

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO
RECOLHEDOR DE RESÍDUOS DE COLHEITA DA
SOJA**

RUBEM SCHÖFFEL

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, abril de 2014

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO
RECOLHEDOR DE RESÍDUOS DE COLHEITA DA
SOJA**

RUBEM SCHÖFFEL

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Walber

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, para obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, abril de 2014



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL



A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a tese

"Desenvolvimento de um equipamento recolhedor de resíduos de colheita da soja"

Elaborada por

RUBEM SCHÖFFEL

Como requisito parcial para a obtenção do grau de
"Doutor em Agronomia – Área de Produção Vegetal"

Aprovada em: 10/04/2014
Pela Comissão Examinadora

Dr. Walter Boller
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador

Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Coordenadora PPGAgro

Dr. Márcio Walber
Coorientador
FEAR/UPF

Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

Dr. José Antônio Portella
FEAR/UPF

Dr. Renato Serena Fontaneli
Embrapa Trigo

Dr. Wilson Antônio Klein
FAMV/UPF

CIP – Catalogação na Publicação

S367d Schöffel, Rubem

Desenvolvimento de um equipamento recolhedor de
resíduos de colheita da soja / Rubem Schöffel. – 2014.

145 f. : il., color. ; 25 cm.

Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de
Passo Fundo, 2014.

Orientador: Prof. Dr. Walter Boller.

Coorientador: Prof. Dr. Márcio Walber.

1. Ruminante – Alimentação e rações. 2. Máquinas
agrícolas. 3. Máquinas – Projetos. 4. Soja – Resíduo
agrícola. I. Boller, Walter, orientador. II. Walber, Márcio,
coorientador. III. Título.

CDU: 631.3

Catalogação: Bibliotecária Schirlei T. da Silva Vaz - CRB 10/1364

BIOGRAFIA DO AUTOR

RUBEM SCHÖFFEL nasceu em Augusto Pestana, RS, no ano de 1961. Em 1984 concluiu o curso de Engenharia Mecânica pela Universidade de Passo Fundo – RS. Em 2000 ingressou no Programa de Pós-graduação em Segurança do Trabalho da Universidade de Passo Fundo – RS, e em 2005 ingressou no Programa de Pós-graduação em Engenharia realizando estudos sobre viabilidade técnica e econômica para implantação de tecnologias economizadoras de água em aeroporto de pequeno porte para a obtenção do título de Mestre em Engenharia. Na vida profissional atuou no comércio de cereais de 1985 a 1990, transporte de cargas de 1990 a 2000, Engenheiro Mecânico como autônomo 2000 a 2003 e segurança do trabalho de 2003 a 2009. Atualmente é docente no Instituto Federal Sul Rio-Grandense, no campus de Passo Fundo, desde 2006.

DEDICATÓRIA

Nossa vida e todas nossas conquistas não se constroem apenas a duas mãos... são construídas com participação de muitos... a cada dia a cada momento... de diferentes formas.

Muitos participaram da construção deste trabalho, mas preciso destacar uma pessoa em especial. Companheirismo... motivação... amizade... compreensão... dedicação... paciência... se fizeram presentes e se personificaram em um nome: ADRIANA, minha esposa.

Por isso dedico inteiramente a ela este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Sul-rio-grandense, pelo suporte a realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Walter Boller, orientador, pela orientação, ensinamentos, apoio, incentivo, e tranquilidade transmitida quando estive sob sua orientação, contribuindo sobremaneira para o resultado final obtido.

Ao professor Dr. Márcio Walber, coorientador, pelas suas pertinentes observações e contribuições que proporcionaram melhorias ao trabalho.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo – UPF, pela acolhida.

A todas as mãos e mentes que de perto ou de longe, de uma forma ou de outra contribuíram com a realização desse trabalho.

À minha filha Débora, pelos dias de ajuda.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Desenvolvimento do produto	7
2.1.1 História do desenvolvimento de produtos	8
2.1.2 Planejamento de desenvolvimento de novos produtos	8
2.1.3 Investimento e desenvolvimento de novos produtos	9
2.1.4 Modelos referenciais de desenvolvimento de novos produtos.....	11
2.1.5 Algumas técnicas para desenvolvimento de produtos.....	16
2.1.6 Classificação de projeto de produto.....	17
2.1.7 Metodologias para o desenvolvimento de produtos.....	18
2.2 Aproveitamento de resíduos da colheita na alimentação de animais.....	31
2.2.1 Classificação dos alimentos para animais.....	31
2.2.2 Digestibilidade dos resíduos.....	32
2.2.3 Avaliação química e bromatológica dos resíduos.....	34
2.2.4 Fatores que influenciam a digestibilidade.....	37
2.2.5 Exigências nutricionais de bovinos.....	38
2.2.6 Aproveitamento de resíduos da colheita de grãos.....	42
2.2.7 Experimentos com resíduos na alimentação de animais.....	43
2.2.8 Formas de melhorar as propriedades nutricionais dos resíduos.....	46
 CAPÍTULO I: Projeto e construção de equipamento recolhedor de resíduos da colheita de soja	 49
RESUMO	49
ABSTRACT	50
1 INTRODUÇÃO	52
2 MATERIAL E MÉTODOS	54
2.1 Planejamento do projeto.....	57
2.2 Projeto informacional.....	57
2.3 Projeto conceitual.....	57
2.4 Projeto preliminar.....	58
2.5 Projeto detalhado.....	59
2.6 Eficiência do equipamento.....	59
2.7 Versatilidade do equipamento.....	60

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
3.1 Planejamento do projeto.....	61
3.2 Projeto informacional.....	63
3.3 Projeto conceitual.....	66
3.4 Projeto preliminar.....	70
3.5 Projeto detalhado.....	76
3.5.1 Acoplamento da turbina e da rosca sem fim.....	78
3.6 Eficiência do equipamento.....	82
3.7 Versatilidade do equipamento.....	83
4 CONCLUSÕES	88
CAPÍTULO II: Rendimento e viabilidade do recolhimento de palhico de soja para alimentação de ruminantes	89
RESUMO	89
ABSTRACT	90
1 INTRODUÇÃO	92
2 MATERIAL E MÉTODOS	95
2.1 Determinação da quantidade total de palhico.....	95
2.2 Quantidade e qualidade do palhico recolhido pelo protótipo.....	99
2.3 Custo e viabilidade econômica do recolhimento do palhico.....	101
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
3.1 Determinação do rendimento total de palha e grãos.....	103
3.2 Quantidade e qualidade do palhico recolhido pelo protótipo.....	106
3.3 Custo e viabilidade econômica do recolhimento do palhico.....	108
4 CONCLUSÕES	113
CAPÍTULO III: Palhico de soja como substituto parcial de feno de azevém na alimentação de ovinos	114
RESUMO	114
ABSTRACT	115
1 INTRODUÇÃO	117
2 MATERIAL E MÉTODOS	119
2.1 Experimento com alimentação de ovelhas com palhico.....	119
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	125
4 CONCLUSÕES	129
CONSIDERAÇÕES FINAIS	130
REFERÊNCIAS	132
APÊNDICE 1	138

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1 Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto.....	19
2 Fluxograma da fase de planejamento do projeto.....	22
3 Fluxograma da fase do projeto informacional.....	23
4 Fluxograma da fase de projeto conceitual.....	24
5 Fluxograma da fase de projeto preliminar.....	25
6 Fluxograma da fase de projeto detalhado.....	26
7 Fluxograma da fase de preparação da produção.....	27
8 Fluxograma da fase de lançamento.....	28
9 Fluxograma da fase de validação.....	29
10 Restos de cultura e varredura de soja. (a) Restos de cultura de soja. (b) Varredura de soja.....	34
11 Perdas de energia no processo de consumo dos alimentos.....	41

CAPÍTULO I

Figura	Página
1 Centro de extensão e pesquisa agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo.....	54
2 Colhedora John Deere 1165.....	55
3 Modelo de referência do processo de desenvolvimento de máquina agrícola.....	56
4 Resíduo restante da colheita dos grãos da soja.....	62
5 Casa da qualidade.....	65
6 Função global, subfunções e subsubfunções do equipamento	67
7 Anteprojeto do conceito do equipamento.....	69
8 Rosca sem fim, executa as funções de coleta e transporte do palhiço.....	71
9 Tubo da rosca sem fim.....	72
10 Espiral da rosca sem fim.....	72
11 Turbina montada, composta por: (a) um tubo de sucção, (b) carcaça e ventilador centrifugo, (c) tubo de elevação, (d) tubo para o transporte superior	74
12 Ventilador centrifugo.....	74
13 Eixo do ventilador montado.....	75
14 Leiaute final.....	75
15 Protótipo em operação, na safra de 2012/13.....	76
16 Vista da abertura inferior, do tubo da rosca sem fim, fechada	77

Figura	Página
17 Vista da abertura inferior do tubo da rosca sem fim, com acúmulo de material.....	78
18 Localização da polia de acionamento do picador de palha, esticador da correia e o suporte de fixação da turbina.....	78
19 Eixo de acoplamento da polia de acionamento do ventilador..	79
20 Ponta do eixo do saca-palha utilizado para acionar a rosca sem fim.....	79
21 Tomada de potência para acionamento da rosca sem fim.....	80
22 Fixação do eixo de transferência de potência.....	81
23 Acionamento da rosca sem fim.....	81
24 Turbina fixa sobre o chassi e acoplado ao trator Massey Ferguson, modelo 275, ano 2005.....	83
25 Turbina aspirando o palhicho do solo e depositando em carreta agrícola.....	84
26 Chassi usado para acoplamento da turbina no trator.....	84
27 Vigas com perfil “U”, para fixação da turbina.....	85
28 Acoplamento do eixo com o auxílio de dois mancais.....	85
29 Transmissão da potência da tomada de força do trator ao equipamento.....	86
30 Três pontos para engate no trator.....	86
31 Palhicho concentrado em faixas sobre o solo.....	87
32 Rosca sem fim depositando o palhicho em faixas.....	87

CAPÍTULO II

Figura	Página
1 Centro de extensão e pesquisa agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo.....	95
2 Dimensionamento das áreas e subáreas para coleta total da palha e grãos.....	97
3 Coleta total de palha e grãos da soja safra 2011/2012, realizada com a colhedora de parcelas.....	98
4 Dimensões das faixas colhidas com o equipamento projetado instalado em uma colhedora.....	99
5 Pesagem, com auxílio de uma célula de carga, dos grãos e palhicho coletados na safra 2011/2012.....	100
6 Depósito do palhicho em silo no solo do CEPAGRO.....	101

CAPÍTULO III

Figura	Página
1 Centro de extensão e pesquisa agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo.....	119
2 Imagens das instalações utilizadas na realização do experimento com borregas. (a) prédio de baias; (b) baias; (c) comedouro para o feno; (d) comedouro para o palhico e suplemento vitamínico mineral para ovinos; (e) bebedouro de metal com boia.....	121
3 Balança para pesagem das borregas.....	122
4 Baia de alojamento das borregas.....	125

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Número de patentes depositadas por empresa.....	10
2 Composição bromatológica de alguns resíduos ou subprodutos.....	35
3 Componentes fibrosos das palhas (matéria seca).....	36
4 Componentes intracelulares e coeficientes de digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) e da matéria orgânica (DIVMO) das palhas (matéria seca).....	36
5 Composição química da palha de soja	37
6 Degradação ruminal de palha de soja em tempos diferentes.....	37
7 Exigências em energia (NDT), proteína (PB; PDR) e fibra (FDN) de animais de diversas categorias, estádios fisiológicos e produção, em um rebanho leiteiro.....	40
8 Produção de soja em milhões de toneladas.....	42
9 Composição nutritiva do capim-colonião (<i>Panicum maximum</i>) e da casca da vagem de soja.....	46

CAPÍTULO II

Tabela	Página
1 Peso por planta de grãos, palhico e hastes, relação entre peso de palhico e de grãos e índice de colheita (IC) de dez amostras de cinco plantas na safra 2011/2012.....	103
2 Peso total de cem plantas de soja cv. Potência, na safra de 2012/2013, pesos dos grãos, do palhico e das hastes, relação entre palhico e grãos e índice de colheita (IC).....	104
3 Pesos de grãos, palhico e hastes em g m ⁻² , relação entre palhico e grãos e índice de colheita (IC) da variedade da soja Apolo, colhidos com a colhedora de parcelas, na safra 2011/2012.....	105
4 Pesos de grãos, palhico e hastes em g m ⁻² , relação entre palhico e grãos e índice de colheita (IC) da variedade da soja Syn 1157, colhidos com a colhedora de parcelas, na safra 2011/2012.....	105
5 Pesos de grãos e palhico em kg ha ⁻¹ , relação entre grãos obtidos nas cinco parcelas coletadas com o protótipo, safra 2011/2012.....	106

Tabela	Página
6 Análise bromatológica do palhiço de soja coletado na safra 2012/2013.....	107

CAPÍTULO III

Tabela	Página
1 Resultado da análise bromatológica do palhiço (média de duas amostras) e do feno de azevém, coletado em 2013.....	125
2 Peso semanal (média da parcela) das borregas, realizado entre 09/11 e 28/12/12.....	126
3 Ganho de peso das borregas submetidas a diferentes níveis de substituição de feno de azevém por palhiço de soja.....	127

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Modelos de referenciais do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) provenientes da engenharia de produção.....	11
2 Modelos de referenciais do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) provenientes do marketing.....	12
3 Modelos de referenciais do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) provenientes do design.....	13
4 Comparação das perspectivas das comunidades acadêmicas.....	15

CAPÍTULO I

Quadro	Página
1 Necessidades dos clientes (externos e internos), as quais são desdobradas em requisitos dos clientes.....	64
2 Necessidades dos clientes classificadas quanto ao uso, produção e ao projeto.....	64
3 Matriz morfológica, apresentação das possíveis combinações para concepção e o caminho escolhido.....	68
4 Cronograma para gerenciamento dos prazos.....	70

CAPÍTULO III

Quadro	Página
1 Dieta ministrada às borregas no período de 09/11/12 a 22/11/12.....	123
2 Dieta ministrada às borregas no período de 23/11/12 a 26/11/12.....	123
3 Dieta ministrada às borregas no período de 27/11/12 a 28/12/12.....	124

DESENVOLVIMENTO DE UM EQUIPAMENTO RECOLHEDOR DE RESÍDUOS DE COLHEITA DA SOJA

RUBEM SCHÖFFEL¹

RESUMO - Na maioria das regiões produtoras de soja do Brasil, a colheita dessa cultura coincide com um período de escassez de oferta de matéria seca para a alimentação de ruminantes, o que afeta a produção de carne e leite. Os resíduos da colheita da soja apresentam composição nutricional capaz de suprir parte das demandas alimentares desses rebanhos, porém, nessa operação, as máquinas debulham e armazenam os grãos e desprezam as demais partes (resíduos). Para viabilizar o aproveitamento desses resíduos, um dos desafios é mecanizar seu recolhimento, paralelamente ou imediatamente após a colheita dos grãos. O objetivo desse trabalho foi projetar, construir e testar um equipamento para coletar os resíduos da colheita de soja provenientes do mecanismo de limpeza da colhedora. O equipamento foi constituído por chapas defletoras, um transportador helicoidal, montado transversalmente à colhedora, e um ventilador centrífugo instalado na lateral. Para quantificar o palhiço, foram arrancadas plantas inteiras e decompostas em palhiço, hastes e grãos. A relação entre o palhiço e grãos colhidos foi de 0,43 em 2012 e 0,34

¹ Engenheiro Mecânico, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro), área de concentração em Produção vegetal, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Professor do Curso Técnico de Mecânica do Instituto Federal Sul Rio-Grandense (IFSul), Campus Passo Fundo – RS

em 2013. Também foi coletado e pesado o palhiço proveniente do sistema de limpeza de uma colhedora, com o auxílio do equipamento desenvolvido, e a relação entre o palhiço recolhido e os grãos colhidos foi de 0,33 em 2012. Em uma colhedora de parcelas, foi feita a coleta total dos resíduos, e a relação entre o palhiço recolhido e os grãos colhidos em 2012 foi de 0,48 e 0,57 para as cultivares Apolo e Syn 1157, respectivamente. Para qualificar o palhiço coletado, este foi submetido à análise bromatológica e os teores obtidos, com base na matéria seca, para proteína bruta e fibra em detergente neutro e ácido, foram 5,9, 79,7 e 59,3% respectivamente. Foi realizado um experimento para avaliar o efeito da substituição do feno de azevém por palhiço de soja na dieta de borregas, onde observou-se que o aumento na proporção do palhiço na dieta em substituição ao feno melhorou o ganho de peso dos animais.

Palavras-chave: alimentação de ruminantes, palhiço de soja, projeto de máquinas agrícolas.

DEVELOPMENT OF SOYBEAN HARVEST RESIDUE COLLECTOR EQUIPMENT

ABSTRACT - In most soybean producing regions in Brazil, harvesting season of this crop coincides with a period of shortages of dry matter for feeding ruminants, affecting meat and milk production. The soybean harvest residues present nutritional composition able to supply part of the food demands of these herds, however, in this operation, machines thrashing and storing grains and discard the other parts (residues). To facilitate the use of these residues, one challenge is to mechanize its gathering after harvesting crops. The aim of this work was to design, build and test a device to collect soybean harvest residues from the cleaning mechanism of the harvester. The equipment consists of baffle plates, a screw conveyor arranged transversely to the harvester and a centrifugal fan installed on the side. To quantify the pods husks, whole plants were uprooted and broken down into pods husks, stems and grains. The relation between pods husks and grains was of 0,43 in 2012 and 0,34 in 2013. The pods husks from the cleaning mechanism of the harvester were collected, using the equipment developed, and weighed and the relation between the pods husks and grains was of 0,33 in 2012. Using a plot harvester the total residues were collected and the relation between pods husks and grain in 2012 was 0,48 and 0,57 for cv. Apolo and Syn 1157, respectively. And, the pods husks collected were qualified by bromatological analysis and the contents based on the dry matter to crude protein, neutral and acid detergent fiber, were 5,9, 79,7 and 59,3%, respectively. It was conducted an experiment to evaluate the

effect of replacement of ryegrass hay for soybean pods husks on the diet of ewe lambs, it was observed the increase in the ratio of pods husks on the diet improved animal gain weight performance.

Key words: agriculture machinery project, soybean pod husk, ruminants feed.

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da concorrência no ramo de máquinas e implementos agrícolas nacionais, as indústrias, para manterem a competitividade no setor, requerem melhorias nos setores de projeto e Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP). A maioria das empresas de pequeno e médio porte e com tradição de gestão familiar, não se beneficiam do uso das principais técnicas de suporte à gestão do PDP, gerando inúmeros problemas relacionados à qualidade, prazos e custos no processo.

Segundo Back et al. (2008), para desenvolver um produto com eficiência e eficácia, é necessário saber o que fazer, para quem fazer, quando fazer, com que fazer e como fazer. A essa organização (conhecimentos, métodos e ferramentas utilizados para o desenvolvimento) chamar-se-á metodologia de projeto, ou metodologia de desenvolvimento de produtos.

Para conduzirem eficientemente o PDP e obterem sucesso no mercado com os produtos lançados, as empresas precisam buscar produtos que atendam e satisfaçam as necessidades dos seus clientes, tanto técnica quanto economicamente. Dessa maneira, as indústrias de máquinas e implementos agrícolas devem criar novos produtos que atendam carências de mercado e que possibilitem gerar receita aos seus clientes.

As oportunidades e carências do mercado devem ser cuidadosamente estudadas e estão relacionadas a questões tais como o aumento da oferta de grãos para a alimentação humana e o uso de subprodutos destes para os animais, reduzindo os custos da

alimentação e a pressão sobre o meio, pela redução de acúmulo de resíduos.

A alimentação básica dos ruminantes tem sido as pastagens naturais ou cultivadas, que apresentam produção escassa no outono, quando ocorre a colheita da soja. Das lavouras, são retirados os grãos, enquanto que a palha, na maioria dos casos, permanece no campo. Esse resíduo pode servir de volumoso aos ruminantes e, por conseguinte, pode diminuir a concorrência por alimentos mais nobres com o homem. Caracteriza-se pelo grande volume, baixo custo, disponibilidade em quase todas as propriedades rurais e baixo valor nutritivo (MARQUES NETO & FERREIRA, 1984).

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o tema desenvolvimento de produto e, nessa perspectiva, atenção especial será dada à metodologia proposta por Romano (2013), que foi implantada no presente estudo. Há que se destacar, sobre isso, que a melhor forma de obter êxito no processo de desenvolvimento de produtos é seguindo uma metodologia adequada.

2.1 Desenvolvimento do produto

O processo de desenvolvimento de produtos (PDP) é foco de atenção da maior parte das empresas no atual ambiente competitivo. Pressionadas pela inovação e pela aceleração do ciclo de vida dos produtos, as empresas precisam estar constantemente lançando novos produtos no mercado com qualidade e custo-benefício adequados ao cliente.

Com a globalização da economia, os produtos devem apresentar alta qualidade, no mais amplo sentido do termo, ou seja, devem ser competitivos. Para alcançar essa competitividade, o produto deverá ser desenvolvido de uma forma integrada, com competências em múltiplas disciplinas (BACK et al., 2008). Assim, não se pode mais falar em projetista, no singular, mas em equipe integrada de profissionais de diversas funções dentro de um ambiente de desenvolvimento de produto de uma empresa, universidade ou instituto de pesquisa, que atue, simultaneamente, ao longo do processo de desenvolvimento do produto.

2.1.1 História do desenvolvimento de produtos

Junto com a história do homem, inicia-se a história do desenvolvimento de produtos. Os primeiros artefatos fabricados pelos ancestrais do homem moderno datam de aproximadamente 600 mil anos antes de Cristo (IAROSZINSKI NETO, 2013). Esses artefatos eram objetos de pedra lascada que auxiliavam o homem em atividades cotidianas simples, tais como cortar, raspar, moer, incidir, quebrar sementes e frutos e para sua defesa. A evolução do homem é marcada pela evolução na elaboração de seus "produtos". Na medida em que a espécie humana evoluiu, ela desenvolveu novos produtos e materiais que possibilitaram o desenvolvimento da própria espécie.

2.1.2 Planejamento de desenvolvimento de novos produtos

Para as empresas se conservarem competitivas e lucrativas, é preciso desenvolver novas ideias e conceitos para fazer frente à concorrência. E é a partir da inovação que as organizações podem criar valores e diferenciais dos seus produtos e serviços no mercado (SARKAR, 2011). A inovação permite a agregação de novas características aos produtos ou redução dos seus custos de forma a manter ou aumentar suas vantagens competitivas.

Segundo Urban & Hauser (1993), a etapa inicial do desenvolvimento de novos produtos é identificar as oportunidades. Essa etapa foi dividida por eles em duas subetapas. Na primeira, é definido o mercado no qual se pretende operar e qual será a estratégia inicial. Na segunda, procede-se à geração de novas ideias, com as

quais serão produzidos novos produtos para satisfazer o mercado identificado.

Para Cooper & Kleinschmidt (1995), a etapa de geração de ideias inclui desde a pesquisa básica até a aplicação de uma variedade de técnicas de geração de ideias baseadas na criatividade e nas necessidades dos potenciais clientes. Baxter (1998) apresenta um conjunto de técnicas para estimular tal geração sem se preocupar com uma sistematização. O procedimento no planejamento do produto, segundo Pahl et al. (2005), apresenta uma sistematização das atividades, com seis etapas: análise da situação, formulação de estratégias de busca, busca de ideias para o produto, seleção de ideias de produto, definição de produtos e esclarecimento e especificação.

O conjunto das fontes de ideias para novos produtos pode ser classificado em dois grandes grupos: as ideias com origem no mercado (market push) e as ideias com origem no desenvolvimento científico e tecnológico (technology push). Com base em alguns estudos (COOPER & KLEINSCHMIDT, 1995; URBAN & HAUSER, 1993), pode-se estimar que em média 60% das novas oportunidades são oriundas de necessidades de mercado, 30% são oportunidades criadas a partir de desenvolvimentos tecnológicos e os outros 10% são ideias de fontes diversas.

2.1.3 Investimento e desenvolvimento de novos produtos

Sabbatini et al. (2009) realizaram uma pesquisa nas bases internacionais de patentes, cujos resultados estão apresentados na Tabela 1, na qual são expostos os números de patentes depositadas nos

setores de implementos agrícolas, mecânica de tratores e eletrônica embarcada por empresas. A John Deere, que investe cerca de 800 milhões de dólares por ano em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, é a líder em investimento e número de patentes, mas empresas menores, como CLAAS e Mahindra, têm investido e obtido sucesso em seus investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

Tabela 1 - Número de patentes depositadas por empresa.

Empresa	Patentes depositadas desde 1998	Implementos agrícolas (%)	Mecânica dos tratores (%)	Eletrônica embarcada (%)
AGCO	27	34,62	53,85	1,54
Claas	67	28,79	57,58	13,64
Deere Co.	133	21,97	67,42	10,61
Fóton	8	85,71	14,29	
Mahindra	12	27,27	72,73	
CNH	42	36,59	58,54	4,88

Fonte: Sabbatini et al. (2009)

Pelas características da agricultura, as máquinas precisam ser adaptadas para as condições de cada região do mundo. Assim, embora a pesquisa e o desenvolvimento de produto tendam a ser feitos nas sedes das empresas, é crescente a atividade de engenharia para adaptação das máquinas às regiões em que serão realmente utilizadas, ou seja, amplia-se uma cultura de descentralização dos projetos. Assim, a localização e a capacitação das subsidiárias são fatores de competitividade cada vez mais importantes para as empresas, que passaram a investir em novas unidades nas regiões em que o avanço da agricultura é maior. Como exemplo, pode-se destacar a criação de fábricas da Deere no Brasil e na Ásia, a reativação da fábrica de

Sorocaba da Case e os acordos de cooperação da AGCO na Ásia (SABBATINI et al., 2009).

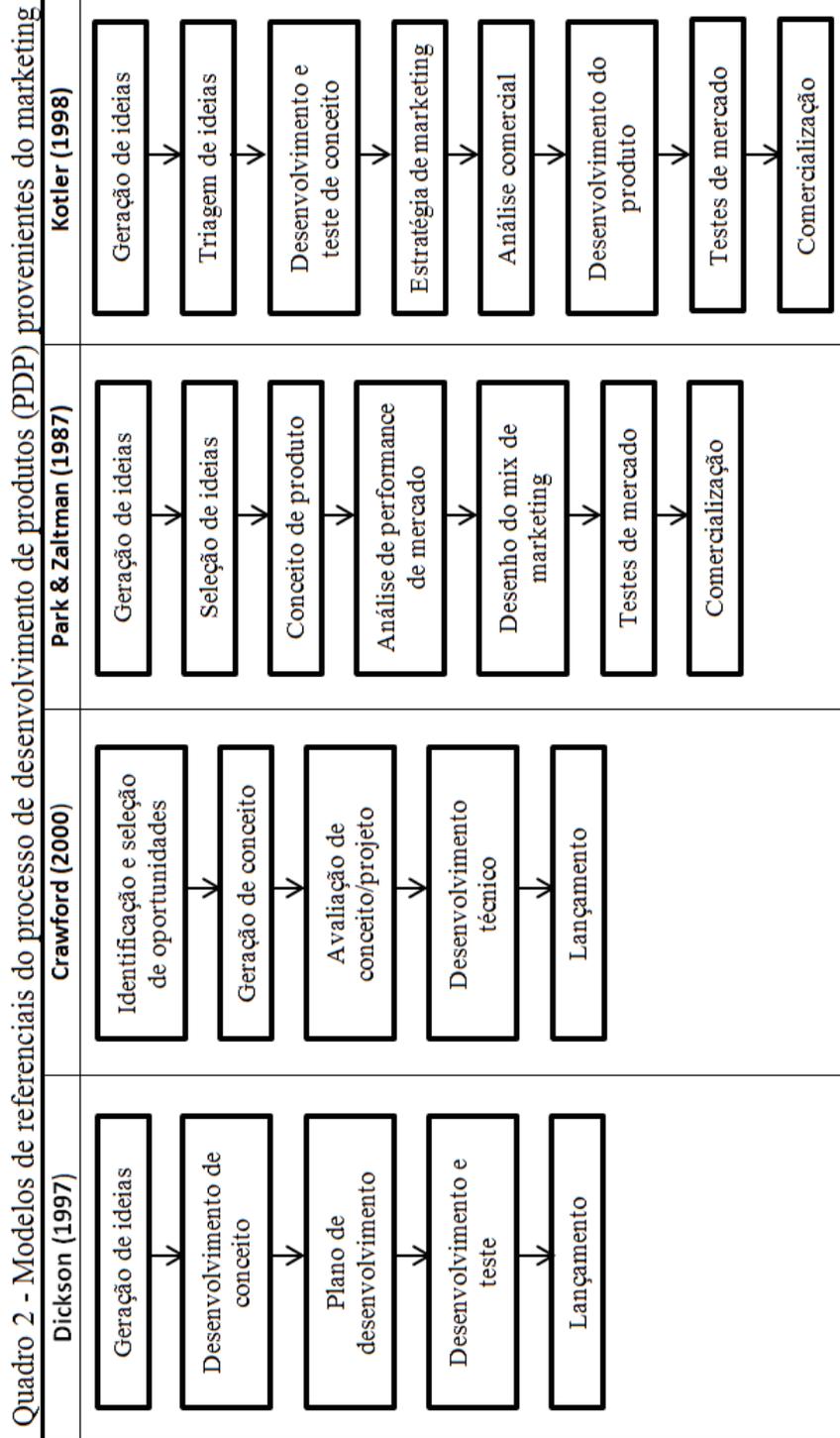
2.1.4 Modelos referenciais de desenvolvimento de novos produtos

Alguns modelos referenciais com o objeto de estudar o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) são desenvolvidos por áreas, conforme destacam Buss & Cunha (2002), os quais apresentam diversos modelos de referência de PDP oriundos de pesquisas realizadas nas áreas de engenharia de produção (Quadro 1), marketing (Quadro 2) e design (Quadro 3).

Quadro 1- Modelos de referenciais do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) provenientes da engenharia de produção.

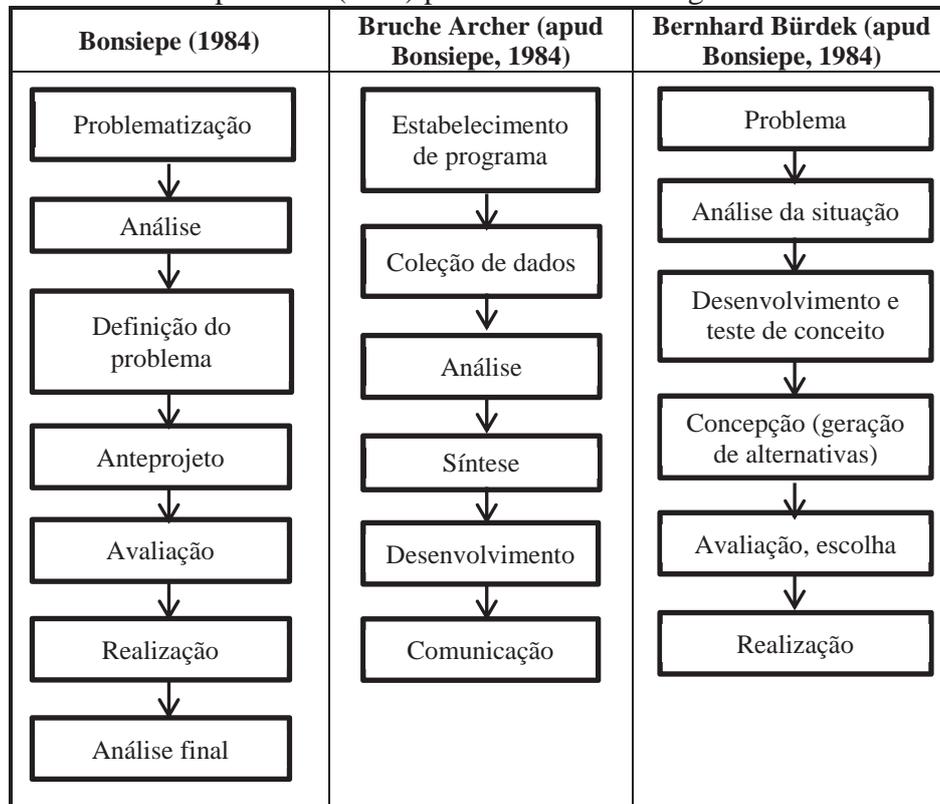
Rozenburg e Eeckles (1995)	Palh e Beitz (1996)	Kaminski (2000)	Nam Suh (1990)
Análise do problema	Especificação do Projeto	Especificação técnica da necessidade	Necessidade social
↓	↓	↓	↓
Síntese das soluções	Projeto conceitual	Estudo de viabilidade	Requerimentos funcionais
↓	↓	↓	↓
Simulação das soluções	Projeto preliminar	Projeto básico	Atributos de produto
↓	↓	↓	↓
Avaliação do projeto	Projeto detalhado	Projeto executivo	Protótipo
		↓	↓
		Planejamento da produção	Produto
		↓	
		Execução	

Fonte: Buss & Cunha (2002)



Fonte: Buss & Cunha (2002)

Quadro 3 - Modelos de referenciais do processo de desenvolvimento de produtos (PDP) provenientes do design.



Fonte: Buss & Cunha (2002)

A administração, por meio de seus braços em marketing e na produção, preocupa-se com os aspectos mercadológicos e de organização e controle da produção; a engenharia, através de sua linha em engenharia da produção, foca basicamente os aspectos referentes à engenharia do produto e ao desenvolvimento de seu projeto técnico; e o design preocupa-se principalmente com a caracterização do problema e com a investigação de alternativas possíveis (BUSS & CUNHA, 2002).

Cabe ressaltar que, dentre os modelos propostos por esses autores, alguns se limitam ao processo de projeto, como, por exemplo, o modelo proposto por Pahl et al. (2005), enquanto outros consideram o PDP como um processo de negócios que vai além da simples especificação técnica do produto.

Para Krishnan & Ulrich (2001), essas diferenças de abordagens e pontos de vista ocasionam uma desconexão entre os modelos apresentados pela literatura. O Quadro 4 apresenta essas diferentes perspectivas em relação ao PDP.

Romano et al. (2001) destacam que, para que o processo de desenvolvimento de produtos ocorra satisfatoriamente, cumprindo seu papel de mantenedor da competitividade da empresa, ele deve ser executado de maneira integrada, resultando no chamado desenvolvimento integrado de produtos (DIP), comumente representado como um processo de negócio. Desse modo, de acordo com esses autores, para descrever um processo de negócio, podem ser utilizados modelos de referência que representem setores industriais específicos, como por exemplo o automotivo, o aeroespacial, etc., servindo de parâmetro de comparação para as empresas avaliarem e incorporarem melhorias em seus processos.

Quadro 4 - Comparação das perspectivas das comunidades acadêmicas

	Marketing	Organizações	Engenharia	Administração da produção
Perspectiva do produto	Um produto é um conjunto de atributos.	Um produto é um artefato resultante de um processo organizacional.	Um produto é uma montagem complexa de componentes interconectados.	Um produto é uma seqüência de desenvolvimento e/ou passos do processo de produção.
Métricas típicas de desempenho	"Adequado ao mercado" participação de mercado. Utilidade para o consumidor. (Algumas vezes lucros).	"Sucesso do projeto".	"Forma e função" Desempenho técnico. Inovação. (Algumas vezes custos diretos).	"Eficiência" custo total. Nível de serviço. Tempo de desenvolvimento. Utilização da capacidade produtiva.
Paradigma de representação dominante	Utilidade para o cliente como uma função dos atributos do produto.	Sem paradigma dominante. Rede organizacional é usada algumas vezes.	Modelos geométricos. Modelos paramétricos de desempenho técnico.	Diagrama de fluxo do processo.
Exemplos de variáveis de decisão	Níveis de atributos de produto, preço.	Estrutura da equipe de desenvolvimento de produto, incentivos.	Tamanho do produto, forma, configuração, função, dimensões.	Sequencia e cronograma do processo de desenvolvimento, ponto de diferenciação no processo de produção.
Fatores críticos de sucesso	Posicionamento do produto e preço. Coletar e entender necessidades dos clientes.	Alinhamento organizacional. Características da equipe.	Conceito e configuração criativa. Otimização de desempenho.	Seleção de material e fornecedores. Projeto da sequencia de produção. Administração do projeto.

Fonte: Krishnan & Ulrich (2001)

2.1.5 Algumas técnicas para desenvolvimento de produtos

Toledo & Simões (2010) declararam, em pesquisa realizada no estado de São Paulo, com foco na gestão do desenvolvimento de produto de pequenas e médias empresas de máquinas e implementos agrícolas, que a maioria das empresas desse porte não se beneficiam do uso das principais técnicas de suporte à gestão do processo de desenvolvimento do produto, gerando inúmeros problemas relacionados a qualidade, prazos e custos no processo.

As especificações normativas cumprem funções tanto relacionadas à segurança e ao ambiente, quanto àquelas relacionadas à intercambialidade dos produtos. Os aspectos de segurança e ambiente são condições básicas para a existência do produto no mercado. Segundo Borges (2010), deve-se buscar junto aos órgãos reguladores (ABNT, INMETRO, IPT, INT, IDEC, PROCON...) e legisladores (SIF, Ministério do Trabalho, Ministério da Saúde...) as regulamentações que podem interferir na vida do produto. Além desses órgãos, as associações classistas e agrupamentos regionais têm buscado estabelecer seus próprios padrões e normas, que podem constituir-se em diferenciadores importantes para os produtos (ABIC, AMPAC, ABIA, ABRINQ...). Quanto aos padrões técnicos, eles devem ser considerados como condição mínima, visto que, por si, não constituem diferenças no mercado. As normas técnicas nacionais (ABNT) e internacionais (ISO, DIN, SAE, AFNOR) devem ser obedecidas em qualquer projeto.

Para Pahl et al. (2005), o *brainstorming* seria melhor rotulado como clarão no pensamento, tempestade no pensamento ou

enxurrada de ideias, ou seja, consiste na liberação da mente e pensar em todas as soluções existentes. E segundo Oliveira (1996), elas objetivam criar um pressuposto para um grupo de indivíduos receptivos, provenientes de diferentes áreas de conhecimento, pois suas experiências diversas podem colaborar com a tempestade de ideias que se forma ao longo do processo de sugestões e discussões. Esse método utiliza ideias imparciais e especula amplamente acerca de associações, ou seja, recordações e combinações de pensamentos que os participantes não tenham intuído no contexto atual, ou simplesmente despercebidos pelo pensamento consciente. Nenhuma ideia é descartada ou julgada como errada ou absurda.

Segundo Baxter (1998), a matriz morfológica possibilita o estudo de todas as possíveis combinações entre os elementos ou componentes de um produto. Prossegue ainda o autor, destacando que ela foi desenvolvida por Fritz Zwickey, em 1948, quando este trabalhava no desenvolvimento de motores a jato. Fritz cita que as seguintes regras devem ser utilizadas: o problema a ser solucionado deve ser descrito com grande precisão; todas as variáveis que caracterizam o problema devem ser identificadas; cada variável deve ser subdividida em classes, tipos ou estágios distintos; as soluções possíveis são procuradas nas combinações das classes.

2.1.6 Classificação de projeto de produto

Novos projetos apresentam graus diferentes de inovação, Pahl et al. (2005) classificam as atividades projetuais em três tipos de produtos, que são:

◆ Projeto inovador – novas tarefas ou problemas são atendidos por novos princípios de solução ou uma nova combinação de princípios de solução familiares. Podem-se distinguir dois casos: (1) invenção – trata-se verdadeiramente de uma descoberta, e (2) inovação – são concretizadas novas funções e novas características de um produto.

◆ Projeto adaptativo – o princípio de solução é preservado e somente a configuração é adaptada às novas condições periféricas.

◆ Projeto alternativo – se desenvolve dentro de limites preestabelecidos e tem variação de tamanho e/ou do arranjo dos componentes ou subconjuntos, o que é típico de séries construtivas e/ou sistemas modulares.

2.1.7 Metodologias para o desenvolvimento de produtos

O processo de projeto de produto é subdividido, por Pahl et al. (2005), em quatro fases distintas. Percebe-se uma disposição onde as pesquisas convergem para a aplicação do modelo de quatro fases, que são:

- ✓ Fase 1 – Esclarecimento e definição metódica da tarefa;
- ✓ Fase 2 – Métodos para concepção;
- ✓ Fase 3 – Anteprojeto;
- ✓ Fase 4 – Projeto detalhado.

Nesse sentido, a Figura 1 apresenta uma linha mestra, à qual podem ser correlacionadas etapas de trabalho mais específicas. Também é dada uma ênfase especial ao caráter interativo do

procedimento, isto é, a execução das etapas de trabalho não deve ser vista de forma rígida, eis que ocorrem normalmente, pulando etapas de trabalho específicas e/ou retornando a etapas anteriores. Formam um processo em cadeia que inicia com o levantamento das necessidades dos consumidores e termina na documentação e especificação detalhada das informações sobre o produto com desenhos para a manufatura, detalhamento aos usuários, à manutenção e ao seu destino após ser descartado.

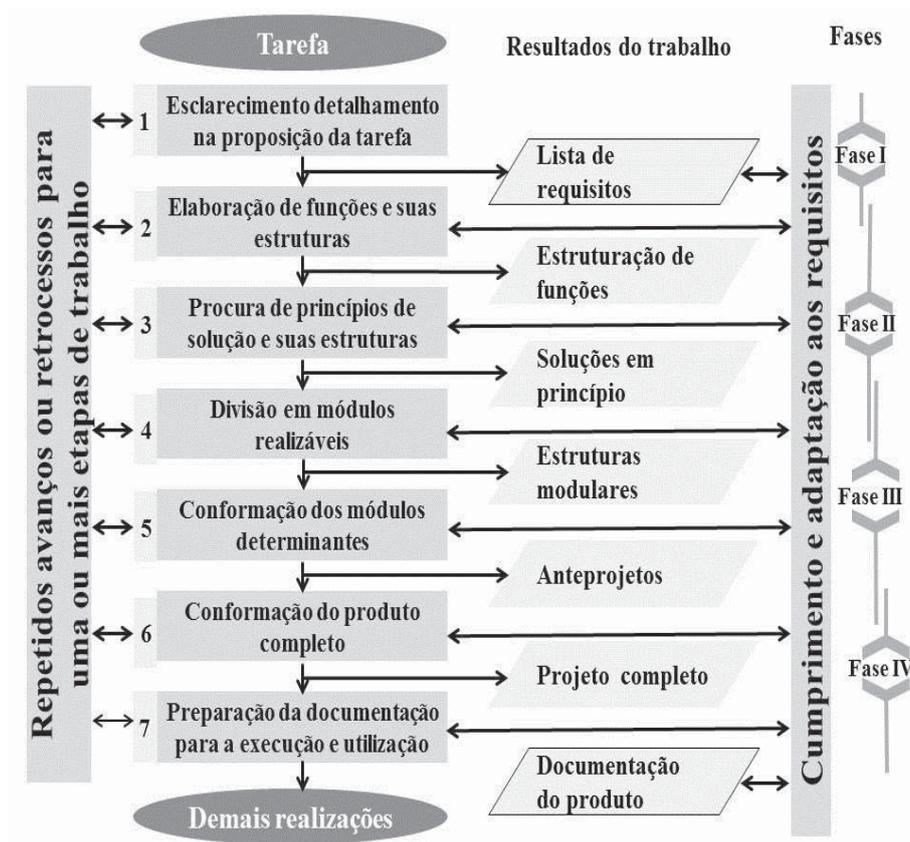


Figura 1 - Procedimento geral para o desenvolvimento do projeto. Fonte: Pahl et al. (2005)

Segundo Pahl et al. (2005), a fase de esclarecimento e definição metódica da tarefa se caracteriza como a fase da organização das ideias, na qual reúnem-se as necessidades dos clientes, definem-se os requisitos essenciais e opcionais para o produto. Tal fase conclui-se com a lista de especificação de projeto do produto (EPP). Na fase 2, métodos para concepção, são construídos vários conceitos de solução para o projeto. A construção de soluções serve para estudar quais são os princípios de solução mais adequados para cada requisito de projeto, objetivando ao alcance de uma solução ótima no fim dessa fase de projeto. O anteprojeto, por sua vez, determina a real parte de projeção do produto. É a fase de cálculos estruturais, esforços em eixos, determinação de parâmetros metalúrgicos para engrenagens, especificação de rolamentos, ensaios, análise por elementos finitos, testes e medições experimentais. As decisões de engenharia tomadas nessa fase são referentes aos requisitos determinados anteriormente na fase de esclarecimento e definição metódica da tarefa. No projeto detalhado, o produto, já definido, passa pela etapa de detalhamento para manufatura, com os desenhos de fabricação, detalhamento de montagem, com as especificações e tolerâncias de montagem, manual de uso, para ser utilizado pelo consumidor no momento que o produto passa para o cliente.

Foi proposto por Romano (2013) um modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (MR-PDMA), o qual serve de padrão para a elaboração de modelos particulares de processos de desenvolvimento desses produtos. Nesse modelo, o processo é decomposto em três macrofases, quais sejam planejamento, projeção e implementação. Estas são desmembradas

em oito fases e produzem saídas específicas, que são, na sequência, brevemente descritas, e podem ser vistas em forma de fluxograma nas Figuras 2 a 9.

◆ Planejamento – a primeira macrofase corresponde à fase de “planejamento do projeto”. Envolve a elaboração do plano do projeto da máquina agrícola, principal resultado da fase.

No planejamento do projeto, realiza-se pesquisa acerca do tamanho do mercado consumidor da máquina que está sendo projetada, bem como a avaliação dos produtos existentes no mercado. São, também, pesquisadas as normas de construção e homologação da máquina a ser projetada, bem como é estabelecido o preço inicial e o seu ciclo de vida.

A partir do plano estratégico de produtos, o planejamento de marketing é iniciado e aprovado, como mostra a Figura 2, liberando a criação do termo de abertura do projeto, ou carta de projeto, que formaliza a existência do produto dentro da organização.

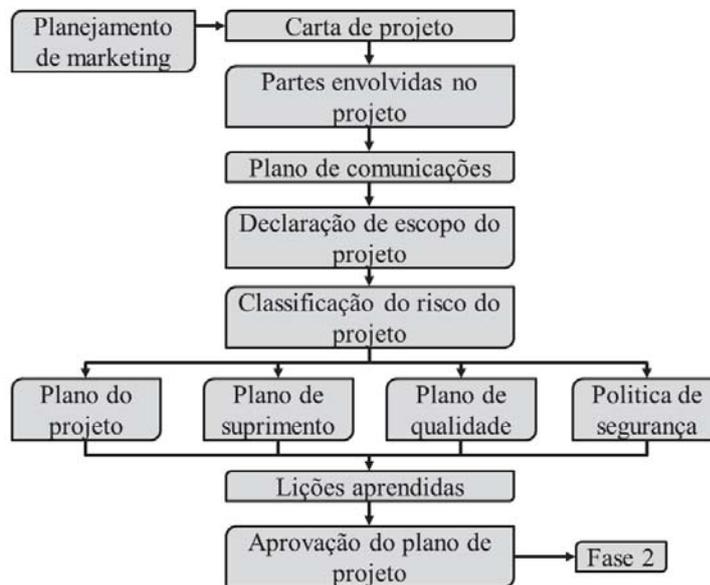


Figura 2 - Fluxograma da fase de planejamento do projeto.
Fonte: Romano (2013)

♦ **Projetação** – segunda macrofase, envolve a elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura. Decompõe-se em quatro fases denominadas “projeto informacional”, “projeto conceitual”, “projeto preliminar” e “projeto detalhado”. Os resultados principais de cada fase são, respectivamente, as especificações de projeto, a concepção da máquina, a viabilidade econômica e a solicitação de investimento.

No projeto informal, são definidas as especificações do projeto, conforme apresentado pela Figura 3. Alguns fatores tomam forma de medida e podem ser classificados como sendo especificações físicas, características dinâmicas e econômicas. Importante ressaltar, nas especificações físicas, devem ser observadas as normas de segurança e proteção do operador, em conformidade com a lei nº 6.514 de 22 de dezembro de 1977 (BRASIL, 1977).

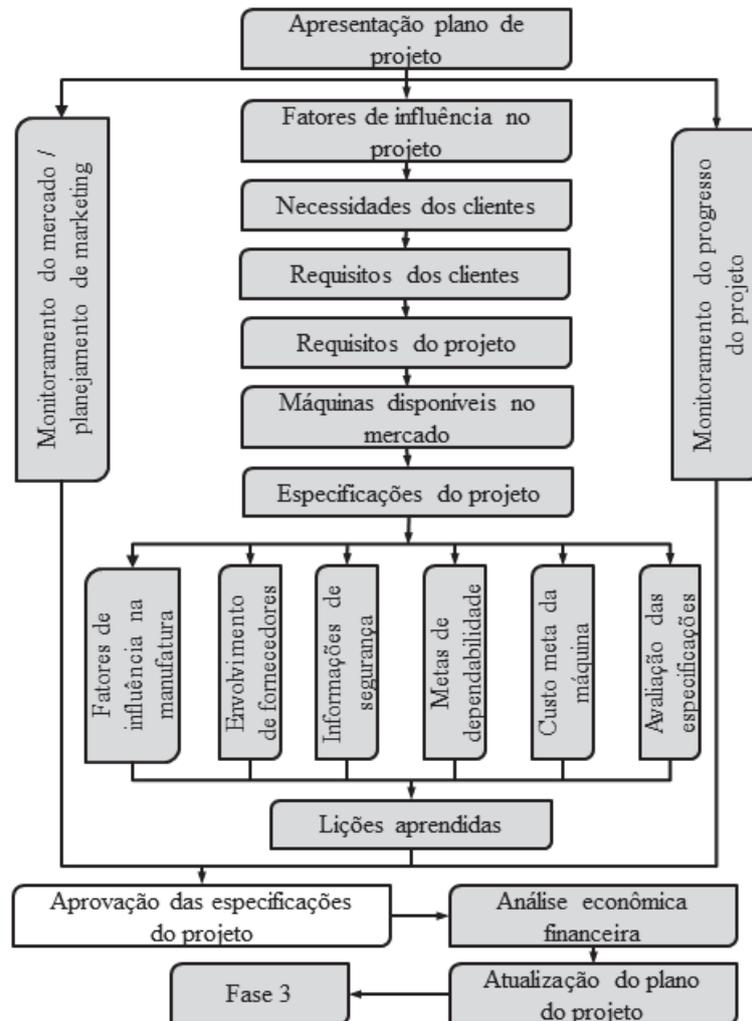


Figura 3 - Fluxograma da fase do projeto informacional.
Fonte: Romano (2013)

As necessidades e desejos do mercado são listados e convertidos em requisitos dos clientes. O objetivo dessa conversão é obter um refinamento sob um ponto de vista mais técnico das necessidades do mercado. A partir dos requisitos dos clientes, são definidos os requisitos de projeto, os quais indicam a forma como um requisito do cliente pode ser atendido.

A fase de projeto conceitual destina-se ao desenvolvimento da concepção da máquina agrícola, conforme apresentado pela Figura 4. Nessa fase, são realizadas diversas tarefas que buscam estabelecer a estrutura funcional da máquina agrícola. Essa atividade envolve a definição da função global a ser executada pela máquina, bem como de suas subfunções.

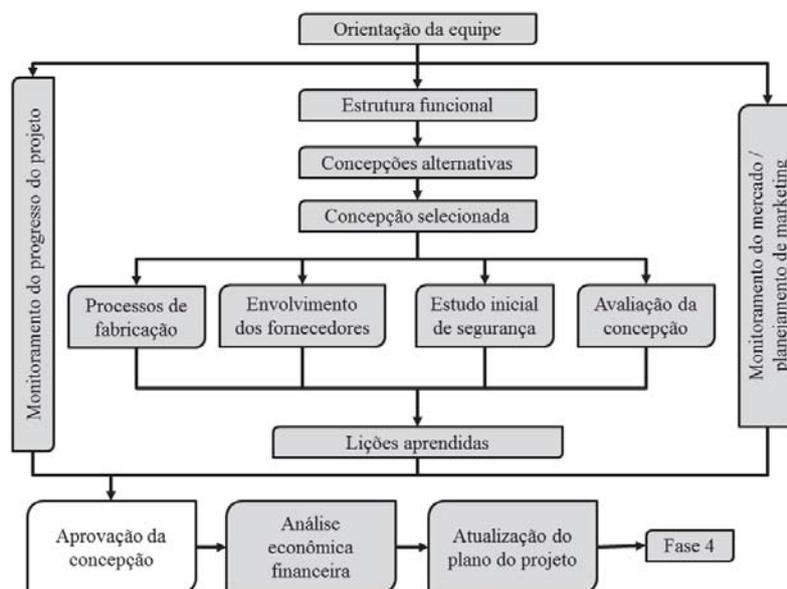


Figura 4 - Fluxograma da fase de projeto conceitual. Fonte: Romano (2013)

No projeto preliminar, é dedicada especial atenção ao estabelecimento do leiaute final do produto e à determinação da viabilidade técnica e econômica. O projeto preliminar define o leiaute dimensional mais adequado para a máquina, que é obtido pelo refinamento dos leiautes alternativos, o que é obtido por meio de uma otimização, o que implica a eliminação de pontos fracos e críticos, conforme apresentado pela Figura 5. Nessa fase, são estabelecidas as

dimensões, o material e o processo de fabricação, entre outros, dos componentes da máquina, para estabelecer o leiaute final otimizado e os desenhos de cada item.

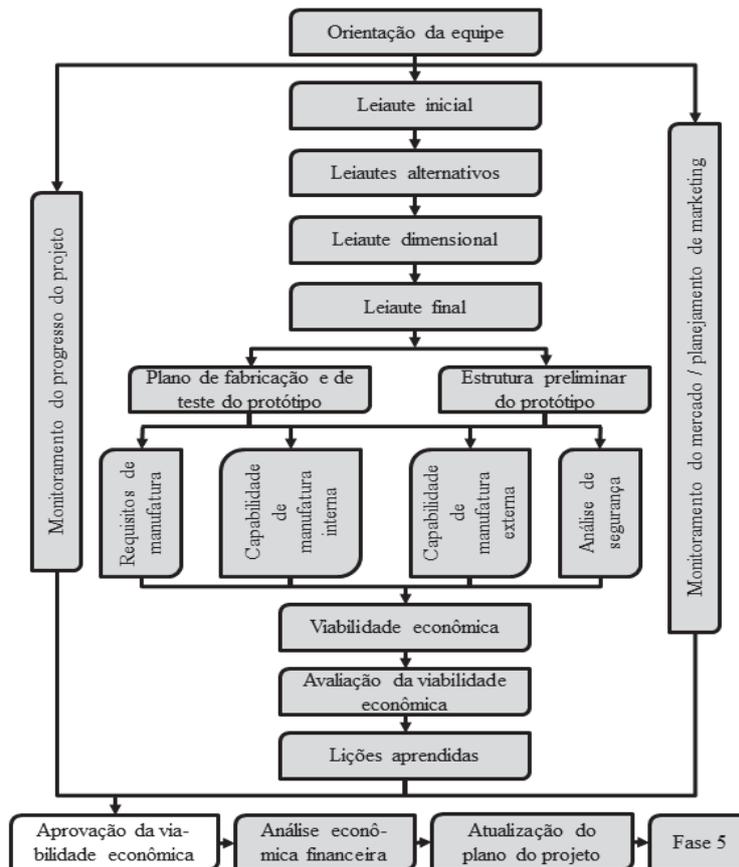


Figura 5 - Fluxograma da fase de projeto preliminar. Fonte: Romano (2013)

O projeto detalhado destina-se à aprovação, à construção e à avaliação do protótipo. Nessa fase, ocorre, também, a finalização das especificações dos componentes; o detalhamento do plano de manufatura; e a preparação da solicitação de investimento, conforme é mostrado na Figura 6. O protótipo é construído e são concluídos os testes e ensaios de laboratório e de campo.

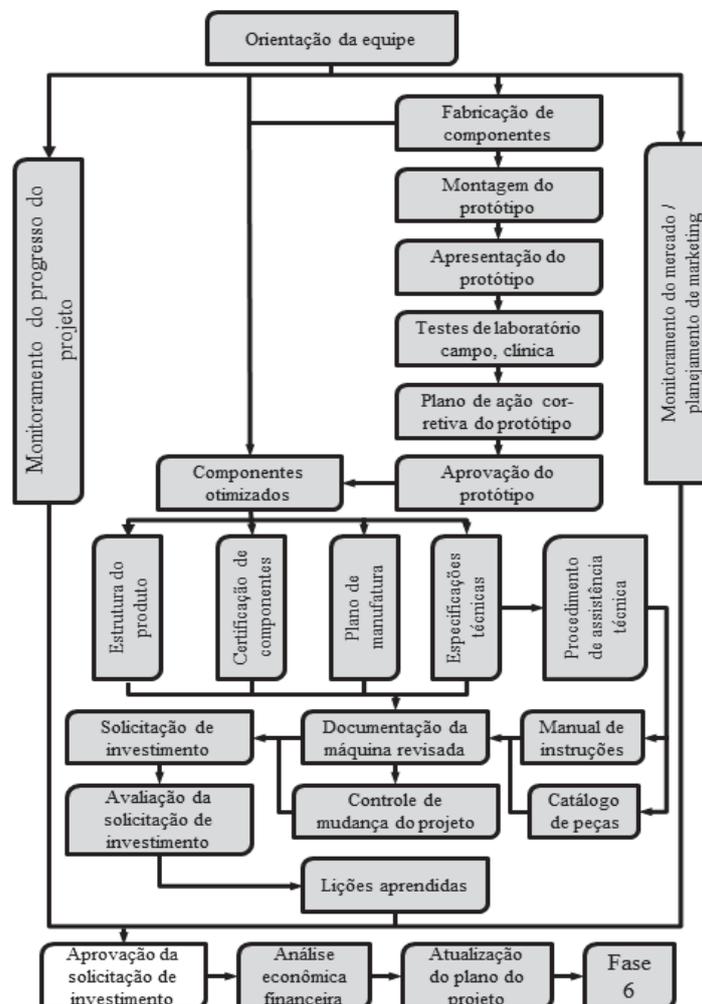


Figura 6 - Fluxograma da fase de projeto detalhado. Fonte: Romano (2013)

♦ Implementação – A fase da implementação destina-se ao lançamento da máquina agrícola no mercado, envolve a implementação do plano de manufatura na produção da empresa e o encerramento do projeto. Decompõe-se em três fases denominadas “preparação da produção”, “lançamento” e “validação”. Os resultados principais de cada fase incluem, respectivamente, a liberação do produto, a liberação do lote inicial e a validação do projeto.

A fase de preparação da produção trata da preparação da produção do produto e da implementação do planejamento de marketing, conforme evidencia a Figura 7. Nessa fase, diversas atividades são realizadas simultaneamente, as quais incluem tipicamente: elaboração da documentação de montagem; liberação da construção do ferramental; compra, recebimento, instalação, teste, preparação das máquinas operatrizes, dispositivos e ferramentas da linha de produção e montagem do lote piloto.

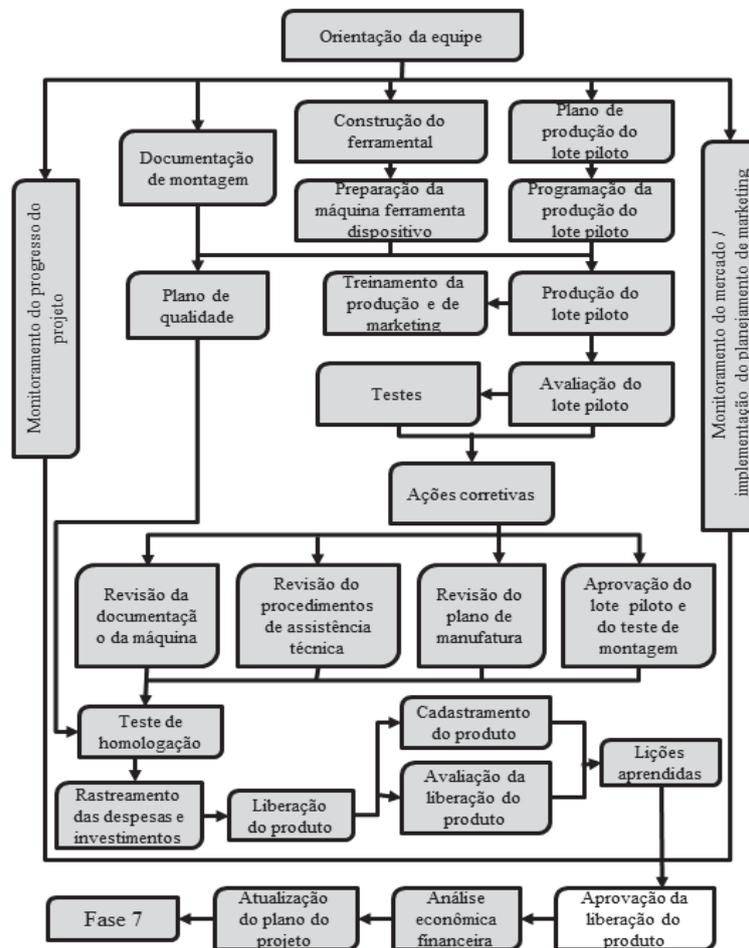


Figura 7 - Fluxograma da fase de preparação da produção. Fonte: Romano (2013)

Na fase de lançamento, o produto é inserido no mercado. Esse lançamento é realizado por meio da apresentação do produto aos consumidores ou usuários, concessionários, vendedores, imprensa, entre outros. Nela, é realizada a produção do lote inicial das máquinas, que segue a revisão da aprovação final dos componentes para a produção seriada. Uma vez iniciada a produção na fábrica e nos fornecedores, é dado acompanhamento à produção do lote inicial para verificação de não conformidades, conforme mostra a Figura 8.

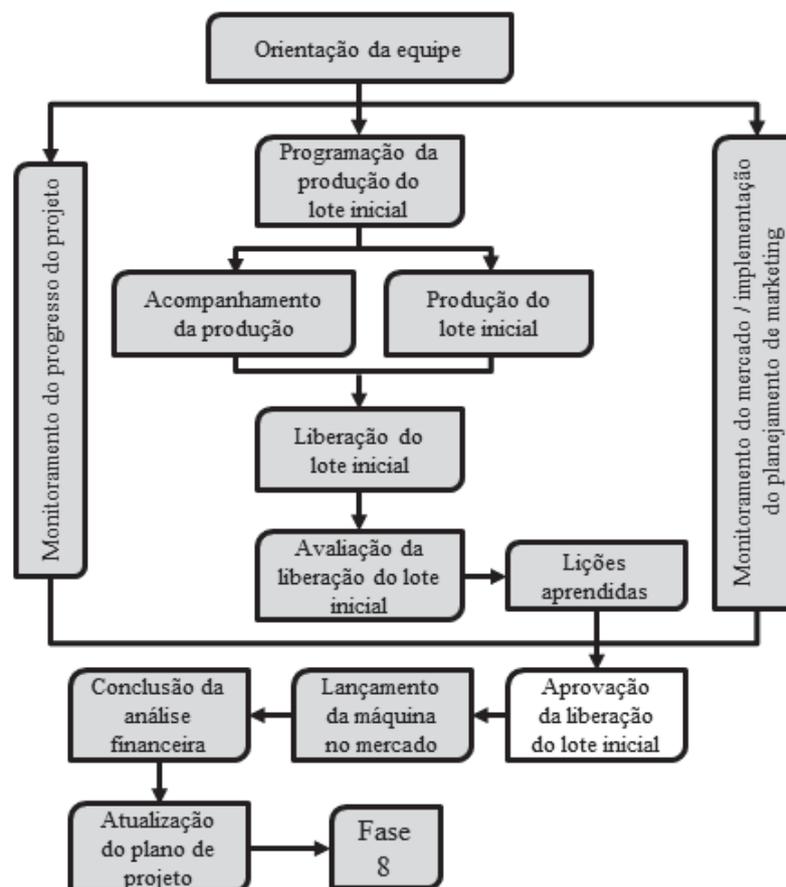


Figura 8 - Fluxograma da fase de lançamento. Fonte: Romano (2013)

A validação consiste na última fase da implementação da máquina agrícola (Figura 9) junto aos clientes e de auditoria e validação do projeto junto ao cliente direto. É, ainda, a última fase do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas, na qual o projeto é encerrado. Nessa fase, as principais atividades realizadas são: implementação do plano para avaliação da satisfação dos consumidores e/ou usuários, monitoramento da performance do produto, dentre outras.

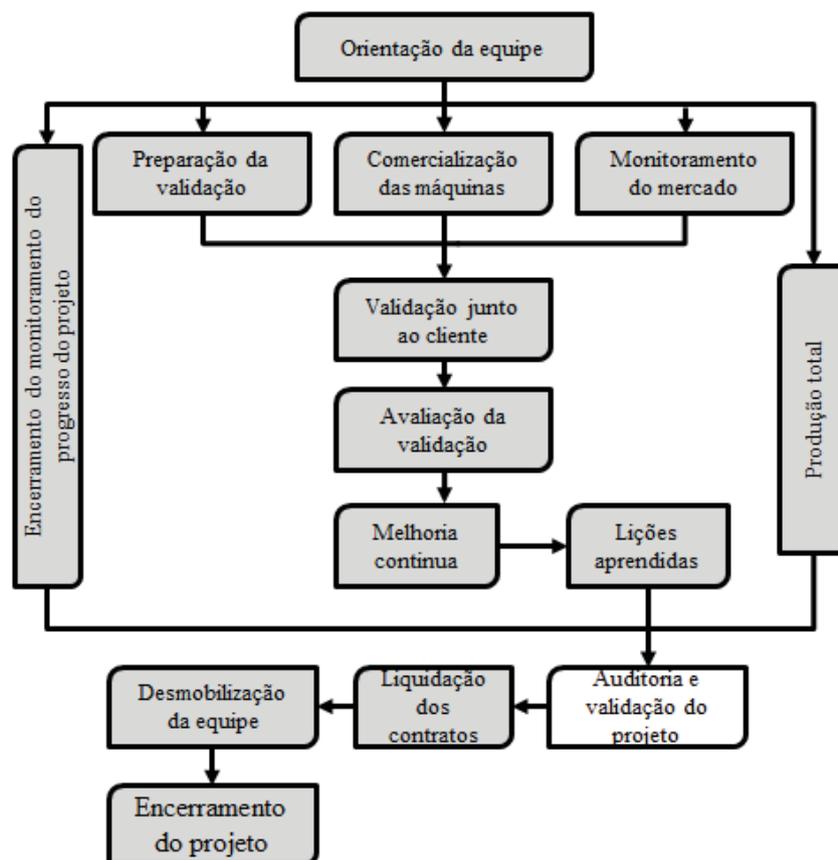


Figura 9 - Fluxograma da fase de validação. Fonte: Romano (2013)

Concluindo, no processo e desenvolvimento de um produto, todas as fases do PDP são importantes e devem ser respeitadas. Em síntese, deve-se seguir uma sequência de atividades que podem ser apresentadas em forma de tópicos:

- identificação do problema;
- detalhamento do problema;
- coleta de informações;
- desenvolvimento de alternativas de soluções;
- seleção da melhor solução;
- construção do modelo/protótipo;
- avaliação e revisão;
- apresentação e registro da solução final.

Para a realização das atividades elencadas, não se pode desconsiderar algumas exigências gerais para o desenvolvimento de um projeto, quais sejam, um projeto:

- não deve violar normas científicas;
- deve ser econômico;
- deve ser compatível com a psicologia e com a ergonomia;
- deve satisfazer requisitos estabelecidos em normas, leis e regulamentos;
- deve ser compatível com o nível educacional e com a capacidade do usuário;
- deve considerar os recursos de produção.

Portanto, a atenção às atividades elencadas constituem os requisitos básicos para o sucesso no desenvolvimento de um produto. Para isso, o uso de uma boa metodologia certamente será elemento decisivo.

2.2 Aproveitamento de resíduos da colheita na alimentação de animais

Os resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos vegetais são passíveis de serem utilizados na alimentação de ruminantes e estão disponíveis, geralmente, no período de escassez de forragem verde, que ocorre na época fria e/ou seca do ano. Entretanto, seu uso irá depender de uma série de fatores, dentre os quais, localização e características nutricionais.

2.2.1 Classificação dos alimentos para animais

Gonçalves et al. (2009) classificam os alimentos para uma correta utilização na alimentação de animais. Utilizam, para tal, critérios de acordo com os seus conteúdos de fibra bruta e de outros nutrientes, em cinco grandes grupos:

- a) Alimentos volumosos: são os que contêm mais de 18% de fibra bruta (FB) na matéria seca e englobam forrageiras secas e grosseiras (fenos e palhas), pastagens cultivadas, pastos nativos, forrageiras verdes e silagens.
- b) Alimentos concentrados: são os que possuem menos de 18% de fibra bruta (FB) e podem ser divididos em: concentrados energéticos, que contêm menos de 20% de proteína bruta (PB). Como exemplo, têm-se: milho, sorgo, trigo, aveia, cevada, frutas, nozes e algumas raízes; concentrados proteicos, que contêm mais de 20% de PB e têm-se como exemplo os farelos de soja, de amendoim, de girassol, de

algodão, glúten de milho e alguns subprodutos de origem animal, tais como a farinha de peixe.

c) Suplementos minerais: são fontes de macronutrientes, como cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), cloro (Cl), sódio (Na) e magnésio (Mg), que são expressos em percentagem, e de micronutrientes, como cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe), iodo (I) selênio (Se) e zinco (Zn), que são expressos em parte por milhão (ppm) ou miligrama por quilograma (mg/kg).

d) Suplementos vitamínicos: constituem misturas de vitaminas que são adicionadas às rações para complementar as deficiências dos alimentos. São pouco utilizados em rações de ruminantes no Brasil.

e) Aditivos: entram em pequenas quantidades nas rações e são compostos por antibióticos, corantes, anabolizantes, hormônios, antioxidantes, fungicidas, palatabilizantes, leveduras, tampões e enzimas fibrolíticas.

2.2.2 Digestibilidade dos resíduos

Para Silva (1984), uma das funções dos volumosos nos ruminantes, principalmente nas vacas de leiteiras para a manutenção do teor de gordura no leite, é manter o bom funcionamento do rumen devido ao seu alto teor de fibras. A ingestão de materiais fibrosos proporciona a salivação, que é responsável pela movimentação do rumen e a homogeneização do seu conteúdo, favorecendo a manutenção do pH, porém, se o material for muito pequeno ou moído, esse efeito benéfico pode desaparecer. Se a ruminação for reduzida,

haverá redução no volume de saliva e também uma redução nos efeitos estimulantes decorrentes do atrito entre as partículas com os terminais nervosos presentes no aparelho digestivo.

Segundo Silva (1984), as palhas se caracterizam pela abundância e baixo custo relativo, porém, apresentam baixo valor nutritivo, com teores de proteína, energia e minerais baixos. Além disso, possuem altos teores de fibra devido aos carboidratos estruturais e fração indigerível alta. A utilização exclusiva de palha de soja na alimentação de novilhos resulta em perdas de peso (BAGLEY et al., 1989), embora inferiores às perdas verificadas nos animais mantidos exclusivamente em campo nativo durante o inverno.

Outros estudos já foram realizados utilizando resíduos de soja provindos de diferentes setores como de varreduras e da pré-limpeza em secadores. Babilônia et al. (2000) objetivaram, em seu trabalho, avaliar o desempenho de bovinos em crescimento, alimentados com cana-de-açúcar suplementada com níveis de resíduo da pré-limpeza dos secadores de soja na ração concentrada, em substituição ao milho e ao farelo de soja. Os primeiros trinta dias corresponderam à fase de adaptação dos animais às dietas experimentais, e os últimos setenta dias corresponderam à fase experimental. O resíduo da pré-limpeza de soja em substituição ao milho e ao farelo de soja, em até 45% da matéria seca da ração concentrada, como suplemento à dieta básica de cana-de-açúcar, mostrou ser eficiente em assegurar desempenho em bovinos.

2.2.3 Avaliação química e bromatológica dos resíduos

O trabalho realizado por Nascimento et al. (2004) foi desenvolvido com o propósito de determinar a composição química de subprodutos da cultura da soja coletados nos campos agrícolas (restos de cultura) e nas indústrias de extração de óleo (varredura) nas áreas de produção e industrialização da soja na Região Meio-Norte do Brasil. O material analisado foi assim obtido: 20 amostras de 500 gramas foram coletadas e misturadas em baldes (Figura 10), de onde retiraram-se três amostras de 200 gramas para análise de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P), feitas no laboratório de nutrição animal da Embrapa Meio-Norte.



Figura 10 - Restos de cultura e varredura de soja. (a) Restos de cultura de soja. (b) Varredura de soja. Fonte: Nascimento et al. (2004).

A conclusão do trabalho foi a de que, do ponto de vista da composição química, os subprodutos avaliados podem ser usados como ingredientes para a formulação de rações para animais, especialmente de ruminantes.

Na Tabela 2, são apresentados os valores da composição bromatológica de alguns resíduos ou subprodutos. Muitos produtos são constituídos de misturas ou rejeitos de algumas matérias primas e, por isso, sua composição bromatológica é variável.

Tabela 2 - Composição bromatológica de alguns resíduos ou subprodutos*

Produto	MS	PB	FDN	FB	LIG	EE	MM	NDT
	----- % -----							
Abacaxi – resíduo	15,5	6,0	68,0	24,0	12,0	1,0	4,0	72,0
Algodão – casca	91,0	4,1	90,0	47,8	24,0	1,7	2,8	45,0
Amendoim – casca	92,0	6,8	-	65,5	-	1,3	4,8	18,0
Batata	22,0	8,0	15,0	1,7	-	0,2	2,9	78,4
Batata + 15% milho	33,8	8,5	10,2	1,2	-	0,56	2,3	82,0
Café – casca	89,7	8,5	74,3	20,0	12,0	2,8	6,5	50,0
Cenoura – descarte	11,9	10,1	-	9,3	-	15,8	2,4	83,2
Maçã – resíduo	18,0	6,5	42,0	27,0	5,5	3,2	4,2	62,4
Milho – palhada	92,8	4,6	68,4	37,5	7,8	1,0	6,7	51,8
Resíduo Cervejaria	22,0	23,0	52,4	15,0	11,8	8,2	3,8	76,0
Soja – casca	90,0	12,0	67,0	39,0	1,8	1,3	4,3	77,0
Soja – palhada	88,0	4,2	70,0	44,0	-	1,2	5,1	38,0
Uva – resíduo	10,0	11,0	71,0	26,4	12,8	10,9	5,3	40,0

MS-matéria seca; PB-Proteína bruta; FDN-Fibra detergente neutro; FB-Fibra bruta; LIG-Lignina; EE-Extrato etéreo; MM – Materiais minerais; NDT- Nutrientes digestíveis totais. * Valores médios. Fonte: Pereira (2009).

Geralmente, os resíduos culturais apresentam teores elevados de parede celular, composta principalmente de hemicelulose, celulose, lignina e sílica. Esses valores elevados associados aos baixos teores de proteína bruta e minerais caracterizam a baixa qualidade nutritiva desses resíduos (MARQUES NETO & FERREIRA, 1984). Os resultados encontrados por Pires et al. (1980) caracterizam os

resíduos de soja, arroz, milho, aveia e trigo, conforme valores apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Componentes fibrosos das palhas (matéria seca).

Componentes	Soja	Arroz	Milho	Aveia	Trigo
	----- % -----				
Parede celular	71,9	75,2	86,5	81,2	81,0
Fibra em detergente ácido	58,0	52,1	46	50,5	54,5
Hemicelulose	13,9	23,1	40,5	30,7	26,5
Celulose	44,2	34,3	38,9	39,8	42,4
Lignina ácido detergente	13,3	4,4	5,3	7,6	9,9
Sílica	0,5	13,4	1,8	3,1	2,2
Fibra bruta	38,3	33,6	34,9	42,1	45,5

Fonte: Pires et al., 1980

Tabela 4 - Componentes intracelulares e coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e da matéria orgânica (DIVMO) das palhas (matéria seca).

Componentes	Soja	Arroz	Milho	Aveia	Trigo
	----- % -----				
Proteína bruta	4,8	5,8	4,0	4,8	3,7
Extrato etéreo	1,4	1,8	0,7	1,5	1,1
Extrato não nitrogenado	39,6	42,7	56,0	45,9	45,2
Cálcio	0,95	0,29	0,20	0,19	0,21
Fósforo	0,05	0,11	0,05	0,13	0,07
DIVMS	45,5	40,5	39,6	36,9	33,5
DIVMO	42,7	42,1	39	34,9	31,3

Fonte: Pires et al., 1980

Maheri-Sis et al. (2011) realizaram um estudo para determinar a composição química e a degradação ruminal, da palha de soja, e os valores encontrados na análise estão expressos nas Tabelas 5 e 6, respectivamente. As amostras, por eles analisadas, foram coletadas em quatro fazendas produtoras de grãos.

Tabela 5 - Composição química da palha de soja.

MS	PB	EE	MO	FDN	FDA	FDN
----- % -----						
89,18	5,10	2,85	96,90	80,80	63,20	13,00

MS: Matéria seca, PB: Proteína bruta, EE: Extrato etéreo, MO: Matéria orgânica, FDN: Fibras em detergente neutro, FDA: Fibras em detergente ácido e LDA: Lignina em detergente ácido. Fonte: Maheri-Sis et al. (2011)

Tabela 6 - Degradação ruminal de palha de soja em tempos diferentes.

Tempo de incubação (h)	MS	MO	PB
----- % -----			
0	1,10	1,10	4,90
2	2,10	2,40	11,80
4	3,30	3,67	16,60
8	7,90	8,57	24,20
16	12,40	12,93	33,00
24	19,70	20,60	49,53
48	25,60	28,67	59,16
72	32,30	33,37	65,42

MS: Matéria Seca, MO: Matéria orgânica, PB: Proteína bruta. Fonte: Maheri-Sis et al. (2011)

Maheri-Sis et al. (2011) afirmam que a composição química das palhas varia de acordo com a relação entre casca de legumes e hastes, condições de crescimento e maturidade no momento da colheita.

2.2.4 Fatores que influenciam a digestibilidade

Além da composição bromatológica dos alimentos, é importante o conhecimento da capacidade de utilização dos nutrientes pelo animal, o que pode ser obtido com estudos de digestão. Van Soest (1994) define digestão como o processo de conversão de

macromoléculas da dieta em compostos mais simples, que podem ser absorvidos no trato gastrointestinal dos animais.

A digestibilidade do alimento é a capacidade do animal em utilizar, em maior ou menor escala, seus nutrientes. Nesse aspecto, alimentos de maior digestibilidade podem ser considerados de maior valor nutritivo. Medidas de digestibilidade têm contribuído significativamente para o desenvolvimento de sistemas para descrever o valor nutritivo dos alimentos (VAN SOEST, 1994).

O efeito associativo ou a interação entre diferentes componentes pode ser um problema na determinação da digestibilidade. Efeitos associativos entre alimentos, em virtude da incorporação de um ou mais ingredientes na dieta, poderão produzir mudanças na digestão e no metabolismo dos nutrientes. Segundo Teixeira (1997, apud ROCHA JR. et al., 2003), a técnica de determinação da digestibilidade por sistema de equações pode ser utilizada quando o alimento a ser avaliado não preenche o volume fisiológico do trato gastrintestinal do animal. Especialmente para ruminantes, essa técnica se aplica à avaliação de alimentos concentrados e, em trabalhos com duas ou mais rações, pode-se amenizar os erros oriundos do efeito associativo entre os ingredientes.

2.2.5 Exigências nutricionais de bovinos

Estimativas mais precisas da disponibilidade da energia contida nos alimentos são necessárias para se formular dietas e avaliar o valor nutricional e econômico dos alimentos. Segundo Weiss (1993), apesar da quantidade total de energia contida no alimento ser

facilmente medida pela combustão do alimento na bomba calorimétrica, a variabilidade na digestibilidade e no metabolismo dos alimentos impede o uso da energia bruta na formulação de dietas ou comparação de alimentos. Entre as fontes de variação, estariam incluídos o animal, o alimento e os fatores ligados à alimentação.

A exigência diária em nutrientes e energia pelo animal é determinada pelo seu nível de produção (DAMASCENO et al., 2002), pelo seu peso corporal, seu estágio fisiológico e pela interação com o ambiente (ambiente climático, instalações e equipamentos, manejo, tipo de alimento, etc.).

Sistemas atuais de estimativa das exigências nutricionais e energéticas dos animais (NRC, 2001) consideram as interações entre alimentos, entre energia e proteína, de maneira que as referidas exigências, expressas na base diária, podem variar segundo as características dos alimentos utilizados. Isso tem contribuído para adequação de dietas para vacas leiteiras, permitindo, por exemplo, reduções consideráveis no fornecimento de proteína e na excreção de nitrogênio pelos animais.

A Tabela 7 apresenta informações acerca das exigências em energia e proteína pelos animais, segundo a categoria e nível de produção (NRC, 2001). Os valores encontrados consideram o peso corporal, o estágio fisiológico e o nível de produção. As informações referentes às vitaminas e aos minerais não serão consideradas, tendo em vista que os principais fatores agindo sobre as quantidades de alimentos demandados e os custos de produção são energia e proteína.

Tabela 7 - Exigências em energia (NDT), proteína (PB; PDR) e fibra (FDN) de animais de diversas categorias, estádios fisiológicos e produção, em um rebanho leiteiro¹.

1. Vacas em lactação:									
PV, kg	400	500	600	700	800				
% de gor. leite	5	4,5	4	3,5	3,5				
Ganho, kg/d	0,22	0,275	0,33	0,385	0,44	FDN min(%MS)	NDT (% MS)	PB (% MS)	PDR (%MS)
----- % MS -----									
7	8	10	12	13	28	63	12	7,8	
13	17	20	24	27	28	67	15	8,7	
Leite, kg/d	20	25	30	36	40	28	71	16	9,6
	26	33	40	48	53	25	75	17	10,3
	33	41	50	60	67	25	75	18	10,4
2. Vacas em início de lactação (0-3 semanas)									
					28	73	19	9,7	
3. Vacas secas em gestação									
					35	56	12		
4. Bezerros consumindo sucedâneo de leite									
5. Bezerros consumindo ração inicial									
						80	18		
6. Novilhas e tourinhos de 3-6 meses de idade									
					23	69	16	4,6	
7. Novilhas e tourinhos de 6-12 meses de idade									
					25	66	12	6,4	
8. Novilhas e tourinhos >12 meses de idade									
					25	61	12	7,2	
9. Touros adultos									
					25	55	16		

PV= Peso vivo; FDN= Fibra em detergente neutro; NDT= Nutrientes digestíveis totais; PB= Proteína bruta; PDR= Proteína degradável no rúmen; MS= Matéria seca Fonte: NRC (2001).

¹. Valores apresentados devem servir apenas como um guia para o cálculo de escolha de alimentos.

Segundo Scheffer-Basso et al. (2003), a energia que o alimento contém pode ser considerada como o combustível do animal. Os autores observam que esse processo de transformação do alimento em energia tem perdas na digestão e no metabolismo dos alimentos. Na Figura 11, podem ser observadas perdas de energia que ocorrem no processo de consumo e utilização.

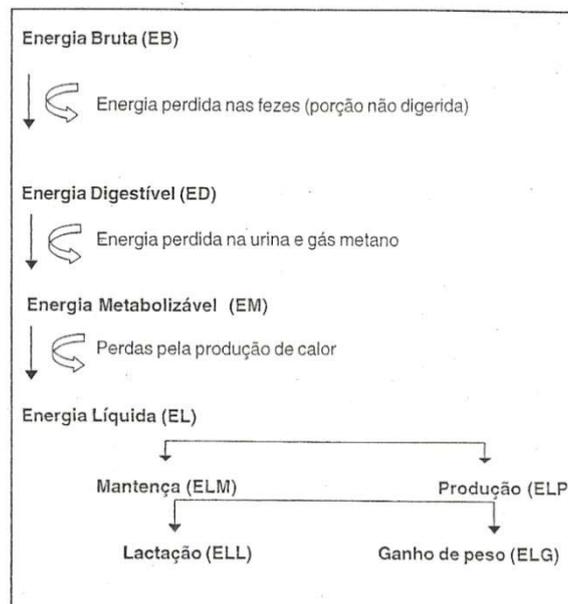


Figura 11 - Perdas de energia no processo de consumo dos alimentos. Fonte: Scheffer-Basso et al. (2003)

Ainda segundo Scheffer-Basso et al. (2003), existe uma relação inversamente proporcional, na matéria seca, entre a quantidade de fibras insolúveis em detergente neutro e o consumo. Uma matéria seca com 54% de fibras insolúveis em detergente neutro é considerada pobre e o ruminante consegue consumir no máximo 2,22% em relação a seu peso vivo. Já uma matéria considerada excelente é a que é

composta por 38% de fibras insolúveis em detergente neutro e com o consumo máximo de 3,16% em ralação a seu peso vivo.

2.2.6 Aproveitamento de resíduos da colheita de grãos

A soja é o 4º grão mais produzido no mundo, atrás do milho, do trigo e do arroz. É, portanto, a oleaginosa mais cultivada. Os Estados Unidos da América do Norte são o país que detém a maior produção no contexto mundial, como pode ser visto na Tabela 8, com produção de 80,8 milhões de toneladas (CONAB, 2013). O Brasil tem se destacado como o segundo maior produtor da leguminosa nos últimos anos, tendo produzido 81 milhões de toneladas na safra de 2012/2013 e as exportações devem atingir 36,78 milhões de toneladas no ano de 2013 (CONAB, 2013). O consumo interno está estimado em 42,40 milhões de toneladas, produzindo, aproximadamente, 29,73 milhões de toneladas de farelo de soja e 7,53 milhões de litros de óleo. Dentre os 14 estados maiores produtores, destacam-se, por ordem de produção, como 1º e 2º lugares, o Mato Grosso e o Paraná com, respectivamente, 23,5 e 15,8 milhões de toneladas. A produção de soja no Rio Grande do Sul foi de 12.534.900 t em 2013, segundo CONAB (2013).

Tabela 8 - Produção de soja em milhões de toneladas.

País	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/2012(a)	2012/2013(b)	Var. % (b/a)
Estados Unidos	72.859	80.749	91.417	90.605	84.192	80.858	-4
Brasil	61.000	57.800	69.000	75.300	65.500	81.000	24
Argentina	46.200	32.000	54.500	49.000	41.000	55.000	34
China	13.400	15.540	14.980	15.100	14.480	12.600	-13

Fonte: USDA apud CONAB (2013).

Segundo Saraiva (2004), o índice de colheita da soja é de 0,52. Assim, pode-se inferir que anualmente ficam, nas lavouras, no mínimo, 11.570.676 t de palha de soja só no Rio Grande do Sul. Parte dessa palha poderia ser utilizada na alimentação de ruminantes durante o inverno, contribuindo para diminuir as perdas de peso (carne) ou mesmo proporcionar ganho de peso aos animais e evitar a redução na oferta (sazonalidade) de leite. No Brasil, a maior parte das palhas produzidas após a colheita de grãos ou sementes é desperdiçada, sendo pequeno o seu uso na alimentação dos animais. Segundo Anderson (1978), nos EUA, as palhas participam com 25 a 50% das rações fornecidas aos animais nos meses de inverno, sendo utilizadas tanto na forma exclusiva, misturada a concentrados ou consumidas diretamente pelos animais no campo.

2.2.7 Experimentos com resíduos na alimentação de animais

Restle et al. (2000), em experimento, avaliaram o potencial de utilização da palha de soja como substituto parcial da silagem de sorgo forrageiro na alimentação de terneiros, por meio do seu desempenho em confinamento. Concluíram que o aumento no nível de palha de soja na dieta de terneiros causa uma redução linear no consumo de energia digestível, no ganho de peso e na eficiência alimentar. No entanto, mesmo no nível mais elevado (75%) de substituição de silagem de sorgo forrageiro por palha de soja, o ganho de peso dos animais foi considerado satisfatório pelos autores.

A silagem da planta inteira da soja, proveniente de lavouras onde houve perda de produtividade nos grãos, pode ser

realizada com a finalidade de reduzir o uso de grãos na dieta e está diretamente associada a seu alto valor nutricional. Ela possibilita produzir 2,5 vezes mais proteína por quilograma de MS que a silagem de milho (18% de PB contra 7% na silagem de milho), além de ter NDT (nutrientes digestíveis totais) superiores aos do milho, de 74 contra 70%, e nível de óleo de 6 a 10% (KEPLIN, 2004).

A grande vantagem da silagem de planta inteira de soja, segundo Keplin (2004), é que ela permite elevar em 50% o teor proteico da dieta via forragem (volumoso), diminuindo a dependência do pecuarista em relação aos grãos, que consistem no componente mais caro das rações, os quais sofrem fortes oscilações de mercado, reduzindo a lucratividade. Ainda, no dizer desse mesmo autor, tudo que é vegetal e possui entre 30 e 45% de MS, é passível de ser ensilado. A soja atende a esse quesito básico e outros de extrema importância para a planta forrageira, com boa aceitabilidade. Os bovinos têm boa aceitabilidade por esse alimento, no entanto, é necessária a mistura com silagem de milho/sorgo. Não é recomendável adotá-la como volumoso exclusivo, podendo trazer problemas digestivos para os animais, como o timpanismo.

Mudgal et al. (2010) realizaram um experimento com doze vacas mestiças, dividindo-as em três grupos iguais conforme o delineamento inteiramente casualizado, com base na produção de leite. O primeiro grupo foi utilizado como testemunha e foi alimentado com mistura de concentrados de acordo com as necessidades de produção (NRC, 2001) e *ad libitum* palha de trigo. O segundo e terceiro grupos foram alimentados de forma semelhante, mas tendo substituída a sua palha de trigo por palha de soja ao nível

de 50 e 75%, respectivamente. A alimentação foi mantida por um período de três meses e o consumo de matéria seca e a produção de leite das vacas mestiças foi monitorada diariamente. Os autores observaram que a incorporação de palha de soja não teve efeitos negativos tanto sobre o consumo de matéria seca ou na produção de leite. Assim, concluíram que a palha de soja pode substituir a palha de trigo em até 75% na dieta de vacas mestiças em lactação em um período de curta duração, sem que haja qualquer efeito adverso sobre o consumo de matéria seca, bem como sobre o desempenho de lactação.

Sruamsiri & Silman (2008) determinaram a composição nutritiva dos subprodutos da soja e a digestibilidade da casca da vagem. Concluíram que os subprodutos vindos do campo (palha da soja, casca da vagem e palha da haste) têm baixo teor de proteína bruta e neles são altos os teores de fibra bruta e fibra em detergente ácido; e os vindos da indústria (germe de soja, resíduos de leite de soja e casca de soja) têm altos os teores de proteína bruta e baixos de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (IVDMS), a digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente ácido (DIVFDA) e a digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) mostram que todos eles, exceto a palha de soja, podem ser usados para alimentar o gado, na forma de suplemento alimentar, tanto os vindos do campo como suplemento de volumoso, quanto os vindos da indústria misturados no concentrado.

Utilizando o método de coleta total, Srumsiri & Silman (2008) obtiveram os valores da composição nutritiva para o capim

colonião e casca da vagem de soja. Esses valores são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição nutritiva do capim-colonião (*Panicum maximum*) e da casca da vagem de soja.

Material	MS %	% de MS						EB (kg/g. MS)
		PB	FB	EE	ENN	FDN	FDA	
Capim colonião	22,33	10,12	32,68	2,98	42,70	68,82	49,64	3,94
Casca da vagem de soja	89,96	5,11	35,07	1,79	50,62	58,64	41,09	3,99

PB – proteína bruta; FB – fibra bruta; EE – extrato etéreo; ENN – extrato não nitrogenado; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; MS – matéria seca; EB – energia bruta. Fonte: Sruamsiri & Silman (2008)

2.2.8 Formas de melhorar as propriedades nutricionais dos resíduos

Tratamentos químicos, físicos ou biológicos são usados para aumentar o valor nutricional dos resíduos da agroindústria (KUNDU, 1989). O tratamento com álcali, o mais amplamente utilizado, melhora a digestibilidade das palhas, mas não afeta o seu teor de proteína bruta (KUNDU & MUDGAL, 1985). Porém, a amonização, ou seja, a hidrólise com amônia anidra ou ureia, aumenta o teor de proteína bruta (RAHMAN et al., 1987; KUNDU, 1989; REIS et al., 2001; ROSA et al., 1998).

A baixa qualidade dos resíduos das culturas de grãos leva, em muitos casos, os animais a não conseguirem ingerir quantidades suficientes para atender suas necessidades diárias de manutenção, uma vez que esses resíduos contêm baixas quantidades de proteína bruta e

terem baixa digestibilidade. Com o intuito de melhorar isso, Saenger et al. (1983) realizaram um experimento com fardos redondos de palha de trigo, cobrindo-os com uma lona plástica e aplicando amônia anídrica (NH₃) em uma proporção de 3% sobre o peso da palha de trigo. Esse tratamento é conhecido como amonização. A proteína bruta aumentou, em média, de 3,6 para 11,2% (incremento de 211,1%), e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca aumentou de 40,6 para 51,2% (incremento de 26,1%) nos fardos tratados. O nível de proteína bruta da palha de arroz hidrolisada com 3% e 5% de ureia elevou-se de 2,9% para 5,9% e 6,7%, respectivamente (SAADULLAH et al., 1980).

Três resíduos agroindustriais (bagaço de cana, casca de arroz e bagana de carnaúba) foram tratados com ureia líquida a 5%, visando-se melhorar seu valor nutritivo para utilização na nutrição de ruminantes. Após a incubação de 10, 20 e 30 dias, constatou-se aumento no valor da proteína bruta da casca de arroz, bagana de carnaúba e bagaço de cana de 4,43 para 7,56%, 10,03 para 13,97% e 2,78% para 5,20% respectivamente. A incubação com ureia mostrou-se eficaz no aumento da taxa de proteína bruta dos resíduos estudados (NASCIMENTO & NASCIMENTO, 1998).

Com o objetivo de verificar o teor de proteína bruta e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da palha de trigo com tempo de duração da amonização, Queiroz et al. (1992a) observaram que a palha de trigo tratada com amônia anidra teve seus teores de proteína bruta e DIVMS aumentadas de 4,3 para 9,6% e 35,9 para 49,3% respectivamente, independentemente do tempo de duração do tratamento. Constataram, ainda, que, ao final de oito semanas de

aeração, a proteína bruta e a DIVMS mostram-se, respectivamente, 76 e 23,9% superiores às da palha de trigo de controle. Os teores de proteína bruta e DIVMS decresceram com o passar do tempo indicando a necessidade de cobertura dos fardos para que os efeitos benéficos no valor nutritivo do tratamento sejam preservados.

Queiroz et al. (1992b) realizaram experimento para avaliar a melhor combinação entre piso (concreto, solo e plástico) e de reservatório (tambor, nenhum e tubo plástico) no tratamento de fardos redondos de palha de trigo com amônia anidra na base de 3% da matéria seca. A PB aumentou de 4,0 para 9,7% e a DIVMS passou de 35 para 46,6% ao término do tratamento. Os resultados deste estudo sugerem que todas as combinações de piso e/ou reservatório usadas no experimento podem efetivamente aumentar o valor nutritivo da palha de soja, sem apresentar diferença entre os tratamentos.

CAPÍTULO I

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO RECOLHEDOR DE RESÍDUOS DA COLHEITA DE SOJA

RUBEM SCHÖFFEL¹

RESUMO - Na maioria das regiões produtoras de soja do Brasil, a colheita dessa cultivar coincide com um período de escassez de oferta de matéria seca para a alimentação de ruminantes, o que afeta a produção de carne e de leite. As empresas produtoras de máquinas agrícolas, para manterem-se, devem ter a percepção do mercado, observando novas oportunidades e desenvolvendo equipamentos para atender as necessidades de seus clientes. A escassez de alimentos e o desperdício dos resíduos aparecem como uma excelente oportunidade para a indústria desenvolver um novo equipamento, para viabilizar o aproveitamento desses resíduos. Nesse contexto, um dos desafios é mecanizar seu recolhimento, paralelamente ou imediatamente após a colheita dos grãos. O objetivo deste trabalho é projetar um equipamento para coletar os resíduos da colheita de soja, provenientes do mecanismo de limpeza da colhedora, nos quais se encontram principalmente a palha dos legumes (palhiço), eis que as demais partes das plantas (hastes) continuam sendo depositadas no solo. O

¹ Engenheiro Mecânico, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro), área de concentração em Produção vegetal, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Professor do Curso Técnico de Mecânica, do Instituto Federal Sul Rio-Grandense (IFSul), Campus Passo Fundo – RS

equipamento consiste de chapas defletoras, um transportador helicoidal montado transversalmente à colhedora e de um ventilador centrífugo instalado na lateral. O palhiço coletado é transferido para uma carreta agrícola, rebocada por um trator. A concepção do equipamento foi realizada utilizando a metodologia projetual proposta por Romano (2013).

Palavras-chave: alimentação de ruminantes, palhiço de soja, projeto de máquinas agrícolas.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF SOYBEAN HARVEST RESIDUE COLLECTOR EQUIPMENT

ABSTRACT - In most soybean producing regions in Brazil, harvesting season of this crop coincides with a period of shortages of dry matter for feeding ruminants, affecting meat and milk production. Agricultural machinery companies, to maintain themselves, must have market perception by observing new opportunities and developing equipment to meet the needs of their customers. Food shortages and waste residues are a great opportunity for the industry to develop new equipment to enable the use of these residues. In this context one challenge is to mechanize its gathering immediately after harvesting crops. The aim of this work was to design a device to collect the soybean crop residues, from the cleaning mechanism of the harvester, which is mainly found soybean pods husk, and the other parts of the plant (stems) remain deposited on the ground. The equipment consists

of baffle plates, a screw conveyor arranged transversely to the harvester and a centrifugal fan installed on the side. The pods husk collected were transferred to an agricultural cart towed by a tractor. Equipment design was performed using the methodology proposed by Romano (2013).

Key words: Soybean pod husk, feeding ruminants, agriculture machinery project.

1 INTRODUÇÃO

A população mundial está em constante crescimento, o que tem provocado um aumento no consumo e na concorrência por alimentos, fator que implica a necessidade de que sejam desenvolvidas novas alternativas para produção e obtenção destes. Isso tudo se configura como uma oportunidade que pode ser aproveitada pelas empresas para desenvolver novos produtos e/ou equipamentos destinados à minimização de desperdícios.

Para Back et al. (2008), a globalização geral, fator que tem aumentado em muito a competitividade entre as empresas, bem como o transporte de alimentos, informações e bens. E para Toledo (1994), as empresas para a sua sobrevivência, longevidade e sucesso tem adotado a busca por produtos inovadores como principal estratégia. Assim, a busca por novos conhecimentos para gerar estas soluções tem papel fundamental para a sobrevivência das empresas e consequentemente do estado e da nação.

Segundo Back et al. (2008), para desenvolver um produto com eficiência e eficácia, é necessário saber o que fazer, para quem fazer, quando fazer, com que e como fazer. A essa organização (conhecimentos, métodos e ferramentas utilizados para o desenvolvimento) chamar-se-á metodologia de projeto, ou metodologia de desenvolvimento de produtos.

Assim, segundo Toledo (1994), a organização, para sobreviver, deve manter-se competitiva frente aos seus concorrentes. Essa competitividade tem levado ao desenvolvimento de máquinas, equipamentos e ferramentas, tornando a vida no campo mais fácil e,

principalmente, mais lucrativa. Apesar disso, as empresas têm se preocupado principalmente em desenvolver máquinas e equipamentos com alta tecnologia embarcada e de grande capacidade. As indústrias devem olhar mais para os pequenos produtores, que têm dificuldade em adquirir e, depois, em operar esses equipamentos.

Neste trabalho, quando é utilizada a palavra “palhiço”, se está referindo à palha que sai do bandejão e das peneiras do sistema de limpeza da colhedora, e também para a casca dos legumes de soja obtida através de seleção manual. A expressão “hastes” será utilizada para referir-se à palha que sai pelo saca-palha da colhedora e também para a palha restante quando da separação manual das vagens dos pés de soja.

Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho consiste em desenvolver um equipamento que seja de muito fácil operação e manutenção, destinado a coletar o palhiço (palha dos legumes) de soja.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área da Universidade de Passo Fundo denominada Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO). A área está situada a 663 m de altitude, latitude de 28°13'S e longitude de 52°23'O (Figura 1), e conta com área total de 270 ha, utilizados para o ensino e a pesquisa da graduação e pós-graduação, bem como para atividades de extensão e produção.

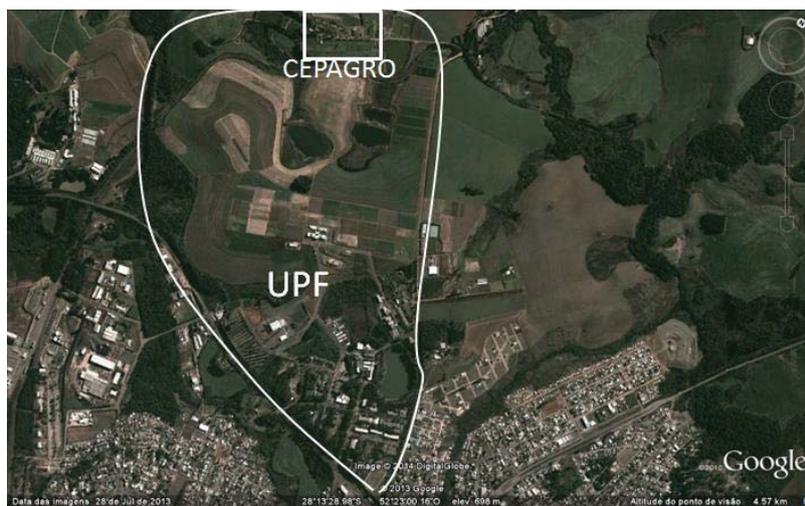


Figura 1 - Centro de extensão e pesquisa agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo - RS. Passo Fundo - RS. Fonte: Google Earth

O protótipo foi acoplado a uma colhedora John Deere 1165, de propriedade da Universidade de Passo Fundo (Figura 2).



Figura 2 - Colhedora John Deere 1165. Passo Fundo - RS.
Fonte: Acervo do autor

Para o desenvolvimento da concepção e construção do equipamento, foi utilizado o método proposto por Romano (2013). A escolha desse método levou em consideração que ele foi desenvolvido com o objetivo de explicitar o conhecimento sobre o processo de desenvolvimento de produtos do setor de máquinas agrícolas.

A aplicação dessa metodologia, neste projeto, tem uma particularidade, eis que se trata de um estudo realizado em uma instituição de ensino, onde foi proposto um tema para ser desenvolvido. Dessa forma, algumas fases da metodologia que são propostas pelo método não se enquadraram a este projeto e, portanto, não foram utilizadas.

O modelo de referência proposto por Romano (2013), para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (PDMA) é dividido em três macrofases e oito fases, como pode ser visto no diagrama apresentado na Figura 3.

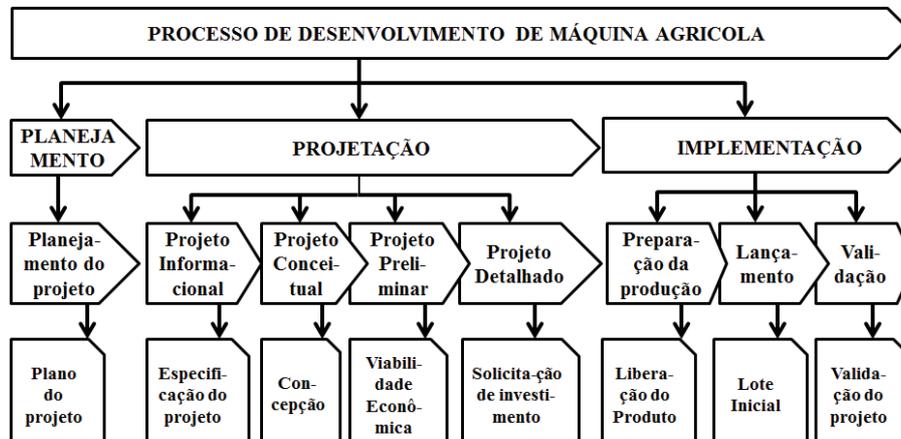


Figura 3 - Modelo de referência do processo de desenvolvimento de máquina agrícola. Fonte: Adaptado de Romano (2013)

No modelo de referência do processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas (MR-PDMA) proposto por Romano (2013), as fases de desenvolvimento do projeto por ele concebido constituem-se de:

- planejamento do projeto;
- projeto informal;
- projeto conceitual;
- projeto preliminar;
- projeto detalhado;
- preparação da produção;
- lançamento;
- validação.

Das oito fases do MR-PDMA, acima citadas, as cinco primeiras foram implementadas durante a execução do presente projeto, portanto, constituem a metodologia deste estudo e passam a ser descritas a seguir. As três últimas fases, que tratam da produção

seriada, do lançamento e da validação da máquina, não foram realizadas durante este projeto.

2.1 Planejamento do projeto

Esta é a fase na qual se avaliou o tamanho do mercado consumidor, o público-alvo e o preço do equipamento que está sendo projetado, bem como foram analisados os produtos existentes no mercado. Também se pesquisou as normas de construção e homologação do equipamento a ser projetado.

2.2 Projeto informacional

Nessa fase, foram definidas as especificações do projeto, primeiramente, as necessidades dos clientes e/ou usuários, sendo estas desdobradas em requisitos dos clientes. Na identificação das necessidades dos clientes, utilizou-se o *brainstorming*, e, para hierarquizar os requisitos do projeto, foi empregada a ferramenta da Casa da Qualidade – QFD (*Quality Function Deployment*). Dessa análise, foi possível definir a concepção mais adequada quanto ao atendimento aos requisitos dos clientes e aos requisitos do projeto.

2.3 Projeto conceitual

A fase de “projeto conceitual” destinou-se ao desenvolvimento da concepção do equipamento agrícola.

Nessa fase, foram realizadas as tarefas que buscaram estabelecer a estrutura funcional do equipamento agrícola. Essa atividade envolveu a definição da função global a ser executada pela máquina, bem como de suas subfunções.

Uma vez determinadas as funções a serem realizadas pelo equipamento, partiu-se para o estudo de estruturas funcionais alternativas, com o objetivo de selecionar a mais adequada. A partir da estrutura funcional selecionada, foram desenvolvidas concepções alternativas para a máquina agrícola. Utilizou-se a matriz morfológica para selecionar a estrutura funcional do equipamento.

Assim, após selecionar a concepção do equipamento agrícola, iniciaram os estudos para identificação dos processos de fabricação (novos ou conhecidos, internos ou externos) possíveis de serem utilizados. Antes da aprovação, a concepção do equipamento agrícola é avaliada quanto ao atendimento ao escopo do projeto.

2.4 Projeto preliminar

Essa fase destinou-se à definição do leiaute final do equipamento. O projeto preliminar define o leiaute dimensional mais adequado para o equipamento, que foi obtido pelo refinamento dos leiautes alternativos, o que foi obtido por meio de uma otimização, procedimento que permitiu que fossem eliminados pontos fracos e críticos. Nessa fase, foram estabelecidas as dimensões, material, processo de fabricação, entre outros, dos componentes do equipamento, para estabelecer o leiaute final otimizado e os desenhos de cada item.

Durante o projeto preliminar, foram elaborados também, os cronogramas de fabricação e montagem do protótipo, bem como o cronograma de testes.

2.5 Projeto detalhado

Essa fase destinou-se aos seguintes propósitos: aprovação do protótipo e finalização das especificações dos componentes. Após as atualizações do plano do projeto, o protótipo foi construído e os testes de laboratório e de campo foram realizados de acordo com o cronograma de teste do protótipo, emitido na fase anterior. Durante a realização dos testes, foram realizadas diversas análises, como por exemplo, análise de segurança do protótipo e/ou de componentes do equipamento agrícola.

Paralelamente à construção, ao teste e à aprovação do protótipo, foi realizada a otimização das especificações dos componentes. Na sequência, a estrutura do produto foi completada e os componentes certificados.

2.6 Eficiência do equipamento

Para determinar a eficiência do equipamento, foram utilizados os dados das coletas de palhicho de soja realizadas no capítulo II deste estudo.

A eficiência foi obtida pela relação entre o palhicho de soja coletado pelo equipamento projetado e o total, produzido pela

colhedora na colheita dos grãos. Para isso, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Palhico coletado pelo equipamento}}{\text{Palhico total}} * 100$$

2.7 Versatilidade do equipamento

Com a finalidade de coletar a palha quando esta não esta em plenas condições de ser armazenada, ou não se dispor de operador para realizar a coleta paralelamente a colheita dos grãos.

O ventilador foi acoplado a um trator Massey Ferguson modelo 275 ano 2005 , usando-se o chassi de um subsolador. Com esta configuração o equipamento possibilita a coleta da palha do solo e seu depósito ocorre em uma carreta agrícola rebocada pelo mesmo trator.

Para o acionamento do ventilador utilizou-se a tomada de força do trator. Para adequar a rotação em 2,2 mil rotações por minuto, foi necessário dimensionar o diâmetro da polia, o que se fez a partir da equação 1.

$$\frac{D_1}{n_1} = \frac{D_2}{n_2} \quad (1)$$

Onde:

D_1 = Diâmetro da polia de acionamento do ventilador.

n_1 = Rotação requerida no ventilador.

D_2 = Diâmetro da polia acionada pela tomada de força.

n_1 = Rotação da tomada de força do trator.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No intuito de possibilitar uma melhor compreensão acerca dos trabalhos desenvolvidos, serão, na sequência, apresentados os resultados obtidos com a aplicação das duas primeiras macrofases propostas por Romano (2013), que são as fases de planejamento e de projeção. A macrofase de planejamento divide-se em planejamento do projeto e a macrofase de projeção divide-se em projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

3.1 Planejamento do projeto

Após observar a colheita de soja, viu-se a oportunidade de coletar parte dos resíduos da planta para a alimentação de ruminantes. Buscou-se, no mercado de máquinas, e verificou-se a inexistência de um equipamento para realizar essa atividade.

Em uma pesquisa sobre patentes existentes, foi localizada uma patente, com número BR8200095A, com data de publicação de 11/05/82, cujo depositante era Schneider & Deboni Ltda. (BR/RS), que trata de um equipamento acoplado à máquina colhedora de grãos e tem como título “Ensacador de palha de soja”, o qual é constituído de uma rosca sem fim e um elevador de palhetas que transporta os resíduos de soja até uma plataforma na qual uma pessoa manuseia a palha em sacos.

Ao observar o tamanho do mercado, constatou-se que o setor leiteiro está em expansão, devido à instalação de diversas

agroindústrias, e que um dos gargalos dessa expansão é a oferta de alimentos para o rebanho leiteiro em períodos de escassez na oferta de forragem pelas pastagens de estação quente. Como a maioria dos produtores de leite também possuem áreas com plantio de soja, todos esses fazem parte do mercado consumidor da máquina que está sendo projetada. Segundo o IBGE (2006) no Rio Grande do Sul existem 205.158 estabelecimentos rurais que produzem leite. A produção anual no estado é de 2,46 bilhões de litros de leite, com 981,8 mil vacas ordenhadas, sendo estes os dados oficiais mais atuais.

Considerou-se a demanda do mercado e decidiu-se pela construção de um equipamento para coletar parte dos resíduos da colheita de soja (Figura 4).



Figura 4 - Resíduo restante da colheita dos grãos da soja. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

O objetivo deste trabalho é projetar um equipamento para coletar os resíduos da colheita de soja provenientes do mecanismo de limpeza da colhedora, no qual se encontra principalmente a palha dos

legumes (palhiço). As demais partes das plantas (hastes) continuam sendo depositadas no solo.

O equipamento projetado neste trabalho deverá realizar a coleta dos resíduos paralelamente à colheita dos grãos, o seu preço deverá ser baixo e a sua operação e manutenção deverão ser simples, no intuito de possibilitar a aquisição e o uso por agricultores pertencentes à agricultura familiar.

3.2 Projeto informacional

Durante o projeto informacional, foram levantadas as necessidades dos clientes (externos e internos), as quais são desdobradas em requisitos dos clientes e estes dão origem aos requisitos do projeto. Para a coleta dessas informações (necessidades), foi utilizado o método de *brainstorming*, do qual surgiu a lista das necessidades dos clientes, as quais foram transformadas nos requisitos dos clientes, apresentados no Quadro 1.

A seguir, realizou-se uma análise da lista de requisitos dos clientes e elaborou-se os requisitos do projeto, que estão classificados quanto ao uso, à produção e ao projeto, os quais são apresentados no Quadro 2.

Quadro 1 - Necessidades dos clientes (externos e internos), as quais são desdobradas em requisitos dos clientes. Passo Fundo - RS

Necessidades dos clientes	Requisitos dos clientes
Seguro (acidentes)	Proteger partes móveis
Não interferir na colheita	Operação automática
	Fácil desligar
Fácil manutenção	Baixa manutenção
Baixo custo	Baixo custo
Eficiente	Recolher somente o palhiço
	Não “embuchar”
Fácil remoção	Evitar partes soldadas
Fácil instalação	Poucos parafusos para conectar
Leve	Usar materiais leves
	Tecnologia que minimize a estrutura
Versátil	Outras posições na máquina
	Instalar em outras máquinas
	Fácil remoção
	Fácil instalação

Quadro 2 - Necessidades dos clientes classificadas quanto ao uso, produção e ao projeto. Passo Fundo - RS

Com relação ao uso:	<ul style="list-style-type: none"> • Coletar o resíduo de soja que cai no bandeirão; • Interferir minimamente na colheita dos grãos; • Oferecer segurança ao operador; • Facilidade para ligar e desligar; • Ter manutenção reduzida; • Ter alta vazão; • Acoplar em outro equipamento.
Com relação à produção:	<ul style="list-style-type: none"> • Ter precisão de fabricação; • Ser de fabricação simples; • Ter baixo custo.
Com relação ao projeto:	<ul style="list-style-type: none"> • Ter projeto simples. • Evitar uso de solda; • Poucos parafusos; • Mancais com rolamentos; • Enclausurar partes móveis.

(ser versátil). O segundo é desligar por correia, ou seja, desligar facilmente no caso de não operação do equipamento.

Para atender o principal requisito do equipamento, a versatilidade, este foi acoplado a um trator Massey Ferguson modelo 275 ano 2005, com o objetivo de realizar a coleta dos resíduos do solo, no entanto, este tema será tratado em um subtítulo específico deste trabalho, denominado “versatilidade do equipamento”.

No mercado existem equipamentos para a coleta de palhas, provenientes de culturas destinadas à produção de feno e/ou silagem, os quais cortam as plantas em sua totalidade e as armazenam em forma de fardos ou em carretas agrícolas. Essas ações podem ser finalizadas em uma ou mais operações do equipamento, bem como podem envolver mais de um equipamento. Não foi encontrado, no mercado, equipamento que realize a coleta dos resíduos da colheita de soja paralelamente a esta.

O custo meta desse equipamento deverá ser o menor possível, pois se destina, principalmente, a produtores rurais pertencentes à agricultura familiar. Dessa forma, os materiais utilizados para o desenvolvimento do equipamento podem ser provenientes de diversos fornecedores e a sua qualidade deve ser garantida.

3.3 Projeto conceitual

Utilizou-se a análise funcional para construção das estruturas funcionais da máquina agrícola, para a determinação da sua função global e seu desdobramento em funções parciais (subfunções)

e elementares (subsubfunções), considerando as entradas e as saídas de energia, material e sinal.

Na Figura 6, pode-se ver a definição das funções do equipamento, na qual a função global é coletar o palhiço, que foi dividida em subfunções, quais sejam: recolhimento, elevação, transporte superior e armazenagem do palhiço. A subfunção de recolhimento foi, por sua vez, dividida em duas subsubfunções, que são captação e transporte do palhiço.

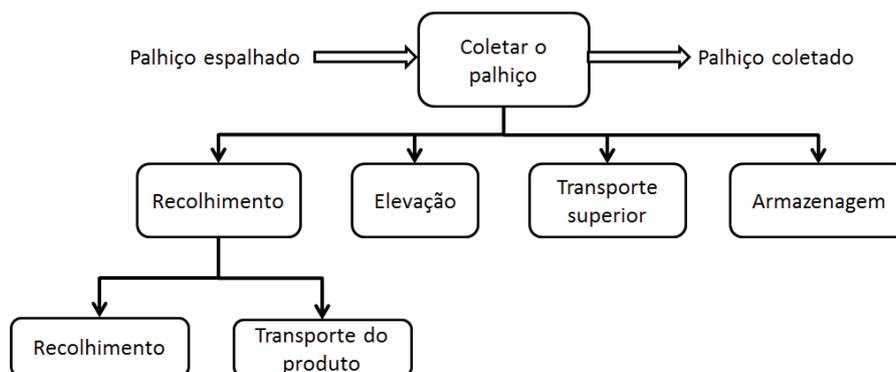


Figura 6 - Função global, subfunções e subsubfunções do equipamento. Elaborado pelo autor.

Após a obtenção da função global, das subfunções e das subsubfunções, todos os princípios de solução possíveis são levantados. Com o auxílio da matriz morfológica (Quadro 3), as possíveis soluções e as suas combinações são levantadas, comparadas e avaliadas. A seleção da melhor solução para cada subfunção (função ou subsubfunção) é feita com base na observação dos pontos fortes e fracos de cada uma, e a melhor solução (conceito) é adotada. As soluções encontradas para cada subfunção e o caminho escolhido são

apresentados na matriz morfológica. O caminho escolhido é registrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Matriz morfológica, apresentação das possíveis combinações para concepção e o caminho escolhido.

Subfunção	A	B	C	D
Captação	Gravidade	Caixa de coleta	Ar	Esteira
Transporte do produto recolhido	Gravidade	Rosca sem fim	Ar	Esteira
Elevação	Rosca sem fim	Elevador	Ar	Esteira
Transporte superior	Esteira	Rosca sem fim	Ar	Gravidade
Armazenagem	Depósito acoplado à colhedora	Big bag	Reboque acoplado à máquina	Reboque acoplado ao trator

As escolhas da caixa de coleta e da rosca sem fim para realizar as subfunções de, respectivamente, captação e transporte do produto recolhido, apresentam-se como uma solução simples e eficiente. A caixa de coleta foi fabricada utilizando-se somente uma chapa metálica. A escolha da chapa metálica para o recolhimento do palhiço se justifica em razão de que, na parte traseira da máquina, não é possível a instalação de componentes com grandes dimensões, pois esses impossibilitariam o acesso para regulagem das peneiras do mecanismo de limpeza da colhedora. A rosca sem fim foi escolhida para transportar o palhiço uma vez que o conduz forçadamente para o tubo de sucção, o que impede o “embuchamento” neste local.

A escolha do ar para elevação e transporte do palhiço se justifica por ser o ventilador um equipamento de fácil instalação,

barato, versátil e de baixa manutenção. As pás do ventilador, devido à sua rotação e inércia, foram projetadas para resistir ao impacto das hastes inteiras de soja que venham a entrar no sistema e proporcionar a quebra das hastes, facilitando todas as operações seguintes. Já a escolha do reboque acoplado ao trator objetiva a minimização de custos.

Dessa forma, a fase conceitual foi concluída com a definição da concepção do equipamento, que contará com uma rosca sem inferior, o qual tem uma caixa de coleta acoplada, um ventilador que fará a elevação e o transporte superior, sendo, desse modo, usado o ar como meio de transporte.

A Figura 7 apresenta o anteprojeto do conceito do equipamento, seguindo as soluções apresentadas na matriz morfológica.

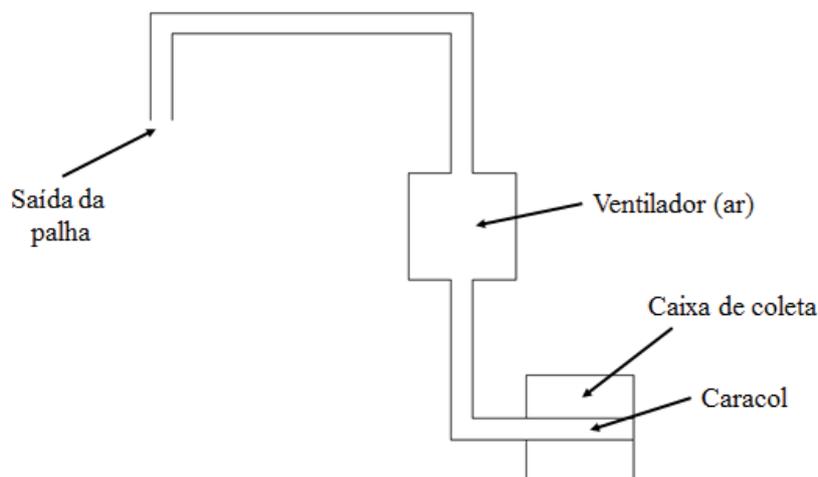


Figura 7: Anteprojeto do conceito do equipamento. Acervo do autor

3.4 Projeto preliminar

A quarta fase, do projeto preliminar, tem como objetivo obter o detalhamento inicial das concepções do equipamento. Com tal propósito, foi elaborado um cronograma para viabilizar o gerenciamento dos prazos de execução das tarefas, conforme evidencia o Quadro 4.

Quadro 4 – Cronograma para gerenciamento dos prazos. Passo Fundo - RS

Tarefa	Prazo
Definição do leiaute final	30/09/11
Definição desenhos de formas	30/12/11
Construção do protótipo	30/03/12

A principal atividade desta fase foi a definição do leiaute preliminar e final e os desenhos de formas, para os quais foi usado o programa comercial SolidWorks®.

A construção do equipamento foi realizada observando as funções definidas no projeto conceitual (Figura 6), cuja função global consiste em coletar o palhiço. As subfunções são recolhimento, elevação, transporte superior e armazenagem. Para atender essas funções, o leiaute escolhido para desenvolver o protótipo foi dividido em duas partes: a primeira ficando com as subsubfunções de captação e transporte inferior, a qual foi denominada de rosca sem fim, e a segunda com as subfunções de elevação e transporte superior, a qual foi denominada de turbina, a subfunção de armazenagem foi feita em um reboque agrícola tracionado por trator.

O projeto da rosca sem fim pode ser visto na Figura 8. As principais peças que compõem a rosca sem fim são o tubo e a sua espiral, Figuras 9 e 10, respectivamente.

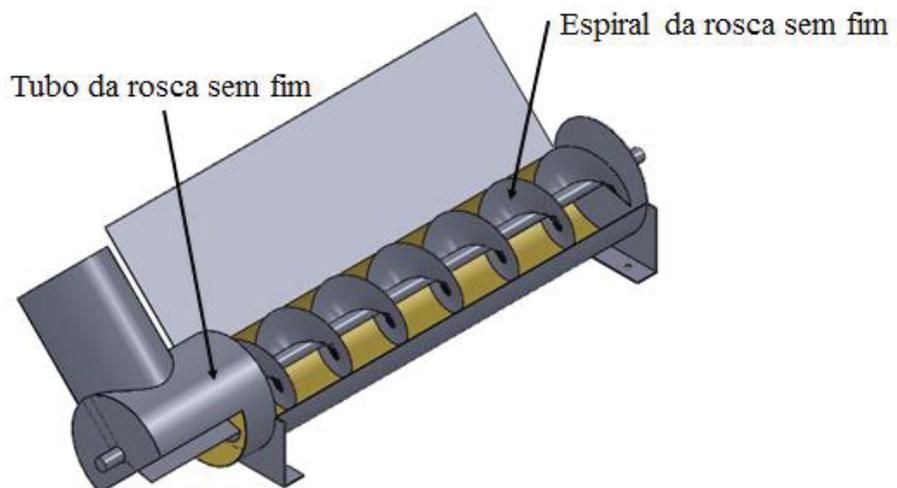


Figura 8 - Rosca sem fim, executa as funções de coleta e transporte do palhiço. Elaborado pelo autor.

O tubo da rosca sem fim (Figura 9), foi desenvolvido para ter a função de receber o palhiço coletado. Por isso ficou com a parte superior aberta (a) na metade do seu diâmetro, e recebeu um prolongamento usando uma chapa metálica plana, que executa a função de caixa de coleta em uma das laterais (b). O tubo da rosca sem fim possui uma abertura na parte inferior (c), para facilitar o fluxo do palhiço quando este é succionado, eis que o material contém algumas hastes de soja que provocariam um “embuchamento” no local, como pode ser visto na Figura 17.

Na espiral da rosca sem fim (Figura 10), a última hélice foi removida, e em seu lugar foi colocada uma peça plana (a) que realiza o lançamento do palhicho no tubo de sucção.

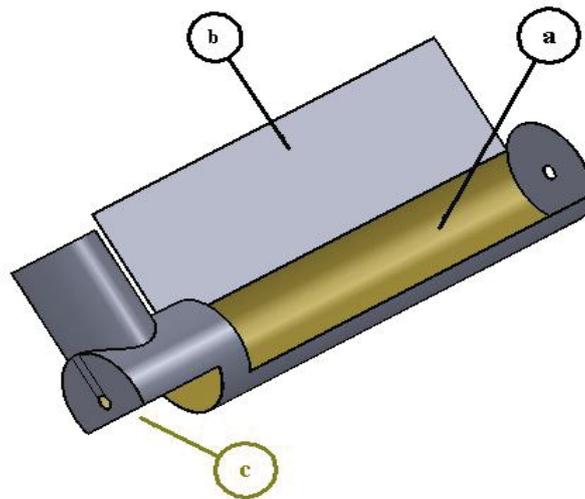


Figura 9 - Tubo da rosca sem fim. Elaborado pelo autor

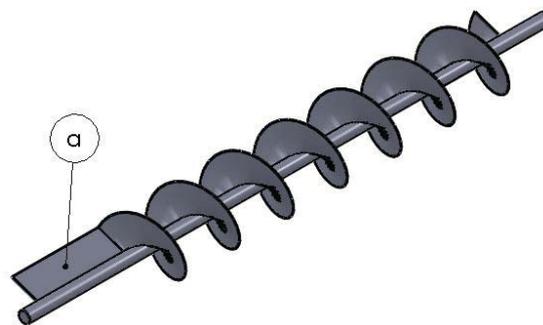


Figura 10 - Espiral da rosca sem fim. Elaborado pelo autor

A área de instalação da rosca sem fim na colhedora não poderá ser obstruída por dois motivos: primeiro, deverá ter espaço de acesso para o operador da colhedora realizar a regulagem e inspeção

do sistema de limpeza e coleta dos grãos, com objetivo de obter o perfeito funcionamento desse sistema. E segundo, em razão de ser, essa limpeza, realizada por intermédio de um fluxo de ar (que separa o grão do palhico que será coletado), não é possível obstruir excessivamente essa região para não interferir nesse fluxo de ar, o que poderá prejudicar o sistema de limpeza da colhedora.

Parte do palhico não será recolhida pelo equipamento e continuará sendo depositada no solo. Essa perda ocasiona uma queda na eficiência da coleta do palhico, a qual deverá ser a mínima possível. Deve-se considerar, sobre isso, que tal perda ocasiona deposição do material no solo, onde seus nutrientes serão reaproveitados pela próxima cultura que será implantada.

O projeto da turbina (Figura 11) é composto por um tubo de sucção (a), uma carcaça e ventilador centrifugo (b), um tubo de elevação (c), um tubo para o transporte superior (d). Os tubos de sucção e transporte superior são de PVC (Cloreto de polivinila) flexível, pois sua estrutura possibilita a conformação de curvas mais suaves, possibilitando melhor fluxo de ar e do palhico em seu interior.

O ventilador centrífugo é fabricado com quatro pás retas de chapa de aço (Figura 12) e tem como finalidade succionar o palhico e transportá-lo até o local de armazenagem. As pás do ventilador, devido à sua rotação e inércia, também realizam a quebra das hastes da soja que entram no equipamento, o que facilita o transporte dentro do tubo, e proporciona menor volume de armazenagem.

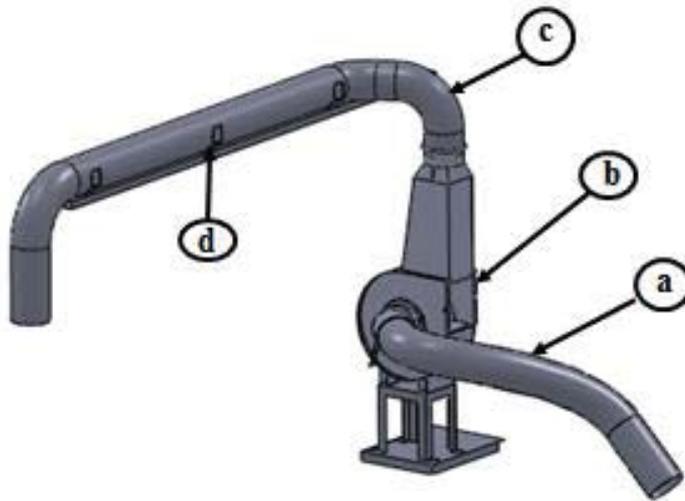


Figura 11 - Turbina montada, composta por: (a) um tubo de sucção, (b) carcaça e ventilador centrífugo, (c) tubo de elevação, (d) tubo para o transporte superior. Elaborado pelo autor

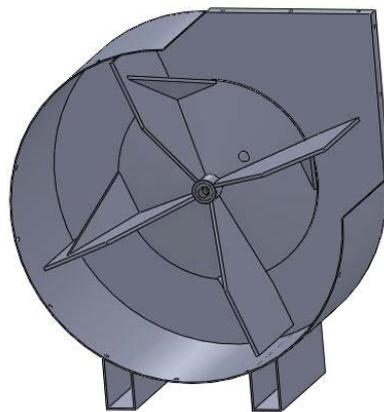


Figura 12 – Ventilador centrífugo.
Elaborado pelo autor

As pás do ventilador são fixadas em um disco cônico. Esse formato (cônico) possibilita a instalação de um mancal interno e um mancal externo, servindo de apoio ao eixo, na parte interna e externa do ventilador (Figura 13).

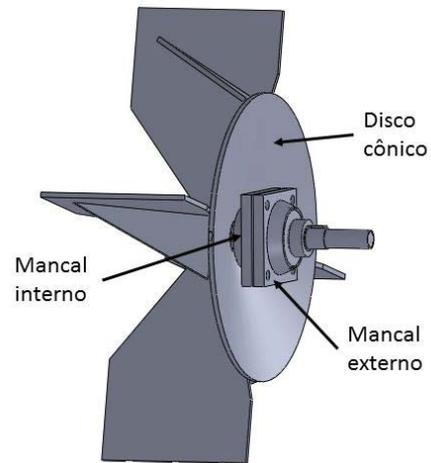


Figura 13 - Eixo do ventilador montado.
Elaborado pelo autor

A Figura 14 apresenta o leiaute final do equipamento, e a Figura 15 mostra o protótipo em funcionamento e o palhicho sendo armazenado em um reboque agrícola

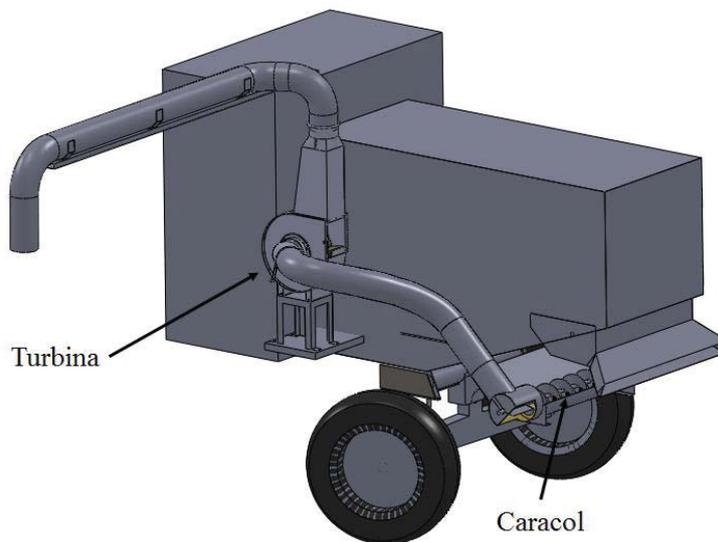


Figura 14 - Leiaute final. Elaborado pelo autor



Figura 15 - Protótipo em operação, na safra de 2012/13, Passo Fundo, RS. Acervo do autor

3.5 Projeto detalhado

A quinta e última fase, o projeto detalhado, possui como objetivo fixar a disposição, a forma, as dimensões e as tolerâncias de todos os componentes. Os desenhos com as especificações completas foram executados, mas não são apresentados.

Para aprovar o protótipo alguns testes de campo foram realizados. Na Figura 16, foi realizado um teste, fechando a abertura inferior da rosca sem fim (usando-se a parte que foi retirada desta), o que provocou acúmulo de material, pois obstruiu a passagem das hastes de soja (Figura 17).



Figura 16 - Vista da abertura inferior, do tubo da rosca sem fim, fechada. Passo Fundo - RS. Acervo do autor



Figura 17 - Vista da abertura inferior do tubo da rosca sem fim, com acúmulo de material. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

3.5.1 Acoplamento da turbina e da rosca sem fim.

No leiaute final, a turbina foi instalada na lateral da colhedora (Figura 14), próximo das polias que acionam o picador de palha da colhedora. Na Figura 18 pode-se observar a polia de acionamento do picador, o esticador da coreia e o suporte sobre o qual a turbina foi fixada. O esticador da correia tem como funções tensionar a correia do ventilador e proporcionar o desligamento da turbina, quando esta não estiver sendo utilizada.

O procedimento para desligar a turbina é simples, bastando soltar o parafuso de regulagem da tensão da correia (esticador) e removê-la. Assim, atende-se ao segundo requisito do projeto, que é desligar facilmente o equipamento no caso de sua não operação.



Figura 18 - Localização da polia de acionamento do picador de palha, esticador da correia e o suporte de fixação da turbina. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

No eixo da polia de acionamento do picador foi instalada mais uma polia, o que é mostrado na Figura 19, a qual aciona o ventilador. As polias que acionam o ventilador tem o mesmo diâmetro, e giram a 2,2 mil rotações por minuto (rpm).



Figura 19 - Eixo de acoplamento da polia de acionamento do ventilador. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

A rosca sem fim é acionado por uma polia fixa no eixo do saca-palha, conforme Figuras 20 e 21.



Figura 20 - Ponta do eixo do saca-palha utilizado para acionar a rosca sem fim. Passo Fundo - RS. Acervo do autor



Figura 21 - Tomada de potência para acionamento da rosca sem fim. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

No chassi da colhedora, foi fixado um eixo utilizando-se dois suportes e dois mancais, conforme a Figura 22. Nesse eixo, foram fixadas duas polias para levar a potência para o outro lado da colhedora, onde é acionado a rosca sem fim (Figura 23), sendo que toda a transmissão da potência é feita por correias em “V”.

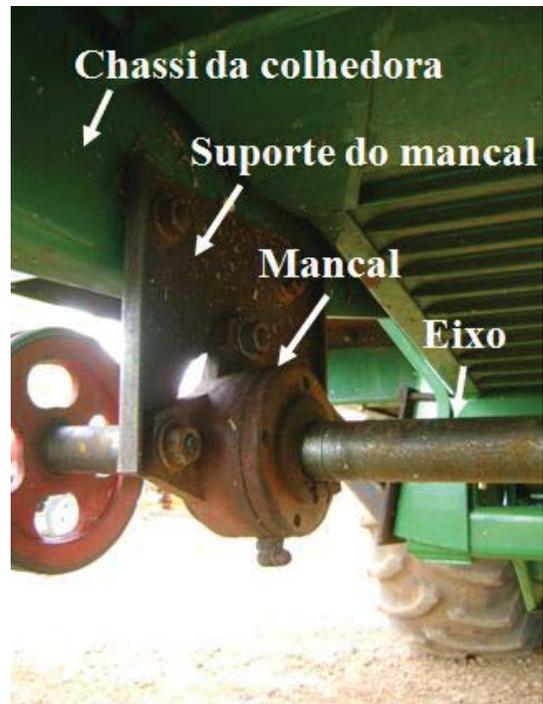


Figura 22 - Fixação do eixo de transferência de potência. Passo Fundo - RS. Acervo do autor



Figura 23 - Acionamento da rosca sem fim. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

Descrição do funcionamento do equipamento.

O equipamento é composto por duas partes principais: a primeira é a rosca sem fim (Figuras 8 e 23), que têm como finalidade coletar o palhiço na saída da debulha de grãos e transportá-la até o tubo de sucção (Figura 11a). A segunda é a turbina, composta por um ventilador (Figura 12) que primeiramente succiona o palhiço e depois impulsiona este por um tubo (Figura 11d) até o local onde será depositado, que pode ser um reboque acoplado a um trator ou um big bag anexo à máquina.

Nessa fase, as principais atividades desenvolvidas são a elaboração dos leiautes preliminares e detalhados e os desenhos de formas. A fase será encerrada com a verificação dos documentos gerados. O resultado desta fase é o leiaute definitivo da concepção do produto.

3.6 Eficiência do equipamento

O cálculo da eficiência do equipamento foi realizado utilizando-se os dados (palhiço/grãos) das coletas realizadas e registradas no capítulo II deste estudo, que são para o palhiço total 0,45 e palhiço coletado pelo equipamento 0,33 em relação ao peso dos grãos.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Palhiço coletado pelo equipamento}}{\text{Palhiço total}} * 100$$

$$\text{Eficiência} = 73\%$$

3.7 Versatilidade do equipamento

Para atender ao primeiro requisito do projeto, a versatilidade, ou seja, a turbina, deveria ter possibilidade de uso para a coleta do palhiço independente da colhedora. Foi desenvolvido um dispositivo que possibilita acoplar a turbina a um trator Massey Ferguson modelo 275 ano 2005 (Figura 24). Quando é acionada pela tomada de potência deste, nessa configuração, a turbina funciona aspirando o palhiço do solo (Figura 25).



Figura 24 - Turbina fixa sobre o chassi e acoplado ao trator Massey Ferguson, modelo 275, ano 2005. Passo Fundo - RS. Acervo do autor



Figura 25 - Turbina aspirando o palhiço do solo e depositando em carreta agrícola. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

Para o acoplamento ao trator, foi utilizado o chassi de um subsolador (Figura 26).



Figura 26 - Chassi usado para acoplamento da turbina no trator. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

Sobre o chassi (Figura 27) foram fixadas duas vigas com perfil “U”, com três furos em cada, para fixação da Turbina.

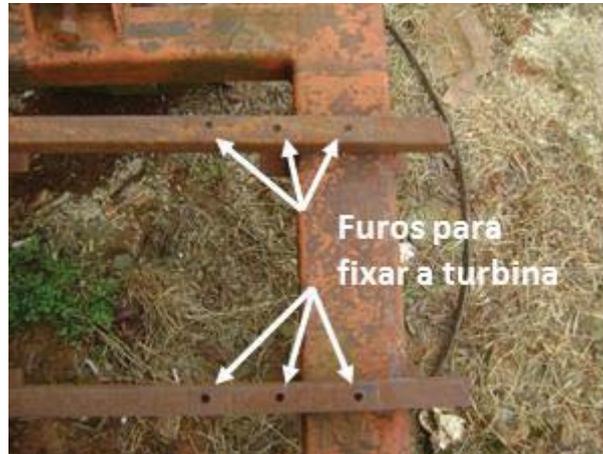


Figura 27 - Vigas com perfil "U", para fixação da turbina. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

Para transmitir a potência da tomada de força do trator ao equipamento, um eixo foi acoplado ao chassi, com o auxílio de dois mancais (Figura 28). Sobre esse eixo foram montados uma polia e o cardan que será acoplado à tomada de força do trator (Figura 29).

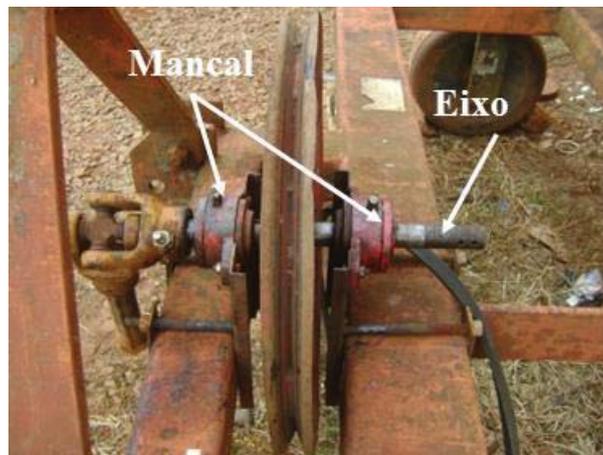


Figura 28 - Acoplamento do eixo com o auxílio de dois mancais. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

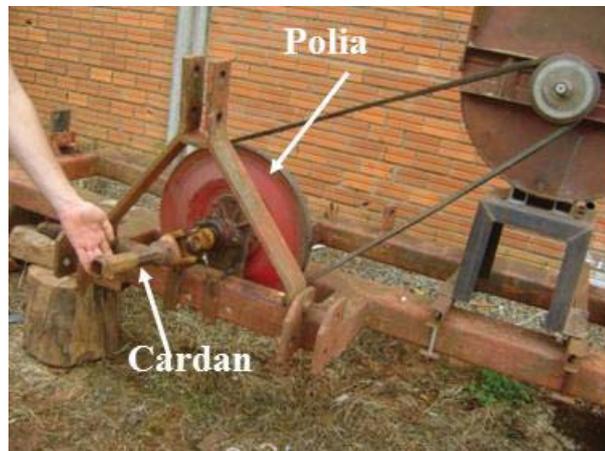


Figura 29 - Transmissão da potência da tomada de força do trator ao equipamento. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

Para realizar o acoplamento nos três pontos do trator, foram utilizados os engates já existentes no chassi do subsolador (Figura 30).

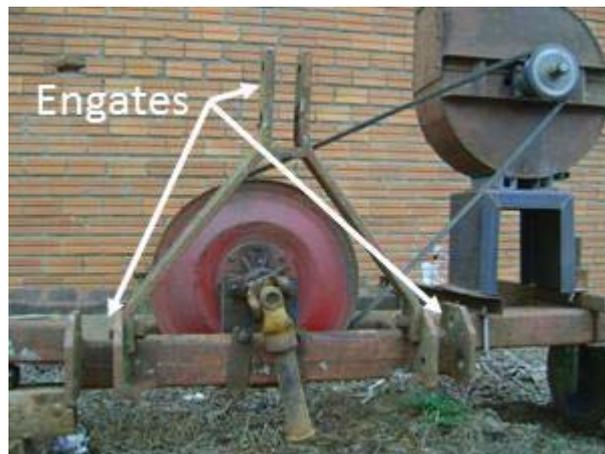


Figura 30 - Três pontos para engate no trator. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

Para coletar o palhiço do solo, é necessário que o material encontre-se depositado de forma que essa operação possa ser realizada, que, neste caso, torna necessária a colocação da rosca sem fim na colhedora que depositará o palhiço concentrado em uma faixa sobre o solo (Figuras 31 e 32). Também, a turbina continua acoplada à colhedora (Figura 32), mas esta se encontra desligada. Esse procedimento pode ser útil no caso de o palhiço estar muito úmido (necessitando secar) ou de não ter operador para o trator para a coleta do palhiço paralelamente à colheita.

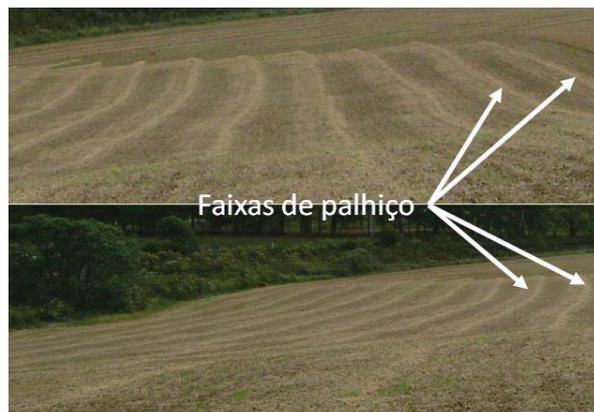


Figura 31 - Palhiço concentrado em faixas sobre o solo.
Passo Fundo - RS. Acervo do autor



Figura 32 - Rosca sem fim depositando o palhiço em faixas. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

4 CONCLUSÕES

O equipamento foi projetado e construído seguindo a metodologia proposta, instalado e colocado em funcionamento em uma colhedora John Deere 1165. No leiaute final, o equipamento está dividido em duas partes principais, que são a rosca sem fim e a turbina, e suas funções são coleta e transporte inferior, que são realizadas pelo primeiro, e sucção, elevação e transporte superior, pela segunda. O rendimento do equipamento, com relação ao palhiço total, foi de 73%.

A turbina poderá ser acoplada a um trator e ser acionada pela tomada de potência deste, e funcionará aspirando o palhiço do solo e depositando-o em uma carreta agrícola. Para que essa operação seja possível, é necessária a instalação da rosca sem fim na colhedora, que depositará o palhiço em linha no solo, de forma que seja aspirado. O acoplamento ao trator foi feito por meio do engate de três pontos e a turbina foi fixada sobre o chassi de um subsolador.

O equipamento projetado é de simples operação e manutenção. Tem poucas peças com movimento, necessitando pouca manutenção preventiva. Todos os mancais são rolamentados. A instalação/remoção da turbina e da rosca sem fim é realizada com o uso de 6 e 4 parafusos respectivamente, de fácil acesso. O seu desligamento é feito pelo desacoplamento da correia motora, simplesmente soltando o parafuso de tensionamento desta e retirando-a.

CAPÍTULO II

RENDIMENTO E VIABILIDADE DO RECOLHIMENTO DE PALHIÇO DE SOJA PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES

RUBEM SCHÖFFEL¹

RESUMO - Na maioria das regiões produtoras de soja do Brasil, a colheita dessa cultura coincide com um período de escassez de oferta de matéria seca para a alimentação de ruminantes, o que afeta a produção de carne e de leite. Os resíduos da colheita da soja apresentam composição nutricional capaz de suprir parte das demandas alimentares desses rebanhos, porém, nessa operação, as máquinas debulham e armazenam os grãos e desprezam as demais partes (resíduos). Para viabilizar o aproveitamento desses resíduos, um dos desafios é mecanizar seu recolhimento, paralelamente ou imediatamente após a colheita dos grãos. O objetivo deste trabalho foi verificar a quantidade, quantidade possível de coletar, qualidade e o custo de recolhimento do palhiço de soja. Para quantificar o palhiço, foram arrancadas plantas inteiras e decompostas em palhiço, hastes e grão, tendo a relação entre o palhiço e os grãos colhidos sido de 0,43 em 2012 e 0,34 em 2013. Também foi coletado e pesado o palhiço

¹ Engenheiro Mecânico, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro), área de concentração em Produção vegetal, da Faculdade de Agronomia e Medicina veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Professor do Curso Técnico de Mecânica, do Instituto Federal Sul Rio-Grandense (IFSul), Campus Passo Fundo – RS

proveniente do sistema de limpeza de uma colhedora. usando o equipamento desenvolvido, e a relação entre o palhiço recolhido e os grãos colhidos foi de 0,33 em 2012. Com auxílio de uma colhedora de parcelas, foi feita a coleta total dos resíduos de soja, separando-se os provenientes do sistema de limpeza (palhiço) e do saca-palha (hastes), e a relação entre o palhiço recolhido e os grãos colhidos em 2012 foi de 0,48 e 0,57 para as cultivares Apolo e Syn 1157, respectivamente. Para qualificar o palhiço coletado, este foi submetido à análise bromatológica e os teores obtidos, com base na matéria seca, para proteína bruta fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido foram 5,9, 79,7 e 59,3%, respectivamente. O custo do recolhimento mecanizado paralelo à colheita dos grãos foi de 0,07 R\$ kg⁻¹

Palavras-chave: nutrição de ruminantes, quantificação de resíduos, resíduos de soja.

YIELD AND VIABILITY OF SOYBEAN PODS HUSKS COLLECTED FOR RUMINANTS FEEDING

ABSTRACT - In most soybean producing regions in Brazil, harvesting season of this crop coincides with a period of shortages of dry matter for feeding ruminants, affecting meat and milk production. The soybean harvest residues present nutritional composition able to supply part of the food demands of these herds, however, in this operation, machines thrashing and storing grains and discard the other parts (residues). To facilitate the use of these residues, one challenge

is to mechanize its gathering after harvesting crops. The aim of this work was to verify the quantity, quantity possible to collect, quality and soybean pods husks collection costs. To quantify the pods husks, whole plants were uprooted and broken down into pods husks, stems and grain, the relation between pods husks and grains was of 0,43 in 2012 and 0,34 in 2013. The pods husks from the cleaning mechanism of the harvester were also collected and weighed, using the equipment developed, the relation between the pods husks and grains was of 0,33 in 2012. Using a plot harvester the total residues were collected, separating them from the cleaning mechanism (pod husks) and from the straw walker (stem), and the relation between pod husks and grain in 2012 was 0,48 and 0,57 for cv. Apolo and Syn 1157, respectively. The pod husks collected were qualified by bromatological analysis and the contents based on the dry matter to crude protein, neutral and acid detergent fiber, were 5,9, 79,7 and 59,3%, respectively. The cost of mechanical collection during grain harvest is 0.07 R\$ kg⁻¹.

Key words: soybean residues, residue quantification, ruminants feed nutrition.

1 INTRODUÇÃO

As variações dos fatores climáticos ao longo do ano ocasionam as denominadas “flutuações estacionais” da produção das pastagens. Com isso, no sul do Brasil, observa-se abundância na disponibilidade de forragem proveniente de pastagens de estação quente durante o final da primavera e ao longo do verão, com o declínio desta a partir do outono. A disponibilidade de forragem para a produção de ruminantes no período frio depende do cultivo de forrageiras adaptadas a cada região ou do suprimento da demanda de forragem por meio de alimentos conservados como o feno e a silagem. Quando o produtor opta pela utilização de forrageiras de estação fria, estas são implantadas no outono e, para a sua utilização, decorre um período mínimo que varia entre 45 e 60 dias. Nesse período, observa-se o “vazio outonal”, ou seja, um período de baixa oferta de forragem aos animais, que causa redução na produção de leite ou no ganho de peso. Pouco antes do início do vazio outonal é que se realiza a colheita da cultura da soja, cujos resíduos, que apresentam um valor nutritivo considerável, via-de-regra, são devolvidos ao campo, onde proporcionam proteção ao solo contra a erosão. Parte desses resíduos, especialmente o palhico, que compreende os legumes da soja e partes de hastes, poderia ser aproveitada para suprir essa demanda de alimentos dos rebanhos de ruminantes.

Das lavouras, são retirados os grãos, enquanto que a palha, na maioria dos casos, permanece no campo. Esse resíduo pode servir de volumoso aos ruminantes e, assim, diminuir a concorrência por

alimentos mais nobres com o homem. Esses resíduos caracterizam-se pelo grande volume, pelo baixo custo, pela disponibilidade em quase todas as propriedades rurais e pelo baixo valor nutritivo (MARQUES NETO & FERREIRA, 1984). A alimentação básica dos ruminantes tem sido as pastagens naturais ou cultivadas, que apresentam produção escassa no outono.

Segundo Shaver (1997), as dietas com elevado teor de alimento concentrado e de fina granulometria proporcionam uma estratificação no rúmen, com a deposição de partículas finas no fundo do rúmen. As partículas de menor dimensão, ao depositarem no fundo do rúmen, rapidamente passam do rúmen para o abomaso.

Weiss (1993) define a fibra como sendo o componente estrutural das plantas, que é a parede celular, é a fração menos digerível do alimento, ou seja, aquela que não é digerida por enzimas de mamíferos, além de ser componente essencial para estimular a mastigação e a ruminação. As forragens são as importantes fontes de nutrientes na nutrição de ruminantes. Além da proteína e energia, as forragens proveem a fibra necessária nas rações para promover a mastigação, ruminação e saúde do rúmen. Na formulação de dietas para bovinos, a qualidade e a quantidade de forragens é o primeiro fator a ser analisado no atendimento das exigências nutricionais e de fibra. Os componentes concentrados são usados para complementar as contribuições nutricionais das forragens.

Neste trabalho, quando é utilizada a palavra “palhiço”, se está referindo à palha que sai do bandejão e das peneiras do sistema de limpeza das colhedoras na colheita da soja, e também para a casca do legume de soja obtida através de seleção manual em amostras de

plantas colhidas no campo. A expressão “hastes” será utilizada para definir a palha que sai pelos saca-palhas das colhedoras, na colheita da soja, e também para a palha restante quando da separação manual dos legumes das plantas de soja.

O objetivo deste trabalho foi obter dados reveladores da quantidade e da qualidade do palhiço de soja, bem como sobre a quantidade possível de ser coletada com o equipamento desenvolvido e o custo da coleta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Passo Fundo, RS, em uma área denominada Centro de Extensão e Pesquisa Agropecuária (CEPAGRO) pertencente à Universidade de Passo Fundo (UPF). A área está situada a 663 m de altitude, latitude de 28°13'S e longitude de 52°23'O, conta com área total de 270 ha, utilizados para o ensino e a pesquisa da graduação e pós-graduação, bem como para atividades de extensão e produção (Figura 1).



Figura 1 - Centro de extensão e pesquisa agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo - RS. Fonte: Google Earth

2.1 Determinação da quantidade total de palhiço

A coleta do palhiço foi realizada nos anos de 2012 e 2013, safras 2011/2012 e 2012/2013, respectivamente.

Para determinar a quantidade total de palhiço produzido por hectare, foram colhidas, na safra 2011/2012, dez amostras de

cinco plantas em dez locais, assim escolhidas: cinco amostras (cultivar Apolo) vindas das cinco subparcelas onde foi realizada a coleta do palhicho com o auxílio do equipamento projetado, duas amostras (cultivares Syn 1157 e Apolo) vindas da borda externa das duas parcelas colhidas com a colhedora de parcelas, e mais três amostras (cultivares BRS Estância, Força e BMX Potência) de locais escolhidos ao acaso.

Essas dez amostras foram avaliadas quanto à quantidade e à massa total de grãos, à palha total, a hastes e palhicho, tendo a separação das hastes do palhicho sido feita manualmente. Com os valores, calculou-se também o índice de colheita (IC), pela seguinte fórmula: $IC = \text{rendimento de grãos} / \text{rendimento de biomassa}$.

Na safra de 2012/2013, para determinar o rendimento total de palha e grãos, foram coletadas aleatoriamente cem plantas inteiras de soja (da cultivar BMX Potência), no local em que foi feita a coleta do palhicho com auxílio do equipamento projetado.

Em todas as amostras, foi realizada a retirada dos legumes, das plantas de soja, e, com auxílio de uma tesoura, procedeu-se à abertura manual destes, separando-se grãos, hastes e palhicho. As palhas (hastes e palhicho) foram levadas à estufa, a 65 °C por 48 horas. Dos grãos, foi determinada a umidade, com auxílio de um determinador universal de umidade, e a massa foi corrigida para a umidade de 13%. Dessa forma, foram obtidas as massas de cada fração. Com os valores, calculou-se também o IC.

Ainda, na safra de 2011/2012, foram coletadas duas amostras totais de palha e grãos, em áreas cultivadas com variedades distintas, cultivares Apolo e Syn 1157. As duas áreas, contíguas,

foram escolhidas ao acaso (cada área mediu 50 metros de comprimento e 1,35 metros de largura). Cada uma dessas áreas foi dividida em cinco subáreas iguais, de 10 metros por 1,35 metro (Figura 2), as quais foram colhidas com o auxílio de uma colhedora de parcelas experimentais.

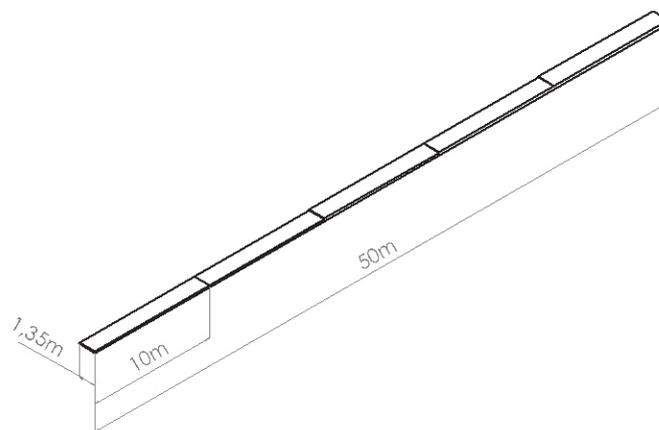


Figura 2 - Dimensionamento das áreas e subáreas para coleta total da palha e grãos. Elaboração do autor

Na Figura 3, pode ser visualizado o local onde foi realizada a coleta total da palha, durante a colheita dos grãos, na safra de 2011/2012, que foi executada com o auxílio de uma colhedora de parcelas experimentais.

A palha e os grãos dessas subáreas foram coletadas separadamente e identificadas. Foram coletadas separadamente a palha vinda do bandejão e das peneiras (palhiço), a palha vinda do saca palha (hastes) e os grãos de soja, de cada subárea. As vinte frações de palha foram levadas à estufa a 65 °C por 48 horas para homogeneização e posteriormente pesadas separadamente. As

quantidades colhidas desses dois materiais foram expressas em kg ha^{-1} de matéria seca. Os grãos tiveram a sua umidade determinada por intermédio de um determinador universal de umidade e a sua produtividade foi expressa em kg ha^{-1} , com umidade padronizada em 13%.



Figura 3 - Coleta total de palha e grãos da soja safra 2011/2012, realizada com a colhedora de parcelas. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

Dessa forma, foi possível fracionar as plantas de soja em três partes principais (palhiço, hastes e grãos) quando colhidos com auxílio de uma colhedora. Isso permitiu a determinação da relação entre as massas de palhiço e de grãos na colheita mecanizada. Assim, foi possível estimar a quantidade de palhiço total possível de ser recolhida por unidade de área, bem como se conseguiu calcular qual a fração do palhiço total que foi recolhido pelo equipamento desenvolvido. Comparando-se a quantidade de palhiço recolhida pela máquina, em relação ao total estimado por unidade de área, avaliou-se

a eficiência da máquina projetada, determinando a porcentagem de palhicho recolhido em relação ao palhicho total. Para determinar esse valor (palhicho total), é necessário saber a massa total de grãos colhidos na área em questão.

2.2 Quantidade e qualidade do palhicho recolhido pelo protótipo

No ano de 2012 (safra de 2011/12), o palhicho (cultivar Apolo) foi coletado com auxílio do equipamento desenvolvido, em cinco faixas, cada uma medindo 6.815 m^2 , conforme (Figura 4).

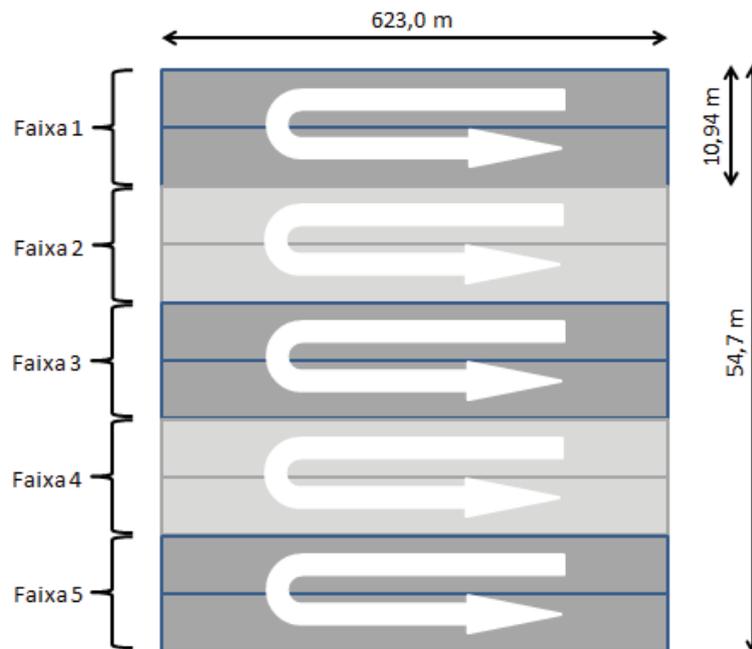


Figura 4 - Dimensões das faixas colhidas com o equipamento projetado instalado em uma colhedora. Passo Fundo - RS. Elaboração do autor

O palhiço coletado e a soja colhida nessas faixas foram pesados separadamente (Figura 5). Com isso, foi possível calcular a relação entre a massa dos grãos e do palhiço recolhido pelo equipamento (máquina) desenvolvido.



Figura 5 – Pesagem, com auxílio de uma célula de carga, dos grãos e palhiço coletados na safra 2011/2012. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

O palhiço coletado nas cinco faixas com o equipamento desenvolvido foi depositado em um silo no solo, junto à sede do CEPAGRO, e coberto com lona plástica (Figura 6).



Figura 6 - Depósito do palhiço em silo no solo do CEPAGRO. Passo Fundo - RS. Acervo do autor

Para determinar a qualidade desse material coletado nas safras de 2012 e 2013 com o protótipo, foram coletados três baldes de aproximadamente 10 L, com o número necessário de subamostras para preenchê-los. Os conteúdos dos baldes foram homogeneizados e, destes, foram retiradas duas amostras de aproximadamente 300 g. Esse material foi levado ao laboratório de nutrição animal do Centro de pesquisa em alimentação (CEPA) da Universidade de Passo Fundo, com objetivo de realizar a análise laboratorial para a determinação da sua composição bromatológica.

2.3 Custo e viabilidade econômica do recolhimento do palhiço

Para verificar o custo e a viabilidade econômica da coleta de palhiço de soja, foi estimado o custo de recolhimento e comparado com o preço de mercado do feno de azevém.

Para tanto, foram cronometrados os tempos de coleta, transporte e descarregamento, estimando-se os custos de cada operação mecanizada. O tempo de coleta foi obtido a partir da

cronometragem do tempo necessário para o enchimento de uma carreta agrícola basculante, sendo esta rebocada por um trator Massey Ferguson modelo 275 ano 2005, com potência de 75 cv no motor que acompanhou lateralmente a colhedora. O tempo de transporte foi obtido com a cronometragem dos tempos de deslocamento do trator com a carreta agrícola do silo até o ponto de coleta e deste até o silo. No tempo de descarregamento, foi cronometrado o tempo necessário para o basculamento do palhicho. A metodologia utilizada para o cálculo do custo das operações mecanizadas foi baseada em Balastreire (1987) e na planilha de custos de mecanização agrícola elaborada pela Fundação ABC (POVH & KATSMAN, 2014).

Com isso, calculou-se a economia gerada com o uso do palhicho na alimentação de animais em substituição ao feno de azevém, considerando os seus valores nutritivos semelhantes. Para a avaliação da economia, foi realizado o cálculo do custo das operações mecanizadas, em reais por quilo de palhicho coletado e subtraído o custo de aquisição do feno de azevém (em reais por quilo).

Para estimar o custo de produção de feno de azevém em nível de propriedade rural considerou-se que a sua produção é originária de ressemeadura natural sem adubação. Para a composição dos custos da obtenção do feno foram computados os custos das operações mecanizadas de corte, espalhamento, enfardamento e transporte interno na propriedade, com base na planilha de custos de mecanização agrícola elaborada pela Fundação ABC (POVH & KATSMAN, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação do rendimento total de palha e grãos

Os valores obtidos das dez amostras de cinco plantas na safra 2011/2012, para as proporções de grãos, palhico e hastes, assim como para o índice de colheita, estão apresentados na Tabela 1. Os dados mostram que existe uma grande amplitude na relação entre palhico e grãos, que variou de 0,30 a 0,54. Com base nesses valores, pode-se supor que uma área com produtividade média de 3.000 kg ha⁻¹ de grãos pode produzir de 900 a 1.620 kg ha⁻¹ de palhico.

Tabela 1 – Peso por planta de grãos, palhico e hastes, relação entre peso de palhico e de grãos e índice de colheita (IC) de dez amostras de cinco plantas na safra 2011/2012. Passo Fundo - RS

Amostra	Grãos (g)	Palhico (g)	Hastes (g)	Palhico/Grãos	IC
Apolo	16,42	8,31	8,13	0,51	0,50
Apolo	14,78	7,20	6,87	0,49	0,51
Apolo	13,37	6,50	6,81	0,49	0,50
Apolo	13,54	6,54	7,66	0,48	0,49
Apolo	13,20	7,12	8,88	0,54	0,45
Jupiter	18,87	8,81	8,67	0,47	0,52
Apolo	19,02	8,40	8,51	0,44	0,53
BRS Estância	24,36	7,36	10,20	0,30	0,58
Força	28,78	8,96	13,49	0,31	0,56
Potência	19,89	6,32	10,27	0,32	0,55
Média	18,22	7,55	8,95	43,41	0,52
CV (%)	28,25	13,13	22,16	20,52	7,29

Tal variação pode ter como causa, entre outros fatores, o manejo, as condições climáticas e a variedade, conforme aduz Saraiva

(2004), que, em seu estudo, direcionado à mesma variedade de soja, obteve valores, para o índice de colheita, que variavam de 0,41 a 0,52, somente variando o espaçamento entrelinha. Concluiu o autor que a redução do espaçamento aumenta a massa seca da parte aérea das plantas. Já Conte et al. (2009) obtiveram, para a massa de matéria seca da parte aérea, valores variando de 3,3 a 5,1 Mg ha⁻¹, em experimentos com e sem irrigação.

Os valores obtidos na pesagem total das cem plantas de soja na safra de 2012/2013, com peso dos grãos, do palhicho e das hastes, bem como a relação entre palhicho e grãos e o índice de colheita estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Peso total de cem plantas de soja cv. Potência, na safra de 2012/2013, pesos dos grãos, do palhicho e das hastes, relação entre palhicho e grãos e índice de colheita (IC). Passo Fundo - RS

Amostra (plantas)	Grãos (g)	Palhicho (g)	Hastes (g)	Palhicho/Grãos	IC
100	1.529	527	885	0,34	0,52

Com os dados apresentados na Tabela 2, pode ser estimada a produtividade de palhicho por hectare (cultivar Potência), com base na massa dos grãos colhida nesse mesmo espaço. Dessa forma, na área amostrada, se a produtividade de grãos for de 3.000 kg ha⁻¹, a quantidade estimada de palhicho será de 1.020 kg ha⁻¹.

Os valores obtidos na coleta total da palha e grãos da soja safra 2011/2012, realizada com a colhedora de parcelas das variedades

Apolo e Syn 1157 estão apresentados nas Tabelas 3 e 4 respectivamente.

Tabela 3 - Pesos de grãos, palhico e hastes em g m^{-2} , relação entre palhico e grãos e índice de colheita (IC) da variedade da soja Apolo, colhidos com a colhedora de parcelas, na safra 2011/2012. Passo Fundo - RS

Subárea	Grãos (g m^{-2})	Palhico (g m^{-2})	Hastes (g m^{-2})	Palhico/Grãos	IC
1	259	123	105	0,47	0,53
2	249	129	118	0,52	0,50
3	227	106	102	0,47	0,52
4	231	111	112	0,48	0,51
5	229	105	111	0,46	0,51
Média	239	115	110	0,48	0,51
CV (%)	5,9	4,6	2,8	2,4	1,1

Tabela 4 - Pesos de grãos, palhico e hastes em g m^{-2} , relação entre palhico e grãos e índice de colheita (IC) da variedade da soja Syn 1157, colhidos com a colhedora de parcelas, na safra 2011/2012. Passo Fundo - RS

Subárea	Grãos (g m^{-2})	Palhico (g m^{-2})	Hastes (g m^{-2})	Palhico/Grãos	IC
1	176	100	94	0,57	0,48
2	185	105	83	0,57	0,50
3	210	124	82	0,59	0,50
4	177	103	108	0,58	0,46
5	185	101	92	0,55	0,49
Média	187	107	92	0,57	0,49
CV (%)	7,3	9,3	11,4	3,0	3,4

Considerando-se um rendimento médio de 3.000 kg ha^{-1} de grãos, pode-se estimar a produtividade de palhico disponível por hectare utilizando a relação palhico/grãos. Com esse rendimento (3.000 kg ha^{-1} de grãos), as produtividades (0,34 a 0,59) estimadas de

palhiço variam entre 1,02 e 1,77 t ha⁻¹ nos experimentos realizados nas safras de 2012 e 2013.

3.2 Quantidade e qualidade do palhiço recolhido pelo protótipo

Os valores obtidos nas pesagens dos grãos e do palhiço (colhidos pela colhedora; recolhido pelo protótipo acoplado a colhedora), nas cinco faixas, na colheita dos grãos, safra de 2011/2012, com representação esquemática apresentada na Figura 4, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Pesos de grãos e palhiço em kg ha⁻¹, relação entre grãos obtidos nas cinco parcelas coletadas com o protótipo, safra 2011/2012. Passo Fundo – RS

Faixa	Massa de grãos (kg ha ⁻¹)	Massa de palhiço (kg ha ⁻¹)	Relação grão/palhiço
1	1.349	364	0,27
2	1.321	493	0,37
3	1.338	549	0,41
4	1.620	540	0,33
5	1.543	434	0,28
Média	1.434	476	0,33
CV (%)	9,6	16,3	17,9

Dos grãos foi deduzida a umidade e a impureza, obtidas através do medidor universal de umidade e do romaneio de recebimento da soja (expedido pela cooperativa) respectivamente. Salienta-se que o palhiço não sofreu nenhum tipo de tratamento entre a coleta e o armazenamento.

Os resultados da análise bromatológica do palhiço de soja coletado, com o protótipo construído, em 2012 e 2013 encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise bromatológica do palhiço de soja coletado na safra 2012/2013. Passo Fundo - RS

Ano	UM	MS	PB	EE	FB	ENN	NDT	FDN	FDA
2012	13,4	86,6	4,39				45,5	66,3	40,9
2013	7,5	92,4	5,41	2,1	21,3	63,6	62,7	73,7	54,8
2013	Base seca		5,9	2,3	23,0	68,8	67,8	79,7	59,3

UM= umidade (%); MS= matéria seca (%); PB= proteína bruta (%); EE=extrato etéreo (%); FB= fibra bruta (%);ENN= extrativo não nitrogenado; NDT= nutrientes digestíveis totais; FDN=fibra em detergente neutro (%); FDA = fibra em detergente ácido (%).

Maheri-Sis et al. (2011) afirmam que a composição química das palhas varia de acordo com a relação entre casca dos legumes e hastes, condições de crescimento, manejo e maturidade na hora da colheita. Considerando esses fatores, a composição química das palhas de soja encontrada em estudos é inconstante. Assim, o encontrado por Maheri-Sis (2011) foi de 5,10, 63,20 e 80,80% para PB, FDA e FDN, respectivamente. Já Pereira (2009) encontrou 4,20 e 70,00 para PB e FDN, respectivamente, e Sruamsiri & Silman (2008), por sua vez, encontraram 4,91, 42,76 e 54,24% para PB, FDA e FDN, respectivamente.

O mecanismo de separação da palha na colhedora de parcelas apresenta componentes diferentes daqueles encontrados nas colhedoras comerciais. Isto pode justificar as diferenças nas proporções de palhiço/grãos coletadas pelas duas máquinas.

3.3 Custo e viabilidade econômica do recolhimento do palhiço

Na sequência, serão apresentados dados referentes à coleta de palhiço com o uso do equipamento projetado acoplado à colhedora, e ao depósito (recolhimento) do palhiço realizado em carreta agrícola basculante tracionada por trator Massey Ferguson modelo 275 ano 2005.

O tempo de funcionamento do trator para coleta de 700 kg de palhiço foi medido e totalizou 60 min, distribuídos da seguinte maneira:

Deslocamento até o local de coleta = 4 min;

Coleta = 42 min;

Deslocamento até o local de descarga = 4 min;

Descarga = 10 min.

O cálculo detalhado do custo de coleta do palhiço encontra-se no apêndice 1 deste trabalho, sendo, neste capítulo, apresentado somente o resumo dos cálculos.

Cálculo do custo da coleta gerado pelo uso do trator, Massey Ferguson modelo 275 ano 2005, com potência de 75cv no motor (Ct):

Os custos das operações mecanizadas são provenientes da soma de dois grandes grupos, quais sejam: Custo Fixo por hora (CF) e Custo Variável por hora (CV).

A) Custo Fixo por hora (CF)

CF = Depreciação (D) + Juros Seguro Abrigo (JSA)

CF = 5,60 + 6,24

$$CF = 11,84 \text{ R\$ h}^{-1}$$

B) Custo Variável por hora (CV)

CV = Combustível (C) + Operador (O) + Manutenção e Reparos (MR)

$$CV = 4,75 + 6,67 + 6,00$$

$$CV = 17,42 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Custo total por hora da coleta do trator (Ct)

$$Ct = CF + CV$$

$$Ct = 11,84 + 17,42$$

$$Ct = 29,26 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Consumo de óleo diesel (C) pela colhedora

Custo com o aumento de consumo de óleo diesel (Cc) pela colhedora, provocado por 3 cv necessários para mover o equipamento.

$$Cc = C * \text{Preço do litro (R\$ L}^{-1}\text{)}$$

$$Cc = 0,36 / \text{L} * \text{h} * 2,50 \text{ R\$ L}^{-1}$$

$$Cc = 0,90 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Cálculo do custo da coleta gerado pelo uso da carreta agrícola (Cca):

A) Custo Fixo por hora (CF)

CF = Depreciação (D) + Juros Seguro Abrigo (JSA)

$$CF = 3,00 + 2,70$$

$$CF = 5,70 \text{ R\$ h}^{-1}$$

B) Custo Variável por hora (CV)

CV = Manutenção e Reparos (MR)

$$CV = 2,81 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Custo por hora da coleta do carroto agrícola (Cca).

$$Cca = CF + CV$$

$$Cca = 5,70 + 2,81$$

$$Cca = 8,51 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Cálculo do custo da coleta gerado pelo uso do equipamento projetado (Ce):

A) Custo Fixo por hora (CF)

CF = Depreciação (D) + Juros Seguro Abrigo (JSA)

$$CF = 4,20 + 4,68$$

$$CF = 8,88 \text{ R\$ h}^{-1}$$

B) Custo Variável por hora (CV)

CV = Manutenção e Reparos (MR)

$$CV = 3,00 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Custo por hora da coleta do equipamento projetado (Ce)

$$Ce = CF + CV$$

$$Ce = 8,88 + 3,00$$

$$Ce = 11,88 \text{ R\$ h}^{-1}$$

O custo total da operação por hora (C_{to}) de coleta dos resíduos é proveniente da soma do: custo da coleta pelo uso do trator (C_t), custo com o aumento de consumo de óleo diesel pela colhedora (C_c), custo por hora da coleta da carreta agrícola (C_{ca}) e o custo por hora da coleta do equipamento projetado (C_e).

$$C_{to} = C_t + C_c + C_{ca} + C_e$$

$$C_{to} = 29,26 + 0,90 + 6,08 + 11,88$$

$$C_{to} = 50,55 \text{ R\$ h}^{-1}$$

O custo estimado da coleta mecanizada do palhiço de soja é de $50,55 \text{ R\$ h}^{-1}$, e considerando que em uma hora são coletados 700 kg, pode-se estimar o custo de $0,07 \text{ R\$ kg}^{-1}$.

De toda forma, os custos não incluídos (exportação da matéria prima; cobertura do solo, entre outros) não são impeditivos de realização de uma estimativa da economia gerada com a coleta do palhiço em comparação à compra de feno de azevém. Dados obtidos no CEPAGRO referentes ao preço de compra do kg de feno de azevém pago na última aquisição, mostram que este foi de $0,50 \text{ R\$ kg}^{-1}$. Dessa forma, é possível afirmar, com as informações disponíveis no momento, que o custo de coleta do palhiço representa somente 14% do preço de compra do feno de azevém, ou seja, ocorre uma economia estimada de 86%.

O custo das operações mecanizadas para a obtenção do feno de azevém foi estimado com auxílio da Planilha de Custos de Operações Mecanizadas da Fundação ABC (POVH & KATSMAN, 2014). Considerando sua produção espontânea e tomando como base a produção de 3 t ha^{-1} , foram encontrados os seguintes valores para:

Corte (segadora mais trator 80 cv) $\text{R\$ } 68,40 \text{ ha}^{-1}$;

Espalhamento (espalhador mais trator 80 cv) R\$ 35,20 ha⁻¹;

Enleiramento (enleirador mais trator 80 cv) R\$ 41,50 ha⁻¹.

Para estas operações o custo foi de R\$ 145,10 ha⁻¹ e que equivale a um custo de 0,048 R\$ kg⁻¹.

Para a operação de enfardamento o custo foi de (enfardadora mais trator 80 cv) R\$ 58,20 h⁻¹ e considerando-se uma produção de 3 t ha⁻¹ de fardos encontrou-se o custo de 0,019 R\$ kg⁻¹.

Para as atividades de carregamento e descarregamento manual (operação realizada por dois diaristas, R\$ 10,00 por hora para cada um) estimando um tempo de duas horas por hectare (uma hora para cada viagem) realizado por trator de 80 cv mais carreta agrícola (R\$ 47,10 h⁻¹) e considerando-se uma produção de 3 t ha⁻¹ (de fardos) encontrou-se o custo de R\$ 134,40 ha⁻¹, resultando no custo de 0,045 R\$ kg⁻¹ de feno.

Assim, o custo estimado da produção do feno de azevém em nível de propriedade foi de 0,11 R\$ kg⁻¹.

4 CONCLUSÕES

O equipamento projetado recolhe uma quantidade de palhiço equivalente a 0,33 da quantidade de grãos de soja, possibilitando obter aproximadamente uma tonelada deste resíduo por hectare colhido. Portanto, o palhiço de soja possui potencial produtivo, elevada disponibilidade na região e depende somente de transporte interno nas propriedades ou de transporte a curtas distâncias, uma vez que é produzido próximo aos locais de consumo.

O valor nutritivo do palhiço de soja é baixo, os teores obtidos na análise bromatológica, com base na matéria seca, para PB FDN e FDA foram 5,9, 79,7 e 59,3%, respectivamente.

A estimativa do custo de coleta e transporte do palhiço da soja da lavoura até o silo com auxílio do equipamento projetado acoplado a uma colhedora, mais uma carreta agrícola acoplada a um trator Massey Ferguson modelo 275 ano 2005 com potência de 75 cv no motor foi de R\$ 0,07, representa 14% do preço de compra do feno de azevém.

CAPÍTULO III

PALHIÇO DE SOJA COMO SUBSTITUTO PARCIAL DE FENO DE AZEVÉM NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS

RUBEM SCHÖFFEL¹

RESUMO - Os animais ruminantes (bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos) representam uma das fontes mais valiosas de recursos renováveis para a humanidade. A manutenção de suprimento adequado de produtos vindos dos ruminantes, para a alimentação da crescente população humana, é um dos maiores problemas para o corpo técnico-científico envolvido nessa área. Uma das alternativas para aumentar a produção de leite e de carne dos ruminantes é a viabilização do uso de materiais fibrosos disponíveis e não utilizáveis pelo homem e outros monogástricos domésticos. O objetivo deste trabalho é avaliar a utilização do palhiço de soja como substituto parcial do feno de azevém na dieta de borregas confinadas, sendo testada nos seguintes níveis: S0 constituído por 100% de feno; S10 constituído por 90% feno, mais 10% de palhiço; S20 constituído por 80% feno, mais 20% de palhiço; S30 constituído por 70% feno, mais 30% de palhiço; S40 constituído por 60% feno, mais 40% de palhiço. As dietas foram fornecidas durante 49 dias, para 12 borregas da raça

¹ Engenheiro Mecânico, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAgro), área de concentração em Produção vegetal, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMV) da Universidade de Passo Fundo (UPF), Professor do Curso Técnico de Mecânica, do Instituto Federal Sul Rio-Grandense (IFSul), Campus Passo Fundo – RS

Suffolk. A seleção foi realizada usando os critérios sexo, peso (média de 63,67 kg) e idade (15 a 16 meses). Separadas em seis grupos de dois animais, as borregas foram pesadas semanalmente e, nas primeiras semanas, apresentaram perda de peso, que foi recuperado e superado por algumas parcelas. Observou-se que o aumento na proporção do palhiço de soja na dieta em substituição ao feno de azevém melhorou o ganho de peso dos animais.

Palavras-chave: alimento alternativo, ganho de peso, nutrição de ruminantes, resíduos de cultura.

SOYBEAN PODS HUSKS AS PARTIAL REPLACEMENT OF RYEGRASS HAY ON SHEEP FEED

ABSTRACT - Ruminants (bovine, buffaloes, goats and sheep) represent one of the most valuable renewable resources for humanity. Maintaining adequate supply of products from ruminants to feed the growing human population is a major problem for the technical and scientific groups involved in this area. An alternative to increase milk and meat production is to enable the use of fiber materials available and not usable by humans and other monogastric domestic animals. The objective of this work was to evaluate the use of soybean pods husks as a partial replacement of ryegrass hay on the diet of confined ewe lambs being tested at the following levels: (S0) 100% hay; (S10) 90% hay and 10% soybean pods husks; (S20) 80% hay and 20% soybean pods husks; (S30) 70% hay and 30% soybean pods husks;

(S40) 60% hay and 40% soybean pods husks. Diets were fed for 49 days, for 12 ewe lambs of Suffolk. The selection was made using the criteria gender, weight (average 63.67 kg) and age (15-16 months). Separated into six groups of two animals, the ewe lambs were weighed weekly and the first weeks, showed weight loss, which was recovered and overcome by some plots. It was observed that the increase in the proportion of soybean pods husks on the diet improved animal performance.

Key words: alternative feed, crop residues, ruminant feed, weight gain.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta condições para a criação de diversas espécies animais, dentre os quais, os ruminantes, capazes de transformar produtos vegetais em carne e/ou leite, a custos razoavelmente baixos. A alimentação básica desses ruminantes são pastagens naturais ou cultivadas que, entretanto, apresentam escassez de oferta de forragem nas épocas frias e/ou secas do ano. Resíduos agrícolas, como o palhiço de soja, podem ser utilizados na alimentação de ruminantes e geralmente estão disponíveis no período de escassez de forragem.

De acordo com Nascimento et al. (2004), a importância da utilização dos subprodutos da agroindústria na nutrição animal deve-se à prioridade do emprego de grãos, alimentos mais nobres, como soja, milho e trigo, para a alimentação humana ou para animais não ruminantes. Esses autores salientam ainda que, além de aumentar a disponibilidade de alimentos para ruminantes, o uso de subprodutos reduz os custos da alimentação e a pressão sobre o meio pela redução de acúmulo de resíduos.

As dietas dos ruminantes, mesmo quando deles são esperadas elevadas produções de leite ou de carne, devem conter alimentos volumosos, que representem, em termos de matéria seca, cerca de 50% do total consumido. Porém, as rações concentradas, fornecidas junto aos volumosos, quase sempre contêm elevadas quantidades de cereais e seus subprodutos (VELLOSO, 1984).

Por causa do sistema digestivo, que é peculiar dos ruminantes, eles podem transformar em alimentos muitas substâncias aparentemente inúteis. São fábricas ambulantes que produzem alimento enquanto caminham por pastagens nativas ou cultivadas. Além disso, podem converter em alimento humano uma grande quantidade de resíduos de culturas e uma infinidade de subprodutos industriais (SILVA, 1984).

Neste trabalho, quando é utilizada a palavra “palhiço”, está se referindo à fração da palha proveniente das peneiras do mecanismo de limpeza das colhedoras na colheita da soja, e também à casca dos legumes de soja obtida por meio de seleção manual em amostras de plantas colhidas no campo. A termo “hastes”, por sua vez, será utilizado para definir a palha que sai pelos saca-palhas das colhedoras, na colheita da soja, e também para a palha restante quando da separação manual dos legumes das plantas de soja.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia da substituição parcial do feno de azevém por palhiço de soja na dieta de borregas confinadas, em diversos níveis de substituição.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Passo Fundo, RS, em área denominada Centro de extensão e pesquisa agropecuária (CEPAGRO), pertencente à Universidade de Passo Fundo (UPF). A área está situada a 663 m de altitude, latitude de 28°13'S e longitude de 52°23'O, conta com área total de 270 ha, utilizados para o ensino e a pesquisa da graduação e pós-graduação, bem como para atividades de extensão e produção (Figura 1).



Figura 1 - Centro de extensão e pesquisa agropecuária (CEPAGRO) da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo - RS. Fonte: Google Earth

2.1 Experimento com alimentação de ovelhas com palhço

A duração total do experimento foi de 49 dias, com início em 09 de novembro de 2012 e término em 28 de dezembro de 2012. O experimento foi realizado com cinco níveis de substituição do feno de azevém por palhço e mais o lote testemunha. As dietas foram

oferecidas em uma única ocasião, pela manhã, às 8 horas, ao longo de todo o experimento. A água e o suplemento vitamínico mineral para ovinos foram oferecidos *ad libitum*. O feno e o palhiço não sofreram nenhum tipo de tratamento antes de serem ofertados para as borregas.

Foi realizada análise bromatológica individual do feno de azevém e do palhiço de soja no Centro de pesquisa em alimentação (CEPA) da UPF.

Os animais foram inicialmente adaptados às dietas alimentares por sete dias, após, passaram ao período experimental, que teve duração de 42 dias. Foram realizadas pesagens no início e no final do período experimental e a cada sete dias, sempre observando o mesmo horário de pesagem, o que ocorreu às 14 horas.

Para realizar o experimento, utilizou-se uma instalação zootécnica (aprisco) subdividida em baias (Figura 2a). Dessas, foram utilizadas seis baias quadradas (Figura 2b), cada uma com área total de 4,84 m². Em cada baia foram alojadas duas borregas. Cada baia é provida com dois comedouros de madeira – um para o feno (Figura 2c), e o outro para o palhiço e o suplemento vitamínico mineral para ovinos (Figura 2d) – e um bebedouro de metal com nível regulado por boia (Figura 2e).

As pesagens foram realizadas semanalmente utilizando uma balança digital marca Libracom WT3000-I, com capacidade para 4 mil kg e precisão de 10g (Figura 3), disponível no CEPAGRO. Os animais não foram tosquiados anteriormente, nem durante o experimento.



Figura 2 - Imagens das instalações utilizadas na realização do experimento com borregas. (a) prédio de baias; (b) baias; (c) comedouro para o feno; (d) comedouro para o palhico e suplemento vitamínico mineral para ovinos; (e) bebedouro de metal com boia. Passo Fundo - RS. Acervo do autor.

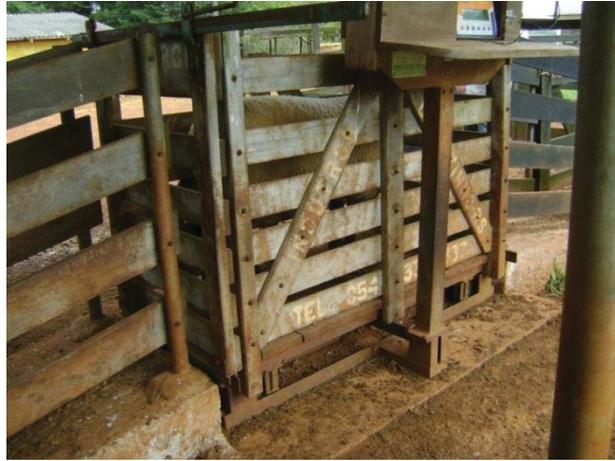


Figura 3 - Balança para pesagem das borregas. Passo Fundo - RS. Acervo do autor.

Foram selecionadas 12 borregas da raça Suffolk para a realização do experimento. A seleção foi realizada usando os critérios sexo, peso (média de 63,67 kg) e idade (15 a 16 meses).

Foram sorteados seis grupos, utilizando-se, para tal, o número do brinco de cada animal. Esses passaram a ser denominados parcela A, parcela B, parcela C, parcela D, parcela E e parcela F. As parcelas A e B foram sorteadas como testemunhas. O motivo da adoção de duas parcelas de testemunhas é justificado pela possibilidade de determinado grupo ou animal não se adaptar ao tratamento ou sofrer algum problema de saúde. Dessa forma, isso ocorrendo, já havia outro animal adaptado e pronto para ingressar no experimento.

Os tratamentos (dietas) aos quais as parcelas foram submetidas encontram-se explicitados nos Quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1 - Dieta ministrada às borregas no período de 09/11/12 a 22/11/12. Passo Fundo - RS

Parcela	Tratamento*	Dieta (g)
A	S0	1.500 feno
B	S0	1.500 feno
C	S10	1.350 feno 150 palhiço
D	S20	1.200 feno 300 palhiço
E	S30	1.050 feno 450 palhiço
F	S40	900 feno 600 palhiço

(*) S0 constituído por 100% de feno; S10 constituído por 90% feno, mais 10% de palhiço; S20 constituído por 80% feno, mais 20% de palhiço; S30 constituído por 70% feno, mais 30% de palhiço; S40 constituído por 60% feno, mais 40% de palhiço.

Quadro 2 - Dieta ministrada às borregas no período de 23/11/12 a 26/11/12. Passo Fundo - RS

Parcela	Tratamento*	Dieta (g)
A	S0	2.000 feno
B	S0	2.000 feno
C	S10	1.700 feno 300 palhiço
D	S20	1.400 feno 600 palhiço
E	S30	1.100 feno 900 palhiço
F	S40	800 feno 1.200 palhiço

* S0 constituído por 100% de feno; S10 constituído por 90% feno, mais 10% de palhiço; S20 constituído por 80% feno, mais 20% de palhiço; S30 constituído por 70% feno, mais 30% de palhiço; S40 constituído por 60% feno, mais 40% de palhiço.

Quadro 3 - Dieta ministrada às borregas no período de 27/11/12 a 28/12/12. Passo Fundo - RS

Parcela	Tratamento *	Dieta (g)
A	S0	3.000 feno
B	S0	3.000 feno
C	S10	2.700 feno 300 palhiço
D	S20	2.400 feno 600 palhiço
E	S30	2.100 feno 900 palhiço
F	S40	1.800 feno 1.200 palhiço

* S0 constituído por 100% de feno; S10 constituído por 90% feno, mais 10% de palhiço; S20 constituído por 80% feno, mais 20% de palhiço; S30 constituído por 70% feno, mais 30% de palhiço; S40 constituído por 60% feno, mais 40% de palhiço.

O delineamento experimental utilizado nesta investigação foi o completamente casualizado, com duas repetições (animais).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros sete dias foram de adaptação dos animais às dietas (Figura 4). No primeiro e segundo dias, houve pouca sobra de palhiço em duas parcelas (primeiro dia 150 gramas na parcela F e 80 g na parcela D; segundo dia 50 gramas na parcela F). Essas sobras foram pesadas e devolvidas aos respectivos comedouros.



Figura 4 - Baía de alojamento das borregas. Acervo do autor

Os resultados da análise bromatológica do palhiço e do feno são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado da análise bromatológica do palhiço (média de duas amostras) e do feno de azevém, coletado em 2013. Passo Fundo - RS.

	PB	ENN	NDT	FDN	FDA
Palhiço	5,85	2,27	67,80	79,7	59,28
Feno	5,57	-	54,80	82,72	47,19

PB-Proteína bruta; ENN-Extrativo não nitrogenado; NDT-Nutrientes digestíveis totais; FDN-Fibra detergente neutro; FDA-Fibra detergente ácido.

Os resultados encontrados na análise bromatológica, neste experimento, mostram que o palhiço e o feno têm baixo valor nutritivo e estão próximos aos encontrados por Sruamsiri & Silman (2008). Da mesma forma, confirmam o estudo de Silva (1984), o qual caracteriza as palhas pela abundância e pelo baixo custo relativo, porém, com baixo valor nutritivo, pois apresentam baixos teores de proteína, energia e minerais.

As parcelas receberam as dietas conforme foram apresentadas nos Quadros 1, 2 e 3. As borregas selecionadas apresentaram peso médio, no dia de início, de 63,67 kg e de 59,84 kg ao término do tratamento. Nas pesagens, que são apresentadas no Tabela 2, pode ser observada a ocorrência de perda de peso (média da parcela), em todas as parcelas, sendo mais acentuada nas primeiras quatro semanas. Por sua vez, nas três semanas finais nas pesagens das parcelas com maior substituição de feno por palhiço ocorre ganho de peso.

Tabela 2 - Peso semanal (média da parcela) das borregas, realizado entre 09/11 e 28/12/12. Passo Fundo - RS

Parcela	Peso (kg/ animal)							
	09/11	16/11	23/11	30/11	07/12	14/12	21/12	28/12
A	68,25	66,05	61,25	62,70	62,55	64,10	62,15	62,73
B	62,60	60,80	57,30	62,50	56,85	57,80	56,60	57,47
C	63,55	60,80	57,05	61,60	57,75	54,80	58,30	56,90
D	66,60	66,25	61,95	64,75	62,70	63,50	61,45	62,47
E	57,15	55,70	55,35	57,05	53,15	53,50	53,70	55,50
F	63,85	62,10	60,65	67,35	62,60	61,75	63,20	63,95

Na Tabela 3, é apresentada a média da parcela (duas borregas) da pesagem inicial (após período de adaptação) e final, e a diferença entre elas, que foi chamada de rendimento médio da parcela. O melhor desempenho médio por animal (1,85 kg) foi obtido com a parcela F (substituição de 40% de feno de azevém por palhiço de soja). Mas, a parcela E, por apresentar valor negativo mínimo (- 0,20kg), pode ser considerada como tendo alcançado rendimento positivo. Há que se levar em conta, nesse processo, a perda de peso ocorrida no início e sua recuperação no final do tratamento.

Tabela 3 - Ganho de peso das borregas submetidas a diferentes níveis de substituição de feno de azevém por palhiço de soja. Passo Fundo - RS

Parcela	Tratamento*	16/11/2012 (kg)	28/12/2012 (kg)	Ganho de peso Médio (kg)
A	S0	66,05	62,73	-3,32
B	S0	60,80	57,47	-3,33
C	S10	60,80	56,90	-3,9
D	S20	66,25	62,47	-3,78
E	S30	55,70	55,50	-0,20
F	S40	62,10	63,95	1,85

* S0 constituído por 100% de feno; S10 constituído por 90% feno, mais 10% de palhiço; S20 constituído por 80% feno, mais 20% de palhiço; S30 constituído por 70% feno, mais 30% de palhiço; S40 constituído por 60% feno, mais 40% de palhiço.

A substituição parcial do feno pelo palhiço causou melhora na avaliação do rendimento (peso corporal). As borregas com menor fração de substituição apresentaram maior perda de peso, enquanto que o tratamento com a fração de 40% de substituição apresentou ganho de peso. No entanto, apesar de causar perda de peso, na maioria

das parcelas, a inclusão do palhiço na dieta alimentar é viável, tendo em vista que quanto maior o nível de substituição do feno de azevém pelo palhiço de soja, menor é a perda de peso, e na maior fração de substituição, foi obtido ganho de peso, como pode ser constatado na Tabela 3. Resultados semelhantes foram encontrados por Restle et al. (2000), que avaliou a palha de soja em substituição da silagem de sorgo forrageiro em terneiros. Lopes et al. (2013) avaliou o desempenho de bovinos alimentados com resíduo da pré-limpeza de soja associado à cana-de-açúcar e os resultados apontaram ganho de peso, mas sem diferença significativa. Mudgal et al. (2010) avaliaram a substituição da palha de trigo por palha de soja, até 75%, na dieta de vacas leiteiras, e concluíram que não houve efeito adverso sobre o consumo do animal, bem como sobre o desempenho da lactação.

4 CONCLUSÕES

A avaliação bromatológica do palhiço de soja e do feno apresentou os teores de 5,85 e 5,57% para a proteína bruta, respectivamente. Dessa forma, o palhiço constitui uma alternativa a ser utilizada como complemento alimentar nos sistemas de produção de ruminantes, principalmente em períodos críticos de disponibilidade de forragem, contribuindo para manter bons níveis nutricionais e desempenho animal.

O aumento no nível de substituição do feno pelo palhiço de soja na dieta de ovinos proporciona melhora no seu desempenho. Nos níveis mais elevados (40%) de substituição do feno de azevém pelo palhiço de soja, obtém-se ganho de peso, comprovando que a inclusão do palhiço na dieta alimentar de ovinos é uma opção viável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho obteve êxito em seu objetivo. O equipamento proposto foi projetado e construído, seguindo a metodologia proposta. O resíduo por ele coletado foi quantificado e qualificado, apresentando valores (quantidade e qualidade) que justificam sua coleta, em um experimento comprovou-se que a sua inclusão na dieta de ruminantes é viável.

Sugestão para trabalhos futuros

Reavaliação do protótipo, através do dimensionamento com aplicação de elementos finitos em seus componentes.

Realização de experimentos com vacas de leiteiras, com a inclusão na dieta destas de palhiço de soja.

Ampliação do cálculo do custo do palhiço, com a inclusão do custo de exportação dos nutrientes e danos ao solo (erosão) devido à retirada da matéria seca.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, D. C. Use of cereal residues in beef cattle production systems. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 46, p. 849-861, 1978.
- BABILÔNIA, J. L.; RESENDE, C. A. P.; PAIVA, P. C. de A.; ANDRADE, I. F. de; MUNIZ, J. A.; PEREZ, J. R.; OLIVEIRA, E. R. de. Avaliação do resíduo amonizado da pré-limpeza de soja associado à cana-de-açúcar no desempenho de bovinos inteiros confinados. *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras. v. 24, n. 4, p. 1031-1040, 2000.
- BACK, N.; OGLIARI, A.; DIAS, A.; SILVA, J. C. *Projeto integrado de produtos*. Barueri: Manole, 2008. 602 p.
- BAGLEY, C. P.; MORRISON, D. G.; FEAZEL, J. I. Influence of roughage on wintering beef heifer performance. *Nutrition Reports International*, Massachusetts, v. 39, n. 3, p. 575-585, 1989.
- BALASTREIRE, L. A. *Máquinas agrícolas*. São Paulo: Manole, 1987. 310 p.
- BAXTER, M. *Projeto de produto*. São Paulo: Edgard Blucher, 1998. 261 p.
- BONSIEPE, G. *Teoria e Prática do Desenho Industrial*. Lisboa: Centro Português de Design, 1984. 216 p.
- BORGES, T. C. *Apostila de projeto do produto*. 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAMVcAF/apostila-projeto-produto>>. Acesso em: 04 mai. 2013.
- BRASIL. Decreto-lei nº. 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o capítulo V do título II da consolidação das leis do trabalho, relativo à segurança e medicina do trabalho. *Diário oficial da união*, Brasília, 23 dez. 1977. Seção 1, p. 1
- BUSS, C. O.; CUNHA, G. D. *Modelo referencial para o processo de desenvolvimento de novos produtos*. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 22., 2002, Salvador. *Anais...* Salvador, 2002. p. 1-15
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 30 jun. 2013

CONTE, O.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; XAVIER, A. A. P.; DEBIASI, H. Demanda de tração, mobilização de solo na linha de semeadura e rendimento da soja, em plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 44, p. 1254-1261, 2009.

COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. Benchmarking firm's critical success factors in new product development. *Journal of Product Innovation Management*, New York, v. 12, n. 5, p. 374-391. 1995.

CRAWFORD, C. M.; BENEDETO, C. A. *New product management*. 5 ed. Irwin: McGraw-Hill, 1997. 592 p.

DAMASCENO, J. C.; SANTOS, G. T.; CÔRTEZ, C.; REGO, F. C. A. Aspectos da alimentação da vaca leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2002, Maringá. *Anais...* Maringá, 2002. p. 166-188.

DICKSON, P. R. *Marketing management*. 5 ed. Forth Worth: The Dryden Press, 1997. 813 p.

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. *Alimentos para gado de leite*. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<https://www.google.com.br>> Acesso em: 15 dez. 2012.

IAROSINSKI NETO, A. *Projeto de produto engenharia e design*. 2009. Disponível em:<<http://pessoal.utfpr.edu.br/iarozinski/arquivos>>. Acesso em: 07 mai. 2013.

KAMINSKI, P. C. *Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade*. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 148 p.

KEPLIN, L. A. S. Silagem de soja: uma opção para ser usada na nutrição animal. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2004, Maringá. *Anais...* Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2004. p. 161-171.

KOTLER, F. *Administração de marketing: Análise, planejamento, implementação e controle*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 1998. 726 p.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. Product development decisions: A review of the literature. *Management Science*, Baltimore, v. 47, n.1, p. 1-21, 2001.

KUNDU, S. S. Improving the nutritive value of wheat straw for buffaloes by urea treatment. *Tropical Agriculture*, Trinidad e Tobago, v. 66, n. 4, p. 321-325, 1989.

KUNDU, S. S.; MUDGAL, V. D. Chemical changes and degradability of chemically treated wheat straw. *Indian Journal of Animal Nutrition*, New Delhi, v. 2, n. 4, p. 166-170, 1985.

MAHERI-SIS, N.; ABDOLLAHI-ZIVEH, B.; SALAMATDOUSTNOBAR, R.; AHMADZADEH, A.; AGHAJANZADEH-GOLSHANI A.; MEHDI MOHEBBIZADEH, M. Determining nutritive value of soybean straw for ruminants using nylon bags technique. *Pakistan Journal of Nutrition*, Sargodha, v. 10, n. 9, p. 838-841, 2011.

MARQUES NETO, J.; FERREIRA, J. J. Tratamento de restos de cultura para alimentação dos ruminantes. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, p. 38-48, 1984.

MUDGAL, V.; BAGHEL R. P. S.; SRIVASTAVA, S. Effect of feeding soybean straw on Intake and milk production of lactating crossbred cows. *Journal of Horticulture Letters*. Navi Mumbai, v. 1, n. 1, p. 6-7, 2010.

NASCIMENTO, H. T. S.; NASCIMENTO, M. *Tratamento de resíduos da agroindústria com ureia*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1998.

NASCIMENTO, H. T. S.; NASCIMENTO, M. P. S. C. B.; RIBEIRO, V. Q.; ARAUJO NETO, R.B. *Subprodutos da agroindústria da soja na alimentação de ruminantes*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004 (Circular Técnica, 37).

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of dairy cattle – NRC*. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001.

OLIVEIRA, S. T. *Ferramentas para o aprimoramento da qualidade*. 2.ed. São Paulo: Pioneira, 1996. 115 p.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. *Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos/ métodos e aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 412 p.

PARK, C.; ZALTMAN, G. *Marketing management*. Chicago: The Dryden Press, 1987. 312 p.

PEREIRA, J. R. A. *Produtos alternativos para bovinos de leite*. 2009. Disponível em: <<http://people.ufpr.br/~freitasjaf/artigos>>. Acesso em: 10 mai. 2013.

PIRES, M. B. G.; TRINDADE, D.S. ; QUADROS, A. T. F. Composição química e digestibilidade *in vitro* de palhas de soja, arroz, milho e trigo. *Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas "Francisco Osório"*, Porto Alegre, v. 7, p. 411-431. 1980.

POVH, F. P.; KATSMAN, T. J. *Planilha de custos de mecanização agrícola*. Fundação ABC para assistência e divulgação técnica agropecuária: Castro, 2014. 2 p.

QUEIROZ, A.; LEMENAGER, R.; HENDRIX, K. Efeito do tratamento da palha de trigo com amônia anidra sobre a proteína bruta, digestibilidade "*in vitro*" da matéria seca e os componentes da fibra, após vários tempos de amonização e períodos de aeração. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 21, n. 5, p. 1020-1028, 1992a.

QUEIROZ, A. C.; LEMENAGER, R. P.; HENDRIX, K. S.; FONTES, C. A. de A. Efeito do tratamento da palha de trigo com amônia anidra, utilizando diferentes tipos de pisos e reservatórios sobre a eficiência do tratamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 21, n.5, p. 874-881, 1992b.

RAHMAN, S. M.; BARSAUL, C. S.; SIDDIQUI, I. A. Improvement in the palatability and nutritive value of wheat straw by urea treatment. *Indian Journal of Animal Nutrition*, New Delhi, v. 4, n. 3, p. 209-211, 1987.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. D. A.; RESENDE, K. D.; PEREIRA, J. R. A.; RUGGIERI, A. C. Avaliação de fontes de amônia para o tratamento de fenos de gramíneas tropicais. 1. Constituintes da parede celular, poder tampão e atividade ureática. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 674-681, 2001.

RESTLE, J.; ALVES FILHO, D .C.; BRONDANI, I .L. Palha de soja (*Glycine max*) como substituto parcial da silagem de sorgo forrageiro

(*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de terneiros de corte confinados. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 319-324. 2000.

ROCHA JÚNIOR, V. R.; VALADARES FILHO, S. C.; BORGES, A. M.; MAGALHÃES, K. A.; FERREIRA, C. C. B.; VALADARES, R. F. D.; PAULINO, M. F. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 473-479, 2003.

ROMANO, L. N.; BACK, N.; OGLIARI, A. Estudos sobre o processo de desenvolvimento de produto da indústria de máquinas agrícolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 3., 2001, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, 2001. p. 1-8.

ROMANO, L. N. *Desenvolvimento de máquinas agrícolas*. São Paulo: Blucher, 2013. 310 p.

ROSA, B.; REIS, R. A.; RESENDE, K. D.; KRONKA, S. D.; JOBIM, C. C. Valor nutritivo do feno de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou uréia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 815-822, 1998.

ROZENBURG, N. F. M.; EECKLES, J. *Product design fundamentals and methods*. England: John Wiley & Sons, 1995. 408 p.

SAADULLAH, M.; HAQUE, M.; DOLBERG, F. Treating rice straw with animal urine. *Tropical animal production*, Bangladesh, v. 5, n. 3, p. 273-277, 1980.

SABBATINI, R.; BERTASSO, B.; VIAN, C. E. F.; CARVALHO, E. G.; LEMOS, F. H.; RUAS, J. A.; PINHO, M. *Projeto PIB: Perspectivas do investimento em mecânica*. Rio de Janeiro: UFRJ, Instituto de Economia, 2009. 226 p.

SAENGER, P. F.; LEMENAGER, R. P.; HENDRIX, K. S. Effects of anhydrous ammonia treatment of wheat straw upon in vitro digestion, performance and intake by beef cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 56, n. 1, p. 15-20. 1983.

SARAIVA, L. A. T. *Aumento do rendimento de grãos da soja com o manejo de plantas daninhas e espaçamento entre linhas*. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

- SARKAR, S. *O empreendedor inovador: faça diferente e conquiste seu espaço no mercado*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 296 p.
- SCHEFFER-BASSO, S. M. S.; FONTANELI, R. S.; DÜRR, J. W. *Valor nutritivo de forragens: concentrados pastagens e silagens*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo - Centro de Pesquisa em Alimentação, 2003. 31 p.
- SHAVER, R. D. Nutritional risk factors in the etiology of left displaced abomasum in dairy cows: a review. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 80, n. 10, p. 2449-2453, 1997.
- SILVA, J. F. C. O ruminante e o aproveitamento de subprodutos fibrosos. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, p. 8-15, 1984.
- SRUAMSIRI, S.; SILMAN, P. Nutritive composition of soybean by-products and nutrient digestibility of soybean pod husk. *Maejo International Journal of Science and Technology*, Chiang Mai, v. 2, n. 3, p. 568-576, 2008.
- SUH, N. P. *The principles of Design*. New York: Oxford Press, 1990. 401 p.
- TOLEDO, J. C. Gestão da mudança da qualidade do produto. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 1, n. 2, p. 104-124, 1994.
- TOLEDO, J. C.; SIMÕES, J. M. S. Gestão do desenvolvimento de produto em empresas de pequeno e médio porte do setor de máquinas e implementos agrícolas do Estado de SP. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 257-269, 2010.
- URBAN, G. L.; HAUSER, J. R. *Design and marketing of new products*. 2 ed. Englewood Cliffs - USA: Prentice Hall, 1993. 618 p.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. Ed. Cornell: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VELLOSO, L. Subprodutos de origem do beneficiamento de cereais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 10, n. 119, p. 15-21, 1984.
- WEISS, W. P. Predicting energy values of feeds. *Journal of Dairy Science*, Madison, v. 76, n. 6, p. 1802-1811, 1993.

APÊNDICE 1

CUSTO DA COLETA MECANIZADA DO PALHIÇO DA SOJA

Cálculo do custo da coleta gerado pelo uso do trator Massey Ferguson modelo 275 ano 2005 com 75 cv de potência no motor (Ct):

A) Custo Fixo por hora (CF)

CF = Depreciação (D) + Juros Seguro Abrigo (JSA)

Depreciação (D)

$$D = \frac{V_i - V_f}{N}$$

$$D = \frac{80.000,00 \text{ (R\$)} - 24.000,00 \text{ (R\$)}}{1.000 \text{ (h)}}$$

$$D = 5,60 \text{ R\$} \cdot \text{h}^{-1}$$

Juros Seguro Abrigo (JSA)

$$\text{JSA} = \frac{\frac{V_i + V_f}{2} \times \text{Taxa de juros}}{n}$$

$$\text{JSA} = \frac{\frac{80.000,00 \text{ (R\$)} + 24.000,00 \text{ (R\$)}}{2} \times 0,12}{1.000 \text{ (h)}}$$

$$JSA = 6,24 \text{ R}\$.h^{-1}$$

$$CF = D + JSA$$

$$CF = 5,60 + 6,24$$

$$CF = 11,84 \text{ R}\$.h^{-1}$$

B) Custo Variável por hora (CV)

$$CV = \text{Combustível (C)} + \text{Operador (O)} + \text{Manutenção e Reparos (MR)}$$

Combustível (C)

O combustível foi medido e o consumo foi de 17,5 L em 9 h 12 min de funcionamento.

$$Cc = \frac{17,5 \text{ L}}{9:12 \text{ hs}}$$

$$Cc = 1,9L.h^{-1}$$

$$C = Cc \times \text{Preço (L)}$$

$$C = 1,9L.h^{-1} \times 2,50 \text{ L}^{-1}$$

$$C = 4,75 \text{ R}\$.h^{-1}$$

Operador (O)

Considerando o custo total do operador em 1.600,00 R\$ mês⁻¹.

$$O = \frac{1.600,00 \text{ R\$}}{240 \text{ h}}$$

$$O = 6,67 \text{ R\$} \cdot \text{h}^{-1}$$

Manutenção e Reparos (MR)

$$\text{MR} = \frac{\text{VI} \times \text{R}}{\text{N}}$$

$$\text{MR} = \frac{80.000,00(\text{R\$}) \times 0,75}{10.000 \text{ h}}$$

$$\text{MR} = 6,00 \text{ R\$} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{CV} = \text{C} + \text{O} + \text{MR}$$

$$\text{CV} = 4,75 + 6,67 + 6,00$$

$$\text{CV} = 17,42 \text{ R\$} \cdot \text{h}^{-1}$$

Custo total por hora da coleta do trator Massey Ferguson modelo 275 ano 2005 com 75 cv de potência no motor (Ct)

$$\text{Ct} = \text{CF} + \text{CV} =$$

$$\text{Ct} = 11,84 + 17,42$$

$$\text{Ct} = 29,26 \text{ R\$} \cdot \text{h}^{-1}$$

Consumo de óleo diesel (C) pela colhedora

$$C = 0,12 * \left(\frac{1}{cv * h}\right)$$

$$C = 0,12 * \left(\frac{1}{3 * 1}\right)$$

$$C = 0,36 \text{ L/h}$$

$$Cc = 036 \text{ /L*h} * 2,50 \text{ R\$ L}^{-1}$$

$$Cc = 0,90 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Cálculo do custo da coleta gerado pelo uso da carreta agrícola (Cca):

A) Custo Fixo por hora (CF)

CF = Depreciação (D) + Juros Seguro Abrigo (JSA)

Depreciação (D)

$$D = \frac{Vi - Vf}{N}$$

$$D = \frac{15.000,00 \text{ (R\$)} - 3.000,00 \text{ (R\$)}}{4.000 \text{ (h)}}$$

$$D = 3,00 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Juros Seguro Abrigo (JSA)

$$JSA = \frac{\frac{Vi + Vf}{2} \times Taxa \text{ juros}}{n}$$

$$JSA = \frac{\frac{15.000,00(R\$) + 3.000,00(R\$)}{2} \times 0,12}{400 \text{ (h)}}$$

$$JSA = 2,70 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Custo Fixo por hora (CF)

$$CF = D + JSA$$

$$CF = 3,00 + 2,70$$

$$CF = 5,70 \text{ R\$ h}^{-1}$$

B) Custo Variável por hora (CV)

CV = Manutenção e Reparos (MR)

Manutenção e Reparos (MR)

$$MR = \frac{VI \times R}{N}$$

$$D = \frac{15.000,00 \text{ (R\$)} \times 0,75}{4.000 \text{ (h)}}$$

$$MR = 2,81 \text{ R\$ h}^{-1}$$

$$CV = MR$$

$$CV = 2,81 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Custo por hora da coleta do carroto agrícola (Cca).

$$Cca = CF + CV$$

$$Cca = 5,70 + 2,81$$

$$Cca = 8,51 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Cálculo do custo da coleta gerado pelo uso do equipamento projetado (Ce):

A) Custo Fixo por hora (CF)

$$CF = \text{Depreciação (D)} + \text{Juros Seguro Abrigo (JSA)}$$

Depreciação (D)

$$D = \frac{Vi - Vf}{N}$$

$$D = \frac{12.000,00 \text{ (R\$)} - 3.600,00 \text{ (R\$)}}{2.000 \text{ (h)}}$$

$$D = 4,20 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Juros Seguro Abrigo (JSA)

$$JSA = \frac{\frac{Vi + Vf}{2} \times Taxa \text{ de juros}}{n}$$

$$JSA = \frac{\frac{12.000,00(R\$) + 3.600,00(R\$)}{2} \times 0,12}{200 \text{ (h)}}$$

$$JSA = 4,68 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Custo Fixo por hora (CF)

$$CF = D + JSA$$

$$CF = 4,20 + 4,68$$

$$CF = 8,88 \text{ R\$ h}^{-1}$$

B) Custo Variável por hora (CV)

CV = Manutenção e Reparos (MR)

Manutenção e Reparos (MR)

$$MR = \frac{VI \times R}{N}$$

$$MR = \frac{12.000,00 \text{ (R\$)} \times 0,50}{2.000 \text{ (h)}}$$

$$MR = 3,00 \text{ R\$ h}^{-1}$$

$$CV = MR$$

$$CV = 3,00 \text{ R\$ h}^{-1}$$

Custo por hora da coleta do equipamento projetado (C_e).

$$C_e = CF + CV$$

$$C_e = 8,88 + 3,00$$

$$C_e = 11,88 \text{ R\$ h}^{-1}$$

O custo total da operação por hora (C_{to}) de coleta dos resíduos é proveniente da soma do: custo da coleta pelo uso do trator (C_t), custo com o aumento de consumo de óleo diesel pela colhedora (C_c), custo por hora da coleta do carroto agrícola (C_{ca}) e o custo por hora da coleta do equipamento projetado (C_e).

$$C_{to} = C_t + C_c + C_{ca} + C_e$$

$$C_{to} = 29,26 + 0,90 + 6,08 + 11,88$$

$$C_{to} = 50,55 \text{ R\$ h}^{-1}$$