquina durante a utilização em terrenos de relevo acidentado.

Desta maneira, o mais interessante no conceito desenvolvido é a possibilidade de efetuar um upgrade dos sistemas (elementos de sustentação, elementos motores e de controle) com o objetivo de prorrogar consideravelmente a vida útil do equipamento onde, ao invés de comprar uma máquina nova, a empresa oferece componentes de reposição e atualização do módulo.

A partir do desenvolvimento deste projeto, fica a proposta de oferecer o conceito de uma moderna máquina agrícola para que um segundo trabalho possa dar continuidade ao desenvolvimento através da realização do “Projeto Preliminar” e posteriormente do “Projeto Detalhado” a fim de completar o ciclo de desenvolvimento do mesmo conseguindo dessa forma um trabalho continuado.

A oferta de implementos agrícolas também deve ser atingida com a progressão deste trabalho, pois espera-se que outros produtos novos possam ser criados para as mais variadas atividades agrícolas, melhorando a qualidade do serviço, preservando o meio ambiente e o mais importante, melhorando muito a qualidade de vida dos agricultores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

AGRA, N. G. **Agricultura brasileira: situação atual e perspectivas de desenvolvimento**. Campina Grande:UFPB, 2000, (trabalho de fim de curso).

BURIN, J. K. **As Transformações ocorridas no espaço agrário brasileiro a partir do processo de modernização da agricultura**. Artigo produto da dissertação de mestrado apresentado no Simpósio Nacional de Educação, 2008.

CORDEIRO, A. et al. **A insustentabilidade do modelo de desenvolvimento agrícola brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 6606 – Determinação do alcance de controles manuais em veículos rodoviários automotores**. São Paulo. 1981. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 9405 – Determinação do ponto de referência de assento (PRA) de tratores e de máquinas agrícolas autopropelidas**. São Paulo. 1986. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 9579 – Tratores agrícolas – Ancoragem para cintos de segurança**. São Paulo. 1986. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 10000 – Estrutura de proteção contra capotagem para tratores agrícolas de rodas**. São Paulo. 1987. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (São Paulo, SP). **NBR 8566 – Tratores agrícolas – Engate traseiro de três pontos – Dimensões**. São Paulo. 1994. 8p.

BACK, N.. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Guanabara Dois. 1983.

BACK, N., FORCELLINI, F. A. **Apostila da disciplina de Projeto Conceitual**, EMC 6605, do Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica. UFSC, 2001.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos : planejamento, concepção e modelagem**. Barueri, SP : Manole, 2008, 619p.

BILLER, R. H.; OLFE, G. **Collect of data on tractor use by questionnaires and by eletronical data approval**. Journal of Agricultural Engineering Research, v.34. p.219–227, 1986.

BIONDI, P. et al. **Technical trends of tractors and combines (1960-1989) based on Italian type-approval data**. Journal of Agricultural Engineering Research, v.65, p.1-14, 1996.

BLANCHARD S. B., FABRYCKY J. W. **Systems Engineering and Analysis**. Pretince Hall. Second Edition. 1990.

CUNHA, L. B. da. **Elementos de Máquinas**. Rio de Janeiro : LTC, 2005, 319p.

DUFOUR, C. A. **Estudo do Processo e das Ferramentas de Reprojetado de Produtos Industriais, como Vantagem Competitiva e Estratégica de Melhoria Constante**. Florianópolis: PPGEP-UFSC, 1996. (Dissertação de mestrado – Programa de Pósgraduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina).

FIALHO, A. B. **Automação Pneumática**. 4ª Ed. São Paulo: Érica, 2003. p. 20-22. 323p.

FITZGERALD, A. E. et al. **Máquinas Elétricas**. Tradução Anatólio Laschuk. 6ª Ed. Porto Alegre : Bookman, 2006. 648p.

FONSECA, A.J.H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 180 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GADANHA JUNIOR, C. D. ; MOLIN, J. P ; COELHO, J L D ; YAHN, C H ; TOMIMORI, S M A W . **Máquinas e implementos agrícolas**. 1a. ed. SÃO PAULO: IPT, 1991. v. 1. 468 p.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo. Editora Blücher, 1995.

MÁRQUEZ, L. **Solo Tractor '90**. Madrid : Laboreo, 1990. 198p. (Apuntes didácticos).

MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. São Paulo : She Kinah, 1996. 721p.

NIEMANN, G. **Elementos de Máquinas**. VII. Tradutor Otto Alfred Rehder. São Paulo : Editora Edgard Blücher Ltda, 2002, 207p.

NOVAES, A. L. T. **Desenvolvimento de um Sistema de Lavação e Classificação de Ostras**. 2005. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

OGLIARI, A. **Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliada por Computador com Aplicação no domínio de Componentes Injetados**. 1999 – Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Curso de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2. ed. London: Springer, 1996. 544 p.

PMBOK – A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Disponibilizada através da Internet pelo PMI MG, em maio de 2000.

PUGH, S. **Total Design Integrated Methods for Successful Product Engineering**. Addison Wesley Publishing Company, 1991.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. L. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3ª ed ver. – Riode Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1995. 65p.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. 2003. 156 f.. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REIS, A. V.; MENEGATTI, F.A. FORCELLINI, F.A. **O uso do ciclo de vida do produto no projeto de questionários**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 4., 2003, Gramado. Anais ...Gramado: CBGDP, 2003.

RENIUS, K. Th. **Trends in tractor design with particular reference to europe**. Journal of Agricultural Engineering Research, v.57, p.3–22, 1994.

RIBAS, R. L. et al. **Transmissões presentes em tratores agrícolas no Brasil**. Cienc. Rural [online]. 2010, vol.40, n.10, pp. 2206-2209. Epub Oct 08, 2010. ISSN 0103-8478.

ROMANO, L. N., BACK, N. OGLIARI, A. **A Importância da Modelagem do Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas para a Competitividade das Empresas do Setor**. X Congresso e Exposição Internacionais da Tecnologia da Mobilidade. São Paulo SAE Brasil 19 A 22 de novembro de 2001.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. 2003. 285f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SMAILES, J., MCGRANE, A. **Estatística Aplicada à administração com Excel**. Tradução Bazán Tecnologia e Linguística, Christiane Brito. São Paulo : Atlas, 2002

STEWART, H. L. **Pneumática e hidráulica**. Tradução Luiz Roberto de Godoi Vidal. 3ª Ed. Curitiba – PR : Editora Hemus, 2007. 481p.

TEIXEIRA, J. C. **Modernização da agricultura no Brasil: Impactos econômicos, Sociais e Ambientais**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas Três Lagoas-MS, V 2 – n.º 2 – ano 2, Setembro de 2005.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 7a. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

ULLMAN, D.G. **The Mechanical Design Process**. 2 ed. Singapore: McGraw-Hill Inc., 1997.

VARELLA, C. A. **Sistema de transmissão de tratores agrícolas**. Apostila didática, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – Departamento de Engenharia, Área de Máquinas e Energia na Agricultura, 1999. RJ.

WEISS, A. **Desenvolvimento e Adequação de Implementos para a Mecanização Agrícola Conservacionista em Pequenas Propriedades**. 1998 – Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Curso de Pós-Graduação em Eng. de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## Introdução

Os apêndices buscam gerar suporte aos capítulos e têm como objetivo descrever atividades, que foram realizadas durante a execução do projeto, cujo espaço requerido para documentação deixaria o texto principal muito extenso.

## APÊNDICE A – Questionário elaborado

**OBS.: Para pesquisa de Sim ou Não, é apresentado os percentuais indicados, já para as questões de opiniões abertas, o valor indica o percentual de entrevistados que citaram ou optaram por aquele determinado item!**

### Questões de Campo (Projeto informacional)

#### Identificação do perfil do Cliente:

**Produtor ( ); Vendedor ( ); Fabricante ( ).**

Questões aplicadas	Resultado Obtido
1. O Sr possui uma máquina agrícola de pequeno porte? (Jirico/Tobata/artesanal): Sim/Não	Sim ≈ 96 % Não ≈ 4 %
1.1. É de fabricação artesanal: Sim/Não	Sim ≈ 74 % Não ≈ 26 %
1.2. Quais os pontos fortes destas máquinas:	Força ≈ 100 % Resistente ≈ 92 % Praticidade ≈ 60 %
1.3. Quais os pontos fracos destas máquinas:	Burrucho ≈ 82 % Ergonomia ≈ 76 %
2. O Sr possui trator de maior tamanho: Sim/Não	Sim ≈ 70 % Não ≈ 30 %
2.1. Qual marca: Case; Agrale; New Holland; Massey Ferguson; Valtra; Caterpillar; John Deere; Yanmar; Valmet.	Valtra – 7 Agrale – 6 John Deere – 3 Valmet – 1 <b>Não estava na lista:</b> Green Horse – 1

2.2. Quais os pontos fortes destas máquinas:	Força ≈ 100 % Resistente ≈ 67 % Praticidade ≈ 75 % Muito peso ≈ 48 %
2.3. Quais os pontos fracos destas máquinas:	Difícil uso terreno acidentado ≈ 60 % Falta direção hidráulica ≈ 53 %
3. O que levaria o Sr a optar por uma máquina agrícola (Jirico/Tobata/artesanal)?	Preço acessível ≈ 92 % Versatilidade ≈ 77 % Necessidades específica ≈ 52 %
4. O que é mais importante no trabalho com uma máquina agrícola – força/velocidade (Jirico/Tobata/artesanal)?	Força ≈ 100 % Velocidade ≈ 18 % Versatilidade ≈ 48 % Segurança ≈ 100 %
5. Com que frequência o Sr utiliza a máquina agrícola?	Uso diário ≈ 80 % Não ≈ 20 %
6. Em quais atividades o Sr possui a necessidade do auxilia da máquina agrícola?	Preparação do solo ≈ 82 % Plantio e Adução ≈ 90 % Tração de implemento ≈ 85 % Transporte carga ≈ 70 %
7. Quais fatores o levariam a adquirir ou utilizar determinada máquina agrícola? fator econômico (custo/benefício) ( ) ; baixa manutenção ( ) ; versatilidade, prática de usar ( ) ; facilidade de manutenção ( ) ; durabilidade e baixo custo de aquisição ( ) ; qualidade de trabalho ( ) ;	Durabilidade/baixo custo ≈ 100 % Facilidade de Manutenção ≈ 92 % Baixa Manutenção ≈ 85 % Versatilidade ( não sabem o que é versatilidade) ≈ 70% Qualidade do Trabalho ≈ 55% Fator Econômico ≈ 33%
<b>Identificação das deficiências das máquinas agrícolas atuais:</b>	
8. Quanto à posição de operação da máquina, o Sr tem por preferência: Operar em pé – como no Tobata convencional ( ) Sentado – como nos tratores convencionais ( )	Sentado ≈ 100 % Em pé ≈ 0 %
8.1. E quanto à direção da máquina: Tipo rabiças – Tobata ( ) Tipo tradicional – com volante ( ) Tipo alavancas – Tratores de esteiras ( )	Volante ≈ 85 % Alavancas ≈ 15 % Tipo Rabiça ≈ 0 %
9. Os aspectos ergonômicos: É possível identificar problemas ergonômicos e mesmo tarefas que exigem adoção de posturas prejudiciais devido ao campo visual e distâncias de alcances para a utilização de comandos e operação nas máquinas atuais? Sim/Não - Quais?	SIM ≈ 74 % - Esforço exagerado - Posição de dirigir

<p>10. As atuais máquinas apresentam problemas físico: desconforto causado por ruído e vibração? Sim/Não</p>	<p>Sim ≈ 80 % Não ≈ 20 %</p>
<p>11. As máquinas atuais sofrem alguma variação de forma de trabalho dependendo da época do ano e ou condições do clima: 11.1. Levando em consideração o produto cultivado? Sim/Não</p> <p>Quais são perceptíveis e porque ocorrem?</p> <p>11.2. Sem levar em consideração o produto cultivado? Sim/Não Quais são percebíveis e porque ocorrem?</p> <p>11.3. Nas máquinas atuais é possível identificar a perda das informações em painéis de comandos por exposição ao tempo? Sim/Não</p>	<p>Sim ≈ 15 % Não ≈ 85 %</p> <p>- Consumo de combustível (as épocas do ano possibilitam cultivar produtos diferentes) - Implementos (algumas culturas requerem equipamentos específicos)</p> <p>Sim ≈ 10 % Não ≈ 90 %</p> <p>Consumo de combustível (conforme variação das chuvas por exemplo)</p> <p>Sim ≈ 10 % Não ≈ 90 %</p>
<p>12. Quais são, em sua opinião, as principais características de uma boa máquina agrícola (robustez, versatilidade, modularidade)?</p>	<p>Modularidade ≈ 77 % Robustez ≈ 85 % Versatilidade (após explicação) ≈ 63 %</p>
<p>13. Quais são, em sua opinião, os aspectos mais críticos quando se considera a manutenção de máquinas no meio rural?</p> <p>dificuldade de acesso aos componentes ( ) ; manutenção freqüente ( ) ; necessidade de uso de ferramentas ( ) ; necessidade de mão-de-obra especializada ( ) ; tempo despendido na manutenção ( ) ; custo elevado do serviço ( ) ; outros (a própria manutenção, falta de conhecimento do operador, não há problemas) ( ) ; não sabe ( ) .</p>	<p>Custo elevado do serviço ≈ 90 % Necessidade de Mão de Obra especializada ≈ 74 % Tempo despendido na manutenção ≈ 70 % Outros ≈ 66 %</p> <p>Dificuldade de acesso aos componentes ≈ 48 % Manutenção freqüente ≈ 40 %</p>

<b>Identificação das características do novo produto (máquina agrícola):</b>	
<p>14. Quanto ao desenvolvimento de um novo produto, quais as sugestões quanto:</p> <p>14.1. A forma estrutural (tubular/chapas)?</p> <p>14.2. O meio de tração (rodas/esteiras/pernas mec.)?</p>	<p>Estruturas tubulares ≈ 90 % Perfis ≈ 10 % Chapas ≈ 0 %</p> <p>Rodas ≈ 90 % Esteiras ≈ 10 % Pernas ≈ 0 %</p>
<p>15. Para um novo produto, é importante que o mesmo seja oferecido com: a opção de adaptar qualquer motor que o cliente possua ( ) é mais pratico um produto que já ofereça a motorização referida ( ) Sugestão. Porque: <b>R = se o cliente resolver utilizar um motor mais forte que possua em sua propriedade</b> ( )</p>	<p>Opção adaptar motor ≈ 46 % Produto já ofereça motor ≈ 40 % Sugestão: oferecer opção de escolha ≈ 14 %</p>
<p>16. Sendo que a opção de um produto com motorização ser mais cara, o cliente está disposto a pagar pela diferença? Sim/Não Porque?</p>	<p><b>Sim</b> ≈ 40 % (Pela praticidade e confiança no sistema) <b>Não</b> ≈ 50 % (Pois prefere a possibilidade de utilizar motor que possui) <b>Talvez</b> ≈ 14 % (isso dependeria de quanto poderia custar a mais)</p>
<p>17. Considerando a deficiência em utilizar as máquinas atuais nos terrenos acidentados, o tamanho do novo produto, deve ser: pequeno; Porque? _____ ( ) médio: Porque? _____ ( ) grande: Porque? _____ ( )</p>	<p><b>Pesado</b> ≈ 0 % <b>Médio</b> ≈ 90 % (Pois não será muito pesado nem muito leve para tração) <b>Pequeno</b> ≈ 10 % (Facilidade de utilização)</p>
<p>18. Para tornar viável o novo produto (microtrator), quais as principais funções para facilitar as atividades no campo esse novo produto poderia desempenhar?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tracionar Implementos</li> <li>- Remover cama de aviários</li> <li>- Transporte de equipamentos e produtos dentro de aviários</li> <li>- Transporte de mercadorias</li> <li>- Oferecer tomada de força para equipamentos (bombeamento de dejetos; forrageira, serras, etc.)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tomada de força para acionar picadores</li> <li>- Tomada de força para guincho.</li> </ul>
<p>19. Quanto à mobilidade da máquina, há a preferência por algum tipo de transmissão entre motor e rodas a ser utilizado:</p> <p style="padding-left: 40px;">por trem de engrenagens ( );</p> <p style="padding-left: 80px;">por polias ( );</p> <p style="padding-left: 40px;">por fluido hidráulico ( );</p> <p style="padding-left: 40px;">Outro _____ ( ).</p>	<p style="text-align: right;">Polias <math>\approx</math> 50 %</p> <p style="text-align: right;">Eletricidade (cabos) <math>\approx</math> 30 %</p> <p style="text-align: right;">Engrenagens <math>\approx</math> 10 %</p> <p style="text-align: right;">Hidráulica (mangueiras) <math>\approx</math> 10 %</p>
<p>20. Com relação as diversas partes/componentes de um novo produto, como o Sr acha que deve ser a montagem das mesmas? (Engates rápidos/soldas/parafusados)</p>	<p style="text-align: right;">Engate Rápido <math>\approx</math> 60 %</p> <p style="text-align: right;">Parafusados <math>\approx</math> 37 %</p> <p style="text-align: right;">Solda <math>\approx</math> 3 %</p>
<p>21. Em sua opinião, para uma máquina agrícola funcionar bem é preciso:</p> <p style="padding-left: 40px;">ser fácil de regular ( );</p> <p style="padding-left: 40px;">ter manutenção simples ( );</p> <p style="padding-left: 40px;">ser fácil de trocar partes ( );</p> <p style="padding-left: 40px;">ser resistente a quebras ( );</p> <p>ser fácil de limpar ( ). Sugestão: _____</p>	<p style="text-align: right;">Ser fácil de regular <math>\approx</math> 70 %</p> <p style="text-align: right;">Ser fácil de trocar as partes <math>\approx</math> 70 %</p> <p style="text-align: right;">Ser resistente a quebras <math>\approx</math> 55 %</p> <p style="text-align: right;">Ter manutenção simples <math>\approx</math> 40 %</p> <p style="text-align: right;">Ser fácil de limpar <math>\approx</math> 22 %</p> <p style="text-align: right;">Sugestão: Simplicidade <math>\approx</math> 29 %</p>
<p>22. Quanto às dimensões da máquina, é importante que a mesma seja do menor tamanho possível?</p> <p style="padding-left: 40px;">Sim ___ Não ___</p> <p style="padding-left: 40px;">Porque?</p>	<p style="text-align: right;">Não <math>\approx</math> 67 %</p> <p style="text-align: right;">Sim <math>\approx</math> 33 %</p> <p><b>PQ = Deve ser dimensionado para o tamanho médio, ideal das necessidades.</b></p>
<p>22.1. Problemas de movimento (se máquinas grandes): é perceptível a possibilidade de haver lesões musculares devido ao excesso de peso e compactação de algumas máquinas para a realização de deslocamentos?</p> <p>Sim ___ Não ___</p>	<p style="text-align: right;">Sim <math>\approx</math> 80 %</p>
<p>22.2. De que forma isso ocorre?</p>	<p style="text-align: right;">Acoplamento de implementos e na lastragem</p>
<p>23. Como a máquina é composta por componentes que, na maioria das vezes possuem parafusos, pinos, abraçadeiras, anéis elásticos, etc., esses componentes devem:</p> <p style="padding-left: 40px;">estar envolvidos por carenagens ( );</p> <p style="padding-left: 40px;">ficar exposto para privilegiar a acessibilidade ( ).</p>	<p style="text-align: right;">Envoltos por carenagem <math>\approx</math> 80 %</p> <p style="text-align: right;">Expostos <math>\approx</math> 20 %</p>

<p>24. A máquina deve oferecer novas ferramentas de apoio ao trabalho ou deve ser factível de utilizar as ferramentas existentes?</p>	<p>Utilizar as existentes (que funcionam segundo entrevistados <math>\approx 78\%</math>) sendo que alguns acreditam que seria muito bom a oferta de novas ferramentas</p>
<p>25. Os aspectos de aparência influenciam na aceitação da máquina:</p> <p>25.1. Aspectos de Cor Sim/Não</p> <p>25.2. Aspectos de Forma Sim/Não</p> <p>25.3. Aspectos de Acabamento Sim/Não</p> <p>25.4. Existência de empunhaduras para eventuais deslocamentos e atividades de limpeza Sim/Não</p> <p>25.5. Tampas e partes móveis com engates rápidos Sim/Não</p>	<p>Porcentagem de respostas afirmativas:</p> <p>Cor <math>\approx 22\%</math></p> <p>Forma <math>\approx 41\%</math></p> <p>Acabamento <math>\approx 37\%</math></p> <p>Empunhadura deslocamento <math>\approx 74\%</math></p> <p>Engate rápidos tampas e partes móveis <math>\approx 92\%</math></p>
<p>26. Como quesito de segurança é importante:</p> <p>26.1. <b>Contra capotamento:</b>          Não precisa ( ); Santo Antonio ( ); Gaiola de proteção ( );          Outro: _____ ( ).</p> <p>26.2. <b>Partes moveis:</b>          Não precisa ( ); Grade de proteção ( );          Carenagem ( );          Outro: _____ ( ).</p> <p>26.3. Problemas relacionado a acidentes:          As máquinas atuais apresentam possibilidade de causar acidentes devido à inexistência de dispositivos de proteção que evite acesso à máquina em funcionamento, choques elétricos e a presença de quinas e arestas cortantes?          Sim/Não</p> <p>Quais são mais importantes?</p>	<p>Santo Antonio <math>\approx 70\%</math></p> <p>Gaiola de proteção <math>\approx 11\%</math></p> <p>Não necessita <math>\approx 19\%</math></p> <p>Além dos anteriores alguns apontaram a utilização de cinto de segurança <math>\approx 25\%</math></p> <p>Grade de proteção <math>\approx 63\%</math></p> <p>Carenagem <math>\approx 37\%</math></p> <p>Não necessita <math>\approx 0\%</math></p> <p>Sim <math>\approx 89\%</math></p> <p>As mais importante apontadas:</p> <p>Partes móveis desprotegidas</p> <p>Quinas e arestas expostas</p> <p>Partes quentes da máquina</p>

Ainda como “Entrevista” ocorreu o seguinte questionário:	
1) O senhor já sugeriu alguma modificação ao fabricante? Qual (is)? Foi atendido?	Sim $\approx$ 40 % As mais importante apontadas: Fornecer um banco ajustável Colocação de santo Antônio
2) O senhor já fez alguma modificação no seu trator ou tem vontade de fazer? Quais?	Sim $\approx$ 15 % As mais importante apontadas: Adaptação de implemento agrícola Soldar santo Antônio
3) O senhor acha que o seu trator consome muito combustível? Qual seria o ideal pra o senhor?	Sim $\approx$ 90 % Depende muito da atividade a ser realizado: Exemplo apontado - 25 a 30 litros/hora Sendo que alguns fizeram menção a avaliar litros/hectare e apresentaram como referência – 20 litros/ hectare
4) Qual o valor aproximado que o senhor acha que um trator deveria custar?	Valor < 15.000,00 $\approx$ 25 % 15.000,00 < R\$ < 20.000,00 $\approx$ 70 % 20.000,00 < R\$ < 30.000,00 $\approx$ 05 %
5) Qual a potência do trator que o Sr. desejaria de ter?	Potência < 15 cv $\approx$ 03 % 15 cv < Potência < 20 cv $\approx$ 37 % 20 cv < Potência < 30 cv $\approx$ 60 %

## APÊNDICE B – Benefícios e Melhorias do desenvolvimento de um novo produto

O apêndice B apresenta alguns modelos de microtratores de rabiças e microtratores convencionais como potenciais referências para o novo produto.

Fabricante: Tramontini Modelo: GN 12 Preço: 12.000,00		Motor	Potência	12 cv
			RPM	2400 rpm
		Transmissão	N.º Cilindros	1 Cil.
			Arrefecimento	Radiador
			Partida	Manivela
			Sistema	03 correias em "V"
		Dimensões	Nº mudanças	F6 – R2
			Comprimento	2380 mm
			Altura	1330 mm
		Direção		Rabiça
Pneu	Dianteiros		600-12 (24LB)	
Freios	Traseiros	600-12 (24LB)		
	Peso	386 kg		
Acessório: Tomada de força 4 x 4 Sem enxada rotativa				
Fabricante: Tramontini Modelo: GN 18 Preço: 15.000,00		Motor	Potência	18 cv
			RPM	2200 rpm
		Transmissão	N.º Cilindros	1 Cil.
			Arrefecimento	Radiador
			Partida	Manual/Elétrica
			Sistema	03 correias em "V"
		Dimensões	Nº mudanças	F6 – R2
			Comprimento	2950 mm
			Altura	1240 mm
		Direção		Rabiça
Pneu	Dianteiros		600-12 (24LB)	
Freios	Traseiros	600-12 (24LB)		
	Peso	490 kg		
Acessório: Com partida elétrica Tomada de força 4 x 4 Sem enxada rotativa				

... continuação do quadro de referências:

Fabricante: Tramontini Modelo: GN 18 Master Preço: 26.500,00		Motor	Potência	18 cv
			RPM	2200 rpm
		Transmissão	N.º Cilindros	1 Cil.
			Arrefecimento	Radiador
			Partida	Elétrica
			Sistema	03 correias em "V"
		Dimensões	Nº mudanças	F6 – R2
			Comprimento	4860 mm
			Altura	1500 mm
		Direção	Largura	1450 mm
	Volante com dir. hidráulica			
Pneu	Dianteiros	600-12 (24LB)		
	Traseiros	600-12 (24LB)		
Freios				
Acessório: Carreta 4 x 4 basic.	Peso	940 kg		

Fabricante: Kawashima Modelo: ZT15 Preço: 9.800,00		Motor	Potência	15 cv
			RPM	2200 rpm
		Transmissão	N.º Cilindros	1 Cil.
			Arrefecimento	Radiador
			Partida	Manivela
			Sistema	03 correias em "V"
		Dimensões	Nº mudanças	F6 – R2
			Comprimento	2380 mm
			Altura	1224 mm
		Direção	Largura	830 mm
	Rabiça			
Pneu	Dianteiros	600-12 (24LB)		
	Traseiros	600-12 (24LB) Recom.		
Freios		Central (disco)		
Acessório: Com enxada rotativa	Peso	508 kg		

... continuação do quadro de referências:

Fabricante: Yanmar Modelo: TC14 Preço: 14.800,00		Motor	Potência	14 cv	
			RPM	2400 rpm	
Acessório: Com enxada rotativa		Transmissão	N.º Cilindros	1 Cil.	
			Arrefecimento	Radiador	
			Partida	Manual/Elétrica	
			Sistema	03 correias em "V"	
			Nº mudanças	F6 – R3	
		Dimensões	Comprimento	2215 mm	
			Altura	1224 mm	
			Largura	824 mm	
		Direção	Rabiça		
		Pneu	Dianteiros	600-12 (24LB)	
			Traseiros	600-12 (24LB)	
Freios					
Peso	433 kg				

Fabricante: Yanmar Modelo: 1030 H Preço: N/D		Motor	Potência	26 Cv	
			RPM	2700 rpm	
Acessório:		Transmissão	N.º Cilindros	2 Cil.	
			Arrefecimento	Radiador	
			Partida	Elétrica	
			Sistema	Caixa de mudanças	
			Nº mudanças	F8 – R2	
		Dimensões	Comprimento	1540 mm (entre eixos)	
			Altura	1340 mm (volante)	
			Largura	1280 mm	
		Direção	Volante com dir. hidrostático		
		Pneu	Dianteiros	4.00-15	
			Traseiros	9.5/9-24	
Freios	Com sapatas expansíveis				
Peso	1210 kg				

... continuação do quadro de concorrentes:

<b>Fabricante:</b> Yanmar <b>Modelo:</b> 1145-4 <b>Preço:</b> N/D		<b>Motor</b>	<b>Potência</b>	<b>39 cv</b>
			RPM	<b>2700 rpm</b>
		<b>Transmissão</b>	N.º Cilindros	<b>3 Cil.</b>
			Arrefecimento	<b>Radiador</b>
			Partida	<b>Elétrica</b>
			Sistema	<b>Caixa de mudanças</b>
		<b>Dimensões</b>	Nº mudanças	<b>F8 – R2</b>
			Comprimento	<b>3200 mm</b>
			Altura	<b>1340 mm</b>
		<b>Direção</b>	Largura	<b>1280 mm</b>
	<b>Volante com dir. hidráulica</b>			
<b>Pneu</b>	Dianteiros	<b>6.00-12</b>		
	Traseiros	<b>9.50-24</b>		
<b>Freios</b>	<b>Com sapatas expansíveis</b>			
<b>Acessório:</b>	<b>Peso</b>	<b>1480 kg</b>		

<b>Fabricante:</b> Agrale <b>Modelo:</b> 4100.4 <b>Preço:</b> N/D		<b>Motor</b>	<b>Potência</b>	<b>14,7 cv</b>
			RPM	<b>2750 rpm</b>
		<b>Transmissão</b>	N.º Cilindros	<b>1 Cil.</b>
			Arrefecimento	<b>Radiador</b>
			Partida	<b>Elétrica</b>
			Sistema	<b>Caixa de mudanças</b>
		<b>Dimensões</b>	Nº mudanças	<b>F7 – R3</b>
			Comprimento	<b>2200 mm</b>
			Altura	<b>1205 mm</b>
		<b>Direção</b>	Largura	<b>1220 mm</b>
	<b>Volante com dir. hidrostática</b>			
<b>Pneu</b>	Dianteiros	<b>6.50-12</b>		
	Traseiros	<b>8.30-24</b>		
<b>Freios</b>	<b>Com sapatas expansíveis</b>			
<b>Acessório:</b> Bloqueio do diferencial Tração nas 4 rodas	<b>Peso</b>	<b>976 kg</b>		

... continuação do quadro de concorrentes:

<b>Fabricante: Agrale</b> <b>Modelo: 4100</b> <b>Preço: 32.800,00</b>		<b>Motor</b>	<b>Potência</b>	<b>16,2 cv</b>
			<b>RPM</b>	<b>3200 rpm</b>
		<b>Transmissão</b>	<b>N.º Cilindros</b>	<b>2 Cil.</b>
			<b>Arrefecimento</b>	<b>Radiador</b>
			<b>Partida</b>	<b>Elétrica</b>
			<b>Sistema</b>	<b>Caixa de mudanças</b>
			<b>Nº mudanças</b>	<b>F7 – R3</b>
		<b>Dimensões</b>	<b>Comprimento</b>	<b>2650 mm</b>
			<b>Altura</b>	<b>1080 mm (volante)</b>
			<b>Largura</b>	<b>1187 mm</b>
		<b>Direção</b>	<b>Volante com dir. hidrostática</b>	
		<b>Pneu</b>	<b>Dianteiros</b>	<b>6.45-13</b>
			<b>Traseiros</b>	<b>7.50-18</b>
<b>Freios</b>	<b>Com sapatas expansíveis</b>			
<b>Acessório: Kit GLP (gás natural)</b>	<b>Peso</b>	<b>1045 kg</b>		

Segundo estudo realizado por Resende (1995), referente à utilização dos vários tipos de microtratores, conclui-se que os mesmos foram projetados para executar tarefas básicas e geralmente possuem um projeto modular que permite a construção do trator aos poucos. A maioria dos seus componentes é normalizada e por isso são facilmente encontrados no mercado.

Os microtratores de duas rodas com rabiças apresentam problemas de ergonomia devido à postura do operador e pouca estabilidade com alto risco de acidentes. Os microtratores convencionais são escalas reduzidas de tratores de grande porte e são de custo elevado para os pequenos produtores brasileiros.

Os microtratores articulados são os que apresentam melhor manobrabilidade, agilizando o trabalho em áreas restritas, como no final das linhas de plantio e próximo às cercas. Em sua maioria utilizam sistema hidráulico de direção; de elevado custo para o pequeno produtor. Possuem dois módulos: um que incorpora o sistema de tração e outro onde fica o operador.

Os microtratores de jardim não são robustos e possuem pouca potência. Os tratores de esteiras são indicados para serviços que necessitam de elevada capacidade de tração e apresentam pouca compactação do solo. Por outro lado, sua movimentação em estradas pavimentadas é difícil. Os tratores para terrenos declivosos possuem pequenos vãos livres verticais dificultando seu trânsito nas lavouras e tornando-os pouco versáteis.

**APÊNDICE C – Matriz de Roth: matriz de apoio à identificação das necessidades dos clientes**

Ciclo de vida	Atributos básicos do Produto									
	Funcionamento	Estética	Ergonomia	Economia	Segurança	Confiabilidade	Legalidade	Normalização	Modularidade	Impacto ambiental
Projeto	<p>Ser um projeto modular, multifuncional, que permita a ampliação da gama de equipamentos a serem acoplados</p> <p>Ser uma máquina de quatro rodas</p> <p>Ter tração nas 4 rodas</p> <p>Ter potência prevista entre 7 e 20 HP</p> <p>Ser capaz de acompanhar as ondulações do terreno</p> <p>Ter boa estabilidade e baixo centro de gravidade (uso em terrenos com declividade máxima de 40%)</p>		Ter assento escamoteável	Ter custo de aquisição, operação e manutenção acessíveis ao pequeno produtor (max R\$ 16.000,00 custo do trator e R\$ 10,00 por hora de operação)	<p>Ser livre de pontas e arestas cortantes</p> <p>Ter proteção para o operador</p> <p>Ter proteção a arestas e pontas</p> <p>Respeitar as distâncias de alcance dos membros (braços e pernas) aos comandos</p>	<p>Ter vida útil de 10.000 horas ou 10 anos com possibilidade de atualização</p> <p>Ter desempenho de alta confiabilidade</p> <p>Ser robusto/ durável</p> <p>Ser resistente às intempéries (corrosão, chuva, calor, lama etc.)</p>		Ter capacidade para adotar o padrão de acoplamento de equipamentos existente	Ser um projeto modular, multifuncional, que permita a ampliação da gama de equipamentos a serem acoplados	Ter maior desempenho tratório, oferecendo menor patinagem e compactação do solo
Produção	<p>Ter filosofia de componente base</p> <p>Ser de fácil e simples fabricação, utilizando apenas equipamentos e ferramentas convencionais</p>	Ter boa aparência a fim de promover a empatia do cliente		<p>Ser pintado sem desperdício</p> <p>Ter mínimo tempo de produção</p> <p>Ter baixo custo de fabricação</p>				Ter conexões fixas padronizadas	Ser modular	
Montagem	Ser fácil de regular		Ter facilitada a montagem Ser fácil de trocar partes			Ter uso preferencial de ligações parafusadas		Utilizar materiais e componentes padronizados e de fabricação em massa		

Transporte	<p>Ter capacidade de recolhimento de eixos, peças e braços</p> <p>Ter estrutura que facilite o transporte</p>		<p>Seja de fácil containerização</p> <p>Ter carregamento e descarregamento seguro</p>							
Uso	<p>Ter manual de instruções</p> <p>Ter facilidade para Setup</p> <p>Ter facilitada a utilização de implementos</p> <p>Ser de fácil operação</p> <p>Ser adequado ao solo das propriedades catarinenses</p> <p>Ser capaz de permitir agilidade nas manobras em áreas restritas e no final das linhas de plantio</p> <p>Ser possível utilização severa</p>		<p>Ser ergonômico</p> <p>Ter facilidade para Setup</p> <p>Ter baixo nível de vibração</p> <p>Ter baixo nível de ruído</p> <p>Ter sistema de direção simples e seguro com dimensões e força de acionamento ergonômico</p> <p>Ser capaz de operar a máquina sentado</p>		<p>Ter proteção contra capotamento</p> <p>Ter comandos leves de fácil acesso ao operador e com pequenos movimentos</p>	<p>Ter possibilidade de inspeção visual de elementos consumíveis</p> <p>Ser possível utilização severa</p> <p>Possuir força de tração</p>	Ter manual de instruções			Ser adequado ao solo das propriedades catarinenses
Função	<p>Oferecer maleabilidade no trabalho em diversos terrenos</p> <p>Ter a possibilidade de adaptação de motor existente na propriedade</p> <p>Ter robustez</p> <p>Tracionar, transportar e fornecer potência mecânica às máquinas e equipamentos agrícolas</p>	Ter cor agradável	<p>Ter número reduzido de sistemas dinâmicos</p>	<p>Ter estrutura leve</p> <p>Ter sistemas dinâmicos com componentes simples</p> <p>Ter número reduzido de sistemas dinâmicos</p> <p>Ter baixo consumo energético</p> <p>Ter baixo consumo de componentes renováveis</p>	<p>Ter segurança nos sistemas dinâmicos</p>	<p>Ter qualidade do trabalho</p> <p>Ter componentes robustos</p>			Ter estrutura Modular Resistente	<p>Ter baixo consumo energético</p> <p>Ter baixo consumo de componentes renováveis</p>

Manutenção	Ser facilitado o acesso aos componentes			<p>Ter facilidade de manutenção</p> <p>Ter facilidade de substituição de componentes renováveis</p> <p>Ter minimizado o uso de ferramentas</p> <p>Ter manutenção barata</p>		<p>Ter taxa de falhas mínimas</p> <p>Ter baixa manutenção</p> <p>Ser resistente a quebras;</p>	Ter peças de reposição	Ter uniões normalizadas		
Reciclagem	Utilizar material que aceita acondicionamento		<p>Ser de fácil identificação de materiais</p>	<p>Ser de fácil desmontagem</p> <p>Ser composto por materiais reutilizáveis</p>						Ser composto por materiais recicláveis
Descarte	Utilizar materiais com vida útil semelhantes				<p>Ser de materiais não tóxicos</p> <p>Ter segurança no manuseio</p>					

### APÊNDICE D – Matriz de conversão dos requisitos de clientes em requisitos de projeto

Ciclo de Vida	Atributos	Requisitos de Cliente	Atributos específicos do produto								
			Geometria	Material	Peso/massa	Forças	Cinemática	Controle	Padronização	Qualidade	Geral
Projeto	Funcionamento	Ser um projeto multifuncional	N.º de módulos	Adaptação de motores diversos			Projeto multifuncional				
		Ser uma máquina de quatro rodas									
		Ter tração nas 4 rodas									
		Ter potência prevista entre 7 e 20 HP				Adapt. de motores diversos					
		Ter massa em torno de 500 kg			Massa total						
		Ser capaz de acompanhar as ondulações do terreno									
		Ter boa estabilidade e baixo centro de gravidade (uso em terrenos com declividade máxima de 40%)			Massa total						
	Ergonomia	Ter assento escamoteável									
		Ser projetado com ergonomia (segurança e proteção)	Ergonomia								
	Economia	Ter custo de aquisição, operação e manutenção acessíveis ao pequeno produtor (max R\$ 16.000,00 custo do trator e R\$ 10,00 por hora de operação)					Custo de operação			Custo de aquisição	
										Custo de projeto	
	Segurança	Ter proteção para o operador	Ergonomia								
		Ter proteção a quinas e pontas	N.º cantos vivos e arestas cortantes								
		Respeitar as distâncias de alcance dos membros ( braços e pernas) aos comandos	Altura, largura e comprimento								
	Confiabilidade	Ter vida útil de 10.000 horas ou 10 anos com possibilidade de atualização		Vida útil do equipamento							
		Ter desempenho de alta confiabilidade									
		Ser robusto/durável		Resistência dos materiais							
		Ser resistente às intempéries (corrosão, chuva, etc.)		Resistência dos materiais							
	Normalização	Ter a capacidade de adotar o padrão de acoplamento de equipamentos existente	Adaptação de motores diversos				N.º de operações realizadas	Qtde peças padronizadas	N.º componentes disponíveis no mercado		
	Modularidade	Ser um projeto modular, que permita a ampliação da gama de equipamentos a serem acoplados	N.º componentes do sistema N.º de operações realizadas				N.º módulos		N.º componentes disponíveis no mercado		







**APÊNDICE E – Matriz QFD: Casa da Qualidade (desenvolvido por uma equipe pós-graduandos UFSC)**

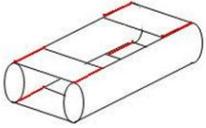
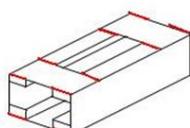
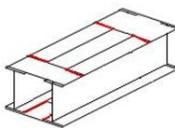
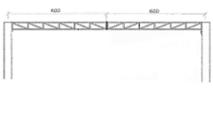
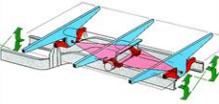
		Requisitos de Projeto																																			
		R\$	horas	%	Unid.	mm	mm	mm	horas	o	10 anos	horas	Unid.	kg	Db	W	Qtde	R\$	Unid.	Mpa	Cv	R\$	%	%	%	Função	R\$	R\$	R\$	R\$	Unid.	Unid.	Unid.	%	%	kgf	
<b>Requisitos de Cliente</b>	<b>Peso</b>	Custo de fabricação	Tempo de montagem	Qtde peças padronizadas	Número de módulos	Altura	Largura	Comprimento	Tempo para por em operação	Ângulo de Giro	Vida útil do equipamento	Tempo de manutenção	Qtde componentes substituíveis	Massa total	Nível de ruído	Potência consumida	Número de operações Realiz.	Custo de projeto	Número de peças	Resistência dos materiais	Força tração	Custo materiais fabricação	Ergonomia	Energia renovável	Adaptação de motores diversos	Projeto multifuncional	Custo de aquisição	Custo de montagem	Custo de manutenção	Custo de operação	N.º comp. Disponíveis no mercado	N.º componentes do sistema	N.º componentes recicláveis	N.º cantos e arestas expostas	N.º processos convencionais de fabricação	Exigência de esforço físico do operador	
Ser um projeto multifuncional	8	1	1	3	1	1	1	1	5	0	0	1	3	0	0	0	5	5	5	5	3	5	1	1	0	5	5	5	1	3	3	5	5	3	1	1	5
Ser uma máquina de quatro rodas	8	1	1	1	0	0	3	1	0	1	0	0	5	5	0	3	0	1	5	3	5	1	0	0	0	3	3	3	3	1	1	0	0	0	1	1	
Ter tração nas 4 rodas	8	5	3	1	0	0	0	0	0	1	1	0	5	3	0	5	1	5	5	1	5	1	0	0	1	0	5	3	3	1	1	0	0	0	1	1	
Ter potência 7 e 20 HP	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	5	0	1	0	3	5	0	0	5	5	5	0	0	3	1	0	0	0	0	0	1	
Ter massa em torno de 500 kg	5	5	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	5	0	5	0	3	0	5	5	5	0	3	5	5	1	0	0	0	0	3	0	0	1	1	
Ser capaz de acompanhar as ondulações do terreno	9	5	0	0	1	5	5	5	0	0	0	0	0	3	0	3	0	1	0	3	5	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0		
Ter boa estabilidade e baixo centro de gravidade (uso em terrenos com declividade máxima de 40%)	8	3	0	0	3	5	5	5	0	0	0	0	0	3	0	3	0	1	1	1	5	0	1	1	1	3	3	1	1	1	0	1	0	0	1	0	
Ter assento escamoteável	7	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	5	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	3	
Ser projetado com ergonomia (segurança e proteção)	7	1	0	1	0	3	3	3	0	5	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	5	0	1	3	0	0	0	1	0	1	0	5	1	5	
Ter custo de aquisição, operação e manutenção acessíveis ao pequeno produtor (max R\$ 16.000,00custo do trator e R\$ 10,00 por hora de operação)	10	5	5	5	1	0	0	0	3	3	5	5	5	0	1	3	5	5	3	1	1	0	1	1	5	5	5	5	5	0	5	0	0	3	0		
Ter proteção para o operador	7	3	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	5	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	1	3	0	
Ter proteção a quinas e pontas	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	5	0	0	

Respeitar as distâncias de alcance dos membros ( braços e pernas) aos comandos	7	1	0	0	0	5	5	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	
Ter vida útil de 10.000 horas ou 10 anos com possibilidade de atualização	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5	3	3	0	0	0	1	3	1	5	3	1	0	0	0	1	1	0	3	3	1	0	1	0	1	0	
Ter desempenho de alta confiabilidade	8	0	0	5	0	1	1	1	1	1	3	3	0	1	0	5	5	0	1	5	3	0	1	0	1	3	3	0	5	3	0	0	0	0	0	3	
Ser robusto/durável	9	3	0	1	1	1	1	1	0	0	5	1	1	1	0	0	0	1	5	5	3	1	0	0	0	5	5	3	3	3	3	3	3	3	0	3	0
Ser resistente aos intempéries (corrosão, chuva, etc)	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0
Ter a capacidade de adotar o padrão de acoplamento de equipamentos existente	7	0	1	3	1	1	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	0	3	5	3	0	0	3	1	1	0	0	1	0	
Ser um projeto modular, que permita a ampliação da gama de equipamentos a serem acoplados	7	3	3	3	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	3	5	5	3	0	3	0	0	0	3	3	3	3	0	3	1	1	0	0	1	0	
Ter maior desempenho tratório, oferecendo menor patinação e compactação do solo	8	3	0	1	0	3	3	3	0	1	0	0	0	3	0	3	3	3	0	0	5	0	0	0	1	1	3	1	1	3	0	0	0	0	0	0	
Ter filosofia de componente base	4	5	5	3	3	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	1	1	3	3	3	3	1	1	3	1	1	0	
Ser de fácil e simples fabricação e manutenção, utilizando apenas equipamentos e ferramentas convencionais	7	5	5	3	0	1	1	1	0	0	3	3	3	0	0	0	0	3	3	3	0	1	0	0	0	3	3	5	5	5	1	1	0	0	5	0	
Ter boa aparência a fim de promover a empatia do cliente	4	3	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	3	0	3	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	
Ser pintado sem desperdício	4	5	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Ter mínimo tempo de produção	5	5	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	3	0	
Ter baixo custo de fabricação	8	5	1	3	3	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	3	3	3	0	0	0	0	5	3	0	5	0	
Ter conexões fixas padronizadas	2	3	3	5	3	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	1	3	0	3	3	0	3	0	0	0	0	0	
Ser fácil de regular	7	0	3	3	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	3	3	5	0	0	0	0	0	5	
Ter facilitada a montagem	8	1	5	3	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	3	1	5	1	0	0	3	0	0	0	0	
Ter uso preferencial de ligações parafusadas	2	3	3	3	3	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	5	3	1	3	3	3	0	3	0	0	0	0	
Utilizar materiais e componentes padronizados e de fabricação em massa	7	5	3	3	1	1	1	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3	3	5	3	5	0	1	0	
Ter capacidade de recolhimento de eixos, peças e braços	7	3	3	1	3	3	3	3	3	3	0	0	1	1	0	3	3	1	1	0	1	3	0	1	1	5	3	3	3	0	3	0	0	1	1		
Ter estrutura que facilite o transporte	8	1	0	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	3	0	1	3	3	1	0	1	0	3	0	0	1	0		

Ser de fácil "containerização"	5	3	3	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	3	0	0	1	0	
Ter carregamento e descarregamento seguro	7	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	0	1	0	3	0	0	1	3	
Ter facilidade para Setup	7	3	5	3	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0	5	0	3	0	0	0	3	
Ter facilitada a utilização de implementos	7	3	3	3	1	1	1	1	3	0	0	0	0	3	0	3	5	3	1	1	3	1	0	0	3	3	1	1	1	3	0	1	0	0	0	5
Ser de fácil operação	8	0	5	1	3	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	1	5	0	3	0	0	0	5
Ser capaz de permitir agilidade nas manobras em áreas restritas e no final das linhas de plantio	8	0	0	0	3	0	3	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	5	
Ser ergonômico	7	3	0	0	1	3	3	3	0	0	0	0	1	5	0	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	1	1	3	0	0	0	3	0	5
Ter baixo nível de vibração	6	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	1	0	3	0	0	3	0	0	0	0	5	0	1	1	1	0	3	0	0	3	0	0	0	3	
Ter baixo nível de ruído	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	3	1	3	0	0	0	5	0	1	1	1	1	3	0	0	3	0	0	0	3	
Ter sistema de direção simples e seguro com dimensões e força de acionamento ergonômico	7	1	1	0	0	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	3	3	3	3	0	1	3	1	1	5	
Ser capaz de operar a máquina sentado	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	3	3	0	1	0	3	1	1	1	5	
Ter proteção contra capotamento	7	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	3	0	0	0	3	1	0	0	0	3	1	0	1	3	
Ter comandos leves de fácil acesso e movimentos curtos	6	3	1	1	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	1	5	0	0	0	1	3	3	3	0	1	1	0	1	5	
Ter possib. de inspeção visual de elementos consumíveis	5	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	
Ter a possibilidade de uso severo	7	1	0	0	1	3	3	3	0	0	5	3	0	0	1	3	3	3	0	3	3	0	0	1	1	1	1	3	3	0	1	0	0	0	0	
Possuir força de tração	10	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	3	1	0	3	3	5	0	0	0	3	3	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	
Ter manual de instruções	6	0	5	0	1	0	0	0	5	0	1	3	0	0	0	0	1	3	1	0	0	0	0	3	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Ser adequado ao solo das propriedades catarinenses	10	1	0	0	1	3	3	3	1	3	3	0	0	3	0	3	3	5	1	3	3	1	0	0	1	3	3	1	3	3	1	1	0	0	0	3
Oferecer maleabilidade no trabalho em diversos terrenos	9	1	1	0	1	5	5	5	0	3	3	0	0	3	0	5	5	1	0	3	5	0	0	0	1	5	3	1	3	3	1	1	0	0	0	3
Ter a possibilidade de adaptação de motor existente na propriedade	7	1	0	0	0	3	3	3	0	0	3	0	0	1	1	3	0	3	3	0	3	0	0	1	5	1	5	5	1	1	1	1	1	0	1	0
Tracionar, transportar e fornecer potência mecânica às máquinas e equipamentos agrícolas	9	3	3	1	3	3	3	3	5	1	3	0	0	1	0	3	5	3	3	3	5	3	1	3	5	5	3	1	3	3	0	1	0	0	0	3
Ter cor agradável	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ter estrutura leve	4	5	0	1	3	1	1	1	0	0	3	0	0	5	0	1	1	3	1	3	3	3	1	0	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ter sistemas dinâmicos com componentes simples	7	5	3	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	3	1	5	1	1	3	1	0	0	0
Ter número reduzido de sistemas dinâmicos	8	3	3	0	3	0	0	0	1	0	3	1	0	0	3	3	0	3	3	0	0	0	0	0	1	0	5	5	5	1	5	5	1	0	1	0

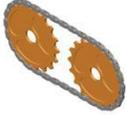
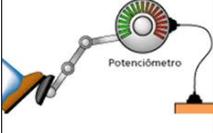
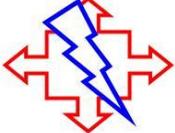
Ter segurança nos sistemas dinâmicos	7	5	3	0	1	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	1	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
Ter qualidade do trabalho	9	1	0	1	0	3	3	3	0	3	0	0	0	3	1	3	5	3	0	3	5	3	3	0	3	5	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0	
Ter componentes robustos	7	3	1	1	0	0	0	0	0	0	3	3	0	3	0	0	3	0	3	5	5	3	0	0	1	3	3	1	5	1	0	3	3	0	3	0	
Ter estrutura modular resistente	8	3	1	1	1	1	1	1	0	0	3	1	0	1	0	0	1	0	0	5	5	3	0	0	1	5	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	
Ter baixo consumo energético	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	1	0	5	3	1	0	0	5	0	0	5	5	3	3	0	1	5	0	0	1	0	0	0	
Ter baixo consumo de componentes renováveis	9	1	3	0	1	0	0	0	0	0	5	3	5	0	0	0	0	3	3	1	0	3	0	5	0	1	1	0	5	3	0	0	5	0	0	0	
Ser facilitado o acesso aos componentes	6	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	0	3	3	1	0	1	5	0	1	0	0	3	5	0	0	0	0	1	0	0	
Facilidade de manutenção	8	0	3	3	3	0	0	0	3	0	5	5	5	0	0	0	3	3	5	5	1	1	0	0	1	1	0	0	5	1	5	3	1	1	0	0	
Ter facilidade de substituição de componentes renováveis	7	0	3	1	0	0	0	0	3	0	3	5	5	0	0	0	0	0	1	1	0	0	5	3	0	1	0	0	5	1	0	0	5	1	0	0	
Ter minimizado o uso de ferramentas na manutenção	7	3	3	3	3	0	0	0	3	0	0	5	3	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	1	3	1	3	5	3	0	1	0	0	0	0	
Ter manutenção barata	8	1	1	3	3	0	0	0	3	0	3	5	3	0	0	3	0	1	3	1	1	1	0	0	1	0	1	0	5	1	0	3	0	0	0	0	
Ter baixa manutenção	8	5	0	3	3	0	0	0	3	0	5	3	5	0	1	0	1	0	5	5	5	3	0	0	3	3	0	0	3	3	0	1	0	0	0	0	
Ser resistente a quebras	8	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	3	3	0	0	1	3	0	1	5	5	3	0	0	1	3	0	0	1	3	0	1	1	0	0	0	
Ter peças de reposição	9	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	5	3	3	0	0	0	
Ter uniões e parafusos normalizados	6	3	0	5	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	5	3	0	5	1	0	1	0	0	
Utilizar material que permite recondicionamento	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	1	0	0	3	0	3	3	0	0	5	0	0	0	
Ser de fácil identificação de materiais	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Ser de fácil desmontagem	7	0	5	3	1	0	0	0	5	0	0	3	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	3	0	3	5	1	0	5	0	0	0	0
Ser composto por materiais reutilizáveis	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	1	1	3	0	3	0	3	0	0	1	0	3	1	0	0	5	0	0	0	0
Ser composto por materiais recicláveis	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	1	1	3	0	3	0	3	0	0	1	0	3	1	0	0	5	0	0	0	0
Utilizar materiais com vida útil semelhantes	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0	0	1	3	3	0	3	0	0	1	1	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Ser de materiais não tóxicos	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
Ter segurança no manuseio	6	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1	0	1	3	5	0	0	5	0	0	0
		1108	748	658	658	557	544	534	590	354	980	658	638	581	192	634	773	836	1062	849	912	494	698	293	756	1098	1060	724	1210	1097	358	874	558	153	358	680	

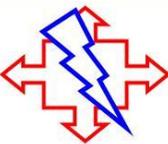
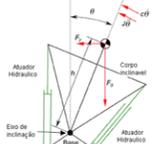
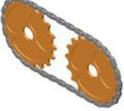
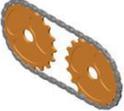
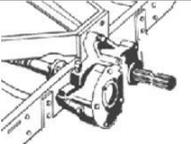
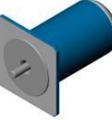
**APÊNDICE F-A: Matriz Morfológica**

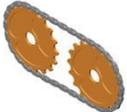
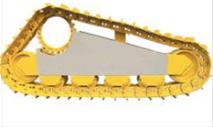
Sustentar Elementos	Tubular Rígida (soldada)	Perfil "U" Rígido (soldada)	Perfil "I" Rígido (soldado)	
				
Fornecer Energia	Motor Combustão (Diesel/Gasolina)	Moto gerador	Unidade Hidráulica	
				
Produzir Rigidez Estrutural	Mão Francesa	Estrutura Treliçada	Torção Livre	
				
Produzir Movimento +	Motor CC com escovas e imã permanente	Motor CC sem escovas	Motor hidráulico de engrenagens	Polias dentadas
				
Variar Movimento +	Transmissão variável contínua	Polias variadoras de velocidade	Inversor de frequência	Válvula Hidráulica
				
Variar	Continua...			

O Apêndice F-A apresenta todas as estruturas de funções que foram geradas na forma de matriz morfológica, do qual serão obtidas as propostas a serem avaliadas. As propostas são combinações de princípios de solução requeridas para cumprir o que foi indicado pela Estrutura de Funções presente na Figura 2.4.

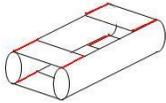
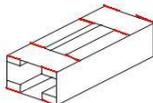
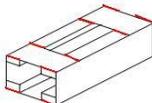
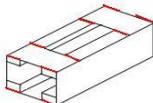
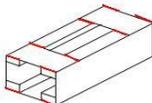
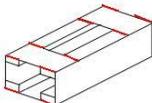
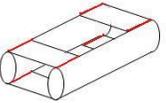
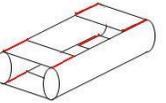
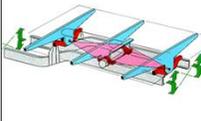
Já no Apêndice F-B tem-se as propostas de concepções obtidas a partir da combinação dos princípios de solução de cada subfunção descrito na matriz morfológica, Apêndice I-A.

Dimensões da Máquina	... continuação da Matriz Morfológica			
	Fuso 	Cilíndrico hidráulico 	Transmissão por corrente 	
Medir Movimento +	Potenciômetro 	Sinal elétrico 		
	Joystick: comando sinais elétricos 	Válvula Hidráulica 	Controle eletrônico de movimento 	Volante (Hidráulica) 
Controlar Variação do Movimento +	Motor de passo 	Fuso 	Cilíndrico hidráulico 	
	Engrenagens cônicas 	Mangueiras p/ motores hidráulicos 	Cabo p/ motores elétricos 	Polias em "V" 
Transmitir Movimento				

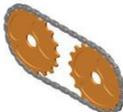
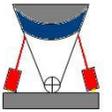
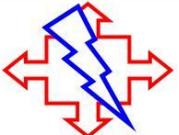
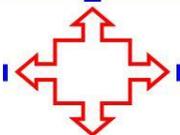
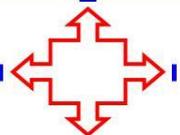
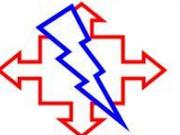
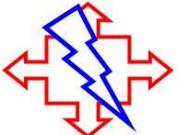
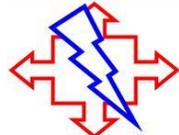
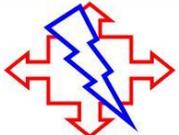
+  Formar Elementos de Controle Estabilidade	Por Gravidade 	Por Pistões hidráulicos 	Cilíndrico hidráulico 	Suspensão telescópica 
	Gravidade 	Sinal elétrico 	Pêndulo Invertido 	Polias dentadas 
Captar Força	Joystick: comando sinais elétricos 	Válvula Hidráulica 	Polias em "V" 	Transmissão por corrente 
	Movimentar Braços  +	Fuso 	Cilíndrico hidráulico 	Polias dentadas 
Acionar Elementos Controle	Cilíndrico hidráulico 	Motor de passo 	Polias dentadas 	Transmissão por corrente 
	Gerar Tomada de Força  +	Tomada de força 	Motor de passo 	Motor hidráulico de engrenagens 
Controlar Implementos	Continua...			

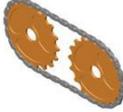
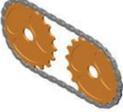
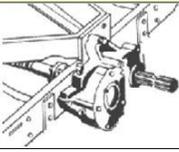
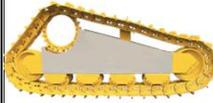
... continuação da Matriz Morfológica				
	<p>Polias dentadas</p> 	<p>Transmissão por corrente</p> 		
Movimen- tação	<p>Esteira de Borracha</p> 	<p>Esteira de aço</p> 	<p>Pneu</p> 	

**APÊNDICE F-B: Concepções alternativas**

	Proposta 01	Proposta 02	Proposta 03	Proposta 04	Proposta 05	Proposta 06	Proposta 07	Proposta 08
<b>Sustentar Elementos</b>	Tubular Rugida (Soldada)	Perfil "U" Rugida (Soldada)	Perfil "U" Rugida (Soldada)	Perfil "U" Rugida (Soldada)	Perfil "U" Rugida (Soldada)	Perfil "U" Rugida (Soldada)	Tubular Rugida (Soldada)	Tubular Rugida (Soldada)
								
<b>Fornecer Energia</b>	Moto gerador	Motor Combustão (Diesel/Gasolina)	Unidade Hidráulica	Unidade Hidráulica	Moto gerador	Moto gerador	Unidade Hidráulica	Moto gerador
								
<b>Produzir Rigidez Estrutural</b>	<b>Combinação de perfis</b>	<b>Combinação de perfis</b>	<b>Estrutura Subchassi</b>	<b>Combinação de perfis</b>	Torção Livre	Mão Francesa	<b>Estrutura Subchassi</b>	<b>Estrutura Subchassi</b>
								
<b>Produzir Movimento</b>  +	Motor CC com escovas e ímã permanente	Polias dentadas	Motor hidráulico de engrenagens	Polias dentadas	Motor CC com escovas e ímã permanente	Motor CC com escovas e ímã permanente	Motor hidráulico de engrenagens	Motor CC com escovas e ímã permanente
								

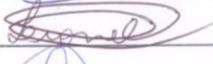


<p><b>+ Transmitir Movimento</b></p>	<p>Cabo p/ motores elétricos</p> 	<p>Engrenagens cônicas</p> 	<p>Mangueiras p/ motores hidráulicos</p> 	<p>Mangueiras p/ motores hidráulicos</p> 	<p>Cabo p/ motores elétricos</p> 	<p>Cabo p/ motores elétricos</p> 	<p>Mangueiras p/ motores hidráulicos</p> 	<p>Cabo p/ motores elétricos</p> 	
	<p><b>+ Formar Elementos de Controle Estabilidade</b></p>	<p>Motor de passo</p> 	<p>Transmissão por corrente</p> 	<p>Por Pistões hidráulicos</p> 	<p>Cilindrico hidráulico</p> 	<p>Fuso</p> 	<p>Motor de passo</p> 	<p>Cilindrico hidráulico</p> 	<p>Motor de passo</p> 
	<p><b>+ Controlar Inclinação Sistema</b></p>	<p>Sinal elétrico</p> 	<p>Polias dentadas</p> 	<p>Célula de posição</p> 	<p>Célula de posição</p> 	<p>Sinal elétrico</p> 	<p>Sinal elétrico</p> 	<p>Sinal elétrico</p> 	<p>Sinal elétrico</p> 
<p><b>Captar Força</b></p>	<p>Joystick: comando sinais elétricos</p> 	<p>Transmissão por corrente</p> 	<p>Válvula Hidráulica</p> 	<p>Polias em "V"</p> 	<p>Joystick: comando sinais elétricos</p> 	<p>Joystick: comando sinais elétricos</p> 	<p>Válvula Hidráulica</p> 	<p>Joystick: comando sinais elétricos</p> 	
	<p><b>Movimentar Braços</b></p>	<p>Transmissão por corrente</p> 	<p>Transmissão por corrente</p> 	<p>Cilindrico hidráulico</p> 	<p>Cilindrico hidráulico</p> 	<p>Fuso</p> 	<p>Fuso</p> 	<p>Cilindrico hidráulico</p> 	<p>Fuso</p> 
<p><b>+ </b></p>									

+ Acionar Elementos Controle	Motor de passo	Polias dentadas	Cilíndrico hidráulico	Transmissão por corrente	Motor de passo	Motor de passo	Transmissão por corrente	Transmissão por corrente
								
Gerar Tomada de Força	Motor de passo	Tomada de força	Motor hidráulico de engrenagens	Motor hidráulico de engrenagens	Motor de passo	Motor de passo	Motor hidráulico de engrenagens	Motor de passo
								
+ Controlar Implementos	Transmissão por corrente	Transmissão por corrente	Cilíndrico hidráulico	Cilíndrico hidráulico	Transmissão por corrente	Transmissão por corrente	Transmissão por corrente	Transmissão por corrente
								
Movimentação	Pneu	Esteira de aço	Pneu	Pernas Mecânicas	Pneu	Esteira de Borracha	Pneu	Pneu
								



# APÊNDICE G: Ata de apresentação

		LISTA DE PRESENÇA			
Título					
Aula de apresentação do Conceito e avaliação de resultados do desenvolvimento conceitual do módulo de potência para agricultura					
Data		Horário	19 horas	Local	Campina da Alegria
PARTICIPANTES					
N.º	Participante	Cargo	(Assinatura)		
01	<input type="checkbox"/> Jandir Pereira				
02	<input checked="" type="checkbox"/> Claudemir				
03	<input type="checkbox"/> Eduardo		Eduardo Schitz		
04	<input type="checkbox"/> Sandro		Sandro Ceade da Silva		
05	<input type="checkbox"/> Maria Lobo				
06	<input type="checkbox"/> Brand José Bellenon				
07	<input type="checkbox"/> Gilberto Dantas				
08	<input type="checkbox"/> Geraldo C. D. Amara				
09	<input checked="" type="checkbox"/> Jussara R. Silva				
10	<input type="checkbox"/> Gilberto Antonio Camargo				
11	<input type="checkbox"/> Claudemir Amegozo		Claudemir Amegozo		
12	<input type="checkbox"/> Wagner da Silva		Wagner da Silva		
13	<input type="checkbox"/> José Luiz F. F. F. F.		José Luiz F. F. F. F.		
14	<input type="checkbox"/> Odione Ranson		Odione Ranson		
15	<input type="checkbox"/> Rafael Ceid. Maceim				
16	<input type="checkbox"/> Maria Cecília Paiva		Maria Cecília Paiva		
17	<input type="checkbox"/> Emerson Carlos S. S.				
18	<input type="checkbox"/> Wilton Cristiano Machado		Wilton Cristiano Machado		
19	<input type="checkbox"/> Cláudia Lúcia Moura				

Código do Formulário	FPR-003 002	Revisão do Formulário	2ª	Data da Revisão do Formulário	16/07/08
----------------------	-------------	-----------------------	----	-------------------------------	----------