

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

Gean Facco Cocco

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA
CORREÇÃO DE DIRECIONAMENTO EM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS
– PROJETO INFORMACIONAL E CONCEITUAL**

Cachoeira do Sul, RS
2021

Gean Facco Cocco

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA CORREÇÃO
DE DIRECIONAMENTO EM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS – PROJETO
INFORMACIONAL E CONCEITUAL**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Campus Cachoeira do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Mecânico**.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Rodrigo Francetto

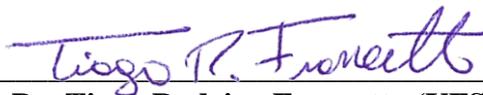
Cachoeira do Sul, RS
2021

Gean Facco Cocco

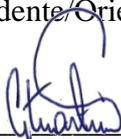
DENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA CORREÇÃO DE DIRECIONAMENTO EM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS – PROJETO INFORMACIONAL E CONCEITUAL

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Campus Cachoeira do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Mecânico**.

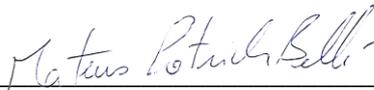
Aprovado em 02 de fevereiro de 2021:



Prof. Dr. Tiago Rodrigo Francetto (UFSM-CS)
(Presidente/Orientador)



Prof. Dr. Alfran Tellechea Martini (UFSM-CS)



Prof. Dr. Mateus Potrich Bellé (IFSC)

Cachoeira do Sul, RS
2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho principalmente aos meus pais e meu irmão por sempre me incentivarem em meus objetivos e sonhos, aos meus colegas e amigos pelo constante apoio, aos professores pelo conhecimento e dedicação pregados e a toda comunidade acadêmica Campus UFSM Cachoeira do Sul.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho ocorreu, principalmente, pelo auxílio, compreensão e dedicação de várias pessoas. Agradeço todos que, de alguma forma, colaboraram para a conclusão deste estudo e, de maneira especial, agradeço:

Aos meus pais, **Selvino e Leuraci**, e a meu irmão **Marcio**, pelo exemplo admirável de vida, amor, incentivo constante e por sempre acreditarem na minha capacidade.

Ao professor, orientador e amigo, **Tiago Rodrigo Francetto**, pela amizade e oportunidades em minha carreira profissional, conselhos, ensinamentos, paciência e pelo exemplo de profissionalismo.

O professor e co-orientador **Antônio Manuel Spencer Andrade**, pelo imenso auxílio, amizade e conselhos.

Aos amigos e colegas de faculdade **Lucas Coimbra, Luiz Fernando Munhoz, João Arthur Bottlender e Irajá de Souza**, que estudaram, ajudaram, beberam, riram, ouviram minhas reclamações e sempre estiveram por perto. Foram momentos difíceis e de muito estudo durante a graduação, mas teremos muitas boas histórias de recordação deste período, e estas sempre vão estar em minha memória.

A todos os professores e amigos que contribuíram diariamente com seu conhecimento e dedicação e que foram importantes na minha jornada acadêmica.

RESUMO

DENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA CORREÇÃO DE DIRECIONAMENTO EM OPERAÇÕES AGRÍCOLAS – PROJETO INFORMACIONAL E CONCEITUAL

AUTOR: GEAN FACCO COCCO
ORIENTADOR: TIAGO RODRIGO FRANCETTO

Considerando os problemas existentes com relação a qualidade na realização das atividades nas lavouras, destaca-se a condução manual nas operações de máquinas agrícolas, na qual se caracteriza por ser cansativa para o operador e por não gerar uma homogeneidade nos serviços. Para contornar essa problemática, faz-se a utilização de sistemas de orientação de precisão, como, o piloto automático. Entretanto, essas tecnologias não são acessíveis a todos os agricultores, devido ao fato de o valor agregado para aquisição ser consideravelmente elevado. Desta forma, o objetivo deste trabalho é desenvolver o projeto informacional e conceitual de um sistema de direcionamento de baixo custo para operações agrícolas. A metodologia de projeto de produto foi aplicada ao desenvolvimento, no qual para este trabalho, o foco foi voltado para a execução apenas da macrofase de planejamento e projeção (projeto informacional e conceitual). Como resultado, na macrofase de planejamento, foi elaborado o escopo do projeto, apresentado a justificativa, objetivos e retrições do projeto. Na fase do projeto informacional, foram elencadas as necessidades dos clientes, na qual estas foram avaliadas, com a finalidade gerar as especificações do projeto, na qual foi fixado valores de metas e formas de avaliar estas. Por fim, na fase de projeto conceitual, construiu-se a estrutura funcional, que permitiu identificar os princípios de solução do projeto, gerando por fim a concepção do sistema de direcionamento que atendia às especificações do projeto. O conceito proposto se mostrou teoricamente eficiente para atender as especificações de projetos e o custo meta.

Palavras-chave: Agricultura de Precisão. Custo de Aquisição. Metodologia de Projeto de Produtos. Piloto Automático.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A LOW-COST SYSTEM FOR CORRECTION OF TARGETING IN AGRICULTURAL OPERATIONS - SPECIFICATION AND CONCEPTUAL DESIGN

AUTHOR: GEAN FACCO COCCO
ADVISOR: TIAGO RODRIGO FRANCIOSI

Considering the existing problems with regard to quality in carrying out activities in the fields, the driving manual for agricultural machinery operations stands out, in which it stands out for being tiring for the operator and for not generating a homogeneous service. To overcome this problem, precision guidance systems are used, such as autopilot. However, these technologies are not accessible to all farmers, due to the fact that the added value for acquisition is considerably high. Thus, the objective of this work is to develop the specification and conceptual design of a low-cost targeting system for agricultural operations. The product project methodology was applied to the development, in which for this work, the focus was turned to the execution only of the planning and design macrophase (specification and conceptual design). As a result, in the planning macrophase, the scope of the project was elaborated, presenting the justification, objectives and retractions of the project. In the phase of the specification designed, the clients' needs were listed, in which they were evaluated, in order to generate the project specifications, in which values of goals and ways of evaluating them were fixed. Finally, in the conceptual design phase, the functional structure was built, which allowed the identification of the project's solution principles, ultimately generating the design of the targeting system that met the project specifications. The proposed concept proved to be theoretically efficient to meet project specifications and target cost.

Keywords: Precision Agriculture. Purchase Cost. Product Project Methodology. Automatic Pilot.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Satélites direcionando sinais de localização para a terra.	14
Figura 02 - Esquema de funcionamento sistema RTK.	15
Figura 03 – Representação do monitor de direcionamento da barra de luzes.	16
Figura 04 - Monitor virtual, simulando o percurso sobre uma linha planejada.....	16
Figura 05 - Piloto elétrico com motor acoplado ao volante.	17
Figura 06 - Modelo de desenvolvimento de produtos.	19
Figura 07 - Desdobramento da função global na estrutura do sistema.....	26
Figura 08 - GPS agrícola Ouback S-Lite.....	28
Figura 09 - Hierarquização dos requisitos do projeto utilizando o QFD (Quality Function Deployment).	33
Figura 10 - Função global.....	35
Figura 11 - Funções parciais.....	36
Figura 12 - Funções elementares.	36
Figura 13 - Concepção do projeto.	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Descrição das atividades do projeto informacional.....	23
Quadro 02 - Descrição das atividades do projeto conceitual.....	24
Quadro 03 – Necessidades dos clientes.....	29
Quadro 04 - Diagrama de Mudge utilizado para valoração dos requisitos dos clientes.....	29
Quadro 05 - Ranking dos requisitos dos clientes.	30
Quadro 06 - Requisitos do projeto.....	31
Quadro 07 - Especificações do projeto.....	34
Quadro 08 - Descrição das funções elementares.	37
Quadro 09 - Matriz morfológica como os princípios de solução para o projeto.	37
Quadro 10 - Matriz de seleção de concepções.	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Agricultura de Precisão
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i>
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
GLONASS	<i>Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO GERAL	11
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICO	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	AGRICULTURA DE PRECISÃO	12
2.2	MECANIZAÇÃO NA AGRICULTURA.....	12
2.3	SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES	13
2.4	SISTEMAS DE AUTODIRECIONAMENTO.....	15
2.5	PILOTO AUTOMÁTICO.....	17
2.6	PROJETO DE PRODUTO	18
2.7	FASES DA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS	19
3	METODOLOGIA.....	22
3.1	PLANEJAMENTO DO PROJETO	22
3.2	PROJETO INFORMACIONAL	22
3.3	PROJETO CONCEITUAL	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	PLANEJAMENTO DO PROJETO	27
4.2	PROJETO INFORMACIONAL	28
4.3	PROJETO CONCEITUAL	35
5	CONCLUSÃO.....	45
6	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS AGRICULTORES, ACADÊMICOS E TÉCNICOS LIGADOS À ÁREA AGRÍCOLA	51

1 INTRODUÇÃO

Atualmente demanda-se elevada quantidade de alimentos para atender às necessidades humanas para alimentação, sendo boa parte deles provenientes da produção na agricultura. Para suprir essa demanda, tem-se buscado cada vez mais a utilização da mecanização nas lavouras. A mecanização agrícola tem como desígnio o emprego adequado dos equipamentos e máquinas agrícolas, visando sua otimização e viabilidade de elevar as produtividades agropecuárias. Aplica-se também a racionalização dos custos e a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente. Dessa maneira, deve-se buscar por novas tecnologias que possibilitem solucionar problemas existentes no campo para atender uma demanda cada vez maior de alimentos.

Dentre as atividades de trabalhos do dia a dia dos agricultores, destaca-se as operações de direcionamento das máquinas agrícolas. Este processo é dado primeiramente pela determinação da área já trabalhada e posteriormente pelo controle e direcionamento da máquina pelo operador para não ultrapassar os limites de área já executados. Essa atividade é de fundamental importância para a realização de todas as operações agrícolas dentro das áreas de trabalho.

As técnicas de condução manuais, são excessivamente cansativas para o operador, requerendo um nível de atenção e concentração elevado durante a realização de todo o serviço. A qualidade do trabalho também fica dependente da perícia e experiência dele, dificultando obter uma homogeneidade no mesmo, o que pode acarretar em maiores custos para o produtor rural. Sendo assim, para contornar essa problemática, faz-se a utilização de sistemas de orientação de precisão, tais como o sistema de posicionamento global, mais conhecido pela sigla inglesa *Global Positioning System* (GPS), e o piloto automático, os quais permitem que as máquinas agrícolas percorram diferentes trajetórias durante o trabalho com o mínimo possível de intervenção humana.

A utilização de piloto automático em máquinas agrícolas resulta em operações mais rápidas, podendo diminuir a fadiga e o estresse do operador. Possibilita maiores jornadas de trabalho, mesmo em condições adversas de visibilidade, como em períodos noturnos, possibilitando reduzir a sobreposição de passadas, consumo excessivo do tempo na operação e consumo de combustível. Entretanto, essa tecnologia não é acessível a todos os agricultores, pois o valor agregado para aquisição desses equipamentos é consideravelmente elevado.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo desenvolver o projeto informacional e conceitual de um sistema de direcionamento de baixo custo para operações agrícolas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisão bibliográfica a respeito dos sistemas de navegação via satélite, de auto direcionamento, pilotos automáticos já existentes no mercado e sua tecnologia, como também as macrofases de planejamento e projeção das metodologias de projeto de produtos existentes na literatura.
- Definir as especificações de projeto.
- Elaborar um conceito de produto que atenda às necessidades dos usuários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A Agricultura de Precisão (AP), é um conjunto de técnicas que permite o gerenciamento localizado dos cultivos e prevê a otimização dos gastos da produção agrícola (LAMPARELLI, 2016). Segundo esse autor, busca-se a utilização de uma metodologia que aborde o melhor rendimento da cultura, levando em conta os aspectos de mapeamento das áreas, fertilidade do solo, entre outros fatores. Para Molin (2001), a AP tem por objetivo aperfeiçoar todas as atividades agrícolas que os agricultores fazem e faziam desde os primórdios. Contudo, uma extensão maior foi empregada, associando o conhecimento acumulado pelas ciências agrárias até o presente momento.

O Brasil é um dos poucos países que apresenta capacidade de expandir sua produção agropecuária. Devido ao aumento populacional, com destaque para o crescimento nos centros urbanos, a demanda por alimentos é cada vez maior, e com isso, grandes oportunidades de negócios para os produtores rurais (TATSCH, 2015). Consequentemente isso motiva cada vez os produtores a investir em novas tecnologias na área de AP com a finalidade de otimizar os investimentos na produção, a fim de obter maiores produtividades e lucros ao final de cada safra (MOLIN, 2017).

Conforme Resende et al., (2010), as práticas mais comuns de AP no Brasil, realizadas por agricultores que fazem uso dessa tecnologia em suas propriedades são:

- Direcionamento via satélite (manual e automáticos).
- Mapeamento de produtividade.
- Variação das taxas de insumos, como corretivos e fertilizantes.
- Mapeamento da fertilidade.
- Divisão das áreas em zonas de manejo diferentes.

2.2 MECANIZAÇÃO NA AGRICULTURA

Com a revolução industrial e os passos tecnológicos subsequentes, a agricultura alcançou um estágio técnico e científico que possibilitou o aumento da produção sem a necessidade de ampliação da área de cultivo (FRANCISCO, 2010). A mecanização agrícola é um importante componente básico na maioria das estratégias de desenvolvimento rural, do aumento da produtividade e da redução de mão-de-obra.

A mecanização da agricultura tem sido um dos pontos chave no desenvolvimento da humanidade (MÁRQUEZ, 2001). O autor afirma ainda que a melhora da qualidade de vida do homem que trabalha no campo, depende da produtividade do seu trabalho que foi ampliada graças à mecanização. Uma produção em alta escala é dependente da mecanização agrícola, assim, o uso das máquinas agrícolas é um dos principais motivos para o aumento da produtividade de trabalho.

O melhor aproveitamento do potencial das máquinas agrícolas ocorre quando o desempenho do sistema que envolve a mecanização for maximizado. O sucesso de muitos empreendimentos rurais está atrelado à eficiência no uso das máquinas e equipamentos agrícolas, que por consequência poderão produzir lucro (HUNT, 1977). Para Hoffman et al. (1978), a mecanização agrícola é toda a incorporação de bens de capital ao processo produtivo, complementando que a utilização da mecanização pode determinar maior intensidade de exploração às atividades agrícolas, aumentando-se a produtividade nas empresas rurais.

No Brasil a mecanização agrícola representa um fator determinante para a competitividade da agricultura brasileira em termos de custos, devido a mesma, assumir a condição de principal fator relacionado ao potencial de redução dos custos atrelados a produção (MILAN, 2004). Da mesma forma, na agricultura moderna, as máquinas com seus implementos possibilitam que o homem realize as tarefas planejadas dentro do calendário agrícola e de acordo com as exigências de qualidade dos serviços, para as mais diversas condições de trabalho (EMBRAPA, 2006).

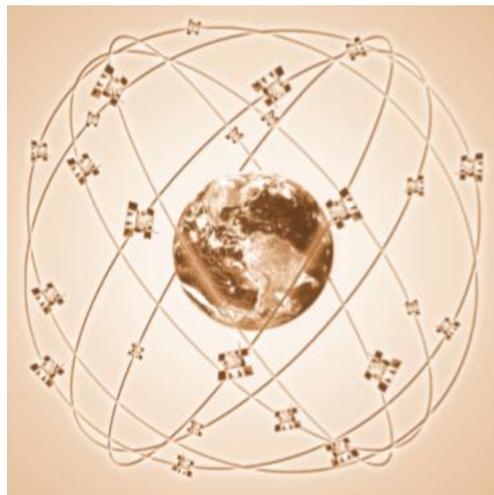
2.3 SISTEMAS DE NAVEGAÇÃO POR SATÉLITES

Desde o começo da humanidade o homem busca maneiras de se orientar na superfície da terra. Assim, surgiram os mapas, as cartas náuticas, a bússola e outros recursos com função de localização geográfica. Dessa maneira, foram criados dispositivos tecnológicos a fim de possibilitar a localização em qualquer lugar da terra de forma mais dinâmica e precisa (SEBEM et. al, 2010). O termo “*Global Navegation Satellite Systems*” (GNSS) surgiu em 1991, e é formado por uma constelação de satélites com cobertura global que permite a localização tridimensional de um objeto em qualquer parte da superfície terra, enviando sinais de posicionamento, velocidade e horário a um receptor situado em uma dada posição no solo, no espaço aéreo ou marítimo (GIOTTO; CARDOSO; SEBEM, 2013). Esse sistema global inclui diversas constelações de satélites, com destaque para “*Global Positioning System*”

(GPS) e o “*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*” (GLONASS) (VENTORIM; DAL POZ, 2016).

O GPS é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, inicialmente com a finalidade de ser o principal sistema de navegação do exército americano. Este é caracterizado por ser um sistema espacial de posicionamento que é utilizado para determinar a posição em relação a um sistema de referência, localizado no terreno (DE CARVALHO e DE ARAÚJO, 2009). O segmento espacial possui atualmente 27 satélites, sendo 24 ativos e 3 reservas, como podem ser observados na Figura 01, organizados em 6 planos orbitais, de forma que em qualquer ponto terrestre, pelo menos 4 satélites acima do horizonte estejam disponíveis as 24 horas do dia (NASA, 2019).

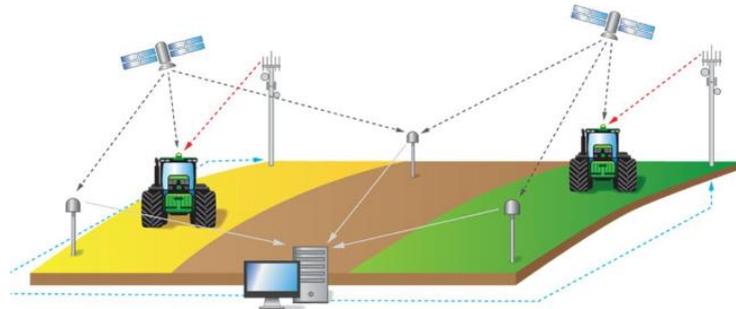
Figura 01 - Satélites direcionando sinais de localização para a terra.



Fonte: DE CARVALHO e DE ARAÚJO (2009).

As tecnologias mais recente empregada aos sistemas de navegação via satélite em operações agrícolas é o “*Differential Global Positioning System*” (DGPS) e o “*Real Time Kinematic*” (RTK), que se caracterizam por ser um sistema capaz de corrigir parte dos erros existentes no sinal do GNSS comum, aumentando a sua precisão. Enquanto no DGPS a correção é realizada por uma base pseudodinâmica entre satélite e base receptora, o RTK funciona com a base estática que se situa próximo ao receptor móvel e envia um sinal de correção do erro do GPS, via sinal de rádio para o conjunto mecanizado (JOHN DEERE, 2019). A Figura 02 mostra ilustrativamente o funcionamento do sistema RTK.

Figura 02 - Esquema de funcionamento sistema RTK.



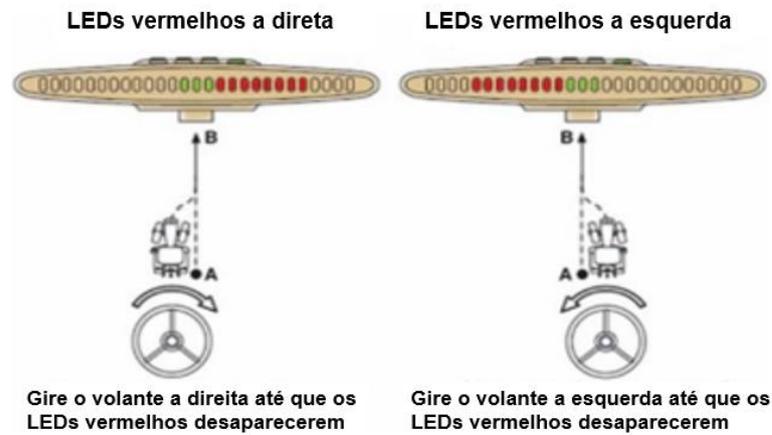
Fonte: JOHN DEERE [2019].

Por meio de cálculos matemáticos, é possível determinar o posicionamento real, o que possibilita aplicar os receptores de GNSS para guiar diferentes tipos de máquinas (SEBEM et al., 2010).

2.4 SISTEMAS DE AUTODIRECIONAMENTO

Uma das primeiras ferramentas com recurso eletrônico para auxiliar a orientação de direção de máquinas e equipamentos agrícolas, responsável por introduzir o GNSS em operações mecanizadas, foi o monitor de direcionamento por barra-de-luz (Figura 03). Esta tem como característica de funcionamento, a utilização de LEDs com diferentes cores para guiar operador a direção pretendida. Esta ferramenta não garante precisão significativa, devido ao direcionamento ser realizado pelo operador (FERNANDES, 2013).

Figura 03 – Representação do monitor de direcionamento da barra de luzes.



Fonte: FERNANDES (2013).

O outro dispositivo existente para auxílio do operador é o monitor virtual (Figura 04), o qual orienta o operador a correta trafegabilidade sobre uma linha planejada, por meio da indicação no display. Este sistema se caracteriza por ser didático e multifuncional, permitindo trabalhar com as principais funcionalidades da agricultura de precisão, como a compatibilidade com os sistemas de auto direcionamento por piloto automático (NEW HOLLAND, 2019).

Figura 04 - Monitor virtual, simulando o percurso sobre uma linha planejada.



Fonte: NEW HOLLAND [2019].

2.5 PILOTO AUTOMÁTICO

Os sistemas de direcionamentos automáticos representam o passo seguinte no processo evolutivo das tecnologias do GNSS na agricultura. Neste contexto, surgiram os sistemas de piloto automático, com o objetivo de facilitar o trabalho do homem no campo, aumentar o rendimento de máquinas, qualidades das operações e diminuir custo operacional (OLIVEIRA, 2009).

No mercado mundial, existem duas versões de piloto automático para máquinas agrícolas, a diferença entre os dois modelos se dá pelo modo de atuação e no sensor de leitura do ângulo das rodas. O primeiro comercializado foi o piloto elétrico, em que o modo de atuação deste corresponde a um motor de corrente contínua diretamente acoplada ao volante do veículo por uma borracha redonda, sob pressão de uma mola, como pode ser observado na Figura 05. A posição das rodas é determinada por meio da leitura de um sensor eletromecânico (*encoder*) instalado no motor elétrico, sendo que por meio de uma relação matemática é possível obter o ângulo de esterçamento das rodas (RAUPP, 2012). Esta versão é caracterizada por ser de maior praticidade na montagem, permitindo que os agricultores possam utilizar o mesmo em diferentes tipos de máquinas agrícolas para diversas atividades, como por exemplo, operações de semeadura, pulverização e colheita.

Figura 05 - Piloto elétrico com motor acoplado ao volante.



Fonte: Adaptado de RAUPP (2012).

O outro modelo existente, o piloto hidráulico, surgiu devido a problemas encontrados no piloto elétrico. Neste, percebe-se dificuldade em utilizar o produto em certos tipos de máquinas, como as que possuem grandes desgastes no conjunto da direção, além de

apresentar problemas de falta de aderência e desgaste entre a borracha que liga o eixo do motor ao volante. No piloto hidráulico, uma válvula hidráulica é diretamente conectada ao cilindro de direção das máquinas agrícolas, tendo por função a atuação no sistema, conferindo respostas rápidas e precisas em qualquer situação de terreno (RAUPP, 2012).

2.6 PROJETO DE PRODUTO

O engenheiro mecânico é o profissional que tem por missão a busca por soluções de problemas técnicos. Para desempenhar plenamente sua função, deve-se basear em conhecimentos das ciências naturais e da engenharia, bem como, restrições legais e ambientais para alcançar objetivos prefixados e autopropostos. Na busca da solução e no desenvolvimento de produtos, o engenheiro atua em uma posição relevante e responsável, onde suas ideias, conhecimentos e talentos determinam as características técnicas, econômicas e ecológicas do produto perante o fabricante e o usuário (PAHL et al., 2005).

A palavra projeto remete a uma forma de executar ou realizar algo no futuro. Segundo Back et al. (2008), afirmam que o projeto de um produto pode ser formulado por um ato, sujeito às restrições de resolução, de planejar uma peça ou um sistema para atender as necessidades estabelecidas. Desta maneira, a evolução de uma ideia até a transformação de um produto necessita de planejamento e conhecimento para que o produto seja eficaz no que se propõe a atender.

Para desenvolvimento de um produto é necessário que haja uma organização, como metodologia de projeto, sendo constituída pelos conhecimentos, métodos e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento (BACK et al, 2008). A sistematização do processo de desenvolvimento de um produto é extremamente importante para a orientação da equipe do projeto e conforme Project Management Institute (2000), um projeto se divide em fases, na quais estas podem ser sequenciais ou com sobreposição uma à outra e quando agrupadas, contemplam o ciclo de vida do projeto.

Na literatura, o número de fases e os processos envolvidos em cada uma delas são denotadas por diferentes tipos de metodologias de projeto descritas por pesquisadores como Romano (2003). Desta maneira, a unificação do processo de desenvolvimento de um produto em um padrão de consenso se torna de fundamental importância. Deste modo, Ogliari (1999), resumiu as metodologias de projeto existentes, englobando 4 fases na etapa de projeção, sendo elas, projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

As metodologias de projeto geralmente, excetuando-se as referências e precursoras do desenvolvimento de produto, são específicas para cada tipo de produto e com enfoque mais específico (BELLÉ, 2016). Desta forma, buscou-se neste trabalho, o enfoque voltado ao desenvolvimento de uma concepção de dispositivo agrícola, e as metodologias e atividades de projeto voltados para este eixo.

2.7 FASES DA METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

O processo de desenvolvimento de um produto é composto por três macrofases: planejamento, projeção e implementação do produto no mercado (ROMANO, 2003). Estas são subdivididas, em oito fases conforme o fluxograma apresentado na Figura 06, o qual também caracteriza o ciclo de vida do projeto. A indicação do sentido do fluxo do projeto constitui a dependência das etapas e ao final do processo, após a validação, ocorre a finalização do mesmo, com o produto já sendo comercializado.

Figura 06 - Modelo de desenvolvimento de produtos.



Fonte: ROMANO (2003).

A macrofase de planejamento envolve os processos de planejamento do projeto, que considera as ações para a elaboração do plano de projeto, visando definir os trabalhos a serem realizados, as restrições, custos do produto para as demais fases (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2000).

A macrofase 2, específica de projeção, envolve os processos para a elaboração do projeto do produto, ou seja, a transformação das informações de necessidades dos clientes em

informações técnicas detalhadas da solução proposta. Esta é subdividida em 4 fases por Romano (2003), sendo estas: projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado do produto.

O projeto informacional caracteriza-se como a fase do projeto de coletar e analisar um conjunto de informações e necessidades dos clientes que especificam o produto com maior clareza a fim de orientar a geração de futuras soluções de projeto. Informações mal coletadas ou não obtidas nesse momento podem implicar na obtenção de soluções que não atenderão a qualidade final esperada pelo cliente, fato que certamente influenciará no sucesso do produto (FREITAS; FONSECA; TRIVELATO, 2007). Ao fim dessa etapa, é gerada as especificações de projeto, que servirão como base para as demais etapas (ROMANO, 2003).

No projeto conceitual, são tomadas decisões em relação a concepção do produto em virtude de uma necessidade observada e destacada na etapa informacional anterior (PENSO, 2003). Desta forma, é preciso que sejam elaboradas saídas alternativas para um mesmo problema, sendo que, posteriormente, pode ser feita a comparação, combinação e escolha da solução a ser usada (RODE, 2016). Além disso, Romano (2003), salienta que, em função da obediência às especificações de projeto, é elaborada e definida a estrutura funcional, na qual são elencados princípios de solução e a definição de qual destes é o mais promissor para a aplicação no produto, já com as restrições de segurança incorporadas.

Segundo Reis (2003), na estrutura funcional, a função global expressa a relação entre as entradas e as saídas de todas as quantidades envolvidas no processo, sendo a última função do sistema técnico. A função parcial ou subfunção, é uma divisão da função global, na qual apresenta menor grau de complexidade. Por fim, a função elementar é o último nível de desdobramento da função global, não admitindo subdivisão. Ao fim da etapa de projeto conceitual, tem-se o estabelecimento da concepção do produto que atenda às especificações de projeto.

A fase de projeto preliminar tem por objetivo de transformar o conceito do produto, obtido durante a fase anterior, no projeto do produto aprovado (BERGAMO, 2014). Esta abrange o detalhamento da concepção definida, produzindo-se o layout preliminar com a determinação das formas que o produto poderá apresentar vislumbrado em desenhos. Nesta etapa, todos os componentes do produto são detalhados separadamente e suas formas são otimizadas, com a finalidade de identificar princípios de solução aplicados a cada um deles, e por fim, a otimização dos desenhos e averiguação de possíveis erros. Tudo isso, a fim de gerar o layout final do projeto e à determinação da viabilidade técnica e econômica (BELLÉ, 2016).

O encerramento da macrofase de projeção no desenvolvimento de produtos é o projeto detalhado, sendo as formas, dimensões e cálculos estruturais são postos para todos os componentes do produto. Posteriormente a isso, pode-se construir o protótipo e analisar sua avaliação de desempenho e execução do plano de ação corretiva se for preciso, tudo isso, com finalidade de aprovar o mesmo e preparar os encaminhamentos de produção dos componentes. Ao final dessa etapa, tem-se disposto o encaminhamento do pedido de investimento para a elaboração da produção (BELLÉ, 2016).

Por último, a macrofase de implementação envolve as ações de implementação da solução técnica proposta e do plano de manufatura para produção do produto, seu lançamento e validação do projeto (ROMANO, 2003).

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto da concepção, foi elaborado em fase tendo como referências as metodologias de projeto descrita por Ogliari (1999) e Romano (2003). A utilização destes métodos visou facilitar a visualização das tarefas de cada fase, auxiliando o planejamento de todas as atividades relacionadas ao projeto, contribuindo para a redução dos erros ou riscos que possam afetar de forma negativa o prosseguimento do projeto. O fluxo das atividades foi realizado de forma que existiu a dependências entre as fases.

Nesse trabalho, foram utilizadas as fases de projeto informacional e projeto conceitual contemplando a etapa de avaliação da concepção elaborada. A razão para tal escolha, deve-se ao fato, de que, o trabalho foi realizado, primeiramente, em ambiente acadêmico, e não possuiu indústrias parceiras para o desenvolvimento do produto, além de considerar a restrições impostas pela pandemia da Covid-19.

3.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO

Dentro da macrofase de Planejamento está contida a fase “Planejamento do Projeto”, que é caracterizada no gerenciamento das tarefas de um novo produto frente às estratégias da empresa (ROMANO, 2003). Neste trabalho, considerou-se como essa etapa o desenvolvimento do escopo do projeto. Este contém o que será desenvolvido no projeto, a justificativa do desenvolvimento do produto, os objetivos do projeto e as suas restrições. Esta atividade foi desenvolvida no TCC I, na qual tinha por objetivo o planejamento desse presente trabalho.

3.2 PROJETO INFORMACIONAL

Nessa fase, realizou-se a aquisição de informações que serviram para embasamento para as especificações do produto. Por meio da análise do funcionamento e características dos pilotos automáticos agrícolas, assim como, avaliação das exigências operacionais para equipamento, foi possível adquirir informações desejáveis e indesejáveis no desenvolvimento do projeto estabelecendo desta forma os principais requisitos do produto. No Quadro 01 são apresentadas as atividades que foram realizadas nesta etapa, juntamente com as respectivas tarefas e mecanismo para realização das mesmas.

Quadro 01 - Descrição das atividades do projeto informacional.

(continua)

Atividades	Tarefas	Mecanismos
Necessidades dos clientes	Definir os clientes/usuários ao longo do ciclo de vida	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto.
	Desdobrar as necessidades dos clientes/usuários em requisitos	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto.
	Valorar os requisitos dos clientes/usuários	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto. Diagrama de Mudge.
Requisitos do projeto	Definir os requisitos de projeto considerando os atributos gerais e específicos.	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto. Desdobramentos dos requisitos dos clientes/usuários em requisitos de projeto.
	Hierarquizar os requisitos de projeto	Matriz da casa da qualidade (1º matriz do QFD)
Especificações do projeto	Definir as especificações de projeto derivadas dos requisitos de projeto	Reunião da equipe de desenvolvimento do produto. Especificações do projeto (valor meta, forma de avaliação, aspectos indesejados).
Avaliar as especificações definidas	Verificar se as especificações de projeto atendem ao escopo do projeto	Análise de especialista

Quadro 01 – Descrição das atividades do projeto informacional

(conclusão)

Atividades	Tarefas	Mecanismos
	Emitir parecer sobre as especificações de projeto	Avaliação das especificações do projeto

Fonte: Autor.

Um das fases do desenvolvimento do projeto de um produto, é a pesquisa sobre as necessidades e requisitos dos consumidores, clientes ou usuários finais deste produto. Este estudo foi realizado com o objetivo de diferenciar os parâmetros que influenciaram na tomada de decisão sobre a concepção. Para obter-se essas informações, foi aplicado um questionário para agricultores, acadêmicos e técnicos ligados à área agrícola, com os parâmetros requeridos quanto a operacionalidade dos pilotos automáticos. O questionário, para respostas online, é apresentado no Apêndice A.

Para que seja possível a visualização da importância de um requisito dos clientes em relação aos outros, foi aplicado o diagrama de Mudge, na qual cada requisito dos clientes foi comparado aos pares, para determinar a importância pertinente de cada requisito.

Em sequência, os requisitos dos clientes, após o processo de valoração, foram desdobrados em requisitos de projeto. Essa atividade foi executada a partir da classificação proposta por Fonseca (2000), na qual os requisitos são agrupados em atributos básicos, atributos do ciclo de vida e atributos específicos. Os requisitos dos clientes são valorados e confrontados com os requisitos do projeto por meio da ferramenta de projeto denominada matriz da casa da qualidade (Quality Function Deployment - QFD).

Na matriz QFD foram colocados os requisitos dos clientes, com os seus respectivos valores obtidos no diagrama de Mudge em confronto com os requisitos do projeto. A hierarquização foi estabelecida mediante a valoração dos requisitos pela equipe de projeto conforme a atribuição de níveis de pontuação de acordo com o grau de afinidade, dependência ou relacionamento dos requisitos.

Na última etapa do projeto informacional, cada requisito de projeto correspondeu a um valor meta e uma descrição de forma de avaliação e aspectos indesejáveis, definindo as características que o novo produto deverá atender, que são as especificações de projeto.

3.3 PROJETO CONCEITUAL

A fase de projeto conceitual apresenta com objetivo principal definir a concepção que atenda as especificações de projeto. No Quadro 02 é apresentado as atividades, tarefas e mecanismos desta fase da projeção.

Quadro 02 - Descrição das atividades do projeto conceitual.

(continua)

Atividades	Tarefas	Mecanismos
------------	---------	------------

Estrutura funcional	Definir a função global	Abstração orientada
	Estabelecer as estruturas funcionais alternativas – subfunções	Diretrizes de desenvolvimento da estrutura funcional
	Analisar e selecionar a estrutura funcionar	Matriz de decisão para seleção
Concepções alternativas	Desenvolver princípios de solução para cada subfunção da estrutura funcional	Métodos discursivos (estudos de sistemas técnicos, catálogos de projeto, matriz morfológica, etc.). Métodos intuitivos (brainstorming). Métodos convencionais (busca na literatura, análise de sistemas técnicos existentes, etc.).
	Combinar os princípios de solução existentes para satisfazer a função global	Matriz morfológica. Critérios de combinação
	Selecionar concepção alternativas mais adequadas	Julgamento de viabilidade Disponibilidade de tecnologia Exame passa/não passa.

Quadro 02 – Descrição das atividades do projeto conceitual.

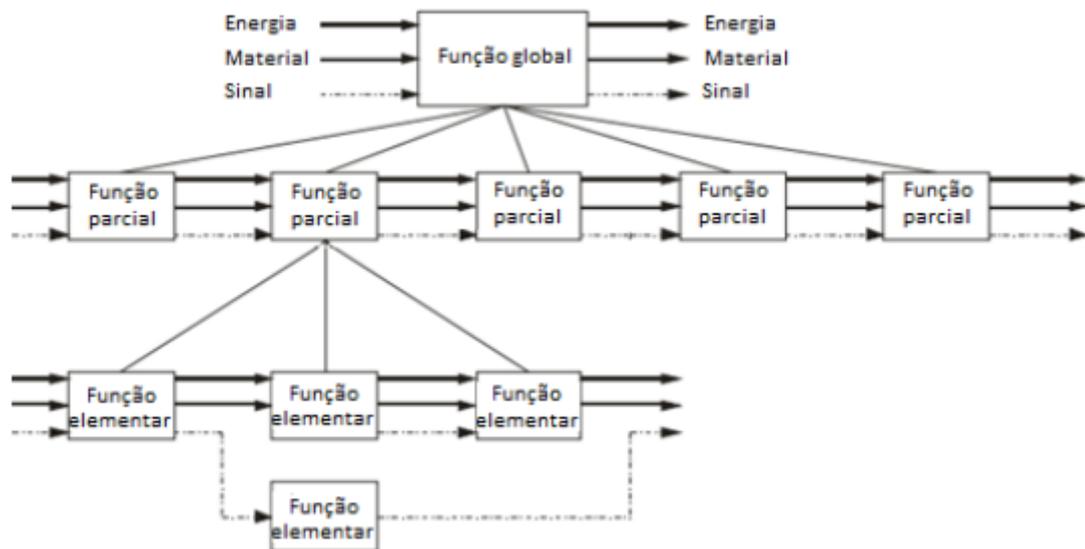
(conclusão)

Atividades	Tarefas	Mecanismos
Selecionar a concepção	Avaliar comparativamente as concepções alternativas em relação as especificações de projeto e o custo meta.	Reunião da equipe desenvolvimento do produto Matriz de decisão para a seleção
	Selecionar a concepção	
Avaliar a concepção selecionada	Verificar se a concepção atende ao escopo	Análise de especialista

Fonte: Autor

A referida fase parte da determinação da estrutura funcional do protótipo e para isso, foi definida a função global do protótipo, baseada nas especificações de projeto e, posteriormente, desmembrada em funções mais simples (funções parciais e funções elementares), com o intuito de facilitar a identificação de princípios de solução. Essas funções foram representadas de forma similar ao ilustrado na Figura 07.

Figura 07 - Desdobramento da função global na estrutura do sistema.



Fonte: BACK et al. (2008).

Posteriormente, foram encontrados os princípios de solução para cada subfunção da estrutura funcional ou mesmo a combinação destas. Esses princípios de solução foram dispostos e sistematizados em forma de matriz morfológica. Em seguida, foi elaborada a matriz de seleção de concepções, em que este método forneceu uma maneira de medir a capacidade das concepções de atender os critérios de avaliação através de uma comparação.

Dessa maneira, cada concepção do produto foi caracterizada e avaliada pelo conjunto das qualidades de seus princípios de solução, resultando em um valor global para cada concepção. E por fim, foram avaliadas as concepções alternativas geradas e selecionado a concepção que a atendeu as especificações de projeto e o custo meta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir deste tópico, estão apresentados os processos que englobaram as fases de desenvolvimento de um sistema de baixo custo para correção de direcionamento em operações agrícolas, expondo as fases de planejamento, aquisição das necessidades dos clientes, elaboração dos requisitos do projeto, elaboração das concepções e os resultados obtidos da avaliação da concepção selecionada.

4.1 PLANEJAMENTO DO PROJETO

Este trabalho apresenta o seguinte escopo: Desenvolver um sistema de baixo custo para correção de direcionamento em operações agrícolas, pois os equipamentos de pilotos automático agrícola disponíveis no mercado possuem elevado valor para aquisição, fazendo com que essa tecnologia não seja acessível a todos os agricultores. Da mesma maneira, as técnicas de condução manual a partir das orientações do GPS são excessivamente cansativas para os operadores, não ocorrendo uma homogeneidade no trabalho, resultando em maiores custos para o produtor. Dessa forma projeto teve por objetivo, comparado com as técnicas condução manual, auxiliar a execução da operação para:

- Reduzir a sobreposição de passadas durante o trabalho.
- Aumentar jornada de trabalho.
- Reduzir a fadiga e estresse do operador.
- Através dos fatores citados anteriormente, proporcionar a redução de custos nas operações agrícolas, bem como disponibilizar uma alternativa simples e de baixo custo comparados aos sistemas de direcionamentos atuais.

Deste modo, para o desenvolvimento do projeto, é necessário definir qual modelo de GPS será utilizado como base para as demais fases de desenvolvimento do sistema de direcionamento. Portanto, foi definido que será utilizado o “GPS agrícola Ouback S-Lite”, que possui tecnologia de orientação por barra de luz, conforme mostrado na Figura 08. Esta escolha deu-se devido à larga utilização desta tecnologia pelos agricultores e pela disponibilidade do mesmo para a equipe de projeto.

Figura 08 - GPS agrícola Ouback S-Lite.



Fonte: Autor.

As restrições identificadas para a realização do projeto foram a instabilidade gerada pela pandemia da Covid-19, que reduziu a possibilidade de reuniões presenciais da equipe de desenvolvimento do projeto, como também a necessidade de realizar o desenvolvimento do projeto em ambientes externos a universidade.

4.2 PROJETO INFORMACIONAL

Com a aplicação do questionário online, foi possível entender quais as reais necessidades e opiniões das pessoas que trabalham no campo tem sobre os sistemas de autodirecionamentos, resultado obtido pela participação de 116 pessoas. Dentre as perguntas presentes no mesmo, destacaram-se as seguintes: “Quais são, na sua opinião, as principais características de um bom piloto automático?”. Como resposta, teve-se a precisão no direcionamento (97,4%), ser utilizados para diferentes operações agrícolas (87,9%), baixo custo de aquisição (64,7%), fácil instalação (56,9%), resistente a poeira e umidade (38,8%), bom funcionamento em altas velocidades (30,2%) e baixo desgaste dos componentes (24,1%).

Da mesma maneira, foi realizada a pergunta: “Quais são, em sua opinião, os principais problemas dos pilotos automáticos existentes?”. Obteve-se como respostas, alto custo de aquisição (86,0%), complexidade de usar o equipamento (27,6%), dificuldade de desmontar das máquinas (19,0%) e baixa precisão (9,5%). No quesito de custos de aquisição dos pilotos

automáticos, foi realizada a pergunta: “Qual o custo máximo admissível para aquisição de um sistema de piloto automático?”. As respostas mais significativas foram, R\$ 6.000,00 à R\$ 9.000,00 (24,1%), R\$ 3.000,00 à R\$ 6.000,00 (23,3%) e 0 à R\$ 3.000,00 (19%).

No Quadro 03 estão apresentadas as necessidades dos clientes. O levantamento deste proporcionou a visualização das características e exigências que o projeto deve atender.

Quadro 03 – Necessidades dos clientes.

Nº	Necessidades dos clientes
1	Ter precisão no direcionamento
2	Ser utilizado para diferentes operações agrícolas
3	Ter baixo custo de aquisição
4	Ter manutenção simples
5	Ser de fácil instalação
6	Ser resistente a poeira e umidade
7	Ter bom funcionamento em altas velocidades
8	Possibilitar longas jornadas de trabalho
9	Equipamento compacto
10	Ser de fácil utilização

Fonte: Autor.

Após as definições das necessidades dos clientes, estas foram transformadas em requisitos dos clientes, e posteriormente estes foram confrontados para a análise comparativa entre eles, utilizando para isso, o diagrama de Mudge, conforme observado no Quadro 04. Para a comparação entre cada um dos requisitos, usou-se os seguintes pesos, sendo levemente mais importante (A= 1 ponto), moderadamente mais importante (B = 3 pontos,) e muito mais importante (C = 5 pontos).

Quadro 04 - Diagrama de Mudge utilizado para valoração dos requisitos dos clientes.

Requisitos dos clientes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	%	Posição
1	Ter Precisão no direcionamento		1C	3B	1C	1C	1C	1C	1C	1B	1A	34	25,56	2
2	Ser utilizado para diferentes operações agrícolas			3C	4A	5A	6 ^a	2B	8B	9A	10B	3	2,26	8
3	Ter baixo custo de aquisição				3C	3C	3B	3C	3B	3B	3B	35	26,32	1
4	Ter manutenção simples					5B	6C	4A	8B	9B	10A	2	1,50	9
5	Ter fácil instalação						6A	5B	8B	9B	10B	7	5,26	7
6	Ser resistente a poeira e umidade							6B	8A	6A	6B	14	10,53	4
7	Ter bom funcionamento em altas velocidades								8B	9B	10B	0	0,00	10
8	Possibilitar longas jornadas de trabalho									8A	8B	17	12,78	3
9	Equipamento compacto										10A	10	7,52	6
10	Possuir fácil utilização											11	8,27	5

Fonte: Autor.

O Diagrama de Mudge realizou o confronto comparativo entre os requisitos dos clientes, de forma que cada uma pode ser comparado com outro, objetivando apresentar qual possui maior grau de relevância. No Quadro 05, é apresentado as necessidades dos clientes ordenados com suas respectivas posições atribuídas pelo diagrama de Mudge.

Quadro 05 - Ranking dos requisitos dos clientes.

(continua)

Posição	Requisitos dos clientes
1°	Ter baixo custo de aquisição
2°	Ter precisão no direcionamento

Quadro 05 – Ranking dos requisitos dos clientes.

(conclusão)

Posição	Requisitos dos clientes
---------	-------------------------

3°	Possibilitar longas jornadas de trabalho
4°	Ser resistente a poeira e umidade
5°	Possuir fácil utilização
6°	Equipamento compacto
7°	Ter fácil instalação
8°	Ser utilizado para diferentes operações agrícolas
9°	Ter manutenção simples
10°	Ter bom funcionamento em altas velocidades

Fonte: Autor.

Após ser feito o Diagrama de Mudge para hierarquizar os requisitos dos clientes, percebeu-se a necessidade da criação de um produto de baixo custo, confiável, resistente e de fácil operação.

Dentre os fatores de menor relevância para o usuário do projeto, destacou-se ter bom funcionamento em altas velocidades, levando em consideração que grande parte das operações agrícolas são realizadas em velocidades menores que 10 km/h.

Elencando os requisitos dos clientes de principal utilidade no projeto, conclui-se que o requisito mais relevante avaliado é o de ter baixo custo de aquisição, devido ao fato, de que o preço de aquisição dos sistemas de autodirecionamento no mercado serem elevados, o que se torna, muitas vezes, um empecilho para os pequenos e médios agricultores adquirirem essa tecnologia. O segundo requisito mais proeminente, é ter precisão no direcionamento, em razão de que nas operações agrícolas, necessita-se de uma uniformidade de trabalho.

Posteriormente, os requisitos dos clientes, após o processo de valoração, foram desdobrados em requisitos de projeto. No Quadro 06 estão apresentados estes requisitos, de acordo com a classificação de Fonseca (2000).

Quadro 06 - Requisitos do projeto.

Classes de atributos	Atributos	Requisitos do Projeto
Atributos	Funcionalidade	Operações

básicos		Velocidades
	Segurança	Segurança do equipamento
		Segurança do usuário
	Confiabilidade	Taxa de falhas
		Erro
Econômico	Custo do produto	
Atributos do ciclo de vida	Fabricabilidade	Fabricação
	Montabilidade	Montagem fácil
		Número de componentes
	Usabilidade	Fácil operação
		Aprendizado
Mantenabilidade	Manutenção fácil	
Atributos específicos	Geometria	Tamanho
	Ponderal	Peso
	Materiais	Custo do material
	Fonte de eletricidade	Característica elétrica
	Automação	Automação

Fonte: Autor.

Definidos os requisitos de projeto, estes por sua vez foram hierarquizados mediante aplicação da ferramenta de projeto QFD, conforme é apresentado na Figura 08. Na matriz QFD foram colocados os requisitos de projeto em confronto com os dos clientes, aproveitando os valores obtidos no diagrama de Mudge. A hierarquização dos requisitos ocorreu conforme o grau de importância e foi possível observar que, os principais requisitos de projeto e que auxiliam na definição das principais funções e desempenho do sistema de autodirecionamento foram: característica elétrica, automação, operações e velocidades.

Figura 09 - Hierarquização dos requisitos do projeto utilizando o QFD (Quality Function Deployment).

Requisitos do projeto

Requisitos dos clientes	Operações	Velocidades	Segurança do equipamento	Segurança do usuário	Taxas de falhas	Erro	Custo do produto	Fabricação	Montagem fácil	Número de componentes	Fácil operação	Aprendizado	Manutenção fácil	Tamanho	Peso	Custo do material	Característica elétrica	Automação	Pontuação Mudge
Ter baixo custo de aquisição	5	5	3	3	3	3	1	1	1	1	0	0	1	1	1	3	3	3	36
Ter precisão no direcionamento	3	5	0	0	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	35
Possibilitar longas jornadas de trabalho	3	1	0	0	5	5	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	5	17
Ser resistente a poeira e umidade	1	0	5	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	14
Possuir fácil utilização	3	1	1	3	0	0	1	0	0	0	5	5	3	0	0	0	0	5	11
Equipamento compacto	0	0	1	1	0	0	0	5	0	5	3	0	3	5	3	3	5	1	10
Ter fácil instalação	0	0	1	1	0	0	3	0	5	5	1	1	0	3	0	1	5	0	7
Ser utilizado para diferentes operações agrícolas	5	5	3	1	5	5	5	0	0	1	1	1	0	0	0	0	3	5	3
Ter manutenção simples	1	0	1	1	0	0	3	3	3	5	0	1	5	0	0	3	3	1	2
Somatório	400	398	217	163	383	383	357	162	77	134	180	67	109	107	66	151	468	450	
Percentual de importância (%)	9,36	9,32%	5,08	3,82	8,97	8,97	8,36	3,79	1,80	3,14	4,21	1,57	2,55	2,50	1,54	3,53	10,96	10,53	
Ordem de importância	3	4	7	9	5	5	6	10	15	12	8	16	13	14	17	11	1	2	

Relação entre os requisitos: forte (5 pontos); médio (3 pontos); fraco (1 ponto), ausente (0 pontos).

Fonte: Autor.

Os requisitos do projeto, foram atribuídas metas de valores e formas de avaliação que auxiliaram no estabelecimento das especificações do projeto. No Quadro 07 são apresentadas as especificações de projeto. Os dados obtidos nesta atividade reúnem as informações básicas para as fases seguintes do projeto, para que possa ser verificado, assim, o atendimento ou não das necessidades apresentadas pelos usuários.

Quadro 07 - Especificações do projeto.

Item	Requisitos	Valor meta	Formas de avaliação
1	Operações	≥ 1	Teste prático
2	Velocidades	≤ 12 km/h	Teste prático
3	Segurança do equipamento	≥ 2 anos	Teste prático
4	Segurança do usuário	Atender a NR 12	Visual
5	Taxa de falhas	≤ 5 %	Teste prático
6	Erro	$\leq 0,01$ m	Medição
7	Custo do produto	\leq R\$ 6.000,00	Viabilidade econômica
8	Montagem fácil	≤ 1 h	Cronômetro
10	Número de componentes	≤ 50	Contagem
11	Fácil operação	Autoexplicativo	Teste prático
12	Aprendizado	≤ 1 h	Cronômetro
13	Manutenção fácil	≤ 15 min	Substituição de peças com tempo reduzido
14	Tamanho	$\leq 0,6$ m ³	Medição
15	Massa	≤ 15 kg	Balança
16	Custo do material	≤ 30 % do custo do produto	Soma dos custos dos matérias
17	Característica elétrica	≤ 12 V	Teste prático
18	Automação	Sim ou não	Visual

Fonte: Autor.

4.3 PROJETO CONCEITUAL

A Figura 10 demonstra o esquema desenvolvido para a função global e as variáveis de entrada e saída. A função global do projeto foi definida pela seguinte sentença: “Direcionar máquinas agrícolas”. Esse sistema de direcionamento resultou em um fluxo de sinal.

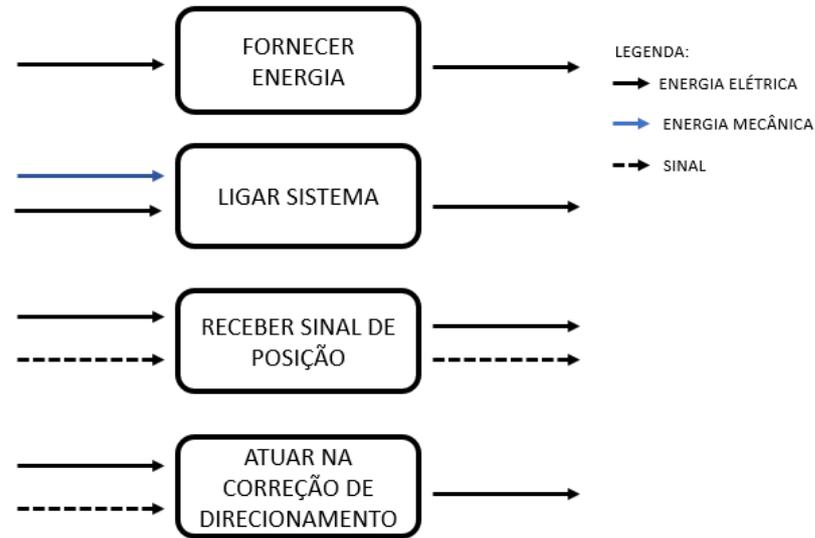
Figura 10 - Função global.



Fonte: Autor.

Posteriormente, a função global foi decomposta em 4 funções parciais, devido à dificuldade em encontrar uma solução que transformasse diretamente os sinais de entrada na correção do direcionamento. Na Figura 11, é apresentado as funções parciais, definidas como “Fornecer energia”, “Ligar sistema”, “Fornecer sinal de posição” e “Atuar na correção de direcionamento”.

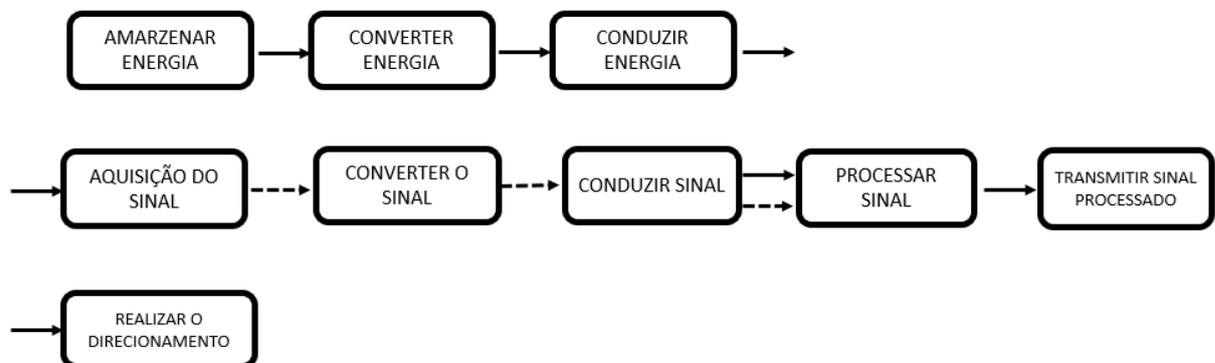
Figura 11 - Funções parciais.



Fonte: Autor.

A partir da definição das funções parciais, foram empreendidos os máximos desdobramentos possíveis, com o objetivo de facilitar a busca por princípios de soluções. Dessa forma as funções parciais foram decompostas em funções elementares, com o intuito de solucionar os requisitos propostos para o projeto. A função parcial “Ligar sistema” não necessitou de desdobramento em funções elementares. A Figura 12 aponta as funções elementares encontradas após o desdobramento das funções parciais.

Figura 12 - Funções elementares.



Fonte: Autor.

Primeiramente, com o objetivo de direcionar máquinas agrícolas, foi verificado que será necessário receber, converter e conduzir a energia elétrica até o sistema. Posteriormente, o operador deverá ligar o sistema, na qual, este então deverá adquirir, converter e conduzir o sinal de posição proveniente do GPS, para um dispositivo que processará/analizará. Com o sinal processado, então deverá realizar o direcionamento.

O Quadro 08 descreve, detalhadamente, cada uma das funções elementares presente na estrutura funcional.

Quadro 08 - Descrição das funções elementares.

Função	Descrição
Armazenar energia	Alimentar o sistema de autodirecionamento
Converter energia	Transformar a energia armazenada para usar no sistema
Conduzir energia	Conduzir a energia até o dispositivo
Aquisição do sinal	Captar o sinal referente a posição da máquina.
Converter sinal	Transformar o sinal de posição em grandeza elétrica
Conduzir sinal	Conduzir sinal elétrico até o dispositivo de processamento.
Processar sinal	Transformar o sinal de posição em sinal de correção de direcionamento
Transmitir sinal processado	Conduzir sinal de correção de direcionamento até o dispositivo de atuação.
Realizar direcionamento	Corrigir percurso

Fonte: Autor.

Após a elaboração da estrutura funcional, foi realizada a matriz morfológica, na qual está apresentada no Quadro 09, que apresenta dos princípios de solução encontrados para as principais funções elementares. Estas soluções foram obtidas por um levantamento de soluções adotadas em sistemas técnicos similares.

Quadro 09 - Matriz morfológica como os princípios de solução para o projeto.

(continua)

Função	Princípio de solução
---------------	-----------------------------

elementar	Princípio alternativo de Solução 1	Princípio alternativo de Solução 2	Princípio alternativo de Solução 3
Armazenar energia	 Bateria 12 V 9Ah	 Bateria 12 V 60 Ah	 Bateria 12 V 150 Ah
Converter energia	 Módulo regulador de tensão	 Conversor de tensão buck boost	-
Conduzir energia	 Cabo USB	 Conectores	-
Ligar sistema	 Chave alavanca	 Botão interruptor	 Chave contato
Aquisição sinal	 Fotoresistor	 Conectores	 Sensor indutivo
Converter sinal	 Módulo de sensor	 Amplificadores operacionais / Resistor	-

Quadro 09 - Matriz morfológica como os princípios de solução para o projeto.

(conclusão)

Função	Princípio de solução
---------------	-----------------------------

elementar	Princípio alternativo de Solução 1	Princípio alternativo de Solução 2	Princípio alternativo de Solução 3
Conduzir sinal	 Conectores	-	-
Processar sinal	 Arduino	 DSP	 BeagleBone
Transmitir sinal processado	 Conectores	-	-
Realizar direcionamento	 Motor de passo / Driver	 Motor CC / Driver	-

Fonte: Autor.

Com a matriz morfológica elaborada, foi construída a matriz de seleção de concepção, na qual está é apresentada no Quadro 10, representando dois conceitos de sistema de autodirecionamento.

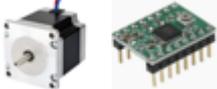
Quadro 10 - Matriz de seleção de concepções.

(continua)

Função elementar	Concepção 1	Concepção 2
Armazenar energia	 Bateria 12 V 150 Ah	 Bateria 12 V 9Ah
Converter energia	 Conversor de tensão buck boost	 Módulo regulador de tensão
Conduzir energia	 Cabo USB	 Cabo USB
Ligar sistema	 Botão interruptor	 Chave alavanca
Aquisição sinal	 Conectores	 Fotoresistor
Converter sinal	 Amplificadores operacionais / Resistor	 Módulo de sensor
Conduzir sinal	 Conectores	 Conectores

Quadro 10 - Matriz de seleção de concepções.

(conclusão)

	Função elementar	Concepção 1	Concepção 2
Processar sinal	 Arduino	 BeagleBone	
Transmitir sinal processado	 Conectores	 Conectores	
Realizar direcionamento	 Motor de passo / Driver	 Motor CC / Driver	

Fonte: Autor.

A concepção 1 foi baseada no custo de aquisição dos componentes, como também, na forma mais simples de realizar o direcionamento. Nesta concepção o armazenamento de energia utilizado é a própria bateria da máquina agrícola. Como esta fonte de energia possui tensão maior que os dispositivos de processamento, adotou-se como solução um conversor de tensão *buck boost*, juntamente com um cabo USB para conduzir a energia. O sistema será ligado por um botão interruptor.

Para realizar a aquisição do sinal de posição proveniente do GPS, utilizará conectores, também conhecidos como *jumpers*. Estes também serão utilizados como conexões entre os componentes para conduzir sinal. Para a função de ajustar o sinal de posição proveniente do GPS, será utilizado sistema de amplificadores operacionais juntamente com resistor.

Da mesma maneira, será adotado como plataforma de prototipagem, o Arduino, pois possui baixo custo de aquisição e fácil ambiente de desenvolvimento. Contudo este possui baixa velocidade de *clock* (mede o número de ciclos por segundo executados pela CPU, em GigaHertz). Para realizar o direcionamento, utilizou-se o conjunto motor de passo e driver, na qual este tipo de motor permite posicionar seu eixo muito precisamente em qualquer posição, já que sua posição e rotação é dívida em vários passos, ou ângulos.

Na concepção 2 o armazenamento de energia utilizado foi uma bateria auxiliar. Como esta fonte de energia também possui tensão maior que os dispositivos de processamento,

adotou-se como solução um módulo regulador de tensão, juntamente com um cabo USB para conduzir a energia. O sistema foi ligado por uma chave alavanca.

Para realizar a aquisição do sinal de posição proveniente do GPS, utilizou-se a tecnologia de sensores fotoresistor, que apresentam bom funcionamento quando devem identificar a presença de luz. Para conduzir sinal foram utilizados os conectores elétricos como conexões entre os componentes eletrônicas. Para a função de ajustar o sinal de posição proveniente do GPS, foi utilizado módulo de sensor fotoelétricos.

Da mesma maneira, adotou-se como plataforma de prototipagem, o *BeagleBone*, na qual possui alto custo de aquisição, ambiente de desenvolvimento mais complexo, quantidade média de memória e alta velocidade de *clock*. Para realizar o direcionamento, utilizou-se o conjunto motor CC e driver.

Com as concepções alternativas geradas, foi então avaliado comparativamente estas. Foi feito nesta etapa a quantificação das características desejadas para cada subfunção estipulada. Assim, por meio da soma das notas podemos concluir qual concepção é a mais adequada. Quanto maior o valor dado para cada quesito, maior sua importância no projeto. A construção da matriz de avaliação foi baseada na seguinte legenda: $vi = 10$ (atende muito bem), $vi = 7$ (atende bem), $vi = 5$ (atende mediamente), $vi = 3$ (atende fracamente) e $vi = 0$ (não atende). No Quadro 11 é apresentada a matriz de avaliação das concepções.

Quadro 11 - Matriz de avaliação das concepções.

(continua)

Especificações de projeto	Peso	Concepção 1		Peso	Concepção 2	
	Pi	Vi	Pi x Vi	Pi	Vi	Pi x Vi
Operações	5	7	35	5	7	35
Velocidades	5	7	35	5	7	35
Segurança do equipamento	3	7	21	3	7	21
Segurança do usuário	3	10	30	3	10	30
Taxa de falhas	5	7	35	5	7	35
Erro	5	7	35	5	5	25
Custo do produto	3	10	30	3	7	21

Quadro 11 - Matriz de avaliação das concepções.

(conclusão)

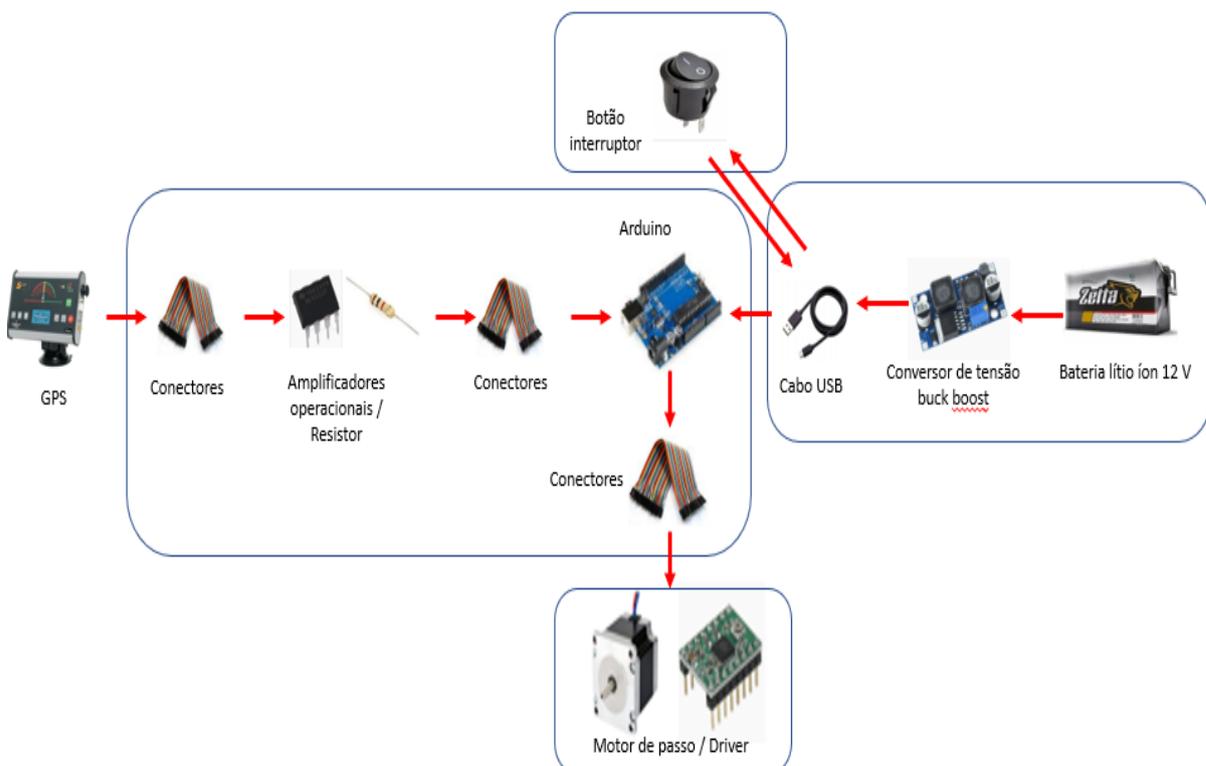
Especificações de projeto	Peso	Concepção 1	Peso	Concepção 2
---------------------------	------	-------------	------	-------------

	Pi	Vi	Pi x Vi	Pi	Vi	Pi x Vi
Montagem fácil	1	5	5	1	5	5
Número de componentes	3	5	15	3	5	15
Fácil operação	3	7	21	3	7	21
Aprendizado	1	10	10	1	10	10
Manutenção fácil	3	5	9	3	5	15
Tamanho	1	5	5	1	5	5
Peso	1	5	5	1	5	5
Custo do material	3	10	30	3	7	21
Característica elétrica	5	10	50	5	7	35
Automação	5	10	50	5	10	50
Total			421			384

Fonte: Autor.

A partir da interpretação da matriz de avaliação, a melhor concepção para atender as especificações de projeto é a concepção 1, na qual a mesma é apresentada na Figura 13.

Figura 13 - Concepção do projeto.



Fonte: Autor.

Pode ser destacados alguns aspectos, tais como: baixo custo de aquisição, simplicidade no projeto e montagem de componentes, bem como interface simples e de fácil operação.

Com a seleção da concepção, foi definido o conceito do protótipo, ou seja, a descrição das características da concepção escolhida.

O conceito do protótipo foi descrito como: “Sistema de correção de direcionamento de máquinas agrícolas microcontrolado por uma placa de Arduino, alimentado com energia pela bateria disponível na máquina, no qual a aquisição do sinal de posição proveniente do GPS é realizada por conectores elétricos, alinhados aos LED do GPS. Além disso, a correção de direcionamento é realizada por um motor de passo acoplado no sistema de direção da máquina”.

5 CONCLUSÃO

Este estudo propôs o projeto informacional e conceitual de um sistema de direcionamento de baixo custo para operações agrícolas. Tendo como principais contribuições: uma revisão bibliográfica a respeito dos sistemas de navegação via satélite, de auto direcionamento, pilotos automáticos já existentes no mercado e sua tecnologia, como também as macrofases de planejamento e projeção das metodologias de projeto de produtos existentes na literatura.

Da mesma maneira, na fase de projeto informacional, foi-se avaliado as necessidades dos clientes, com finalidade de elaborar as especificações do projeto, que serviram de como base para as demais etapas do desenvolvimento. Dentre as especificações, destacaram-se: Automação, na qual o valor meta estipulado foi ser ou não um sistema automatizado; operações, com valor meta de realizar o direcionamento de máquinas no mínimo em uma operação agrícola; velocidades, estipulado valor meta de faixa de trabalho do sistema de no máximo 12 km; custo do produto, na qual foi definido que o preço final do sistema de direcionamento não deve ser maior que R\$ 6.000,00.

A fase de projeto conceitual, gerou o conceito do sistema de direcionamento, elencando os princípios de solução para cada função elementar definida na estrutura funcional. O conceito do projeto foi definido como um sistema de correção de direcionamento de máquinas agrícolas microcontrolado por uma placa de Arduino, alimentado com energia pela bateria disponível na máquina, na qual a aquisição do sinal de posição proveniente do GPS é realizada por conectores elétricos, alinhados aos LED de barras de luzes do GPS. Além disso, a correção de direcionamento é realizada por um motor de passo acoplado no sistema de direção da máquina.

Este conceito se mostrou teoricamente eficiente para atender as especificações de projetos e o custo meta.

Estes resultados servirão como base para projetos novos, como a continuação da macrofase de projeção, elaborando o projeto preliminar e detalhado do sistema de direcionamento.

REFERÊNCIAS

BACK, et al. **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem.** Barueri, SP: Manole, 2008.

BELLÉ, M. P. **Desenvolvimento e avaliação de mecanismo condicionador de palha para descompactação de solo em semeadura direta.** 2016. Tese (Doutorado em Mecanização Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2016.

BERGAMO, R. L. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas para empresas de pequeno e médio porte.** 2014. Dissertação (Mestrado em mecanização agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014. Disponível em: <
<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7591/BERGAMO%2c%20RENATO%20LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 16 abr. 2019.

DE CARVALHO, E. A., DE ARAÚJO, P. C. **Noções básicas de sistema de posicionamento global GPS.** Natal, RN: [S.n.], 2009. Disponível em: <
http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/cursos/Geografia_PAR_UAB/Fasciculos%20-%20Material/Leituras_Cartograficas_II/Le_Ca_II_A08_MZ_GR_260809.pdf>. Acesso em 04 out. de 2019.

EMBRAPA. **Migração rural-urbana, agricultura familiar e novas tecnologias:** coletânea de artigos revistos. Brasília, DF, 2006. Disponível em: <
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158944/1/migracao-rural-urbana.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2021.

FERNANDES, F. **Análise comparativa de sistemas de direcionamento na operação de pulverização terrestre.** 2013. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Agricultura de precisão)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013. Disponível em: <
<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/4811/FERNANDES%2C%20FABIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 out. 2019.

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

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

FREITAS, L. S.; FONSECA, A. M.; TRIVELATO, L. F. L. **“Projeto informacional”**: um ponto de partida para a contribuição da gestão de desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. ENEGEP [...]. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr610457_0047.pdf >. Acesso em: 16 abr. 2019.

GIOTTO, E.; CARDOSO, C. D. V.; SEBEM, E. **Projeto CR campeiro**: fundamentos de cartografia e de GPS aplicados a Agricultura de Precisão. Santa Maria, RS: UFSM, 2013, 47p. Disponível em: < <http://www.crcampeiro.net/Curso/cursos/basico/pdf/GNSS.pdf> >. Acesso em: 08 jan. 2021.

HOFFMANN, R. **Administração da empresa agrícola**. 2. ed. São Paulo: Ed. Pioneira, 1978.

HUNT, D. **Farm power and machinery management**. Ames: Ed. Iowa State University, 1977.

JOHN DEERE. **Soluções RTK, soluções de Gestão Agronômica (AMS)**. [S.l.: s.n.], [2019?]. Disponível em: <<https://www.deere.pt/pt/solu%C3%A7%C3%B5es-de-gest%C3%A3o-agron%C3%B3mica/receptores-e-monitores/solu%C3%A7%C3%B5es-rtk/>>. Acesso em 04 out. de 2019.

LAMPARELLI, R. A. C. **Agricultura de precisão**. Agência Embrapa de Informação. [S.l.: s.n], 2016.

MÁRQUES, L.D. **Maquinaria para la preparación del suelo, la implantación de los cultivos y la fertilización**. Madrid: Ed. Blake y Helsey España S.L..2001.

MILAN, M. **Desempenho operacional e econômico de sistemas mecanizados agrícolas**. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiróz da Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2004.

MOLIN, J P. **Agricultura de Precisão: Números do mercado Brasileiro**. [S.l.: s.n], 2017. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/20171104BoletimTcnico03NdoMercadoBR.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2020.

MOLIN, J. P. **A realidade de hoje na agricultura de precisão**. Informativo da Fundação ABC, Castro: [S.n.], 2001.

NASA. **What is GPS?**. [S.l.: s.n], 2019. Disponível em: <https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/what_is_gps/>. Acesso em 04 out. de 2019.

NEW HOLLAND. **Tela FM-750**. [S.l.: s.n], [2019]. Disponível em: <<https://agriculture.newholland.com/lar/pt-br/plm/produtos/telas-plm/tela-fm-750>>. Acesso em 09 out. de 2019.

OGLIARI, A. **Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicação no domínio de componentes de plástico injetados**. 1999, Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999, 349p.

OLIVEIRA, T. C. A. de. **Estudos sobre desempenho de sistemas de piloto automático em tratores**. 2009. Tese (Doutorado em Máquinas Agrícolas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-10112009-150847/en.php>>. Acesso em 10 out. de 2019.

PAHL, G.et al. **Projeto na engenharia**. Editora Edgard Blücher, 2005.

PENSO, C. C. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos na Indústria de Alimentos**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86514/222453.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em 16 out. de 2019.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimentos do gerenciamento de projetos**. (PMBOK Guide). Pennsylvania: Project management institute, 2000.

RAUPP, L. F. **Piloto Automático para Veículos Agrícolas**. 2012. Trabalho de conclusão de curso(em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2012 Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/166286/PFC-20112-LuizFelipe%20Raupp.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em 10 out. de 2019.

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

RESENDE, A. V. et al. **Agricultura de Precisão no Brasil: Avanços, Dificuldades e Impactos no Manejo e Conservação do Solo,...** 2010. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29842/1/Agricultura-precisao.pdf> >. Acesso em: 01 out. 2019.

RODE, A. C. **Projeto informacional, conceitual e preliminar de uma Casa Flutuante**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (em Engenharia Naval)-Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, SC, 2016 .Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/171586/TCC%20-%20Ana%20Clara%20Rode.pdf?sequence=1&isAllowed=y> >. Acesso em 16 out. de 2019.

ROMANO, L. N. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/86408> >. Acesso em 16 out. de 2019.

SEBEM, E. et al. **Fundamentos de cartografia e o Sistema de Posicionamento Global GPS**. Santa Maria: UFSM/ Colégio Politécnico/ Departamento de Engenharia Rural, 2010.

TATSCH, M. P. **Modelo de referência para o processo de gestão da produção agrícola: ênfase na mecanização**. 2015. 35p. Tese (Doutorado Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2015.

VENTORIM, B. G.; DAL POZ, W. R. **Avaliação do desempenho dos sistemas GPS e GLONASS no posicionamento por ponto preciso, combinados e individualmente**. Boletim de Ciências Geodésicas. Viçosa, MG: [S.n.], [2016]. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/bcg/v22n2/1982-2170-bcg-22-02-00265.pdf> >. Acesso em: 03 out. 2019.

ZART, C. C. R. **Desenvolvimento e avaliação de um protótipo para mensurar o espaçamento longitudinal entre sementes**. 2019. Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS AGRICULTORES, ACADÊMICOS E TÉCNICOS LIGADOS À ÁREA AGRÍCOLA

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL

Curso de graduação em Engenharia Mecânica

Questionário:

Dados da pesquisa:

Nome do estudante: Gean Facco Cocco

Nome do orientador: Prof. Tiago Rodrigo Francetto

Disciplina: CSEM404 – Trabalho de Conclusão de Curso II.

Na condição de acadêmico do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Campus Cachoeira do Sul, eu, Gean Facco Cocco, elaborei este questionário, o qual foi aprovado por meu orientador. Este questionário visa coletar informações relevantes para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso, na qual tem por tema o desenvolvimento de um sistema de baixo custo para correção de direcionamento em operações agrícolas. Desde já agradeço imensamente pela disponibilidade em participar do questionário.

<p>1- Qual das atividades abaixo descreve seu envolvimento com máquinas agrícolas?</p> <p><input type="checkbox"/> Agricultor <input type="checkbox"/> Pesquisador <input type="checkbox"/> Projetista de Máquinas <input type="checkbox"/> Professor</p> <p><input type="checkbox"/> Vendedor de máquinas agrícolas <input type="checkbox"/> Engenheiro – produção de máquinas agrícolas</p> <p><i>Informações adicionais:</i></p> <hr/>
<p>2- Qual sua cidade e/ou estado?</p> <hr/>
<p>3- Qual(is) máquina(s) você possui em sua propriedade?</p> <p><input type="checkbox"/> Trator <input type="checkbox"/> Pulverizador autopropelido <input type="checkbox"/> Colhedora <input type="checkbox"/> Não se aplica</p> <p><input type="checkbox"/> Outro:</p> <hr/>
<p>4- Qual operação agrícola você julga mais difícil de direcionar uma máquina agrícola?</p> <p><input type="checkbox"/> Pulverização <input type="checkbox"/> Colheita <input type="checkbox"/> Plantio <input type="checkbox"/> Aração <input type="checkbox"/> Não se aplica</p> <p><input type="checkbox"/> Outro:</p> <hr/>

5- Você já faz uso da tecnologia GPS em sua(s) máquina(s) agrícola(s)?

Sim Não Não se aplica

6- Quantos hectares você cultiva? (Se não cultiva nenhuma área, responda 0)

7- Você tem conhecimento sobre a tecnologia ou utilização de Piloto automático em operações agrícolas?

Sim Não Não sabe

8- As operações com piloto automático, em sua opinião, são mais precisas que as operações de direcionamento manuais?

Sim Não Não sabe

9- Qual operação você daria preferência para utilização?

Piloto automático Operação manual Indiferente

10- Quais são, na sua opinião, as principais características de um bom piloto automático?

Precisão de direcionamento Fácil instalação Ser utilizado para diferentes operações agrícolas Bom funcionamento em altas velocidades Baixo desgastes dos componentes Baixo custo de aquisição Resistente a poeira e umidade

Informações adicionais:

11- Como você acha que deve ser o acoplamento de um piloto automático em uma máquina agrícola?

No volante de direção No eixo da direção Não sabe

Informações adicionais:

12- Como você acha que deve ser a montagem de um piloto automático em uma máquina agrícola?

Manual com auxílio de ferramentas Manual sem auxílio de ferramentas
 Com auxílio de ferramental específico

Informações adicionais:

13- Quais são, em sua opinião, os principais problemas dos pilotos automáticos existentes?

- Alto custo de aquisição Baixa precisão Complexidade de usar o equipamento

Informações adicionais:

14- Em sua opinião, para um mecanismo de direcionamento funcionar bem é preciso?

- Ser fácil de instalar Ter manutenção simples Ser resistentes a quebras
 Fácil de trocar peças Possibilitar longas jornadas de trabalho Ser compacto

Informações adicionais:

15- Qual o custo máximo admissível para aquisição de um sistema de piloto automático?

- 0 à R\$ 3.000,00 R\$ 3.000,00 à R\$ 6.000,00 R\$ 6.000,00 à R\$ 9.000,00
 R\$ 9.000,00 à R\$ 12.000,00 R\$ 12.000,00 à R\$ 15.000,00 R\$ 15.000,00 à R\$ 20.000,00

Informações adicionais:

Se você respondeu "Sim " na questão 5 (cinco), informe qual modelo de GPS você possui:



- Monitor direcionamento barra-de-luz (imagem ilustrativa)



- Monitor virtual (imagem ilustrativa)