

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ENGENHARIA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS**

FRANCISCO RONALDO BELEM FERNANDES

**DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE PLANTADORA
DE PALMA FORRAGEIRA**

**FORTALEZA – CEARÁ
2014**

FRANCISCO RONALDO BELEM FERNANDES

**DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE PLANTADORA
DE PALMA FORRAGEIRA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: engenharia de sistemas agrícola

Orientador: Renildo Luiz Mion

**FORTALEZA-CEARÁ
2014**

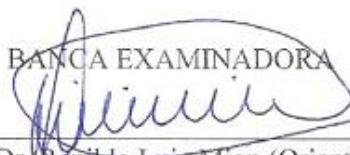
FRANCISCO RONALDO BELEM FERNANDES

DESENVOLVIMENTO E CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE
PLANTADORA DE PALMA FORRAGEIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, do centro de ciências agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em engenharia agrícola. Área de concentração: engenharia de sistemas agrícola.

Aprovada em 28/01/2014,

BANCA EXAMINADORA

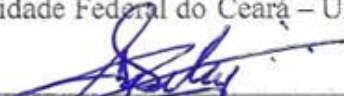


Prof. Dr. Renildo Luiz Mion (Orientador)
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT.



Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra
Universidade Federal do Ceará – UFC



Prof. Dr. Rodrigo Gregório da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE

“Dedico a meus pais, Francisco Luiz Fernandes e
Sebastiana Belém Fernandes, e a meu irmão
Francisco “Belém Fernandes (Junior) e a minha família e amigos.”

AGRADECIMENTOS

A Deus eterno pai e todo poderoso que está presente em todos os momentos de minha vida me concedendo coragem, força e graça para tudo eu vencer com sabedoria e discernimento.

Aos meus pais, Francisco Luiz Fernandes e Sebastiana Belém Fernandes, pelo amor, confiança, dedicação. O alicerce da minha vida, um presente divino.

A Universidade Federal do Ceará pela oportunidade oferecida à realização do curso de Mestrado em Engenharia de Sistema.

À Professor Dr. Renildo Luiz Mion, pela amizade, compreensão e dedicação a mim oferecida durante o curso de mestrado.

Ao Ricardo Andrade, Weberte Alan, pelo apoio em todo período de elaboração e excursão do trabalho, companheirismo, parceria e paciência.

A GERAMOTOS AUTOPEÇAS na pessoa dos seus proprietários Seu Geraldo e Dona Marinete pelo apoio, amizade, atenção, e pelas idéias durante a execução deste trabalho que foram fundamentais no processo desenvolvimento e construção da plantadeira de palma forrageira

Ao Antonio Alves (Neto) funcionário da GERAMOTOS AUTOPEÇAS pelo apoio, amizade e sua dedicação na execução deste trabalho que foram de fundamental importância para a construção da plantadeira de palma forrageira

Minha amiga Carla Moura pela amizade, e apoio durante a construção da plantadeira de palma forrageira

Ao José Lopes (Neto), José Alves (Neto), Helder, Daniel (Professores do IFCE) pelo apoio durante a execução do trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola na pessoa do professor Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra, pelo apoio na execução deste trabalho.

Aos meus irmãos: Neuma, Neide, Toinha, Margarida, Ana Paula, Aparecida Cicera Rejane, Joana Paula e Manoel Luiz pelo apoio, carinho e compreensão.

Ao meu irmão Francisco Belém a quem considero um pai pelo apoio, incentivo em todos os momentos, pela amizade, sem a qual não teria sido possível a realização desse sonho o curso de agronomia.

Aos Professores do curso de Pós- graduação e Engenharia de sistema Agrícola da UFC, pela atenção, amizade e ensinamentos transmitidos.

Aos amigos e colegas: Edibergue, Wener, Erialdo, Marcos, Marcelo, Clíce, Karla com quem eu dividi as dúvidas, mas que acima de tudo por que eles foram parceiros ajudando-me mutuamente durante essa caminhada.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio, por meio da Universidade Federal do Ceará (UFC) e do por meio do Programa de Pós-graduação e pela concessão da bolsa de estudo.

RESUMO

Fernandes, Francisco Ronaldo Belem. Universidade Federal do Ceará, Janeiro 2014 **Desenvolvimento e construção de um protótipo de plantadora de palma forrageira.** Orientador: Prof. Dr. Renildo Luiz Mion, Conselheiros: Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti, Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra, Prof. Dr. Rodrigo Gregório da Silva.

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) é uma espécie de múltiplos usos, nativa do México. A mesma está presente em todos os continentes com diversas finalidades, entre elas na alimentação animal e humano. Um dos grandes desafios na cultura da palma forrageira se deve a falta de mão de obra no campo, dificultando o manejo da cultura, desde o preparo do solo, abertura do sulco na área para plantio, condução e colheita. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e construir uma plantadora de palma forrageira para as condições do semiárido nordestino. O trabalho foi dividido em duas etapas: elaboração do projeto e construção e avaliação do protótipo. A plantadora desenvolvida tem como principais componentes os seguintes elementos: chassis, barra porta ferramenta, sulcador, disco dosador das raquetes, composto de aletas para dar suporte às raquetes, e um sistema de transmissão, formado por uma coroa, um pinhão e corrente. As raquetes são conduzida até o leito do sulco por um tubo condutor, sistema cobridor e rodas compactadoras que funcionam como roda motriz. A metodologia de desenvolvimento do projeto foi baseado na matriz morfológica, servindo como parâmetro para relatar de forma detalhada o conceito preliminar da máquina. A partir da definição dos componentes da máquina definiu-se o leiaute final da mesma permitindo desenhar e construir o protótipo. A avaliação de campo da plantadora permitiu obter como resultado preliminar a capacidade de trabalho teórico de $0,1824 \text{ ha.h}^{-1}$ trabalhando a uma velocidade de $0,422 \text{ m.s}^{-1}$, realizando um plantio com três (3,0) raquetes por metro e uma densidade de 25.253 raquetes por hectare a uma profundidade de plantio de 0,12 m.

PALAVRAS-CHAVE: Projeto de máquinas. Semiárido. *Opuntia ficus-indic*. Matriz morfológica.

ABSTRACT

Fernandes, Francisco Ronaldo Belem. Universidade Federal do Ceará, Janeiro 2014 **Desenvolvimento e construção de um protótipo de plantadora de palma forrageira.** Orientador: Prof. Dr. Renildo Luiz Mion, Conselheiros: Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti, Prof. Dr. Francisco Marcus Lima Bezerra, Prof. Dr. Rodrigo Gregório da Silva.

The cactus pear (*Opuntia ficus -indica* (L.) Mill) is a kind of multiple uses, native to Mexico. The same is present on all continents for various purposes, including in animal and human nutrition. A major challenge in the culture of cactus pear is due to lack of manpower in the field hindering crop management, ranging from soil preparation, furrowing in the area for planting, harvesting and driving. The aim of this study was to develop and build a planter cactus pear for the conditions of semi-arid northeast. The work was divided into two stages: project design, construction and evaluation of the prototype developed The planter will have as main components the following elements: chassis, tool holder bar, trencher, dosimeter rackets, which will consist of fins to support rackets, and a transmission system, comprising a crown and pinion and chain. The rackets will be conducted to the bottom of the groove by a tube driver , hedger system and press wheels to function as driving wheel. The development methodology of the project was based on the morphological matrix, as parameter to report to report in detail the preliminary concept of the machine. From the definition of the components of the machine set up the final layout allowing the same design and build the prototype. A field evaluation of field afforded the planter as a result the capacity as a result of preliminary work theoretical 0.1824 ha.h^{-1} running at a speed of 0.422 m.s^{-1} , performing a planting 3 rackets per meter and a density of 25253 rackets per hectare at a planting depth of 0.12 m.

KEYWORDS: Machine design. Semiarid. *Opuntia ficus-indica*. Morphological matrix.

LISTA DE FIGURA

Figura 01	Fluxograma com as principais etapas do projeto para construção do protótipo.....	30
Figura 02	Trator massey Ferguson modelo MF4275.....	33
Figura 03	Distancia percorrida para determinar velocidade.	34
Figura 04	Detalhes do chassi mostrando com ênfase nas soldas.	37
Figura 05	Detalhe das dimensões das peças que constituem o chassi. A) Dimensões da Haste transversal B) Dimensões da haste longitudinal e C) dimensões da haste da divisória do chassi da plantadora.	38
Figura 06	Sulcador para preparo do solo.	38
Figura 07	Desenho esquemático do disco dosador e tubo condutor.	39
Figura 08	Representa o sistema de transmissão. A) coroa pinhão, B) engrenagens	39
Figura 09	Disco cobridor	40
Figura 10	Roda compactadora do solo em V.....	40
Figura 11	Desenho final do protótipo da plantadora de palma.	43
Figura 12	A- Barra porta ferramenta e base da plataforma, B-plataforma.	44
Figura 13	Sulcador tipo enxada.....	44
Figura 14	A - Disco dosador, B- Rolamento C- Trilho para o rolamento.	45
Figura 15	A: Tubo condutor, B: sistema de condução das raquetes.	46
Figura 16	Sistema de transmissão.....	46
Figura 17	Cobridor.....	47
Figura 18	A: Roda compactadora e motriz B: cobridores e roda compactadora e motriz.....	47
Figura 19	Disco dosador após modificações.....	48
Figura 20	A- cobridor, B- sistemas de segurança.	49
Figura 21	Roda compactadora e motriz no segundo teste.....	49
Figura 22	Suporte para fixar as duas barras suporte da roda compactadora.	50
Figura 23	Roda compactadora e motriz com garras.....	50
Figura 24	Rodas limitadoras de profundidade.	51
Figura 25	Sulco feito pela plantadora no primeiro teste.	52

Figura 26	A- plantio das raquetes, B- distribuição das raquetes de forma irregular, C- roda motriz e compactadora sobre raquete.	52
Figura 27	Espaço entre planta e entre linha.	54
Figura 28	Visão geral do protótipo	59

LISTA DE QUADRO

Quadro 1	Convenções de fases no processo de projetar (Back, 1983).....	28
Quadro 2	Matriz: 01 Matriz Morfológica da plantadora de palma forrageira. Fase 1. Conceito Preliminar	41
Quadro 3	Matriz 2: Matriz: 01 Matriz Morfológica da plantadora de palma forrageira. Fase 1. Conceito detalhado	42
Quadro 4	Orçamento de peças e mão-de-obra para construção do protótipo.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	144
2	REVISÃO DE LITERATURA	166
2.1	Importância palma forrageira no semiárido.	166
2.2	Sistema de plantio da palma.	188
2.3	Mecanização	199
2.4	Plantio mecanizado	21
2.5	Projeto de maquinas.	23
2.6	Etapas de um projeto.	233
2.7	Metodologia de projeto.	255
3	MATERIAL E METODO	288
3.1	Local do estudo.	288
3.2	Fluxograma do método utilizado.	288
3.3	Plantadora de palma.	31
3.4	Dimensionamento	31
3.5	Matriz morfológica	33
3.9	Ensaio de avaliação	333
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	Erro! Indicador não definido.6
4.1	Matriz: 01: Matriz Morfológica da plantadora de palma forrageira. Fase 1. Conceito Preliminar.	366
4.2	Matriz: 02: Matriz Morfológica da plantadora de palma forrageira. Fase 2. Conceito detalhado.	366
4.3	Construção do protótipo	43
4.4	Modificações após o primeiro ensaio	48
4.5	Modificações após o segundo teste	50
4.6	Avaliação de campo	51
4.3.1	Primeiro teste de campo	51
4.3.2	Segundo teste de campo	52
4.3.3	Terceiro teste de campo.	52

5	ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO.	577
6	CONCLUSÃO	588
7	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	599
	REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) é uma espécie de múltiplos usos, nativa do México, país que a explora desde o período pré-hispânico, detendo a maior riqueza de cultivares (REYES-AGUERO et al., 2005). A mesma está presente em todos os continentes com diversas finalidades, entre elas na alimentação animal e humano. Também é utilizado como fonte de energia, na medicina e como cosmético (HOFFMANN, 1995).

Essa forrageira pertence à Divisão: Embryophyta, subdivisão: Angiospermea, classe: Dicotyledoneae, subclasse: Archiclamideae, ordem: Opuntiales e família das Cactáceas (SILVA; SANTOS, 2006). No Nordeste do Brasil são cultivadas duas espécies, conhecidas como *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill e *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm Dyck (FARIAS et al., 2005). A espécie *Opuntia ficus-indica*, também é conhecida como palma graúda, palma-da-índia, palma-grande, palmatória, palma redonda, palma-santa, palma sem espinho, palma-azedo, cactus-burbank, figo-da-índia, figueira-da-barbaria, figueira-da-índia, figueira-do-inferno, figueira-moura e tuna-de-castilha (ARAÚJO FILHO, 2000).

O cultivo da palma visa à subsistência da pecuária nas regiões semiárida de todo o Nordeste do Brasil, onde existe a maior área cultivada do mundo, estimada em 500 mil hectares, distribuídos nos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, (LOPES et al., 2007).

Nos períodos de estiagens prolongadas, a palma é um alimento de grande importância para os rebanhos, pois além de fornecer um alimento verde, supre grande parte das necessidades de água dos animais na época de escassez (SANTOS et al., 2006).

A faixa de solo onde a palma forrageira pode ser encontrada é bem ampla, desde os vertissolos e luvisolos mexicanos até os regossolos e cambissolos italianos. O pH varia de subácido a subalcalino, demonstrando a boa adaptação da espécie. Solos com profundidade de 60 a 70 cm são bons para o desenvolvimento radicular superficial da cultura. Solos mal drenados, lençol freático raso e presença de camada superficial impermeável são prejudiciais ao bom desenvolvimento da planta. O percentual de argila além de 20% contribui para a putrefação das raízes (INGLESE, 2001). Solos salinizados também não são adequados ao cultivo desta planta, pois prejudicam o desenvolvimento das raízes e da parte aérea (DUBEUX JÚNIOR; SANTOS, 2005).

Por ocasião do plantio, a posição do artigo, que é um cladódio, também chamado de raquete e de “folha” pelo produtor, pode ser inclinada ou vertical dentro da cova, com a parte cortada da articulação voltada para o solo, plantada na posição da menor largura do artigo, obedecendo à curva de nível do solo. (SANTOS et al., 2006).

No plantio devem-se enterrar dois terços da raquete, posta na cova ou no sulco verticalmente com uma das faces voltada para o nascente, na direção das linhas, para uma melhor incidência dos raios solares na região fotossintética da planta (SANTOS et al., 2002).

O espaçamento de plantio da palma forrageira varia de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com o consórcio a ser utilizado. Além desses aspectos, considerando que em espaçamento de 2,0 m x 1,0 m consegue-se 5.000 plantas ha⁻¹, enquanto no espaçamento de 1,0 m x 0,25 m a quantidade de plantas é oito vezes maior, ou seja, 40.000 plantas ha⁻¹, sendo necessária, uma maior atenção com as adubações (TELES et al., 2002). O cultivo de palma em espaçamento adensado tem sido o mais utilizado recentemente, porém, os tratos culturais e a colheita são dificultados, aumentando os custos com a mão-de-obra (TELES et al., 2004)

Segundo Maia Neto (2000), a palma no sertão pernambucano alcançou rendimento médio de 400 t.ha⁻¹.ano⁻¹, quando se adotou tecnologia mexicana de produção, e 110 t.ha⁻¹.ano⁻¹ com a tecnologia preconizada pela Empresa de Pesquisa de Pernambuco (IPA).

Um dos grandes desafios na cultura da palma forrageira é a falta de mão de obra no campo dificultando seu manejo, que vai desde o preparo do solo, sulcamento da área para plantio, condução e colheita. Porém na agricultura moderna a mecanização é essencial nas suas atividades que antes eram realizadas somente com tração manual e animal, e hoje são desenvolvidas com o auxílio de máquinas. Permitindo assim obter melhores produtividades e o cultivo de áreas maiores (CUNHA et al., 2009).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver, construir e avaliar em condições de campo um protótipo de uma plantadora de palma forrageira para o semiárido nordestino.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância Palma forrageira no semiárido

A geografia convencional divide o Nordeste brasileiro em zonas Litorânea, Agreste e Sertão. Estas duas últimas formam, essencialmente, a região semiárida, abrangendo 70% da área do Nordeste e 13% do Brasil. A área de domínio da Caatinga compreende 925.043 km², ou seja, 55,60% desta região. Com base na interação entre vegetação e solo, a região pode ser dividida nas seguintes zonas: domínio da vegetação hiperxerófila (34,3%); domínio da vegetação hipoxerófila (43,2%); ilhas úmidas (9,0%) e, agreste e área de transição (13,4%). (SÁ et al., 2004).

A região Nordeste do Brasil apresenta um rebanho bovino de 28.762.119 cabeças, 9.857.754 ovinos e 8.458.578 caprinos, (IBGE, 2010). Segundo Lima et al. (2004), a maioria desse contingente animal tem como base alimentar a utilização de pastagens nativas ou cultivadas. No período das chuvas, a oferta de forragem é quantitativa e qualitativamente satisfatória, porém, na época seca, que representa a maior parte do ano, além da escassez de pastagens, o seu valor nutricional é baixo, prejudicando a produção de carne e leite (LOPES et al., 2005).

A geração de tecnologias capazes de contribuir no processo de transformação desta realidade passa necessariamente pela exploração de culturas mais apropriadas a suportarem as condições de falta de água, altas temperaturas, solos de baixa fertilidade que exijam poucos insumos, fácil manejo no plantio e que forneçam alimento e forragem para a agricultura de subsistência (OLIVEIRA, 2008).

As regiões áridas e semiáridas carecem de uma seleção adequada de plantas, para tornarem seus sistemas agrícolas sustentáveis. Das diversas famílias de plantas que existem nestas áreas, as cactáceas são uma das mais importantes, em virtude dos seus mecanismos de adaptação à escassez de água, o que permite a sua perenidade em ambientes de extrema condição de aridez (ROJAS-ARÉCHIGA; VÁZQUEZ-YANES, 2000; ARAÚJO et al., 2004).

Estas plantas são detentoras de processo fotossintéticos conhecido como metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), que apresenta uma alta eficiência no uso da água,

em virtude da absorção do CO₂ no período noturno e a transformação deste em biomassa pela luz do sol durante o dia, tornando-se uma cultura recomendada para ser explorada nas regiões áridas e semiáridas, onde a água é o principal fator limitante ao desenvolvimento da agropecuária (RAVETTA; MCLAUGHLIN, 1996; FARIAS et al., 2000; SINGH e SINGH, 2003).

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) é a opção de cultura xerófila com maior potencial de exploração no Nordeste, constituindo-se em importante recurso forrageiro nos períodos de estiagens, devido ao seu elevado potencial de produção de fitomassa nas condições do Semiárido (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2009). É uma cultura detentora de grande potencial, capaz de contribuir positivamente na viabilidade econômica das pequenas e médias propriedades, notadamente na alimentação dos rebanhos (GALINDO et al., 2005).

Esta cactácea apresenta características de alta palatabilidade, produção de biomassa e resistência à seca, o que faz desta planta um alimento valioso para os rebanhos desta região (SANTOS et al., 2005). É um alimento muito fornecido aos rebanhos, independente da época do ano. A sua produção é essencial para alimentação dos ruminantes, principalmente em virtude da economia em rações concentradas e pelo aumento da produtividade (LIMA et al., 2004).

A oferta de água é outro sério problema do semiárido nordestino. O rebanho, além de mal alimentado, sofre com o insuficiente suprimento de água para atender às suas necessidades. As palmas forrageiras, além de ser um recurso alimentar muito importante, suas raquetes suculentas aliviam o irregular suprimento hídrico a esses animais, reforçando desse modo a sua importância como fonte de água sendo uma cultura de alto valor para as regiões onde a água é fator limitante (OLIVEIRA, 2006; VIEIRA, 2006; WAAL et al., 2006; BISPO, 2007).

De composição química variável segundo a espécie, idade, época do ano e tratos culturais, a palma é um alimento caracterizado como energético, rico em carboidratos não fibrosos, alto teor de cinzas. Possuem baixos teores de proteína bruta e baixo teor de fibra em detergente neutro (FERREIRA, 2005).

2.2 Sistema de plantio da palma

Atualmente, a região Nordeste do Brasil possui uma área de 550.000 ha ocupada com plantação de palma forrageira, principalmente nos Estados de Alagoas e Pernambuco, este último com maior área cultivada (ARAÚJO et al., 2005).

O plantio da palma usualmente é realizado no terço final do período seco, pois quando se iniciar o período chuvoso os campos já estarão implantados, evitando-se o apodrecimento das raquetes, pois se plantadas na estação chuvosa as raquetes se encontram com um alto teor de água e em contato com o solo úmido, favorece o desenvolvimento de microrganismo e conseqüentemente apodrecimento, diminuindo muito o enraizamento devido à contaminação por fungos e bactérias (SANTOS et al., 2006).

No cultivo da palma, na maioria das vezes, o preparado do solo e o plantio é realizado manual com um artículo por cova na posição vertical, sem padrão definido quanto à orientação norte/sul/leste/oeste, sendo a adubação orgânica a mais utilizada (ALMEIDA, 2011).

Segundo Teles et al. (2002), o espaçamento de plantio da palma forrageira varia de acordo com a fertilidade do solo, quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com o consórcio a ser utilizado. O cultivo de palma em espaçamento adensado tem sido mais utilizado recentemente. Nesses espaçamentos, os tratos culturais e a colheita são dificultados, aumentando os gastos de mão-de-obra.

Além disso, o sistema de produção de palma são influenciados por diversos aspectos, tais como: variáveis climáticas, atributos do solo, tamanho da propriedade, disponibilidade de mão-de-obra, assistência técnica, possibilidade de mecanização, custos de aquisição de insumos, disponibilidade de adubo orgânico, níveis e fontes dos adubos, pragas e doenças, cultivo consorciado ou solteiro e espaçamento utilizado, dentre outros (CARTAZAR; NOBEL, 1986; FARIAS et al., 2005; DUBEUX JUNIOR; SANTOS, 2005).

Na definição de um sistema de plantio de um palmar é muito importante o espaçamento utilizado, em virtude da sua relação direta com a interceptação de luz pela cultura (FARIAS et al., 2005). Este é variável em função da fertilidade do solo, volume das chuvas, objetivo da exploração e se o cultivo for monocultura ou consorciado. Espaçamentos mais adensados estão sendo muito utilizados e nesses ocorre uma maior extração de nutrientes do solo (TELES et al., 2004).

2.3 Mecanização

A modernização da agricultura brasileira tem promovido nos últimos 40 anos uma profunda reestruturação dos espaços produtivos do campo, a partir da incorporação de novas tecnologias nas etapas do trabalho agrícola. A difusão de fatores técnicos, científicos e normativos pelo território brasileiro, possibilitou o aperfeiçoamento das atividades econômicas e a especialização produtiva das regiões, principalmente em áreas com grande aptidão agrícola (SANTOS; VALE, 2012).

A grande extensão de área agricultável no Brasil, o clima favorável que possibilita duas a três safras por ano, devido a grande disponibilidade de água em algumas regiões, a pesquisa agrícola, a mecanização e o uso de insumos químicos, tem sido historicamente uma característica fundamental no desenvolvimento agrícola brasileiro (MELO et al., 2012).

Este processo de modernização técnica da agricultura e integração com a indústria é caracterizado por um lado pela mudança na base técnica nos meios de produção utilizados pela agricultura, materializada na presença crescente de insumos industriais e máquinas. De outro lado, ocorre uma integração de grau variável entre a produção primária de alimentos e matérias primas e vários ramos industriais. A chamada estratégia do agronegócio, que vem crescentemente dominando a política agrícola do país (DELGADO, 2005).

A mecanização agrícola tem como objetivo o emprego adequado dos equipamentos e máquinas agrícolas, visando sua otimização, com a racionalização dos custos. Ela exerce um papel fundamental, pois, além de multiplicar a capacidade produtiva, permite obter maior eficiência na produção agrícola (PERIN, 2008).

Segundo Naresh, et al. (2012), o termo mecanização refere-se a relação entre o homens e equipamentos manipulados por ele em áreas agrícolas. Enquanto que nos países em desenvolvimento, a mecanização significa qualquer ferramenta de melhoria, seja implemento, máquinas ou estrutura que auxilia no aumento da produção dos trabalhadores, multiplicando os esforços humanos, suplementando ou substituindo o trabalho humano.

Witney. (1988) relata que o dimensionamento ótimo do sistema mecanizado para uma propriedade é tarefa difícil, pois as variáveis envolvidas estão em constantes mudanças. No entanto, a disponibilidade de maquinário agrícola de uma propriedade deverá ser suficientemente grande para executar todas as operações que são necessárias realizar durante o ciclo de uma determinada cultura, num período de tempo determinado (TAYLOR, 2001).

No entanto, para cada condição de solo e operação agrícola, existe um equipamento adequado. Observa-se, também, que a maior parte dos equipamentos utilizados na mobilização do solo não atende a algumas dessas condições definidas como ideais (CARVALHO FILHO et al., 2007).

De acordo com Bertol et al. (2006), o preparo do solo é o método mais usual para modificar a rugosidade do solo. Quando o solo é submetido a um sistema conservacionista, onde o preparo é realizado com escarificador, seguido ou não de gradagem, a superfície do solo apresenta-se mais rugosa do que quando submetida ao sistema convencional com arados e grades. Gonçalves et al. (2002) citam também que o efeito do preparo do solo não depende apenas do implemento empregado, mas também da forma e intensidade de seu uso. Às vezes, o efeito benéfico de determinado implemento é anulado pelo seu uso inadequado ou excessivo.

O preparo inicial do solo compreende as operações necessárias para criar condições de implantação de cultura, em áreas não utilizadas anteriormente com essa finalidade. Enquanto que o preparo periódico do solo, e realizado com o intuito de oferecer às sementes que serão colocadas no solo as condições que teoricamente seriam as melhores para o seu desenvolvimento (BALASTREIRE, 1990).

As operações agrícolas que envolvem mobilização e tráfego de máquinas alteram a estrutura do solo e modificam as condições que determinam o ambiente de crescimento radicular (REICHERT et al., 2009).

Segundo Tavares Filho et al. (2001), um diagnóstico da distribuição espacial das estruturas no perfil do solo e do grau da compactação do solo ganha importância para auxiliar na verificação da qualidade do manejo utilizado e também no estabelecimento de limites de compactação que não afetem o crescimento radicular das plantas nos diferentes sistemas de manejo.

A compactação afeta a porosidade total, macroporosidade, capacidade de infiltração de água, aeração e condutividade hidráulica diminuindo a produtividade das culturas e aumentar as perdas de nutrientes, as emissões de gases causadores do efeito estufa e a poluição dos recursos hídricos (LIPIEC et al., 2003). A compactação prejudica o desempenho das máquinas agrícolas, diminuindo a qualidade do trabalho e aumentando a força de tração exigida pelos equipamentos de mobilização do solo (TULLBERG, 2000).

Freddi et al. (2006) observaram que áreas sob diferentes sistemas de manejo apresentam modificações acentuadas na estrutura do solo, resultando numa elevada

variabilidade da resistência a penetração, com consequente formação de camadas compactadas, proporcionadas pelos implementos utilizados. Estas camadas foram observadas principalmente até os primeiros 0,40 m de profundidade.

Os diferentes equipamentos disponíveis para o preparo do solo provocam alterações nas suas propriedades químicas, físicas e biológicas. Cada um trabalha o solo de maneira própria, alterando, de maneira diferenciada, estas propriedades (FALLEIRO et al., 2003). Neste sentido, Souza et al., (2004), destacaram que o cultivo inadequado pulveriza a superfície dos solos, deixando-os mais susceptíveis ao processo de erosão e propiciam a formação de impedimentos físicos logo abaixo das camadas movimentadas pelos equipamentos.

2.4 Plantio mecanizado

Nos dias atuais o uso intensificado de tecnologias e máquinas de colheitadeira e plantadeiras da cana-de-açúcar tem aumentado significativamente. Tendo como fator principal, a questão do aumento da competitividade de preços dos produtos agrícolas, acabou surgindo à necessidade de se inovar para obter níveis de competitividade nacional e internacional.

Segundo Stof, Fernandes e Furlani Neto (1981), no início da década de 70, foi desenvolvido na Austrália um modelo de plantadora de cana que conseguiu uma extraordinária popularidade entre os pequenos produtores, devido ao seu eficiente sistema mecânico de divisão de colmos em rebolos no ato do plantio. A partir de 1977, empresas nacionais começaram a produzir modelos similares com pequenas adaptações às condições brasileiras. Após demonstrações iniciais dessas máquinas em regiões canavieiras paulistas, questionou-se o sistema mecânico no sentido de haver um menor índice de germinação em relação ao sistema convencional de plantio.

No entanto, a introdução do modelo de plantio mecanizado no Brasil nas décadas de 80 e 90, não teve êxito devido principalmente a disponibilidade de mão-de-obra, e pelo conceito do plantio convencional, que difere do plantio mecanizado e, por isso, requer uma programação e execução diferente do sistema de plantio convencional (PARDINHO, 2008).

Coleti (1987), as atividades de plantio sofrem algumas variações conforme seja ele realizado, convencional, semimecanizado ou mecanizado, mas basicamente pode ser

dividido em três etapas: o corte das mudas, sua distribuição no sulco e cobertura. No sistema de plantio convencional, muitas vezes também chamado de “manual” devido ao predomínio de operações manuais em sua realização. Já o plantio mecanizado é composto de todas essas mesmas etapas, porém efetuadas mecanicamente, contando com mão-de-obra apenas do operador da plantadora (RIPOLI, 2006).

Segundo a NR-12 Brasil (2010), o termo plantadora deve ser reservado ao implemento agrícola que, quando acoplado a um trator agrícola, pode realizar a operação de plantio de culturas, como sementes, mudas, tubérculos ou órgão vegetativo. As plantadoras são de projetos específico dessas culturas sendo normalmente utilizada para uma única espécie (SILVA, 2001).

Atualmente, a maioria das operações agrícolas empregadas na instalação de uma cultura, desde o preparo do solo à colheita pode ser mecanizada e apresenta grande eficiência e retorno econômico ao produtor, porém, há necessidade de que o conjunto trator e máquina agrícola estejam bem dimensionado para proporcionar elevada capacidade operacional, redução de custos e tempo (DUARTE JUNIOR et al., 2008).

Pinto e Moraes (1997) desenvolveram um protótipo de uma plantadora de cana de duas linhas tendo como modelo uma máquina importada da Austrália. A plantadora opera com mudas fornecidas por colhedoras de cana picada, que cortam a base e o topo, picam o colmo na forma de rebolos e efetuam a limpeza dos mesmos. A plantadora, acoplada a um trator agrícola, realiza simultaneamente, em duas linhas, a abertura do sulco, a adubação, a deposição dos rebolos e a cobertura do sulco.

Mialhe (2012) explica que o desenvolvimento das plantadoras no Brasil segue duas tendências no projeto de máquinas em função de manuseio do propágulo: automática, em que ocorre manuseio inteiramente mecânico e semi-automática onde o manuseio do propágulo combina com ações mecânicas e manuais.

2.5 Projeto de máquinas

O desenvolvimento de um produto possui um conceito amplo que compreenderá um aspecto de planejamento e projeto, ao longo de todas as atividades da sequência do processo, desde a pesquisa de mercado, manutenção e o descarte ou desativação do mesmo (BACK et al., 2008).

Segundo Back et al. (2008), o desenvolvimento integrado de produto considera que esse processo de transformação e geração de informações deve ser efetuado por uma equipe multidisciplinar ou melhor, que os requisitos, restrições do produto e soluções, ao longo de todas as fases do processo, devem ser considerados ou pensados simultaneamente.

É tarefa do engenheiro é definir e calcular os movimentos, forças e mudanças de energia de modo a determinar as dimensões, as formas e os materiais necessários para cada uma das peças que integram a máquina, para isto muitas metodologias de projetos foram definidas para ajudar a enfrentar estes problemas não estruturados (NORTON, 2004).

Baxter (1998), em pesquisa realizada identificou 105 diferentes técnicas ou métodos de geração de ideias ou soluções de problemas, havendo muita similaridade entre vários desses métodos, sendo alguns bem simples na descrição da solução e outros mais elaborados.

Back et al. (2008) classificaram esses métodos em intuitivo e sistemático. Entre os métodos intuitivos há: *brainstorming*, método Delphi, analogias método cinético, listagem de atributos e método da instigação de questões. Entre os sistemáticos mais utilizados estão: matriz morfológica análise de valor, método dos princípios inventivos e o método da síntese funcional.

2.6 Etapas de um projeto

Projetos de desenvolvimento de produtos são aqueles empreendimentos cujo objetivo é executar o processo de geração de uma ideia de um bem material ao longo de várias fases, até o lançamento do produto no mercado. Estes projetos são denominados comumente de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) (ROMANO, 2003).

O PDP é o modo como as atividades e tarefas relacionadas ao projeto de desenvolvimento de produtos são desenvolvidas. Está relacionado com o gerenciamento, desde a parte da ideia inicial das necessidades do mercado e das possibilidades tecnológicas. Considera as estratégias corporativas, estratégias de negócios e de produto da empresa, até chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção (BORNIA e LORANDI, 2008).

O desenvolvimento do produto também envolve o acompanhamento do produto após o lançamento, para realizar mudanças necessárias decorrentes de sua utilização e planejar a sua descontinuidade, envolvendo assim, todo ciclo de vida do produto (ROZENFELD et al., 2006).

Conforme Baxter (1998), a divisão do processo de desenvolvimento de novos produtos em diversas etapas é importante para o planejamento e o controle de qualidade desse processo. A definição de cada etapa pode ser alterada, adaptando-se de acordo com a natureza do produto e o funcionamento da empresa onde ele se desenvolve.

As atividades relacionadas a marketing e produção devem ser desenvolvidas simultaneamente e em colaboração com as atividades de engenharia do produto, em cinco fases distintas (ANDREASEN; HEIN, 1987).

a) Na primeira fase é investigada a necessidade, na qual marketing deve estabelecer a necessidade básica do mercado a qual produto irá satisfazer. Algumas considerações a respeito do tipo de processo de produção a ser usado podem ser feitas nesta fase.

b) Na segunda fase o produto e seus princípios gerais são esclarecidos. O usuário é identificado e determina-se como o produto será usado. Também são determinados os processos de produção necessários.

c) Na terceira fase o produto é elaborado, ou seja, é a fase da engenharia do projeto. Os custos são razoavelmente determinados e marketing investiga o mercado. Os princípios do processo de produção são desenvolvidos e determinados.

d) A quarta fase é da preparação para a produção, onde os processos são definidos por completo. Ajustes no produto são realizados e a sua manufaturabilidade pode ser comprovada pela produção de um lote piloto. Nesta fase é definido o sistema de vendas e planejada a melhor dinâmica de adaptação entre vendas e produção para garantir o melhor lançamento do produto no mercado.

e) Na quinta fase é iniciada a produção e vendas do produto. Podem ocorrer adaptações do produto ao mercado

2.7 Metodologia de projeto

No desenvolvimento de produtos e sistemas industriais, diversos métodos foram desenvolvidos e empregados nestes últimos 50 anos, a saber: QFD (Quality Function Deployment – Desenvolvimento da Função Qualidade), TRIZ (Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch – Teoria Inventiva de Resolução de Problemas). DFMA (Design For Manufacturing and Assembly – Projeto para a Fabricação e Montagem), FMEA (Failure Mode and Effects Analysis – Análise do Modo e Efeito de Falhas), Matriz Morfológica entre dezenas de outros mais (BAXTER, 1998; MADUREIRA, 2010; PAHL et al., 2005).

Em 1983, em Chicago, quase uma centena de empresários tomaram conhecimento sobre uma nova metodologia creditada como orientadora do processo da qualidade dentro da Toyota, chamada Hinshitsu (atributos, funções), Kino (função), Tenkai (desdobramento, difusão), traduzida para Desdobramento da Função Qualidade, ou, simplesmente, QFD, pode considerado como um método estruturado e sistematizado para orientar o processo e a execução das tarefas envolvidas desde a concepção até a colocação do novo produto no mercado, garantindo a transformação das necessidades e desejos dos clientes em produtos que efetivamente os satisfaçam (ABREU, 1997).

Para Stratton e Mann (2003) a metodologia TRIZ afirma que os problemas inventivos podem ser codificados, classificados e resolvidos metodicamente. Nesse sentido, para o processo de resolução de problemas, é importante o entendimento dos conceitos fundamentais da TRIZ, os quais são: idealidade, contradição e recursos.

Na TRIZ usa-se a idealidade como ponto de partida para a resolução de problemas, para evitar ao máximo a tentativa e erro. Para isso deve-se definir o resultado final ideal (RFI), como sendo uma solução a qual se pretende chegar. Idealidade em um sistema técnico (ST) é a razão entre o número de funções desejadas e o número de funções indesejadas que o sistema executa. O próprio sistema técnico é entendido como o “preço” pago pela execução de funções desejadas por seus usuários (CARVALHO; BACK, 2001).

A TRIZ também trabalha com a análise de contradições, em sua metodologia. Genrich Altshuler descobriu que, na verdade, o processo de inventar significa localizar contradições em um sistema, que impedem sua execução em busca da idealidade (LI, 2004; CARVALHO et al., 2005; SCYOC, 2008; FRESNER et al., 2010), e resolvê-las.

E os recursos, por fim, podem ser definidos como quaisquer elementos do sistema ou dos arredores que ainda não foram utilizados para realizar funções úteis do sistema. Existem casos em que recursos não aproveitados levam a soluções inventivas (CARVALHO; BACK, 2001).

O DFMA (Design for Manufacturing and Assembly), originado na Europa nos anos 70, cujo objetivo é simplificar o projeto do produto, reduzir a quantidade de componentes e tempo de montagem, alcançar a maior produtividade, melhorar a qualidade e reduzir custos (SOUZA, 1998).

A metodologia FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos (do inglês *FMEA* – Failure Modes and Effects Analysis) é uma ferramenta que busca evitar, através da análise das falhas potenciais, propondo melhorias, falhas no projeto do produto ou do processo. Com este objetivo pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, estamos buscando aumentar a confiabilidade do produto/processo (STAMATIS, 1995).

Como já foi observado nos métodos anteriores, soluções criativas são, às vezes, encontradas ao formar novas combinações de funções, objetos, processos ou ideias já existentes. Assim o método morfológico consiste numa pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema (BACK et al., 2008).

Segundo Resin (1989), para o desenvolvimento de concepções alternativas de produto por meio do método da matriz morfológica que consiste nos seguintes passos.

1º Passo: identificar as funções ou operações e parâmetros do processo.

2º passo: preencher a primeira coluna da matriz com as funções e ou parâmetros do problema. Essas funções mais gerais podem sofrer desdobramentos quanto à forma que são feitas e que tipos de dispositivos ou de princípios podem ser utilizados.

3º passo: buscar princípios de soluções alternativas para cada operação ou parâmetro. Neste passo para cada item na primeira coluna buscam se formas ou princípios de soluções, de forma independente sem se preocupar com as demais linhas da matriz em cada linha da matriz, nas diversas colunas definem se soluções que podem ser descritas ou gráficas,

que podem ser obtidas a partir de levantamento da literatura, utilizar mecanismo de outras máquinas ou soluções criadas.

4º passo: busca soluções ou concepções alternativas para o problema global formulado. Ao se construir a matriz morfológica procura se estabelecer combinações adotando um princípio de solução de uma linha com os princípios de solução das demais linhas e desta forma formando vários princípios de soluções globais para o problema gerado.

5º passo: avaliar e selecionar concepções. Muitas das combinações podem não ser viáveis ou incompatíveis e serem eliminadas de imediato e as viáveis devem ser submetidas a um processo de avaliação e valorização mais criteriosa para então se obter a melhor concepção.

6º passo: estabelecer *layout* e descrever a concepção. Uma vez escolhida a melhor combinação de princípios de soluções, esta deve ser ainda desenvolvida de modo a obter a melhor descrição e arranjo da concepção.

3 MATERIAL E METODO

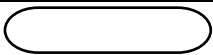
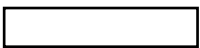


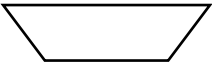
3.1 Local do estudo

O trabalho foi dividido em duas etapas: a primeira etapa foi a elaboração do projeto que foi conduzido no Laboratório de Eletrônica e Maquinas Agrícolas pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. A segunda etapa foi a construção e avaliação do protótipo realizado no Instituto Federal do Ceará, campos Tauá em parceria com Geras Motos Auto Peça.

3.2 Fluxograma do método utilizado

Neste fluxograma foram apresentadas as principais etapas para o alcance dos objetivos para construir o protótipo da plantadora de palma forrageira, tais como: identificação do problema, planejamento, conceito preliminar da maquina, conjunto de possibilidade de mecanismo, conceito detalhado, desenho conceitual do protótipo e construção do protótipo.

Quadro 1- Convenções de fases no processo de projetar

Fases do evento	Representação gráfica	Descrição
Início ou fim		Início ou fim da operação.
Processo		Processo ou operação executada.
Resultado		Dados de saída do processo.
Avaliação		Comparação de dados e tomada de decisão.
Dado		Informações ou dados de qualquer natureza.

Fonte: Back, 1983.

No desenvolvimento do projeto foram consideradas para parâmetros de projetos as seguintes características relacionadas à cultura da palma forrageira: 1- comprimento de 0,30 a 0,40 m podendo atingir de 0,7 a 0,8 m e largura de 0,18 a 0,25 m da raquete: 2- Densidade de plantas por há em função do espaçamento adotado. 3-Produção. 4-forma de plantio das raquetes. Segundo Teles et al.(2002), o espaçamento de plantio da palma forrageira varia de acordo com a fertilidade do solo, a quantidade de chuvas, finalidade de exploração e com o consórcio a ser utilizado. Desta forma, considerando o espaçamento 2,0 m x 1,0 m, tem-se 5.000 plantas ha⁻¹, enquanto no espaçamento 1,0 m x 0,25 m a quantidade de plantas é oito vezes maior, ou seja, 40.000 plantas ha⁻¹, sendo necessária, uma maior atenção com as adubações.

A fase de identificação do problema é fundamental para o início das atividades de um projeto, pois é a partir dos dados de pesquisas coletados junto ao cliente que será balizada todas as decisões e atividades subsequentes. Seguindo as fases de planejamento do projeto, iniciou-se com o estabelecimento e detalhamento das tarefas da plantadora, considerando a relação entre as características de solos, e as dimensões da semente (caso da palma e a raquete) em associação com os elementos da máquina. Segundo Bak et al. (2008), planejamento de um produto é um processo multidisciplinar e abrangente que requer informações e conhecimento de várias áreas. É um processo criativo e ao mesmo tempo sistemático para a geração e seleção de idéias. A plantadora de palma forrageira foi capaz de realizar o plantio com eficiência. Assim, foi construída uma matriz morfológica preliminar.

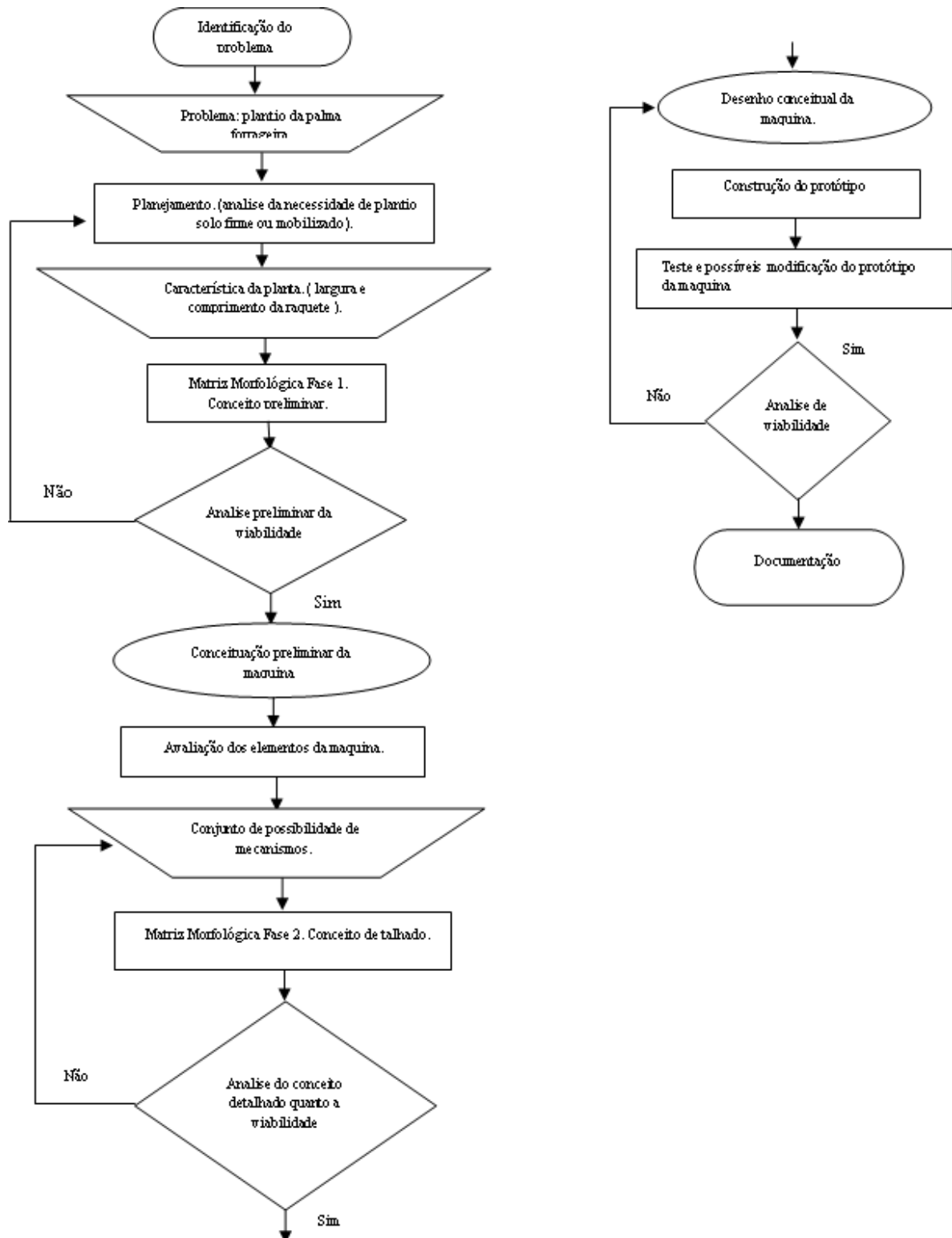
Neste trabalho foi seguido a metodologia de projeto da matriz morfológica descrita por Back et al .(2008), que permitirá a elaboração dos desenhos conceituais da plantadora de palma forrageira.

A referida metodologia (matriz morfológica) propicia a busca por princípios de soluções para os problemas que foram considerados anteriormente como funções de baixo nível. A vantagem da aplicação da técnica é se desprender do convencional na busca de uma solução inovadora. E através do agrupamento dos princípios de soluções para cada função, formando uma concepção para a solução do problema em questão.

Após a definição da melhor concepção, inicia-se o projeto detalhado, onde se define todas as peculiaridades da máquina, necessárias para os processos de fabricação e viabilidade econômica. Como fases seguintes foram confeccionadas as peças conforme o projeto detalhado e montado o equipamento, originando a primeira versão do produto. Que foi avaliada, com a realização das possíveis modificações para que fossem elaborados os

manuais, catálogo de peças, arquivados desenhos e cálculos pertinentes ao projeto (Figura 01).

Figura 01 - Fluxograma com as principais etapas do projeto para construção do protótipo



Fonte: Autor 2013.

3.3 Plantadora de palma

A plantadora funciona acoplada aos três pontos do levante hidráulico do trator e o seu funcionamento consiste na abertura de um sulco, distribuição das raquetes, fechamento do sulco e compactação para aumentar o contato solo raquete da palma.

Para tanto a mesma apresenta os seguintes elementos: chassis, barra porta ferramenta onde na mesma é fixada os órgãos ativos tais como sulcador para o preparo do solo através da abertura de sulco para recebimento dos órgãos reprodutivos (no caso da palma são as raquetes). Um sistema dosador das raquetes, que é composto de um disco com aletas para da suporte as raquetes, foi montado a partir de chapa metálica. E um sistema de transmissão, formado por uma coroa e pinhão corrente e engrenagens, que a partir da roda motriz movimenta o disco dosador, permitindo a distribuição das raquetes. As raquetes são conduzidas até o leito do sulco por um tubo condutor metálico de dimensão retangular. Após a deposição da raquete no sulco a mesma é fixado no solo através do sistema cobridor que é composto por um disco cuja função é deslocar o solo para o leito do sulco para fixar a raquete no solo, compactadas por meio das rodas compactadoras em “v”.

3.4 Dimensionamento

Para os dimensionamentos das peças, foram usadas as seguintes equações:

Resistência do solo franco-argiloso para sulcador = 280 N cm^{-1}

L – largura da ponteira do sulcador = 0,34 m

$F_s = 280 \times 34 = 9520 \text{ N}$

3.4.1 Momento de torque ou momento fletor

$$M = F_s \cdot d \quad (1)$$

$$M = 9520 \times 0,62$$

$$M = 5902,4 \text{ N.m}$$

$$d = 0,025\text{m}$$

em que:

M - momento de inércia, N m;

Fs - força de reação do solo, N; e

d - distância da aplicação da força até o ponto crítico, m.

3.4.2 Momento de inércia de área

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{0,025 \times 0,05^3}{12} = 2,6 \times 10^{-7} \quad (2)$$

em que:

I - momento polar de inércia, m⁴;

b - largura da seção da peça, m; e

h - altura da seção da peça, m.

3.4.3 Tensão normal de tração

$$\sigma x^t = \frac{M.d}{I} = \frac{5902,4 \times 0,025}{2,6 \times 10^{-7}} = 567 \text{ MPa} \quad (3)$$

em que:

σx^t - tensão normal de tração, N m⁻²; e

d - distância do ponto de aplicação da força até o ponto crítico.

Maior tensão de tração.

$$V = Cs. \text{ Adm}$$

$$V = 3 \times 567 = 1701 \text{ MPa.}$$

3.5 Matriz morfológica

A metodologia de projeto adotada foi a matriz morfológica que consiste em soluções criativas encontradas, às vezes, ao se formarem novas combinações de funções, objetos, processos ou ideias já existentes. Consiste em uma pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema (BACK *et al* 2008).

3.9 Ensaios de avaliação

Foram realizados testes preliminares para determinar: a profundidade do sulco, garantindo que dois terço da raquete seja fixada abaixo do solo; posição da raquete no solo; velocidade de trabalho do equipamento para o plantio das raquetes de forma eficiente; numero de raquete por metro linear; e tempo para o plantio de uma hectare. Os testes de campo foram realizados na área experimental do Instituto Federal do Ceará campos Tauá, utilizando como fonte de potencia um trator marca Massey Ferguson, modelo MF4275 com capacidade de levantar nos três pontos de 2.500 a 3.200 kg e uma potencia de 75cv (Figura 02).

Figura 02 - Trator massey Ferguson modelo MF4275



Fonte: Autor 2013.

3.9.1 Velocidade operacional

Para determinação da velocidade, foi estabelecido um percurso de 10 m, marcando-se o tempo em que o conjunto trator-plantadora de palma forrageira gastou para percorrer os 10m. A partir da relação espaço sobre o tempo, foi determinada a velocidade (Figura 03).

Figura 03 - Distancia percorrida para determinar velocidade



Fonte: Autor 2013.

$$V\left(\frac{km}{h}\right) = \frac{D (m)}{T (s)} \times 3,6$$

V- velocidade, em km.h⁻¹.

D- distancia útil da linha experimental, em m.

T- tempo, em s.

3.9.2 Densidade de plantio (DP)

$$AR = EL(m) \times S (m)$$

AR- área ocupada por uma raquete (m²).

EL- espaçamento entre linha (m).

S- espaçamento entre plantas (m).

$$DP = \frac{10000 (m^2)}{AR (m^2)}$$

DP- densidade de plantio em plantas.ha⁻¹.

3.9.3 Número de raquete por metro linear

$$NRM = \frac{NR}{L}$$

NRM- número de raquete por metro linear

NR- número de raquete por ha.

L – distancia percorrida por ha.

3.9.4 Capacidade de trabalho teórico

$$CT_t = \frac{V \left(\frac{km}{h} \right) \times L (m)}{10}$$

CT_t- capacidade de trabalho teórica (ha.h⁻¹).

V- velocidade (km.h⁻¹).

L - largura de trabalho (m).

3.9.5 Relação de transmissão

$$RT = \frac{N1}{N2}$$

RT- Relação de transmissão.

N1- Número de dentes da engrenagem 1.

N2- Número de dentes da engrenagem 2.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Matriz: 01: Matriz Morfológica da plantadora de palma forrageira. Fase 1.

Conceito Preliminar.

Baseado na matriz 1, foi possível descrever a conceituação preliminar da máquina: A plantadora de palma forrageira funcionará provavelmente acoplada a um trator movido a um motor de combustão interna, com no mínimo 65 cv, que constituirá sua fonte de potencia. Certamente este sistema de plantio terá dois operadores: um para o trator e o outro para operar a plantadora. Para suportar o peso das raquetes e do operador, bem como as forças de reação do solo no momento do plantio da palma, será montado um chassi.

No processo de plantio a máquina contou com um sulcador que auxiliou no preparo do solo através da abertura do sulco. As raquetes foram conduzidas até o leito do sulco através de um tubo condutor. A distribuição das raquetes na linha foi controlada por um sistema de transmissão que aciona o disco dosador horizontal. O fechamento do sulco foi realizado por meio de discos permitindo assim o contato da raquete com o solo. No entanto, a densidade ideal do solo para que possa ser obtido um melhor desenvolvimento do sistema radicular e manter a raquete sem tombar foi necessário a utilização de rodas compactadoras.

Avaliando o conceito da máquina descrito a partir da matriz morfológica 1, foi construída a Matriz Morfológica da fase 2: Conceito detalhado, visando especificar os mecanismos da máquina.

4.2 Matriz: 02: Matriz Morfológica da plantadora de palma forrageira. Fase 2.

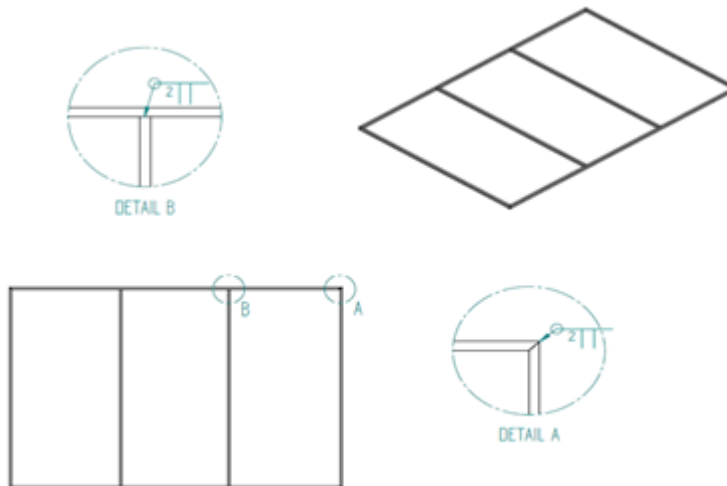
Conceito detalhado.

Baseado na matriz 2, foi possível definir de forma detalhada o conceito preliminar da máquina: a plantadora de palma forrageira que funciona acoplada a um trator movido a um motor de combustão interna, que opera a diesel com potencia em torno de 65 cv. A plantadora é acoplada ao trator através do sistema de três pontos do levante hidráulico,

funcionando de forma montada. A máquina é operada por duas pessoas, uma para operar o trator e o outro para colocar as raquetes no disco dosador. O segundo operador se acomoda sentado em uma cadeira, fixada no chassi.

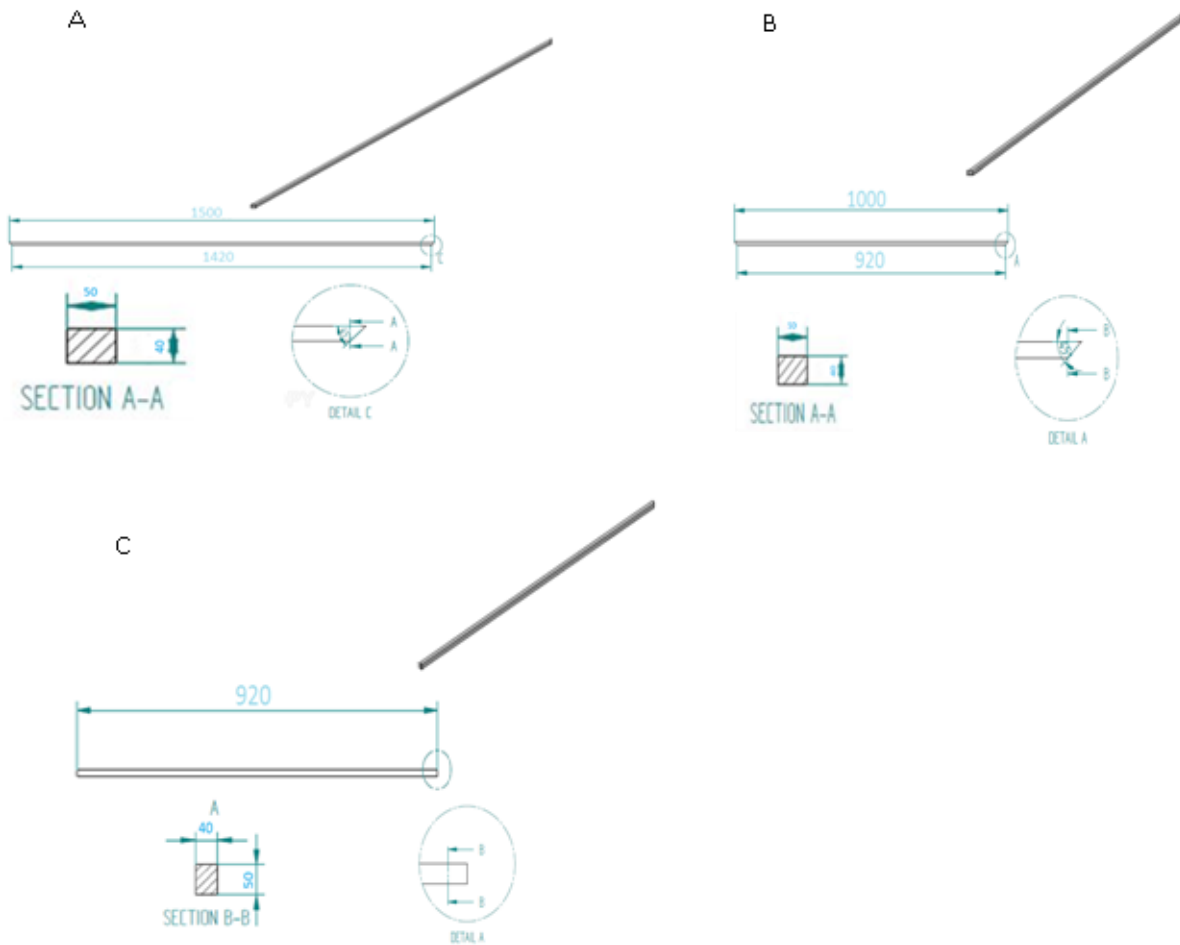
O chassi tem formato retangular, construído com aço 1020 (Figura 04), e dimensões de 1,500 m x 0,920 m. Este foi unido com uma soldas a (Figura 04). Estas dimensões corresponderam as hastes que definem a largura e comprimento, respectivamente (Figura 05 B e C). Cada haste metálica apresenta as seguintes dimensões: 0,050 m x 0,40 m, sendo que para construção do chassi realizou-se um corte nas extremidades das hastes, de 45° (Figuras 05 A e B) .

Figura 04- Detalhes do chassi mostrando com ênfase nas soldas



Fonte: Autor 2013.

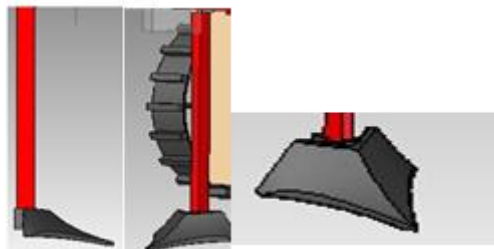
Figura 05 - Detalhe das dimensões das peças que constituem o chassi. A) Dimensões da Haste transversal B) Dimensões da haste longitudinal e C) dimensões da haste da divisória do chassi da plantadora



Fonte: Autor 2013.

Para realização do plantio a máquina possui um sulcador tipo enxada com as seguintes dimensões: haste de 0,40 m de comprimento retangular com 0,025 x 0,050 m frontal versus lateral e uma ponteira de 0,34 m de largura com 0,40 m de comprimento para o preparo do solo através da abertura do sulco (Figura 06).

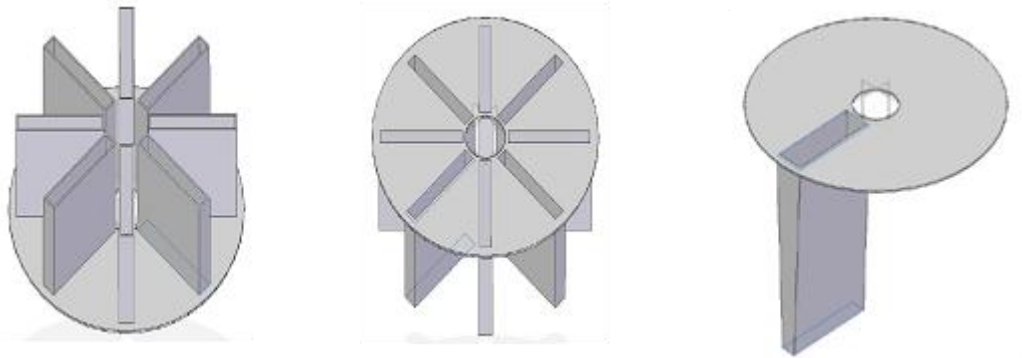
Figura 06 - Sulcador para preparo do solo



Fonte: Autor 2013.

Para controle da distribuição das raquetes foi utilizado um disco dosador com oito (8,0) células em que cada célula apresenta as seguintes dimensões: 0,05 m de largura e 0,30 m de comprimento com 0,20 m de altura. O disco possui um diâmetro de 0,80 m, para conduzir a raquete até o leito do sulco. Foi construído um disco com o mesmo diâmetro do disco dosador. A este disco, foi soldado um tubo que possui nas extremidades uma união, que liga o tubo ao disco, com uma abertura de 0,10 m de largura por 0,30 m e comprimento de 0,60 m. Porém, para evitar o tombamento da raquete na extremidade que está em contato com o solo, esta tem largura de 0,05 m e comprimento de 0,30 m (Figura 07).

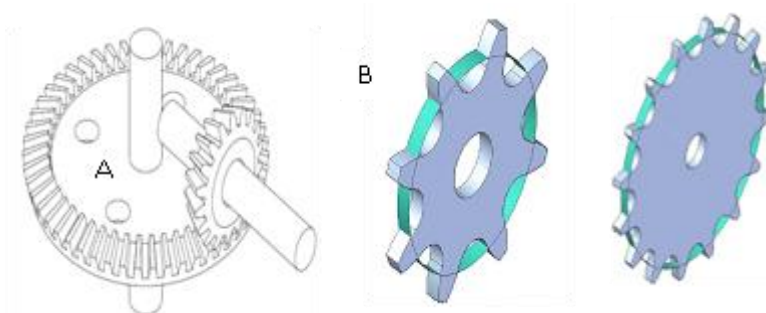
Figura 07- Desenho esquemático do disco dosador e tubo condutor



Fonte: Autor 2013.

Para acionar o sistema de distribuição dos órgãos vegetativos, adotou-se o sistema de transmissão composto por coroa e pinhão, em que as mesmas tem 36 e 18 dentes respectivamente, (Figura 08 A). As engrenagens que conduzem o movimento da roda motriz até a coroa e pinhão, (Figura 08 B e C) possuem 8 e 16 dentes respectivamente.

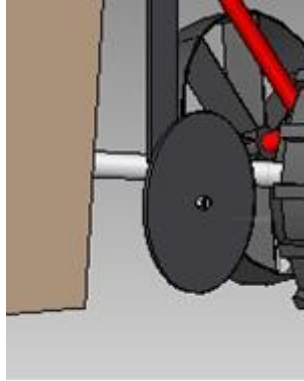
Figura 08 - Representa o sistema de transmissão. A) coroa pinhão, B) engrenagens



Fonte: Autor 2013.

O fechamento do sulco será realizado por discos de 0,20 m de diâmetro e espessura de 0,005 m para que permita o contato da raquete com o solo evitando o tombamento (Figura 09).

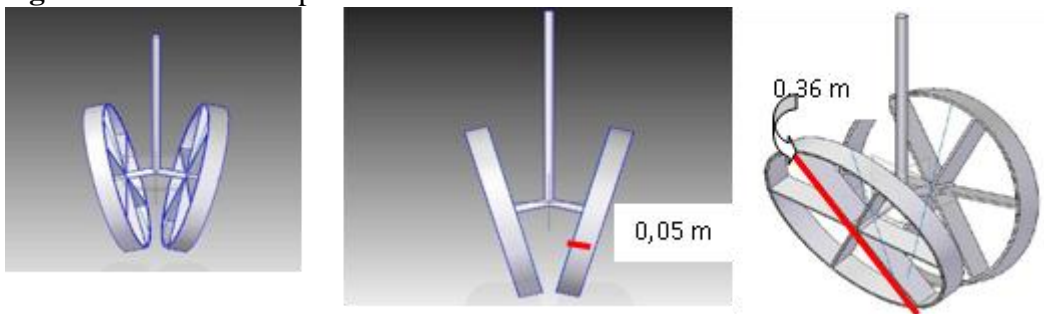
Figura 09 - Disco cobridor



Fonte: Autor 2013.

Para aumentar o contato solo-raquete, que no projeto em questão é a raquete da palma, associado a manutenção da raquete sem tombamento, permitindo uma maior eficiência no enraizamento, foi utilizado roda compactadora em “v”. A referida roda compactadora apresenta as seguintes dimensões: 0,36 m de diâmetro, com uma banda de rodagem de 0,05 m (Figura 10).

Figura 10 - Roda compactadora do solo em V



Fonte: Autor 2013.

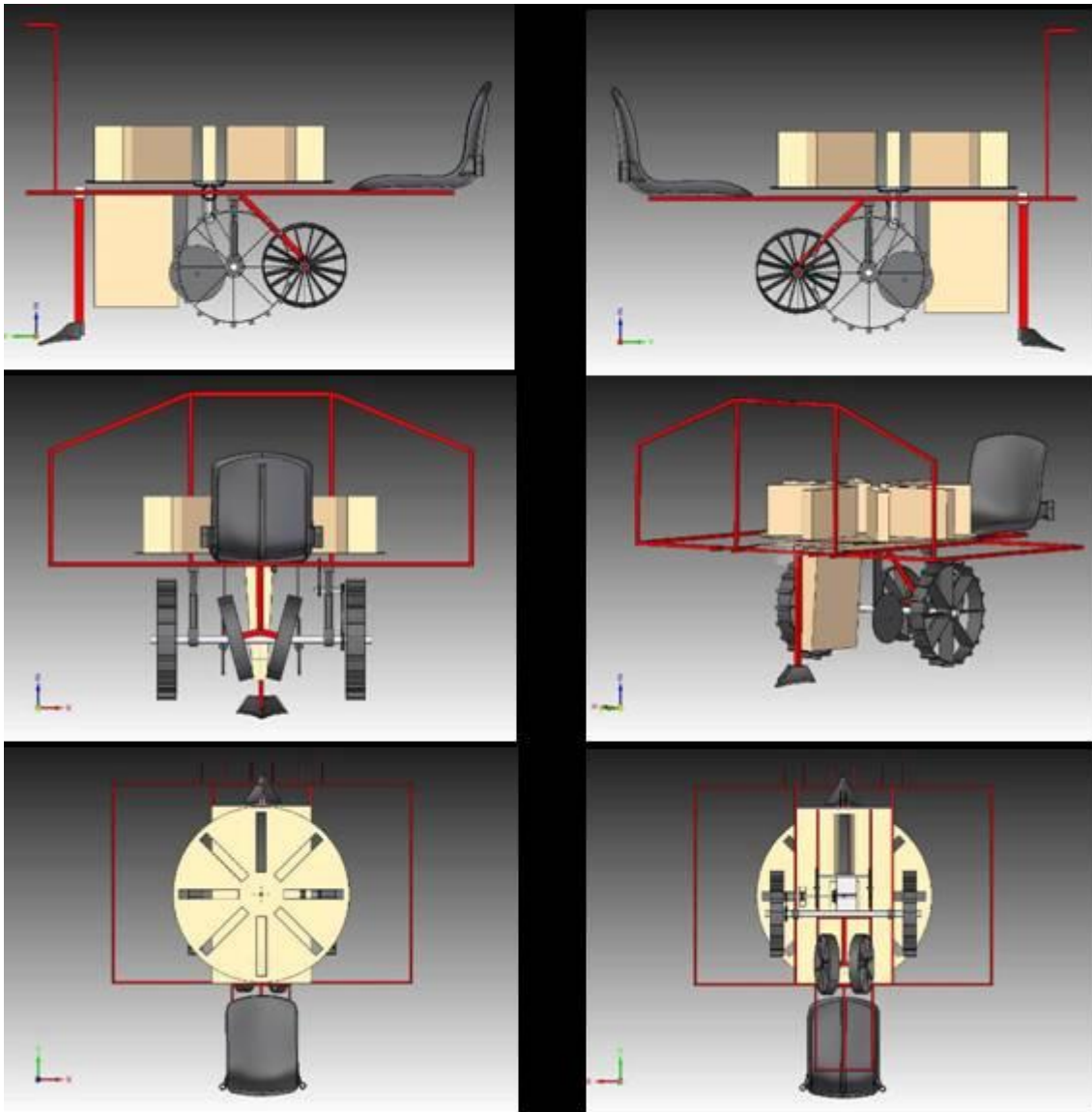
Quadro 2 - Matriz: 01 Matriz Morfológica da plantadora de palma forrageira. Fase 1. Conceito Preliminar

	Conceitos						
Componentes	1	2	3	4	5	6	7
Fonte de potência.	Trator	Micro-tractor	Animal	Humana	Trator de esteira		
Fonte de energia	Biodiesel	Gasolina	Óleo de mamona	Diesel	Solar	Óleo de soja	
Sistema de acoplamento	Barra de tração	Arrasto com um pino	Arrasto com 2 pinos	Semi-montado	3 pontos		
Número de operador	2	1	3	4	5	6	8
Roda compactadora	Roda convexa	Roda dupla com nervura simples em v	Roda dupla angulada em v	Roda de borracha lisa com estria	Roda lisa com nervura	Compactador fundido convexo	
Sistema de transmissão	Corrente	Coroa pinhão	Combinação de dois ou mais sistema	Polia	Correa		
Chassi	Retangular	Em u	Cantoneira	Quadrado	Tubular		
Largura do chassi	0,9m	0,5m	0,8m	1,0m	1,5m	1,2m	
Comprimento do chassi	0,92m	0,7m	0,6m	0,9m	1,3m	1,6m	
Plataforma	Quadrada	Aço 1020	Aço	Retangular	Espessura 0,5"	Tela de aço	
Sistema de abertura de sulco	Sucador de facão	Disco liso	Disco recortado	Sucador de cana	Sucador tipo enxada	Disco simples	Disco duplo
Disco dosador	Disco perfurado horizontal	Disco perfurado vertical	Disco perfurado inclinado	Correia perfurada	Dedos prensores	Pneumático	Cilindro canelado
Sistema condução das raquetes	Esteira	Tubo condutor	Condutores telescópicos	Correntes de distribuição com taças	Disco distribuidor		
Cobridores	Disco	Chapas	Correntes				

Quadro 3 - Matriz 2: Matriz: 01 Matriz Morfológica da plantadora de palma forrageira. Fase 1. Conceito detalhado

Componentes	1	2	3	4	5	6	7	8
Trator	4x2	Ax2 TODA	4x4	50 cv	65cv	95cv	120cv	125cv
Fonte de energia diesel	Tipo B baixo teor de enxofre	Tipo metropolitano	S500	S1800	S10	Diesel aditivado		
Sistema de acoplamento	Barra de tração	Arrasto com um pino	Arrasto com dois pinos	Smi-montado	3 pontos			
Numero de operador	2	1	3	4	5	6	8	9
Roda angulada em v	Borracha	Aço	Aço 1020	Madeira	Alumínio			
Sistema de transmissão	Corrente	Coroa pinhão	Combinado de dois ou mais sistema	Polia	Correia			
Chassi retangular e tubular	Ferro fundido	Plástico reciclado	Aço 1020	Fibra de carbono	Alumínio	Madeira		
Largura do chassi	0,9m	0,5m	0,8m	1,0m	1,5m	1,2m		
Comprimento do chassi	0,92m	0,7m	0,6m	0,9m	1,3m	1,6m		
Plataforma	Quadrada	Aço 1020	Aço	Retangular	Espessura 0,5"	Tela de aço		
Sistema de abertura de suco	Sucador de facão	Disco liso	Disco recortado	Sucador de cana	Sucador tipo enxada	Disco simples	Disco duplo	
Disco perfurado horizontal	Alvéolo circular	Alvéolo retangular	5x35cm	Alvéolo quadrado	5x30cm			
Tubo condutor	Retangular	Quadrado	Circular	Troco de pirâmide	Tronco de cone	Cilíndrico		
Disco cobridor	Ferro fundido	Aço 1020	Diâmetro 20cm	Diâmetro 30cm	Diâmetro 35cm	Disco recortado	Disco liso	Disco corrugado

Figura 11 - Desenho final do protótipo da plantadora de palma



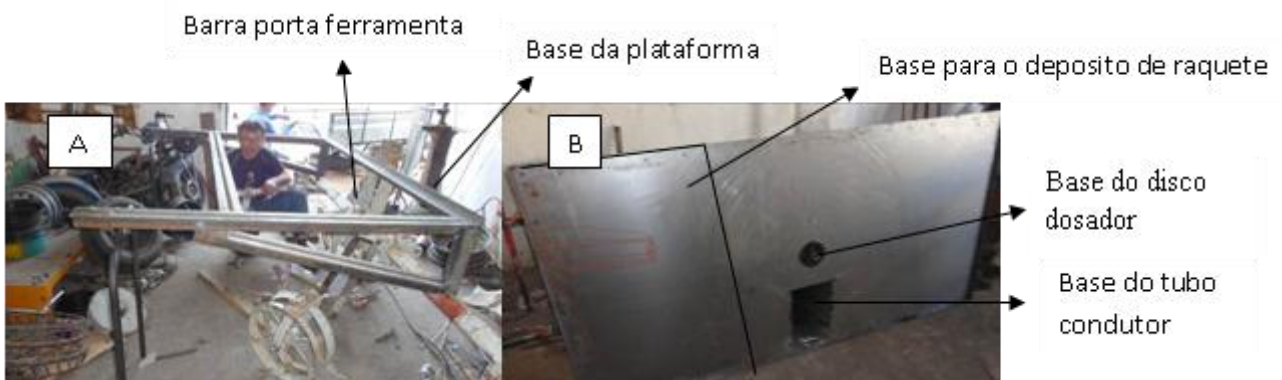
Fonte: Autor 2013.

4.3 Construção do protótipo

A construção do protótipo iniciou-se pelo chassi ou barra porta ferramenta que consistiu na união de duas cantoneiras de 2,0 m de comprimento de abas iguais com dimensões de 0,085 m com espessura de 0,0127 m, unidas por meio de solda n° 60-13 formando um tubo quadrado. A referida estrutura da suporte aos demais mecanismos da máquina. Unido a barra porta ferramenta por meio de solda, tem-se a plataforma que é

constituída por cantoneira de abas iguais de 0,05 m de largura e 0,0085 m de espessura, compondo também a plataforma uma chapa metálica numero 16, de tamanho 2 x 1 e para dar uma maior rigidez a chapa metálica adicionou se em suas margens cantoneira de abas de 0,0254 m. A determinação das dimensões da plataforma foi definida de acordo com as características morfológica da palma. As mesmas dão suporte ao deposito de raquetes, disco dosador e ao tubo condutor. Segundo Hills, (2001) a palma forrageira tem caule, conhecido como cladódio, tipicamente oblonga a espatulada-oblonga, com 0,30 a 0,40 m de comprimento e, algumas vezes, maiores de 0,70 a 0,80 m e 0,18 a 0,25 m de largura (Figura 12).

Figura 12- A- Barra porta ferramenta e base da plataforma, B-plataforma



Fonte: Autor 2013.

O sulcador foi obtido a partir da adaptação de um sulcador de uma semeadora onde o mesmo era tipo enxada. Foi então aumentado o tamanho da lamina, utilizando-se parte de um disco de uma grade leve (Figura 13).

Figura 13- Sulcador tipo enxada



Fonte: Autor 2013.

A partir das dimensões das raquetes, dadas em largura, espessura e comprimento, foram determinadas as medidas do disco dosador que foi construído com chapa 16, um raio de 0,40 m, e oito (8,0) células. Como resultado, tem-se um formato retangular de 0,05 m x 0,3 m x 0,2 m largura, comprimento e altura, respectivamente. Para favorecer o movimento sobre a plataforma, foi fixado no disco dosador 12 rolamentos. Desses, oito (8,0) foram distribuídos nas borda do disco e 4 na parte central. Sendo que os rolamentos deslizam sobre um trilho fixado na plataforma. O material utilizado no trilho foi uma barra metálica chata de 0,0127 m (Figura 14 A, B e C).

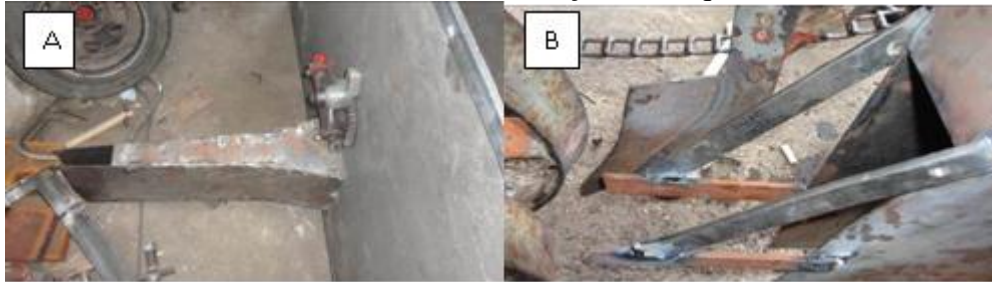
Figura 14-A - Disco dosador, B- Rolamento C- Trilho para o rolamento



Fonte: Autor 2013.

O tubo condutor foi construído utilizando chapa de metal nº 16. Porém, suas dimensões quando se refere à largura do tubo apresenta-se variável, conforme a extensão de seu comprimento, em que seu comprimento total é de 0,8 m. Na parte inicial, quando se toma como referencia a união plataforma-tubo condutor, esta foi feita através de solda. Suas medidas são 0,2 m de largura, por 0,3 m de comprimento, sendo que a largura reduz de acordo com o distanciamento da plataforma, chegando-se ao final, resultando-se nas medidas 0,05 m x 0,3 m para largura e comprimento, respectivamente (Figura 15 A).

Figura 15 - A: Tubo condutor, B: sistema de condução das raquetes

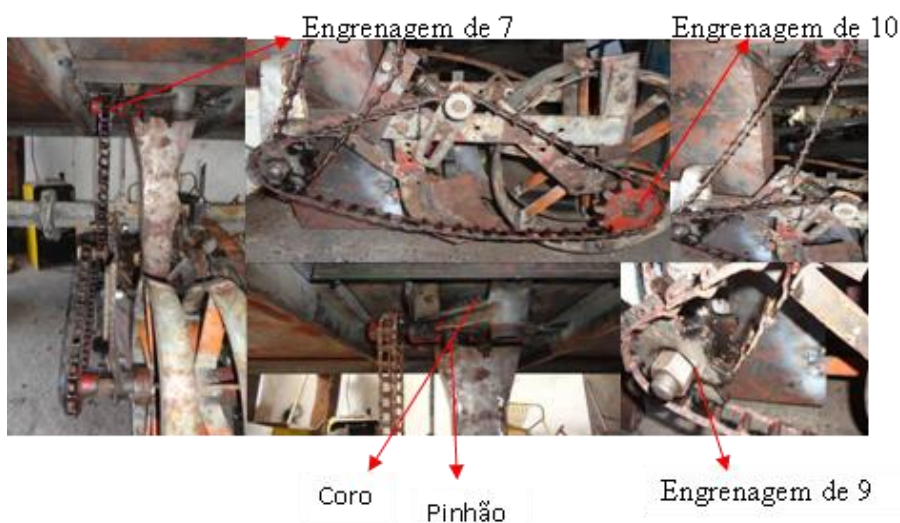


Fonte: Autor 2013.

Para evitar o tombamento da raquete foi construído um mecanismo de condução das raquetes até o momento em que as rodas compactadoras começam a exercer uma pressão no solo próximo a raquetes fazendo com que ela permaneça sem tombar. Para isto, foram soldadas barras chatas de ferro nas laterais do tubo condutor, bem como em sua extremidade inferior (Figura 15 B).

O sistema de transição que leva o movimento da roda motriz até o disco dosador é formado por um conjunto de engrenagem, mais pinhão, coroa e correntes. A engrenagem presente no eixo da roda motriz possui 10 dentes retos. A mesma é ligada a um par de engrenagens de 9 dentes retos, fixadas no mesmo eixo, com diâmetro de 0,016 m. Estes são fixados por meio de uma porca a uma barra soldada a barra porta ferramenta, por meio de uma corrente de comprimento 1,2 m. A partir da engrenagem de 9 dentes, tem-se uma corrente de 1,2 m, que a liga a uma quarta engrenagem de 7 dentes, estando esta presa ao mesmo eixo do pinhão que converte o movimento vertical da roda motriz em movimento horizontal, a partir do acionamento da coroa, (Figura 16).

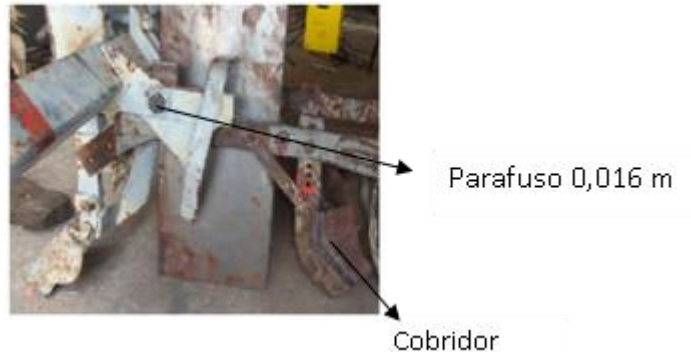
Figura 16 - Sistema de transmissão



Fonte: Autor 2013.

Na construção dos cobridores utilizou-se barras chatas de 0,0254 m de largura por 0,30 m de comprimento, soldado em sua extremidade parte do disco de uma grade leve com dimensões de 0,15 m de largura e 0,20 m de comprimento. Os cobridores foram fixados a uma barra chata de 0,05 m de largura e 1,0 m de comprimento. Esta barra é fixada por meio de parafuso de 0,016 m com porca de trava a barra porta ferramenta (Figura 17).

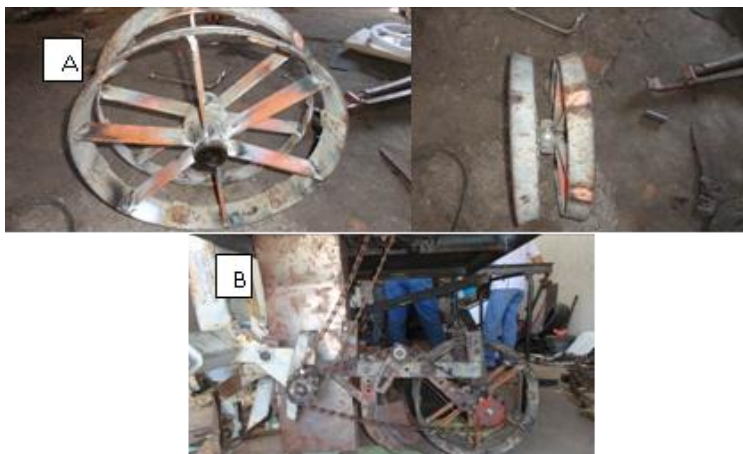
Figura 17 - Cobridor



Fonte: Autor 2013.

A roda compactadora, que também funciona como roda motriz, é formada por duas rodas paralelas. As mesmas foram construídas com barra chata de 0,05 m de largura e fixado a um cubo de 0,05 m de diâmetro 0,25 m de comprimento, por meio de chapas de 0,0254 m de largura com 0,18 m de comprimento, totalizando um diâmetro de 0,36 m. O conjunto de rodas foram fixado logo após os cobridores por meio de parafuso com porca de trava de 0,01 m de diâmetro (Figura 18 A).

Figura 18 - A: Roda compactadora e motriz B: cobridores e roda compactadora e motriz



Fonte: Autor 2013

Tanto a roda compactadora (também funciona como roda motriz), como os cobridores, foram fixados em barras chata de ferro de 0,05 m de largura a uma distancia entre os sistemas de 0,5 m. As referidas chapas são fixadas na barra porta ferramenta por meio de parafuso 0,016 m, com porca de trava. No orifício onde foi colocado o parafuso utilizou-se uma bucha para evitar o desgaste do parafuso, pois as barras possuem movimentos verticais que permitem acompanhar as irregularidades dos terrenos (Figura 18 B).

4.4 Modificações após o primeiro ensaio

No disco dosador foram realizadas alterações nas dimensões das células porta raquete onde as mesmas foram reduzidas e passaram a ser 0,05 m x 0,27 m x 0,20 m largura, comprimento e altura. Esta redução no comprimento foi feita devido as raquetes tenderem a tombar quando eram depositadas nas células (Figura 19).

Figura 19 - Disco dosador após modificações



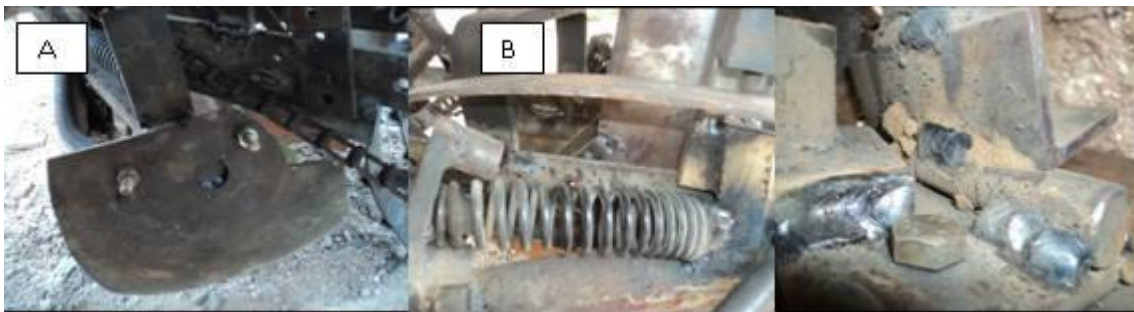
Fonte: Autor 2013.

O tubo condutor também sofreu alteração no comprimento reduzindo 0,2 m, ou seja, antes do teste o comprimento do mesmo era 0,8 m, porem com essa dimensão o tubo condutor tocava no leito do sulco comprometendo a sua união com a plataforma, que foi modificado após o teste, passando a ter 0,6 m de comprimento.

Os cobridores antes do teste eram fixados em barras chatas de ferro que possuíam movimentos verticais. Após o teste passaram a ser presos por meio de cantoneira de abas iguais (0,05 m) na barra porta ferramenta, construídas com parte de disco de grades leves.

Suas dimensões passaram a ser 0,25 m x 0,33 m altura e largura, respectivamente. Foi desenvolvido um sistema de segurança, que está na extremidade oposta à barra porta ferramenta, em que foram soldadas dobradiças, bem como colocado molas, permitindo que os cobridores movimentem para traz e ultrapasse os obstáculos, conforme apresentado na Figura 20.

Figura20 - A- cobridor, B- sistemas de segurança



Fonte Autor 2013.

A roda compactadora, antes do teste, apresentava um raio de 0,18 m. Entretanto, observou-se que essa altura não era suficiente para passar sobre as raquetes já plantadas, modificando-a para um raio de 0,25 m e realizadas alterações na fixação das chapas de ferro da roda no cubo, utilizando tubos circulares de espessura 0,027 m, (Figura 21).

Figura 22 - Roda compactadora e motriz no segundo teste



Fonte: Autor 2013.

4.5 Modificações após o segundo teste

Após o segundo teste verificou-se necessidade de unir as duas barras chatas de ferro, onde é fixada a roda motriz, devido à estrutura apresentar movimentos independentes, em função da irregularidade do terreno. Isto fazendo com que a roda compactadora passasse sobre as raquetes. Esta união foi feita utilizando barra chata de ferro de 0,05 m de largura e 0,0127 m de espessura (Figura 22).

Figura 22 - Suporte para fixar as duas barras da roda compactadora



Fonte: Autor 2013.

Foi observado irregularidade na distribuição das raquetes devido à ocorrência de patinagem. Desta forma, foi necessário desenvolver uma roda motriz com garras para reduzir a patinagem, possibilitando plantio de forma regular. Nas garras foram utilizadas cantoneiras de abas iguais, com 0,0254 m de largura e o espaço entre garras de 0,08 m (Figura 23).

Figura 23 - Roda compactadora e motriz com garras



Fonte: Autor 2013.

Para conferir a plantadora uma maior estabilidade, foram adicionadas rodas limitadoras de profundidade que possuem aro 13 e pneu sem câmara. Estas foram fixadas nas extremidades da barra porta ferramenta. Para fixar as rodas na barra porta ferramenta utilizou-se uma chapa de ferro quadrada de 0,01 x 0,01 m e espessura 0,0127 m. Esta peça foi soldada

na barra porta ferramenta, utilizando parafuso de 0,016 m com porca de trava, fixando-se uma outra barra de ferro de 0,10 m de largura e 0,35 m de comprimento. Nesta foi soldado o eixo e parafusado o cubo. Desta forma, permite que a roda tenha movimentos vertical. Porém, para controlar esse movimento foi fixado na base da plataforma uma barra de 0,05 m de largura, com espessura de 0,0127 m e 0,25 m de comprimento. Nesta, tem-se também uma abertura no meio da barra de 0,014m, por onde passa um parafuso de 0,014 m, com porca de trava, controlando o movimento vertical da roda (Figura 24).

Figura 24 - Rodas limitadoras de profundidade



Fonte: Autor 2013

4.6 Avaliação de campo

4.6.1 Primeiro teste de campo

No primeiro teste ocorreram falhas no sistema de cobridores, tendo como consequência o não funcionamento da roda compactadora. Desta forma, o disco dosador não foi acionado, não permitindo a distribuição das raquetes, deixando apenas o sulco aberto com uma largura de 0,3 m, havendo assim uma necessidade de realizar ajustes nos sistemas onde ocorreram as falhas.

Figura 3- Sulco feito pela plantadora no primeiro teste



Fonte: Autor 2013.

4.6.2 Segundo teste de campo

Após a realização dos ajustes, a plantadora foi levada a campo para o segundo teste, onde a princípio, a mesma realizou o plantio (Figura 27 A). Porém, a distância entre raquetes foi irregular, sendo esta falha atribuída a ausência de garras na roda motriz, tendo como consequência a patinagem (Figura 27 B). No entanto, devido ao movimento independente das barras onde a roda compactadora foi projetada danificou as raquetes (Figura 27 C).

Figura 4 - A - plantio das raquetes, B- distribuição das raquetes de forma irregular, C- roda motriz e compactadora sobre raquete



Fonte: Autor 2013

4.6.3 Terceiro ensaio de campo.

A profundidade do sulco realizado pela plantadora com as dimensões do sulcador permitiu obter uma profundidade média de 0,12 m. Como resultado, as raquetes ficaram em sua maioria na posição horizontal, formando um ângulo de 90°. Por ocasião do plantio, a

posição do artigo, pode ser inclinada ou vertical dentro da cova, com a parte cortada da articulação voltada para o solo, plantada na posição da menor largura do artigo, obedecendo à curva de nível do solo (SANTOS et al.,2006).

No entanto segundo Pexoto et al.(2006), no plantio de um palmal, as mudas (cladódios) devem ser enterradas a dois terços de seu tamanho, com o intuito de se evitar o tombamento das plantas, em virtude de suas raízes serem superficiais e distribuídas horizontalmente, concentrando-se nos primeiros 0,30 m do solo.

4.6.3.1 Velocidade

Dentre os fatores que afetam a regularidade da distribuição das raquetes, a velocidade é de fundamental importância. Porém, para a plantadora de palma forrageira, a velocidade que permitiu uma melhor distribuição das raquetes no sulco e alimentação do disco dosador pelo operador foi de 0,42 m/s.

$$T=23s$$

$$D= 10m$$

$$V\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{D(m)}{T(s)} = \frac{10(m)}{23,6 (S)} = 0,42 \text{ m/s}$$

Segundo Silva e Paiva (2006), a velocidade de 1,0 m/s de deslocamento da plantadora de batata proporcionou um melhor índice de profundidade em relação à profundidade almejada e melhor distribuição de tubérculos por metro, obtendo-se valores iguais ao da distribuição de referência, proporcionando, também, maior eficiência durante a operação de plantio. Silva, (2001), relata que para a plantadora de bulbos a velocidade que permite uma distribuição entre 8 e 15 plantas por metro, plantando em linha, espaçadas entre 0,4 e 0,7 m, foi de 0,55 ou 0,6944 m/s.

4.6.3.2 Densidade de plantio

Considerando a bitola do trator ao qual a plantadora de palma forrageira foi acoplada e as características morfológicas das raquetes das diversas cultivares de palma, foi possível determinar as dimensões da plantadora de palma forrageira, e uma relação de transmissão de 0,71. Permitiu-se realizar uma plantio com espaçamento entre linhas variando entre 1,10 m a 1,30 m e três raquetes por metro. Ou seja, um espaçamento entre planta de 0,33 m, em que a partir da relação entre o espaçamento médio de 1,20 x 0,33 m (Figura 27), foi possível determinar a densidade de plantio de 25.253 plantas por hectare, utilizando o plantio mecanizado.

$$EL = 1,20 \text{ m}$$

$$S = 0,33 \text{ m}$$

$$AR = EL(m) \times S (m)$$

$$AR = 1,2\text{m} \times 0,33\text{m}$$

$$AR = 0,396 \text{ m}^2$$

$$DP = \frac{10000 \text{ m}^2}{0,396 \text{ m}^2} \quad DP = \frac{10000 (m^2)}{AR(m^2)}$$

$$DP = 25253 \text{ plantas/ha}$$

Figura 5 - Espaço entre planta e entre linha



Fonte: autor 2013.

4.6.3.3 Relação de transmissão.

$$N1 = 10 \text{ dentes}$$

$$N2 = 9 \text{ dentes}$$

N3 = 9 dentes

N4 = 7 dentes

N5 = 18 dentes

N6 = 36 dentes

$$RT = \frac{N1}{N2} \times \frac{N3}{N4} \times \frac{N5}{N6} \quad RT = \frac{10}{9} \times \frac{9}{7} \times \frac{18}{36} \quad RT = 1,11 \times 1,28 \times 0,5 = 0,71$$

4.6.3.4 Numero de raquete por metro linear

$$NRM = \frac{NR}{L} \quad NRM = \frac{25253}{8333,33} \quad NRM = 3 \text{ plantas /m}$$

De acordo com a literatura, a densidade de plantio da palma pode variar desde os plantios mais adensado, com um espaçamento de 1,0 x 0,25m, proporcionando uma densidade de plantio de 40.000 plantas por hectare, ao plantio convencional cujo espaçamento de 1,0 x 0,5m proporcionando apenas 16.667 plantas por hectare (MEDEIROS et al., 1997; FARIAS et al., 2005; VASCONCELOS et al., 2007).

4.6.3.5 Capacidade de trabalho teórica

A capacidade de campo caracteriza o desempenho de máquinas e equipamentos agrícolas que realizam trabalho em uma área (BALASTREIRE, 1987; MIALHE, 1974). A partir da relação entre a velocidade e a largura de trabalho foi determinada a capacidade de trabalho teórica da plantadora de palma, que foi de 0,1824 ha.h⁻¹. quando o conjunto trator plantadora trabalha a uma velocidade de 0,42 m.s⁻¹ e o sulcador a uma profundidade media de 0,1125 m.

Observou-se que a faixa de velocidade de 1,58 e 1,80 m s⁻¹ possibilitaram os maiores valores de capacidades de campo. Enquanto que a velocidade de 0,68 m s⁻¹ apresentou o menor valor de capacidade de campo, tanto efetiva quanto operacional; portanto, nota-se que com o incremento da velocidade de deslocamento ocorre também aumento das capacidades de campo (NAGAHAMA, 2013).

Segundo Mahl et al. (2004), a velocidade e a heterogeneidade do solo são fatores relevantes na avaliação da eficiência de conjuntos motomecanizados, e concluem que a condição da superfície do solo afeta a capacidade de campo operacional do conjunto.

$$CT_t = \frac{V(km/h) \times L(m)}{10} \quad CT_t = \frac{1,52 \left(\frac{km}{h}\right) \times 1,2 (m)}{10} \quad CT_t = 0,1824 \text{ ha/h}$$

5 ORÇAMENTO PARA CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Quadro 4 - Orçamento de peças e mão-de-obra para construção do protótipo

Material	Quantidade (m ou unidade)	Valor (R\$/m ou R\$/unidade)	Total (R\$)
Cantoneira (100mm).	4m	20,00	80,00
Cantoneira (50mm)	10m	12,00	120,00
Cantoneira (3/4 x 1/8)	4 m	3,67	14,68
Cantoneira (25,4mm)	6m	5,00	30,00
Barra chata (25,4 mm x 3/16)	9 m	4,00	36,00
Barra chata (25,4 mm x 1/8)	9 m	2,84	25,56
Barra chata (50mm x 6mm)	3,5m	9,00	31,50
Barra chata (50mm x 12,7mm)	5,5m	34,60	190,30
Barra chata (100mm x 12,7mm)	2m	40,00	80,00
Chapa metálica 16	3	68,00	204,00
Rolamento	12	3,50	42,00
Parafuso fenda (5mm)	24	0,30	7,20
Parafuso com porca de trava (10mm)	12	1,05	12,60
Parafuso com porca de trava (14mm)	4	2,00	8,00
Parafuso com porca de trava (16mm)	17	3,40	57,80
Dobradiça pino 3/4	4	3,50	14,00
Cano de ferro (27mm)	3,5 m	5,50	19,25
Cano de ferro (50mm)	0,5m	11,00	5,50
Molas	2	15,00	30,00
Cubo 13	2	38,50	77,00
Parafuso	8	4,30	34,40
Solda nº60-13	4	12,00	48,00
Disco de corte para esmerilhadora	20	6,50	130,00
Coroa	1	200,00	200,00
Zinco	13,6 kg	5,00	67,50
Rebite	80	0,4 centavos	3,20
Pinhão	1	152,50	152,50
Engrenagens	4	32,25	129,00
Correntes	2	15,00	30,00
Tinta	3	15,00	45,00
Serviço de torno	--	--	500,00
Mão-de-obra	25	100,00	2500,00
Total (R\$)			4945,89

6 CONCLUSÃO

O custo de construção do protótipo foi de R\$ 4.945,89.

Pelos dados obtidos nas avaliações de campo, em condições reais de trabalho, a plantadora de palma forrageira tem uma capacidade de plantar 0,1824 ha/h, a uma velocidade 0,422m/s.

De acordo com dados obtidos, de forma preliminar, é possível obter uma densidade de plantio de 25.253 plantas/ha, sendo o menor espaçamento obtido de 0,33m x 1,20m.

7 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Determinar o custo operacional do plantio realizado com a plantadora e compará-lo com custo do plantio convencional.

Realizar estudos de viabilidade econômica da aplicação da plantadora de palma em propriedades de pequeno e médio porte;

Avaliar o desempenho da plantadora de palma com diferentes condições de solo.

Realizar a divulgação do projeto para instituições públicas visando políticas públicas voltadas para a modernização do cultivo da palma.

Avaliar as diferentes relações de transmissão com os espaçamentos entre raquetes.

Avaliar o desempenho da plantadora de palma forrageira nos diferentes solos e manejo (solo mobilizado e firme).

Figura 6 – visão geral do protótipo



Fonte: Autor 2013

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO FILHO, J.T. **Efeitos da adubação fosfatada e potássica no crescimento da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.)- Clone IPA-20.** 2000, 78f. (Dissertação de Mestrado apresentado ao curso de pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2000.
- ARAÚJO, L. de F.; OLIVEIRA, L. de S.C.; PERAZZO NETO, A.; ALSINA, O.L.S. de; SILVA, F.L.H. da. Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótima para fermentação sólida. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 09, n. 03, p. 379-384, 2005.
- ABREU, F.S. QFD - "**Quality Function Deployment**" – **Requisitos Organizacionais para Aplicação.** EAESP/FGV. 1997. 310 p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação da EAESP/FGV, Área de Concentração: Mercadologia). 1997.
- ARAÚJO, A. O. **Avaliação de propriedades físicas dos solos e da macrofauna edifica em áreas submetidas a manejo florestal de vegetação nativa na chapada do Araripe.** 2010. 80p. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- ARAÚJO, G.G.L. de; HOLANDA JÚNIOR, E.V.; DANTAS, D.B.; MEDINA, F.T. As forrageiras nativas como base da sustentabilidade da pecuária do semi-árido. In: III Congresso Nordestino de Produção Animal, IX Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes, IV Simpósio Paraibano de Zootecnia, 2004, Campina Grande-PB. **Anais...** CD-ROM, Campina Grande, 2004.
- ALMEIDA, J. **A palma forrageira na região semiárida do estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade.** 2011. 95p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Bahia. 2011.
- ANDREASEN, M. M., HEIN, L. **Integrated product development.** IFS (Publications) Ltd / Springer- Verlag, London. 1987.
- BISPO, S.V. **Substituição do feno de capim elefante por palma forrageira em dietas para ovinos.** 2007, 56p (Dissertação Mestrado). Apresentado ao curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, 2007.
- BAXTER, M. **Projeto de produto:** guia prático para o desenvolvimento de novos produtos. Tradução . De Itiro Lida. São Paulo, Edgard Blücher, 1998.
- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de produto:** planejamento, concepção e modelagem. Barueri-SP, : Manole, 2008. 601p.
- BERTOL, I.; AMARAL, A.J.; VÁSQUEZ, E.V.; GONZÁLES, A.P.; BARBOSA, F.T.; BRIGNONI, L.F. Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com

estabilidade de agregados em água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.543-553, 2006.

BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. São Paulo: Editora. Blucher, 1998.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo, Editora Manole LTDA, 1987. 310p.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo. Manole LTDA. 1990. 307p.

BORNIA, A. C.; LORANDI, J. A. O processo de desenvolvimento de produtos compartilhado na cadeia de suprimentos. **Revista FAE**, Curitiba, v.11, n.2, p.35-50, jul./dez. 2008.

CORTAZAR, V. G. de; NOBEL, P. S. Modeling of PAR interception and productivity of a prickly pear cactus, *Opuntia ficus-indica* L., at various spacings. **Agronomy Journal**, v.78, p.80–85. 1986.

CARVALHO, M.A.; BACK, N.; OGLIARI, A. TRIZ Desenvolvimento de produto: encontrando e resolvendo contradições técnicas e físicas. V CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, Curitiba, PR. 5 CBGDP, 2005, v. **CD-ROM**, 10 p, 2005.

CARVALHO, M.A.; BACK, N. Uso dos conceitos fundamentais da TRIZ e do método dos princípios inventivos no desenvolvimento de produtos. 3º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 3. Florianópolis, 2001.

COLETI, J.T. **Técnica cultural de plantio**. In: PARANHOS, S. B. (Coord). Cana de açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1. p. 284-329.

CARVALHO FILHO, A.; CENTURION, J. F.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. ; CARVALHO, L. C. C. Métodos de preparo do solo: alterações na rugosidade do solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p.229-237, jan./abr. 2007.

CUNHA, J. P. A. R.; DUARTE, M.A. V.; RODRIGUES, J. C.; Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trato r agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 348-355, out./dez. 2009

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, M. V. F. **Exigências nutricionais da palma forrageira**. In: MENEZES, S.C.R.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds). A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. 258 p.

DELGADO, G. C. A **questão agrária no Brasil**, 1950 – 2003. In: Questão agrária no Brasil: perspectiva histórica e configuração atual. São Paulo: INCRA, 2005. P. 21-85.

DUARTE JUNIOR, J. B.; GARCIA, R. F.; COELHO, F. C.; AMIM, R. T. Desempenho de trator- implemento na cana-de-açúcar em sistema de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**. v12, n 6, p 653-658, 2008.

FURLANI, C. E. A. **Efeito do manejo do solo e do manejo da cobertura de inverno na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*L.)**. 2000. 218 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura)–Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, D.C. dos; TAVARES FILHO, J.J.; SANTOS, M.V. F. dos; FERNANDES, A. de P.M.; SANTOS, V.F. de. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n. 2, p. 341-347, 2000.

FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.6, p.1097-1104, 2003.

FARIAS, I.; SANTOS, D.C.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B. **Estabelecimento e manejo da palma forrageira**. In: MENEZES, S.C.R.; SIMÕES, D.A.; SAMPAIO, E.V.S.B. (Eds). A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. 258 p.

FRESNER, J.; JANTSCHGI, J.; BIRKEL, S.; BÄRNTHALER, J.; KRENN, C. The theory of inventive problem solving (TRIZ) as option generation tool within cleaner production projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 02, p. 128-136, 2010.

FREDDI, O.S.; CARVALHO, M.P.; JÚNIOR, V.V.; CARVALHO, G.J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Revista Engenharia Agrícola. Jaboticabal**, v. 26, n. 1, p. 113- 121, 2006.

FERREIRA, M.A. Palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. 68 p.

GALINDO, I.C.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; MENEZES, R.S.C. **Uso da palma na conservação dos solos**. In: MENEZES, R.S.C.; et al. (ed). A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 163-176.

GONÇALVES, J.L.M. **Conservação do solo**. In: GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. (Ed.) Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, 2002. cap.2, p. 47-129.

HILLS, F. S. **Anatomia e morfologia**. In: FAO/SEBRAE (eds). Agroecologia, cultivo e usos da palma-forrageira. SEBRAE-PB. p. 28-35, 2001.

HOFFMANN, W. Etnobotânica. In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Roma: FAO, Produção e Proteção Vegetal, 1995. Tradução (SEBRAE/PB), Paper 132, p. 12-14.

IBGE. **Rebanho bovino brasileiro**: efetivo por município. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 abr. 2010.

INGLESE, P. Plantação e manejo do pomar. In: **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. Traduzido por SEBRAE/PB. João Pessoa: SEBRAE/PB, 2001. p. 79-93.

- LIMA, C. D. S.; GOMES, H. S.; DETONI, C. E. Adição de uréia e da levedura *saccharomyces cerevisiae* no enriquecimento protéico da palma forrageira (*opuntia ficus indica* L.) cv. Miúda. **Revista Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 16, n. 1, p. 01-08, jan./jun., 2004.
- LOPES, J. da S.; JAEGER, S.M.P.L.; TAVARES, J.T. de Q.; SILVA, A.M. da; LEDO, C.A.S. Composição bromatológica da palma forrageira (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck) amonizada. **Revista Magistra**, v. 17, n. 3, p. 107-113, 2005.
- LOPES, E. B.; SANTOS, D. C. E VASCONCELOS, M. F. Cultivo da palma forrageira In: LOPES, E. B. (Ed.). **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. Paraíba: EMEPA/FAEPA, 2007. p. 11-33.
- LIPIEC, J.; ARVIDSSON, J. & MURER, E. Review of modeling crop growth, movement of water and chemicals in relation to topsoil and subsoil compaction. **Soil Till. Res.**, 73:145-170, 2003.
- Li, X. **Conflict-based method for conceptual process synthesis**. 2004, 104f. (Tese (Doutorado em Ciência – Tecnologia) – Universidade de Tecnologia de Lappeenranta, Laapeenranta, Finlândia , 2004.
- MEDEIROS, G. R. de; FARIAS, J. J. de; RAMOS, J. L. F. et al. Efeito do espaçamento e da forma de plantio sobre a brotação da palma forrageira (*Opuntia ficus indica*, Mill) no semi-árido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34, Juiz de Fora, 1997. **Anais**. Juiz de Fora: SBZ, p. 231-233.
- MELO, H. M.; NAGAOKA, A. K.; VIEIRA, F. C. Influência do crédito agrícola e das novas tendências tecnológicas na comercialização de tratores de rodas no Brasil. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.11, n.1, p. 70-76, 2012.
- MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V. dos; MORAES, M. L. B. de; ALONÇO, A. dos S. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. Pelotas: 1996. 229 p.
- MIALHE, L.G. **Máquinas agrícolas para plantio**. Campinas: Millennium, 2012. 623 p.
- MAHL, D.; GAMERO, C. A.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, A. R. B. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.
- MIALHE, L. G. Manual de mecanização agrícola. São Paulo, Editora Agronômica. **Revista Ceres LTDA**, 1974. 301p.
- MADUREIRA, O. M. **METODOLOGIA DE PROJETO: Planejamento, execução e gerenciamento**. São Paulo: Blücher. 2010. 359 p.
- MAIA NETO, A. L. **Cultivo e utilização da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill. E *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) para produção de leite no semi-árido nordestino**.

Salvador: 2000. 40 p (Monografia) Universidade Federal da Bahia/Escola de Medicina Veterinária/ Departamento de Produção Animal, 2000.

NR12 NORMA REGULAMENTADORA. NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Segurança e Medicina do Trabalho. (Redação dada pela Portaria SIT n.º 197, de 17/12/2010). Disponível em: <http://www.abifa.org.br/imagens/file/NR12_2013.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2014.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas:** Uma abordagem integrada. 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2004. 931p.

NAGAHAMA, H. J. **Relação máquina-solo-planta em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-equipamento e dos sistemas de prepare.** .2013. 125f. Dissertação (mestrado em engenharia agrícola). Universidade Federal do vale do São Francisco Campus Juazeiro-BA, 2013.

NARESH, R. K.; PRAKASH, S.; SINGH, M. Role of conservation agricultural mechanization on productivity, sustainability and income generation in north west India. In. international. **Journal of Agricultural Engineering.** V. 5. April, 2012. p 103-113.

OLIVEIRA, V.S. de. **Substituição total do milho e parcial do feno de capim Tifton por palma forrageira em dietas para vacas da raça holandesa em lactação.** 2006, 89f (Tese de Doutorado) apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife- PE, 2006.

OLIVEIRA JUNIOR, S.; BARREIRO NETO, M.; RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; BRITO, E, A.; NASCIMENTO, J. P. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*) em função do espaçamento no Semiárido paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária** , João Pessoa, v.3, n.1, p.7-12, fev. 2009.

OLIVEIRA, F. T. **Crescimento do sistema radicular da *Opuntia fícusindica* (L.) Mill (palma forrageira) em função de arranjos populacionais e adubação fosfatada.** **Centro de Saúde e Tecnologia Rural.** 2008, 91f. (dissertação de mestrado). Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Campina Grande. Patos – PB, 2008.

PAHL, G. et. al. **PROJETO NA ENGENHARIA:** Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos métodos e aplicações. Tradução de Hans Andreas Werner; revisão de Nazem Nascimento. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PEIXOTO, M. J. A.; CARNEIRO, M. S. S.; SOUZA, P. Z.; DINIZ, J. D. N.; SOUTO, J. S.; CAMPOS, F. A. P. Desenvolvimento de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill., em diferentes substratos, após micropropagação in vitro. **Acta Sci. Anim. Sci.** Maringá, v. 28, n. 1, p. 17-20, Jan./March, 2006.

PERIN, G. F. **Determinação da capacidade e eficiência operacional utilizando técnicas de agricultura de precisão.** 2008, 114 f. (Dissertação de mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2008.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M.M.; DIAS JÚNIOR, M.S.; GOMES, A.S. e TURATTI, A.L. Resistência mecânica à penetração de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p. 521-529, 2001.

PARDINHO, A.P. **Plantio mecanizado da cana: a experiência da DMB**. In: MARQUES, M.O.; MUTTON, M.A.; NOGUEIRA, T.A.R.; TASSO JÚNIOR, L.C.; NOGUEIRA, G.A.; BERNARDI, J.H. (Ed.). Tecnologias na agroindústria canavieira. Jaboticabal: UNESP, FCVA, 2008. cap. 3, p. 117-121.

PINTO, A.C.P.; MORAES, E.E. **Plantadora de cana**. In: SEMINÁRIO COOPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., 1997. São Paulo. Anais... São Paulo: Coopercucar – São Paulo, 1997. v. 1. p. 223-231.

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

ROJAS-ARÉCHIGA, M.; VÁZQUEZ-YANES, C. Cactus seed germination: a review. **Journal of Arid Enviroments**, v. 44, n. 1, p. 85-104, 2000.

RAVETTA, D.A.; MCLAUGHLIN, S.P. Ecophysiological studies in *Hesperaloe rinifera* (Agavaceae): a potential new CAM crop. Seasonal patterns of photosynthesis. **Journal of Arid Environments**, v. 33, n. 2, p. 211-223, 1996.

RIPOLI, T.C.C. **Plantio de cana-de-açúcar: estado da arte**. Piracicaba: 2006. v. 1. 216 p

REYES-AGUERO, J.A.; AGUIRRE-RIVERA, J.R.; HERNÁNDEZ, H.M. Notas sistemáticas y descripción detallada de *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. (Cactáceae). **Agrociencia**, v. 39, n. 4, p. 395-408, 2005.

RODRIGUES, R. A. F. **Efeitos de tipos de manejos nos seus atributos físicos do solo e nas caracterís-ticas fenológicas e produtividades do arroz de terras altas irrigado por aspersão**. 2001. 75 f. Tese (Livre Docência)–Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

RESIN, P. R. SÁ. **Desenvolvimento do protótipo de uma máquina desoperculadora de favo de mel**. Florianópolis, 1989. 168p. Dissertação (mestrado). Apresentado ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica- UFSC, 1989.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.44, n.3, p.310-319, mar. 2009.

SILVA, G. M. **Máquinas para plantio e condução das culturas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. v. 3. 336p.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Influência do plantio mecanizado no índice de germinação da cana de açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TECNOLOGISTAS AÇUCAREIROS DO BRASIL, 2., 1981. **Anais**. Rio de Janeiro, 1981. v.34, p. 443-456.

SCYOC, K.V. Process safety improvement – Quality and target zero. **Journal of Hazardous Materials**, v. 159, n. 01, p. 42-48, 2008.

SÁ, I.B., RICHÉ, G.R., FOTIUS, G.A. **As Paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino** In: BIODIVERSIDADE DA CAATINGA: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: MMA-UFPE; Brasília, DF: 2004. p.17-36.

SANTOS, H. F.; VALE, A. R. Modernização da agricultura e novas relações campo-cidade no atual período da globalização: algumas Análises a partir do agronegócio cafeeiro no município De alfenas – MG. In 3ª jornada científica da geografia a universidade chega a periferia: a geografia diante das complexidade contemporânea. Unifal MG 3 a 6 de setembro 2012.

SINGH, R.S.; SINGH, V. **Growth and development influenced by size, age and planting methods of cladodes in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill)**. 2003. Disponível em: <<http://www.Jpacd.org.br>>. Acesso em: 08 jan. 2014.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas de relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.3, p.937-944, 2004.

SANTOS, D. C. dos; FARIAS, I.; LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; ARRUDA, G. P. de; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. de. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, 2006. 48p. (IPA. Documentos, 30).

SILVA, G. M. **Máquinas para plantio e condução das culturas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. v. 3. 336p.

SILVA, R. P.; PAIVA, A. G. C. Influência da velocidade de deslocamento da plantadora sobre a uniformidade de distribuição de tubérculos na cultura da batata. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.14, n.2, 115-121, Abr./Jun, 2006

SILVA, C.C.F. da; SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. Revista Eletrônica de Veterinária, v. 7, n. 10, p. 1-13, 2006. Disponível em <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. Consultado em 10 de julho de 2013.

SANTOS, M.V.F.dos; FERREIRA, M. de A.; BATISTA, A.M.V. **Valor nutritivo e utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes**. In; MENEZES, R.S.C. et al. (ed). A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005. p. 143-162.

STRATTON, R.; MANN, D. Systematic innovation and the underlying principles behind TRIZ and TOC. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 139, n. 01-03, p. 120-126., 2003.

SOUSA, A.G. **Estudo e análise dos métodos de Avaliação da montabilidade de produtos industriais no processo de projeto**. 1998. 238p (Dissertação de Mestrado) . Apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, (Florianópolis): 1998.

STAMATIS, D.H.. **Failure mode and effect analysis**. ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, 1995;

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M.A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; WARUMBY, J. F.; MELO, J. N. de. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco: cultivo e utilização. (**IPA. Documentos**). Recife: IPA, 2002. 45p.

TULLBERG, J.N. Wheel traffic effects on tillage draught. **J. Agric. Eng. Res.**, 75:375-382, 2000.

TAYLOR, R. K., **Using GPS technology to evaluate corn planter performance**. Annual International Meeting Sponsored by ASAE. Sacramento, California, USA, 2001.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F. & FONSECA, I.C.B. Resistência do solo á penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (*Zea mays*) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, 25:725-730, 2001.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; BEZERRA NETO, E.; FERREIRA, R. L. C.; LUCENA, J. E. C.; LIRA, M. de A. Efeitos da adubação e de nematicida no crescimento e na produção da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica* Mill.) cv. Gigante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 52-60, 2002.

TELES, M. M.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. de A. FERREIRA, R. L. C. BEZERRA NETO, E.; C.; FARIAS, I. Efeito da adubação e do uso de nematicida na composição química da palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*, Mill). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33 n.6, p.1992-1998, 2004.

VASCONCELOS, A. G. V. de; LIRA, M de A.; CAVALCANTI, V. A. L.; SANTOS, M. V. F.; CÂMARA, T.; WILLADINO, L. Micropropagação de palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenillifera* - Salm Dyck). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.2, n.1, p.28-31, jan.-mar., 2007.

VIEIRA, E. de L. **Adição de fibras em dietas contendo palma forrageira (*Opuntia fícusindica* Mill) para caprinos**. 2006, 65f. (Tese de Doutorado).Apresentado ao Programa de Pós- Graduação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2006.

WAAL, H.O. de.; ZEEMAN, D.C.; COMBRINCH, W.J. Wet faeces produced by sheep fed dried spineless cactus pear cladodes in balanced diets. **South African Journal of Animal Science**, v.36, n.5, p.10-14, 2006.

WITNEY, B.D. **Choosing & using farm machines**. Edinburg: Land Technology, 1988. 412 p.