



Suelen Aline Schneiders

**MELHORIA NO PROCESSO DE RECOLHIMENTO DE FENO EM UMA
PROPRIEDADE RURAL**

Horizontina - RS

2018

Suelen Aline Schneiders

**MELHORIA NO PROCESSO DE RECOLHIMENTO DE FENO EM UMA
PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Me. Adalberto Lovato.

Horizontina - RS

2018

FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Melhoria no processo de recolhimento de feno em uma propriedade rural”

Elaborada por:

Suelen Aline Schneiders

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

Aprovado em: 30/11/2018

Pela Comissão Examinadora



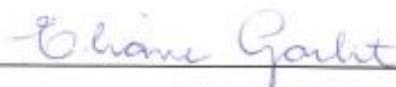
Mestre. Adalberto Lovato.

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Mestre. Jonathan Camargo

FAHOR – Faculdade Horizontalina



Mestra. Eliane Garlet

FAHOR – Faculdade Horizontalina

Horizontalina - RS

2018

Dedicatória

À minha família, por acreditar e investir em mim, sempre me incentivando a buscar meus sonhos, através dos estudos, estando presentes em todos os momentos difíceis, me ajudando a superá-los. Vocês me dão segurança e certeza de que não estou sozinha nessa caminhada.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente à Deus, que me deu o dom da vida. Obrigado, por abençoar o meu caminho durante esse trabalho.

Ao meu noivo, pessoa com quem compartilho a vida. Obrigado pela compreensão, carinho, e paciência na correria de cada semestre.

Aos meus pais, irmãos, sobrinhos e cunhados, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Ao meu orientador pelo apoio, confiança e empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

A todos que fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

(Cora Coralina)

RESUMO

Os processos agrícolas passaram por grandes transformações com o passar dos anos, utilizando cada vez mais a tecnologia para o desenvolvimento de novos equipamentos. Atualmente, a automação se apresenta como fator importante para incrementar a produtividade. O presente estudo trata do recolhimento de feno em uma pequena propriedade rural, onde o trabalho era realizado de forma manual. O objetivo deste estudo é aumentar a produtividade e melhorar as condições de trabalho, através da mecanização do processo. A metodologia definida para o trabalho classifica-se como estudo de caso. Quanto à natureza da pesquisa, o estudo é do tipo quantitativo. Sendo assim, foram seguidos alguns procedimentos, onde se realizou medições anteriores e posteriores à mecanização, para posteriormente compará-las. Os resultados apontam que a mecanização do processo de recolhimento de fardos de feno, é economicamente viável e gera um aumento da produtividade, melhora nas condições de trabalho e reduz a mão-de-obra.

Palavras-chave: Engenharia de Produção. Produtividade. Mecanização. Agricultura. Feno.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Região Noroeste do Rio Grande do Sul	15
Figura 2 - Alfanje, cutelo	19
Figura 3 – Ancinho e garfo.....	19
Figura 4 - Cortador (1822)	20
Figura 5 - Cortador (1847)	21
Figura 6 - Ancinhos puxado por cavalos.....	22
Figura 7 - Ancinho e carregador de feno da JL Beightle.....	22
Figura 8 - Ancinho (1893)	23
Figura 9 - Ancinho de auto descarga.....	23
Figura 10 – Processo manual de produção de feno	24
Figura 11 - Enfardadeira	25
Figura 12 – Segadeira de Tambor	50
Figura 13 – Segadeira de barra	51
Figura 14 – Segadeira condicionadora	51
Figura 15 – Segadeira de Disco	52
Figura 16 – Segadeira de arrasto	52
Figura 17 – Ancinho espalhador/enleirador	53
Figura 18 – Ancinho tombador.....	53
Figura 19 – Ancinho enleirador.....	54
Figura 20 - Fardos retangulares	54
Figura 21 – Enfardadeira de fardos retangulares	55
Figura 22 – Fardos cilíndricos.....	55
Figura 23 – Enfardadeira de fardos cilíndricos	56
Figura 24 - Carreta para Feno	57
Figura 25 - Carreta agrícola.....	57

Figura 26 - Carreta prancha.....	58
Figura 27 - Carreta Dolly.....	58
Figura 28 – Gráfico da distribuição dos pesos dos fardos	61
Figura 29 – Gráfico da distribuição do volume dos fardos (m ³)	62
Figura 30 – Gráfico da distribuição do comprimento dos fardos (m)	63
Figura 31 – Gráfico da distribuição da largura dos fardos	63
Figura 32 – Gráfico do tempo no empilhamento sem fardo	64
Figura 33 – Gráfico do tempo no empilhamento com fardo	65
Figura 34 – Gráfico do tempo no carregamento sem fardo	66
Figura 35 – Gráfico do tempo no carregamento com fardo	67
Figura 36 - Equipamento para automação do processo de carregamento	68
Figura 37 – Conjunto: trator, enfardadeira e carreta.....	69
Figura 38 – Engate para a carreta	69
Figura 39 – Adaptação da enfardadeira.....	70
Figura 40 – Conjunto trato e carreta	70
Figura 41 – Trabalho realizado por apenas um trabalhador	71
Figura 42 - Trabalho realizado por dois trabalhadores	71
Figura 43 – Elevador de fardos na regulagem mais alta	72
Figura 44 - Elevador de fardos na regulagem mais baixa.....	72
Figura 45 - Elevador de fardos na regulagem mais baixa.....	74
Figura 46 – Fardos que não são separados corretamente	75
Figura 47- Gráfico da comparação dos tempos.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Intensidade e Duração.....	27
Quadro 2 – Nível de Esforço.....	28
Quadro 3 – Grau de Esforço.....	30
Quadro 5 - Princípios da economia de movimentos: Uso do corpo humano ..	40
Quadro 6 – Fluxograma Vertical anterior a implantação da automação	77
Quadro 7 - Fluxograma Vertical posterior a implantação da automação	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperaturas do ar recomendadas para vários tipos de esforços físicos.....	34
Tabela 2 – Limites de exposição ao calor, com períodos de descanso no próprio local. (NR-15, Anexo 3, Ministério do trabalho)	35
Tabela 3 – Dimensões dos fardos	60
Tabela 4 - Comparação dos tempos.....	75
Tabela 5 – <i>PayBack</i> descontado	79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 TEMA.....	13
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	14
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.4 HIPÓTESES	15
1.5 JUSTIFICATIVA.....	16
1.6 OBJETIVOS.....	17
1.6.1 Objetivo Geral.....	17
1.6.2 Objetivos Específicos.....	18
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 HISTÓRIA DO FENO E DE SEUS EQUIPAMENTO DE PRODUÇÃO.....	19
2.2 ERGONOMIA.....	25
2.2.1 Parâmetros de Ergonomia.....	26
2.2.1.1 Trabalho pesado	26
2.2.2 Levantamento de cargas	28
2.2.3 Transporte de cargas.....	31
2.2.4 Conforto térmico	34
2.3 SEGURANÇA DO TRABALHO	37
2.4 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS.....	38
2.5 PRODUTIVIDADE.....	38
2.5.1 Estudo de Tempos e Movimentos.....	39
2.5.1 Fadiga.....	41
2.6 ENGENHARIA ECONÔMICA	42
2.6.1 Métodos de decisão na análise de investimento de capital	43
2.6.1.1 Método do valor presente líquido (VPL).....	43

2.6.1.2 Método da taxa interna de retorno (TIR).....	44
2.6.1.3 Método do <i>payback</i> descontado (PB).....	44
2.6.1.4 Método do custo-benefício (C/B).....	45
2.6.1.5 Método da anuidade uniforme equivalente (AE).....	46
2.6.1.6 Método do custo anual equivalente (CAE).....	47
3 METODOLOGIA.....	48
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	48
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	49
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	50
4.1 EQUIPAMENTOS E DESCRIÇÃO DO PROCESSO MANUAL.....	50
4.2 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NO PROCESSO MANUAL.....	59
4.3 EQUIPAMENTOS E DESCRIÇÃO DO PROCESSO MECANIZADO.....	67
4.4 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NO PROCESSO MECANIZADO..	74
4.5 ANÁLISE FINANCEIRA DO PROJETO.....	78
CONCLUSÃO.....	80
REFERÊNCIAS.....	81

1 INTRODUÇÃO

Em épocas passadas, os processos agrícolas eram manuais, utilizando apenas a força humana. Posteriormente foi introduzido à força animal, como o cavalo, boi, búfalo, mula e jumento para auxiliar nos trabalhos. A partir do século XX foi introduzida a mecanização com tratores, plantadeiras e colheitadeiras. Para o século XXI vislumbra-se a automação como principal fator para incrementar a produtividade.

O presente estudo trata do trabalho de recolhimento de feno em uma pequena unidade rural. O feno é um alimento para os bovinos, equinos, ovinos e caprinos, ele é utilizado em períodos onde o alimento natural e fresco é escasso, como em períodos de seca e de inverno, pois os fardos de feno podem ser armazenados, para utilização posterior, sem ter perda dos seus princípios nutritivos.

O substrato da fenação é variado, pode ser uma planta forrageira, gramínea ou leguminosa, como tifton, alfafa, aveia, azevém, palhas de trigo, soja e arroz. A qualidade dos fenos está diretamente ligada a quantidade de talos e folhas, quanto mais folhas, melhor a qualidade.

O presente trabalho está dividido em 4 capítulos, sendo o primeiro a introdução, onde é apresentado o tema, a delimitação do tema, o problema de pesquisa, a hipótese, a justificativa e os objetivos, tanto geral quanto específico. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico, abordando conceitos relacionados ao estudo. Enquanto que, o terceiro capítulo apresenta a metodologia aplicada na elaboração do estudo. O quarto capítulo é referente a apresentação e análise dos resultados encontrado com o presente estudo. Por fim, a conclusão e as referências bibliográficas utilizadas.

1.1 TEMA

No desenvolvimento deste trabalho, o foco principal é o aumento da produtividade do enfardamento de feno e melhoria nas condições de trabalho.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

De acordo com Costa e Resende (s.d) o feno é um alimento que é preparado através do corte e desidratação de forragens, com o objetivo de manter o valor nutritivo da planta. Com a desidratação a planta pode ser armazenada sem comprometer a sua qualidade.

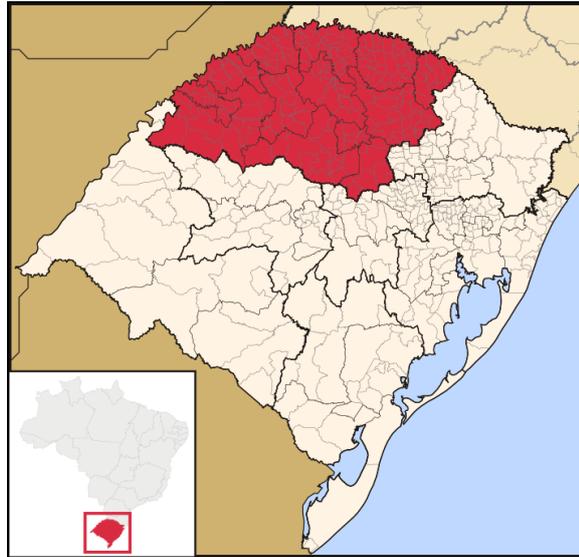
As culturas de plantas de fenação dependem de três fatores, da sua aplicação, das condições climáticas e do solo. O feno para bovinos de leite possui requisito de qualidade e característica diferentes daquele destinado a bovinos de corte ou a equinos. O clima influencia no desenvolvimento da planta, na sua ceifa e na sua secagem e também o solo quer como vetor de nutrientes quer como topografia de colheita. Em terrenos planos exigem um tipo de equipamento, e nos acidentados máquinas mais adaptadas a essas condições.

Em geral as plantas são de baixo porte e que podem ser ceifadas com ceifadeiras rotativas. São exemplos de plantas que podem ser utilizadas na produção de feno: tifton, alfafa, aveia, azevém, palhas de trigo, soja e arroz.

A janela de produção, é o período no qual se faz a colheita e se prepara o feno. Esse período é de sete meses na região que está sendo considerada: de outubro a maio. Portanto, a fenação não é um trabalho permanente.

A região em estudo é a noroeste do Rio Grande do Sul (figura 1) e apresenta terrenos não planos.

Figura 1 - Região Noroeste do Rio Grande do Sul



Fonte: IBGE, 2018.

Na região não existe um período bem definido de ausência de chuvas e uma vez ceifada a gramínea ela deve secar sem que ocorra precipitação pluvial, e nisso se torna importante a produtividade.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Na propriedade rural estudada, o problema encontrado é a morosidade no recolhimento de feno, pois o trabalho é feito manualmente. Por ser um trabalho manual o mesmo também se torna desgastante para os trabalhadores, tendo em vista o peso dos fardos e as condições climáticas, onde é necessário realizar a atividade em períodos quentes do dia, para não influenciar na qualidade do feno.

Com isso, o problema de pesquisa é descrito com a seguinte questão: A automatização do processo de recolhimento de feno aumentará a produtividade e melhorará as condições de trabalho?

1.4 HIPÓTESES

As hipóteses do presente trabalho estão descritas abaixo:

- A automação reduz o número de homens hora por fardo em 50%;

- A automação elimina a movimentação de fardos de até 15 kg manualmente;
- O retorno do investimento é menor do que dois anos.

1.5 JUSTIFICATIVA

Com acesso aos meios de comunicação em todas as áreas inclusive na zona rural, o jovem tem consciência da utilização de tecnologias atrativas em outras atividades humanas, percebe que a mecanização e a automação exercem sobre ele não só curiosidade, mas também atração. O jovem hoje não se sente estimulado a realizar os trabalhos necessários no campo da mesma forma que seus pais e avós faziam. Sua permanência no trabalho rural só terá para ele sentido se houver a utilização de tecnologias mais modernas.

Um dos principais problemas sociais na atividade rural é exatamente o êxodo dos jovens e uma maneira de minorar o problema é justamente levar ao campo maior tecnologia nas operações. A tecnologia promove a inovação para o campo, reduzindo o trabalho manual com a automatização de processos, fazendo com que os jovens tenham interesse em permanecer no campo, acreditando e contribuindo com os avanços tecnológicos.

Os jovens hoje buscam trazer para o campo o conhecimento teórico, para agregar ao conhecimento prático já adquirido, e assim busca novas tecnologias e meios de melhorar seu trabalho, reduzir custos e aumentar a produtividade.

Também os riscos de acidentes no campo e problemas relacionados a saúde dos trabalhadores, no que diz respeito a doenças por esforço repetitivo, deve ser um motivo de preocupação para toda sociedade. Com isso, cada vez mais se busca minimizar o desgaste físico durante a realização do trabalho com a utilização da mecanização, da automação e da tecnologia. Ganha-se produtividade e se reduz os riscos de acidentes e o contato com produtos nocivos à saúde.

No presente estudo, no processo antigo são necessárias quatro pessoas para recolher o feno, enquanto que no novo processo, objeto deste estudo, seriam necessárias somente duas pessoas. Além da redução de pessoas, haverá também a redução do tempo de trabalho. No processo atual, é necessária uma tarde para enfardar meia hectare de feno ocupando apenas uma pessoa, posteriormente o

mesmo tempo é despendido por quatro pessoas para recolher os fardos que estão no chão. Projeta-se com o novo processo a realização das duas operações em uma única tarde ocupando apenas duas pessoas, com isso há uma redução da mão-de-obra e um aumento da produtividade.

No sistema atual os fardos depositados a céu aberto ficam sujeitos ao risco da umidade de uma chuva intempestiva ou do sereno da noite. Com o ganho de umidade o feno perde qualidade. Com o novo sistema, pretende-se reduzir o risco de comprometer a qualidade do feno, pois as duas operações, enfardar e carregar, serão feitas simultaneamente, reduzindo os riscos dos fardos ficarem expostos à umidade.

Os equipamentos que se encontram no mercado podem ser classificados em dois tipos: para pré-secados (formato cilíndrico) e retangulares. O presente estudo foca somente nos retangulares. Entre os retangulares, os acessórios disponíveis no mercado para automatização do processo de recolhimento de feno, são sempre para descarga do feno no sentido da traseira do trator. Isto é, a carreta de transporte fica na mesma linha e atrás do trator.

Na indústria manufatureira os esforços que tratam ergonomia são realizados em ambientes em geral cobertos, planos ou em patamares com escadas e com número limitado de variações. No campo, o terreno pode ser plano, inclinado, liso, pode conter obstáculos grandes ou pequenos, cada um apresentando uma condição diferente para os estudos ergonômicos.

Australian Centre for Agricultural Health and Safety (s.d.) já abordou o assunto, mas as condições não são as mesmas que se apresentam na região do presente estudo.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo principal aumentar a produtividade no processo de recolhimento de feno.

1.6.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral deste estudo, se faz necessário definir os objetivos específicos. Portanto, os objetivos específicos definidos para este trabalho são:

- Realizar as medições ergonômicas do processo atual;
- Tomar os tempos do processo atual;
- Realizar as medições ergonômicas após implantada a automação;
- Tomar os tempos após implantada a automação;
- Analisar os dados anteriores e posteriores a implantação;
- Analisar o retorno do investimento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 HISTÓRIA DO FENO E DE SEUS EQUIPAMENTO DE PRODUÇÃO

De acordo Skrinjar (2006), desde que se iniciou o trabalho com a terra e a criação de gado, a produção de feno sempre foi uma das tarefas da agricultura realizada de forma totalmente manual.

No início dos anos 1700, a tarefa de fazer feno era a mais temida pelos trabalhadores, pois tinha que ser cortado à mão utilizando uma foice, alfanje ou cutelo e posteriormente utilizar um garfo de madeira, conforme figuras 2 e 3. Em um dia bom, um agricultor colhia 1 hectare de feno (SKRINJAR, 2006).

Figura 2 - Alfanje, cutelo



Fonte: Reis, 2010.

Figura 3 – Ancinho e garfo



Fonte: Reis, 2010.

Segundo Skrinjar (2006), durante o período de 1640 até o início dos anos 1700, os animais se alimentavam de gramíneas nativas. No entanto, não era a o suficiente, pois muitas vezes os animais morriam de fome. No início dos anos 1700, trevo vermelho e trevo branco da Europa foram utilizados para feno e pasto, essas sementes eram plantadas em terras não aradas ou misturadas com esterco usado como fertilizante.

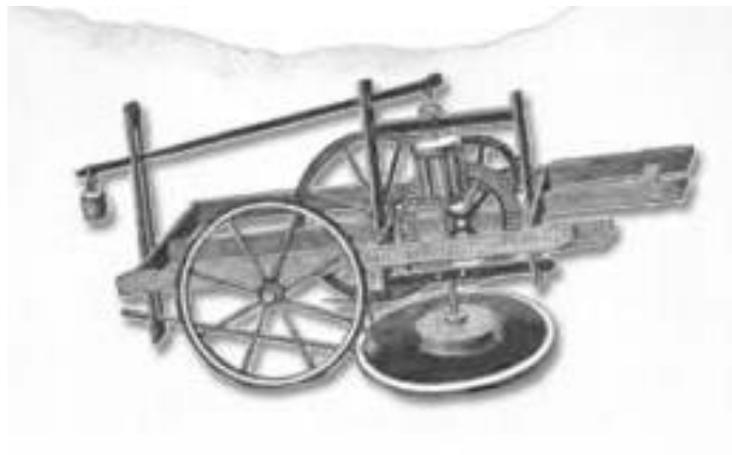
Na América do Norte, em 1790 houve um aumento significativo na produção de feno. O mercado de carne bovina também recebeu um impulso nessa época e o gado se alimentou do melhor feno que os agricultores da Pensilvânia poderiam produzir (SKRINJAR, 2006).

Segundo Gaines (2012), existem registros sobre o corte e secagem de capim desde os tempos bíblicos. No entanto, até o final do século XVIII, o processo de corte não havia sofrido muitas mudanças. Entretanto, na década de 1850, com o impacto da Revolução Industrial na história dos equipamentos agrícolas, houve também uma evolução no processo de fabricação do feno.

Os cortadores de grama McCormick-Deering eram muito populares nos estados das planícies do norte e são uma relíquia de trabalho popular para entusiastas de cavalos (SORENSEN, 2008).

As figuras 4 e 5 representam alguns tipos de cortadores. O primeiro é um cortador de 1822 e o segundo um cortador de 1847.

Figura 4 - Cortador (1822)



Fonte: Sorensen, 2008.

Figura 5 - Cortador (1847)



Fonte: Sorensen, 2008.

Houve um grande avanço nos equipamentos agrícolas utilizados na produção de feno durante a última década do século XVIII, levando assim um aumento na área de feno dos EUA. Em 1820, nos EUA surgiu a primeira máquina de corte, porém sem sucesso. No entanto, nessa época foi introduzido o ancinho de madeira puxado por cavalos. Já em 1840, os equipamentos de semeadura melhoraram e o ancinho de dentes de aço foi inventado, além disso, os cortadores de grama estavam ficando cada vez melhores. Em 1845, os fabricantes de feno tiveram sucesso na compactação do feno para o transporte. Com o poder do cavalo para o corte, o agricultor aumentou de sete a dez vezes mais sua produção (SKRINJAR, 2006).

Segundo Sorensen (2008), o ancinho geralmente era puxado por uma equipe de cavalos e consistiam em uma série de dentes colocados a uma distância de 4 polegadas entre duas rodas. Uma alavanca foi usada para despejar o feno em um determinado ponto, enquanto os cavalos puxavam o ancinho pelo campo. Isso permitia que o fazendeiro recolhesse e despejasse o feno em filas, para que dois homens (um de cada lado) pudessem engancharem em uma carroça depois que o feno se curasse.

O ancinho de ancoragem de dentes de aço foi introduzido em 1860. Em 1865, os garfos de feno foram desenvolvidos, e em 1875, carregadores de feno e motores movidos a vapor também foram introduzidos (SORENSEN, 2008).

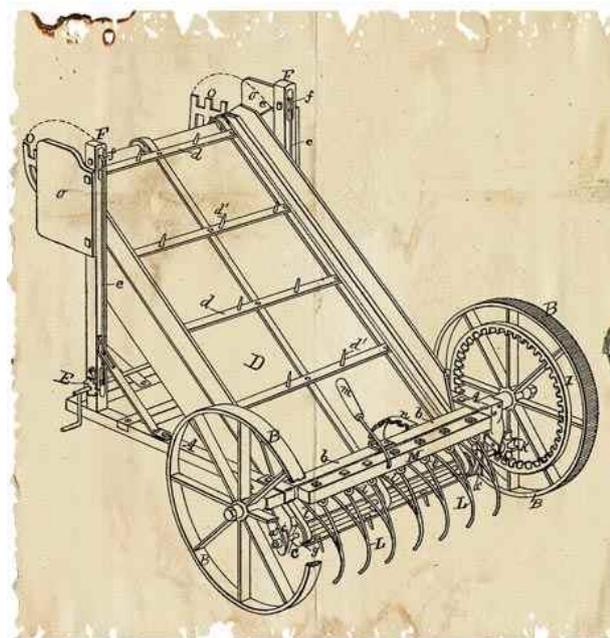
São apresentados nas figuras 6, 7, 8 e 9 alguns tipos de ancinhos utilizados antigamente. Ancinhos puxados por cavalos, ancinho e carregador de feno da JL Beightle, um ancinho de 1893 e ancinho de auto descarga.

Figura 6 - Ancinhos puxado por cavalos



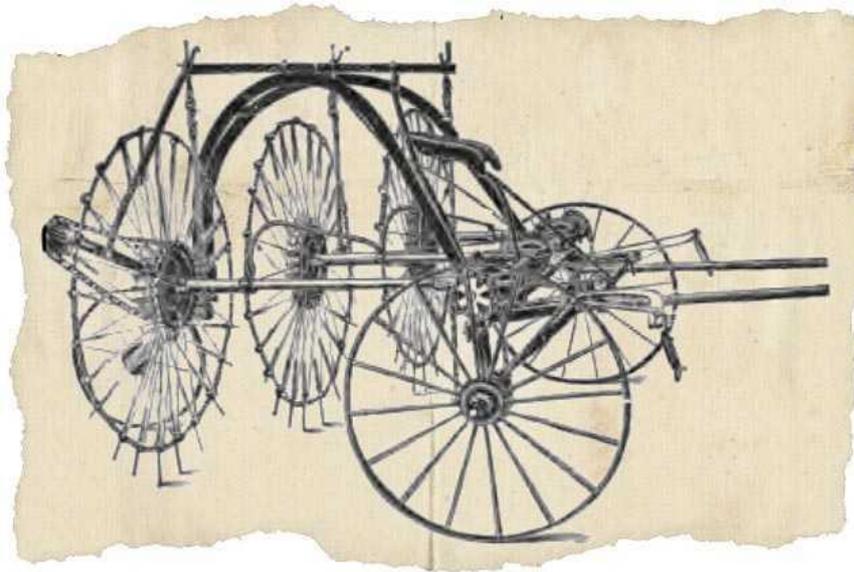
Fonte: SORENSEN, 2008.

Figura 7 - Ancinho e carregador de feno da JL Beightle



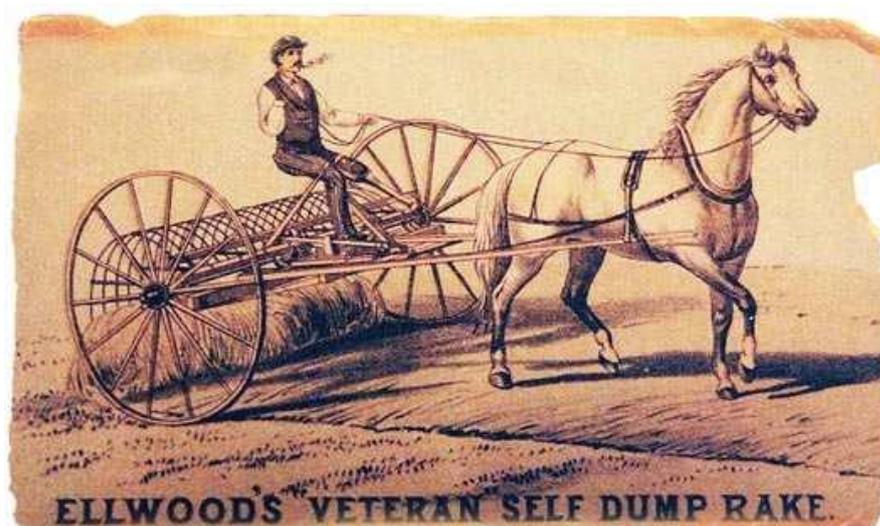
Fonte: SORENSEN, 2008.

Figura 8 - Ancinho (1893)



Fonte: SORENSEN, 2008.

Figura 9 - Ancinho de auto descarga



Fonte: SORENSEN, 2008.

Uma das tarefas mais trabalhosas que um fazendeiro enfrentava, era a colheita e armazenamento de feno, era um trabalho duro, quente e empoeirado, onde era utilizado foice para cortar a grama, conforme figura 10. Com isso, os trabalhadores foram os primeiros a procurarem uma forma de tornar esse trabalho menos brutal e mais produtivo (GAINES, 2012).

Figura 10 – Processo manual de produção de feno



Fonte: Reis, 2010.

De acordo com Skrinjar (2006), em 1900, a Pensilvânia produziu sua primeira colheita de alfafa. Em 1905, o primeiro trator a gasolina foi introduzido, auxiliando na produção de feno. Em 1925, os tratores começaram a substituir a potência dos cavalos e algumas fazendas conseguiram eletricidade. Durante os 15 anos seguintes, a indústria de produção de feno desidratado, um triturador de grama projetado para acelerar a cura no campo, a silagem de feno e a primeira enfardadeira automática de cordas de campo.

Conforme ilustração 11, da enfardadeira de 1913, Rumely é apenas parte de uma coleção Rumely. Onde o bloco de madeira na câmara é usado para separar e amarrar cada fardo.

Figura 11 - Enfardadeira



Fonte: GAINES, 2012.

2.2 ERGONOMIA

Para Lida (2005) a ergonomia pode ser definida como o estudo da adaptação do trabalho ao homem, desde o planejamento de um projeto, que é realizado antes do trabalho ser feito, como também o controle durante e após o trabalho, para que seja atingido o objetivo do projeto, preservando a saúde do trabalhador, para isso é necessário estudar as características do mesmo e depois projetar o trabalho que ele possa executar.

Segundo Dul e Weerdmeester (2004), existe um princípio na ergonomia, onde os sistemas, equipamentos e atividades devem ser desenvolvidas para que todos possam utilizar, levando em consideração que há diferenças entre os indivíduos de uma população. Com isso, todos os projetos devem atender a 95% dessa população, ou seja, 5% da população (mulher grávidas, idosos ou deficientes físicos) não se adapta ao uso coletivo, nesses casos é necessário um projeto específico para estes indivíduos.

A ergonomia tem como objetivo reduzir as consequências nocivas que o trabalhador pode sofrer, entre elas a fadiga, acidentes e estresse, proporcionando

ao trabalhador maior satisfação, segurança e saúde, durante o período de trabalho. (LIDA, 2005).

De acordo com Dul e Weerdmeester (2004), a ergonomia contribui com soluções de problemas sociais relacionados à segurança, conforto, saúde e eficiência. Durante um projeto, quando se considera as limitações e capacidades humanas, juntamente com as características do ambiente, a probabilidade de ocorrer acidentes é reduzida. As doenças psicológicas e musculoesqueléticas (principalmente dores nas costas), são as que mais contribuem para incapacitação ao trabalho e ao absentismo.

Existem algumas normas oficiais relacionadas a princípios da ergonomia. Estas se encontram nas normas ISO (*Internacional Standardization Organization*), além de normas específicas como a NR 17 (DUL e WEERDMEESTER, 2004).

2.2.1 Parâmetros de Ergonomia

Existem alguns parâmetros de ergonomia, que podem influenciar na realização das atividades, são eles: trabalho pesado, levantamento de cargas, transporte de cargas e conforto térmico. Esses parâmetros serão descritos nos próximos tópicos.

2.2.1.1 Trabalho pesado

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) o trabalho pesado pode ser caracterizado por ter um alto consumo de energia e grande exigência do coração e pulmões. A agricultura é umas das atividades que mais requerem esforço físico do trabalhador, apesar da mecanização que já existe, principalmente no carregamento de cargas, que envolve esforço estático e dinâmico. O principal problema envolvido com o manuseio de cargas é o desgaste da coluna, que podem ser dolorosos e até reduzir a mobilidade do trabalhador. Esse problema é muito comum na faixa etária de 20 a 40 anos e em trabalhadores como enfermeiros, agricultores e trabalhadores de serviços pesados.

De acordo com Lida (2005) na atividade agrícola as situações de trabalho são menos estruturadas, pois não há um único posto de trabalho definido, ou seja, o

trabalhador exerce várias funções. Nesse caso, o que se torna mais efetivo é a conscientização dos trabalhadores para que adotem atitudes corretas. Os estudos de ergonomia na agricultura são relativamente recentes se comparado com a indústria e possuem características distintas. O trabalho no campo geralmente é mais pesado, é necessária a aplicação de um grande esforço físico, em ambientes impróprios e com posturas inadequadas, pois a grande maioria desses trabalhadores não recebem nenhum treinamento.

A quantidade de esforço pode ser descrita considerando a intensidade e duração para cada grau de esforço. Inicialmente, identifica-se cada tipo de esforço e o tempo que cada grau de esforço pode ser determinado, conforme quadro 1 (RODGERS, 1986).

Quadro 1 – Intensidade e Duração

		Intensidade		
		Leve (L)	Moderado (M)	Pesado (H)
Duração	Ocasional, menos que 2 horas (O)	não aplicável OL I	OM II	OH
	Frequente, 2 a 4 horas (F)	FL	FM III	FH IV
	Constante, mais que 4 horas (C)	CL	CM	CH V improvável

Fonte: RODGERS, 1986, p. 195 (tradução nossa).

De acordo com Rodgers (1986), trabalhos que exigem esforço pesado e constantes são raros e poucas pessoas podem sustentá-los durante muito tempo. A maioria dos trabalhadores se enquadram nas categorias de esforço II, III e IV.

O esforço físico aumenta o estresse, dependendo da intensidade e duração. O quadro 2 apresenta seis tipos de esforço físico no trabalho. Esses esforços são divididos em três níveis de esforço, baixo, médio e alto (RODGERS, 1986).

Quadro 2 – Nível de Esforço

Tipos de Esforço	Nível de Esforço		
	Baixo	Médio	Alto
a. Parado / caminhando	-	25 - 50% do tempo	> 50% do tempo
b. Postura com esforço (exceto pescoço e cabeça)	Sentar > 75% do tempo	Postura desajeitada > 5% do tempo	-
c. Requisitos visuais ou auditivos > 50% do tempo; postura limitada da cabeça e pescoço (RHN)	Facilmente detectado, sem cabeça e pescoço contidos (<i>restrained head and neck - RHN</i>)	Facilmente detectado, com cabeça e pescoço contidos (<i>restrained head and neck - RHN</i>); Difícil detectar sem cabeça e pescoço contidos (<i>restrained head and neck - RHN</i>)	Difícil para detectar, com cabeça e pescoço contidos (<i>restrained head and neck - RHN</i>)
d. Ritmo fixado externamente	-	> 50 % do tempo	-
e. Uso de grupo muscular pequeno (dedos, mãos, antebraços, pés), até 1,8 kg	-	25-50% do tempo	> 50% do tempo
f. Esforço pesado de curta duração (< 5% do tempo)	-	Até 23 kg	> 23 kg

Fonte: RODGERS, 1986, p. 199 (tradução nossa).

Para Rodgers (1986) todos esses tipos de esforços aumentam as demandas de esforço físico no trabalho, mas muitos não contribuem muito para o consumo de oxigênio em todo o corpo em comparação com outros fatores.

2.2.2 Levantamento de cargas

De acordo Dul e Weerdmeester (2004), apesar da automatização, ainda se faz necessário o levantamento de cargas manualmente. Alguns aspectos são considerados para fazer uma análise: a organização do trabalho (frequência de levantamento); o processo (mecânico ou manual); o posto de trabalho (posição do peso em relação ao corpo); acessórios de levantamento; método de trabalho (individual ou coletivo); e o tipo de carga (peso, forma, pegadas).

O processo de levantamento de cargas pode ser dividido em dois tipos: o levantamento esporádico e o repetitivo de cargas. O levantamento esporádico está

relacionado a capacidade muscular do trabalhador, enquanto que o repetitivo, se refere ao fator duração do processo, onde a limitação é a fadiga física e a capacidade energética do trabalhador. A capacidade máxima de carga varia de uma pessoa para outra, porém as mulheres têm em média metade da força de um homem para levantamento de pesos (LIDA, 2005).

Existem diversas atividades que exigem movimento do corpo todo, exercendo força, esses movimentos podem causar tensões localizada e com o passar do tempo pode acabar causando muitas dores. Alguns movimentos também podem causar sobrecarga nos pulmões, músculos e coração, pois exigem muita energia (DUL e WEERDMEESTER, 2004).

De acordo com Rodgers (1986), os fatores que influenciam a adequação das tarefas de manuseio manual são o ambiente e as características do material, que podem influenciam na maneira como manipular cargas e na pressão colocada na coluna e em alguns grupos musculares específicos do braço, ombro e mãos.

Para Rodgers (1986) as características do material, do ambiente e da tarefa podem influenciar no manuseio manual. Elas são as seguintes:

- Comprimento;
- Largura;
- Altura ou profundidade;
- Centro ou gravidade;
- Alças ou pontos para agarrar;
- Estabilidade;
- Altura de elevação ou aplicação de força;
- Alcance;
- Frequência (elevação/min);
- Duração;
- Pressão;
- Disponibilidade de ajuda;
- Complexidade;
- Horário / turno
- Temperatura;
- Iluminação.

No quadro 3 são apresentados três tipos de esforço: levantar/carregar, aplicação de forças e subir carregando. E o grau de esforço é dividido em três níveis de esforço: leve, moderado e pesado (RODGERS, 1986).

Quadro 3 – Grau de Esforço

Grau de Esforço						
Tipo de Esforço	Leve		Moderado		Pesado	
	Peso ou Força	Facilidade de manuseio	Peso ou Força	Facilidade de manuseio	Peso ou Força	Facilidade de manuseio
Levantar / carregar (peso)	1.8 - 4.5 kg	Fácil / Difícil	5 - 34 kg	Fácil	>34 kg	Fácil
			5 - 18 kg	Difícil	>18 kg	Difícil
Aplicação das forças (força)	1,84 - 18,37 Kg	Fácil	18,47 - 34,18 kg	Fácil	>34,18 kg	Fácil
Subir carregando (peso)	1,84 - 11,2 kg 0 - 4.5 kg	Difícil	11,33 - 18,37 kg	Difícil	>18,37 kg	Difícil
			5 - 18 kg	Fácil	>18 kg	Fácil
			5 - 11 kg	Difícil	>11 kg	Difícil

Fonte: RODGERS, 1986, p.196 (tradução nossa).

Segundo Rodgers (1986), exemplos de manuseios difíceis são o carregamento ou levantamento de recipiente com líquido, aplicando uma força ou suportando um peso sobre uma extremidade fina ao invés de uma superfície ampla, ou carregando objeto volumoso ao subir uma escada. Já para mais manuseios fáceis geralmente existem alças bem projetadas, onde o objeto fica compacto e equilibrado.

De acordo com Dul e Weerdmeester (2004), os objetos para serem carregados devem possuir alças ou furos laterais, onde possa encaixar os dedos, pois a carga precisa ser segurada com ambas as mãos. Deve-se evitar segurar os objetos apenas com os dedos, o recomendado é agarrar com a palma das mãos. Outro ponto, é as pegadas, elas devem ser arredondadas e principalmente, sem ângulos cortantes.

Par Dul e Weerdmeester (2004), durante o processo de levantamento de cargas, o que pode causar lesões nas costas dos trabalhadores, é inclinar ou girar carregando peso, onde ao invés de usar a musculatura das pernas, inclina-se o tronco, provocando um aumento de 30% na tensão sobre o dorso. O levantamento deve ser realizado flexionando as pernas, com o dorso na vertical, mantendo a carga próxima ao corpo, além de evitar girar o corpo durante o levantamento de peso.

Caso não seja possível eliminar o manuseio de cargas pesadas manualmente, é recomendado que se faça de força intercalada com outras atividades. É muito importante também que o trabalhador imponha seu próprio ritmo de trabalho, que ele possa se sentir confortável, na realização de atividades pesadas, como o levantamento de cargas (DUL e WEERDMEESTER, 2004).

2.2.3 Transporte de cargas

Para Lida (2005), existem dois tipos de reações corporais que o transporte de cargas pode provocar, e ambas podem gerar dores, fadiga e desconforto. Uma delas é o aumento de peso, que pode causar sobrecarga fisiológica dos membros inferiores e nos músculos da coluna. A outra é o contato entre o corpo e a carga, que geram estresse postural. A ergonomia estuda métodos mais eficientes para o transporte de cargas, para reduzir os problemas musculoesqueléticos e gastos energéticos.

Geralmente, após o levantamento de uma carga é necessário também fazer o transporte da mesma. Andar carregando uma carga envolve um custo energético e um estresse da musculatura, pois enquanto se segura uma carga, os músculos das costas e dos braços sofrem uma tensão constante (DUL e WEEDMEESTER, 2004).

Segundo Lida (2005), a coluna vertebral deve ser mantida, sempre que possível, na vertical, durante o transporte de carga. É importante também evitar pesos muito distantes do corpo, que exigem maior esforço da musculatura para manter o equilíbrio. Abaixo algumas recomendações para o transporte de cargas:

- Manter a carga próxima do corpo

Os braços devem estar próximos ao corpo e na altura da cintura, durante o transporte de cargas. Para transportar caixas grandes é recomendado que os braços estejam esticados e próximos do corpo, ou com antebraço e braço formando um ângulo reto. O corpo deve estar levemente inclinado para trás, para que o centro de gravidade da carga fique próximo da linha vertical do corpo (LIDA, 2005).

- Adote um valor adequado para cargas unitárias

Conforme a equação de *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), a carga não deve ultrapassar os 23 kg (LIDA, 2005).

De acordo com Pegatin (2008), em 1980, nos Estados Unidos, por iniciativa de NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), desenvolveu-se um método para determinar a carga máxima que pode ser manuseada e movimentada manualmente. Conforme a seguinte equação:

Equação de NIOSH:

LPR = Limite de Peso Recomendado;

$$LPR = 23 \times FDH \times FAV \times FDVP \times FFL \times FRLT \times FQPC \quad (1)$$

FDH (Fator de Distância Horizontal em relação à carga) = 25 cm;

FAV (Fator de Altura Vertical em relação ao solo) = 75cm

FDVP = corresponde à distância vertical percorrida desde do início do levantamento até o término da ação;

FFL (Fator Frequência de Levantamento) menor que uma vez a cada 5 minutos;

FRLT (Fator de Rotação Lateral do Tronco) = 0

FQPC = fator qualidade de pega da carga segue alguns fatores mais qualitativos.

Onde o valor 23, é o peso limite ideal, ou seja, aquele que pode ser manuseado sem risco, quando a carga está idealmente colocada (PEGATIN, 2008).

Para Dul e Weedmeester (2004), é melhor fazer poucas viagens com cargas maiores do que muitas viagens com cargas menores.

– Use cargas simétricas

Para Lida (2005), os dois braços devem carregar aproximadamente o mesmo peso, ou seja, deve se manter uma simetria. Quando os objetos transportados são desajeitados ou grandes, deve se utilizar carregadores, para que o peso seja dividido entres os braços.

- Providencie pegas adequadas

Para facilitar o carregamento é necessário que os objetos possuam alças ou furos laterais, onde a superfície de contato entre as mãos e a pega seja emborrachada, para aumentar o atrito. Dessa forma, é possível suportar em torno de 15,6 kg. No entanto, o manuseio tipo pinça (pressão com o polegar e os dedos) suporta apenas aproximadamente 3,6 kg (LIDA, 2005).

- Trabalhe em equipe

Segundo Lida (2005), quando uma carga for muito pesada ou grande para uma só pessoa é necessário do trabalho em equipe. É também importante trabalho em equipe, quando a própria carga impede a visão do trabalhador ou quando há obstáculos no percurso.

- Defina o caminho

O caminho deve ser previamente definido e todos os obstáculos devem ser removidos (LIDA, 2005).

- Supere os desníveis do piso

Os desníveis que existem durante o percurso devem ser transformados em rampas e revestidos com um material antiderrapante e adicionado corrimões nas laterais (LIDA, 2005).

- Elimine desníveis entre os postos de trabalho

Os postos de trabalho devem possuir apenas um nível, evitando assim frequentes elevações de materiais e abaixamentos (LIDA, 2005).

- Use carrinhos

Para facilitar as operações de carregamento e descarregamento, é necessário de um carrinho de transporte com rodas, adequado para cada tipo de material a ser transportado (LIDA, 2005).

- Use transporte mecânicos

Para transportar ou suspender materiais é possível utilizar guinchos, transportadores de rolos, correias transportadoras e pontes-rolantes (LIDA, 2005).

2.2.4 Conforto térmico

Para Lida (2005), para haver conforto é necessário ter equilíbrio térmico. Sendo assim, a quantidade de calor que o organismo ganhou deve ser a mesma quantidade de calor cedido para o ambiente. O próprio organismo pode proporcionar o balanço térmico. Por exemplo, o organismo pode acelerar o metabolismo durante períodos frios para gerar mais calor.

Segundo Dul e Weerdmeester (2004), para considerar um clima confortável para o trabalhador, é necessário satisfazer a diversas condições, além do tipo de atividade física e do vestuário. Fatores que influenciam são: calor radiado, temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do ar.

De acordo com Lida (2005), o conforto térmico é determinado com uma umidade de 40 a 80% e uma temperatura de 20 a 24°C, com uma velocidade do ar em torno de 0,2 m/s.

A tabela 1 apresenta as faixas de temperatura de acordo com o tipo de trabalho. Em trabalhos pesados, as pessoas preferem climas mais frios, e em trabalhos mais leves, temperaturas mais elevadas (DUL e WEERDMEESTER, 2004).

Tabela 1 – Temperaturas do ar recomendadas para vários tipos de esforços físicos

Tipo de trabalho	Temperatura do ar (°C)
Trabalho intelectual, sentado	18 a 24
Trabalho manual leve, sentado	16 a 22
Trabalho manual leve, em pé	15 a 21
Trabalho manual pesado, em pé	14 a 20
Trabalho pesado	13 a 19

Fonte: DUL e WEERDMEESTER, 2004, p. 83.

Para Dul e Weerdmeester (2004), partes do corpo podem sofrer com queimaduras ou congelamentos devido a altas ou baixas temperaturas. Os principais

órgãos afetados com a frio ou calor intensos é o coração e pulmão, pois provoca sobrecarga energética no corpo.

O calor intenso pode causar sensações dolorosas para as partes do corpo que ficam expostas, como queimaduras. Temperaturas maiores que 24°C podem causar queda no rendimento do trabalhador e aumento de erros, por isso é necessário fazer pausas para recuperar o organismo. É aconselhado que em climas quentes as tarefas realizadas sejam mais leves. No entanto, quando realizadas tarefas pesadas as pessoas devem fazê-las mais lentamente, ou intercaladas com pausas, para deixar o corpo eliminar o calor (DUL e WEERDMEESTER, 2004).

A norma NR-15, Anexo 3, determina limites de exposição ao calor, conforme tabela 2, onde acima desses limites, existe risco à saúde do trabalhador (LIDA, 2005).

Tabela 2 – Limites de exposição ao calor, com períodos de descanso no próprio local. (NR-15, Anexo 3, Ministério do trabalho)

Regime de trabalho e descanso	Tipo de atividade		
	Leve (°C)	Moderada (°C)	Pesada (°C)
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 min trabalho 15 min descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 min trabalho 30 min descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	20,6 a 27,9
15 min trabalho 45 min descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Trabalho com exigências de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Fonte: LIDA, 2005.

Segundo Lida (2005), após a realização de uma pesquisa em uma mina de carvão, percebeu-se a importância do aumento de pausas durante o trabalho a partir de 19°C. Os acidentes de trabalho tendem a aumentar depois dos 20°C. Os

impactos com o aumento da temperatura são mais evidentes para trabalhadores com mais de 45 anos.

2.3 SEGURANÇA DO TRABALHO

De acordo com o Australian Centre for Agricultural Health and Safety (s.d.) a movimentações como levar, abaixar, puxar, empurrar, carregar e segurar são movimentações que estão ligadas a diversos riscos à saúde dos trabalhadores. O risco de lesão aumenta quando o trabalhador precisa se curvar para o lado, como é o caso da movimentação do feno, onde a posição e postura influenciam negativamente. A duração e a frequência da atividade, bem como a distância a ser percorrida carregando uma carga também podem elevar o risco de lesões.

Outro agravante são os casos onde o trabalhador precisa levantar a carga acima da altura do ombro, que é o caso dos trabalhadores que realizam a movimentação do feno, pois a extensão das articulações e músculos aumenta o risco de lesões (AUSTRALIAN CENTRE FOR AGRICULTURAL HEALTH AND SAFETY, s.d.).

Segundo o Australian Centre for Agricultural Health and Safety (s.d.) algumas medidas de controle podem ser planejadas para reduzir o esforço físico humano para levantar pesos excessivos, puxar, empurrar, dobrar ou torcer. Medidas como adotar posturas corretas e mais confortáveis, e minimizar o trabalho repetitivo, também podem ser adotadas para reduzir o risco de lesões. Outra medida pode ser a substituição por um risco menor, como por exemplo reduzir o tamanho de uma carga que precisa ser movimentada ou então a ajuda mecânica através de um equipamento. Existem vários equipamentos no mercado que reduzem a quantidade de manuseio manual, e, portanto, o risco de ferimentos e lesões.

Empurrar uma carga é mais perigoso do que puxá-la, principalmente se essa carga for acima de 20 kg, aumentando a probabilidade de lesão nas costas. Objetos manuseados de forma manual que sejam pesados, desajeitados para levantar ou tão leves que o trabalho é realizado rapidamente ou em um ritmo repetitivo representam também riscos. Existem algumas soluções de engenharia para auxiliar na elevação de objetos, onde ele é manipulado por ferramentas que melhoram o alcance e segurança (AUSTRALIAN CENTRE FOR AGRICULTURAL HEALTH AND SAFETY, s.d.).

2.4 AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS

O homem vem procurando formas mais fáceis para produzir os produtos que necessita. Primeiramente, as atividades eram executadas de forma manual, utilizando as mãos, depois foram desenvolvidos equipamentos simples, e mais tarde foram criadas máquinas com acionamento mecânico. Nos dias atuais são utilizadas máquinas totalmente automáticas, eliminando grande parte do trabalho humano. Percebe-se que o aumento da produtividade influencia na melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores, pois poucas pessoas são favoráveis a utilização da força humana para realizar uma atividade que pode ser feita por uma máquina, de forma mais barata e com maior precisão. Além disso, outros fatores também são positivos quanto ao uso de máquinas, como a qualidade, produção, segurança e utilização do material (BARNES, 2004).

Segundo Barnes (2004), com a utilização dos princípios da economia de movimentos, se reduz o investimento de capital e tem um baixo custo de projeto, procurando o melhor método, manual ou manual e máquina, para aplicação em um processo.

Para Lida (2005) a automação é quando uma máquina realiza uma atividade que antes era realizada por um homem. No entanto, com os avanços tecnológicos acreditou-se que a máquina substituiria o homem, porém na realidade o homem é insubstituível, pois certas tarefas só podem ser realizadas pelo mesmo.

Com relação às vantagens que a automatização pode trazer para os processos Lida (2005) cita algumas, como a regularidade do trabalho, as máquinas não se prejudicam com ambientes insalubres, não reclamam e cometem menos erros.

2.5 PRODUTIVIDADE

De acordo com Moreira (1993), em um sistema produtivo, existem insumos que são processados, com o objetivo de fornecer uma saída. Sendo assim, a produtividade é o aproveitamento dos recursos. A maior produtividade está relacionada ao melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, como a mão-de-

obra, máquinas, matéria-prima, energia, entre outros. Sendo assim, a produtividade se torna uma melhoria na competitividade e aumento dos lucros.

Segundo Gaither e Frazier (2001, p. 458), pode-se aumentar a produtividade de diversas formas:

- ✓ Aumentar a produção utilizando a mesma quantidade ou quantidade menores de recursos;
- ✓ Reduzir a quantidade de recursos utilizados enquanto a mesma produção é mantida ou aumentada;
- ✓ Permitir que a quantidade de recursos utilizados se eleve contanto que a produção se eleve mais;
- ✓ Permitir que a produção decresça contanto que a quantidade de recursos utilizados decresça mais.

Segundo o mesmo autor, o capital, o material, a mão-de-obra e os gastos gerais, podem ser utilizados para determinar a produtividade em um intervalo de tempo. A produtividade é calculada através da divisão da quantidade de produtos ou serviços pela quantidade de recursos.

2.5.1 Estudo de Tempos e Movimentos

O americano Frederick Winslow Taylor, criou a Administração Científica no fim do século XIX e início do século XX. Esse modelo de administração tem como objetivo eliminar os desperdícios, da ociosidade e a reduzir os custos relacionados com a produção, garantindo assim uma boa relação custo/benefício dos sistemas produtivos (PERIARD, 2012).

Para Periard (2012), Taylor observou que haviam muitas falhas no sistema de gestão, como a falta de conhecimento por parte dos administradores sobre o trabalho realizado pelos operários, o método de remuneração e a ausência de padronização dos métodos de trabalho.

Na administração científica foram desenvolvidos alguns princípios relacionados a métodos de trabalho. O quadro 5 apresenta os princípios da economia de movimentos. Esses princípios foram feitos para que os trabalhadores pudessem trabalhar rapidamente, com esforço adequado, evitando excesso de fadiga e aumentando a produtividade (GAITHER e FRAZIER, 2001).

Princípios da economia de movimentos: Uso do corpo humano

1. As duas mãos devem iniciar, bem como, concluir, seus movimentos ao mesmo tempo.
2. As duas mãos não devem permanecer ociosas ao mesmo tempo, exceto durante períodos de repouso.
3. Os movimentos dos braços devem ser feitos em direções opostas e simétricas, e devem ser feitos simultaneamente.
4. Os movimentos das mãos devem limitar-se à mais baixa classificação com a qual é possível executar o trabalho satisfatório.
5. Impulso deve ser empregado para auxiliar o trabalho sempre que possível, e ele deve ser reduzido a um mínimo se precisar ser superado por esforço muscular.
6. Movimentos contínuos uniformes das mãos são preferíveis a movimentos em ziguezague ou movimentos em linha direta que envolvam mudanças repentinas e abruptas de direção.
7. Movimentos balísticos são mais rápidos, mais fáceis e mais acurados do que movimentos de restrição (fixação) ou controlados.
8. Ritmo é essencial para o desempenho harmônico e automático de uma operação, e o trabalho deve ser organizado de forma a permitir um ritmo rápido e natural sempre que possível.

do corpo humano

Fonte: Gaither e Frazier, 2001, p. 468.

Para Gaither e Frazier (2001), os diagramas de processo e os fluxogramas são as ferramentas mais utilizadas para analisar processos, principalmente com a finalidade de combinar ou eliminar atividades, reduzir distâncias ou tempo de deslocamento, ou ainda para reduzir ou eliminar atrasos.

Existem diversos métodos que demonstram como os trabalhadores trabalham com uma máquina. Esses métodos são utilizados para minimizar atrasos e definir a quantidade ideal de máquinas por trabalhador. A utilização de métodos para análise de processos é muito importante para ter uma produtividade alta da mão-de-obra, sendo que a medida do trabalho também é útil (GAITHER; FRAZIER, 2001).

Segundo Barnes (2004), os estudos relacionados aos tempos e movimentos foi iniciado por Taylor, foi empregado especialmente para definir tempos-padrões e estudos de movimentos, e foi utilizado na melhoria de métodos de trabalho.

O estudo de movimentos e de tempos é o estudo sistemático dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: (1) desenvolver o sistema e método preferido, usualmente aquele de menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação específica; e (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido (BARNES, 2004, p. 1.).

De acordo com Gaither e Frazier (2001), para estudar o tempo, é necessário cronometrar os tempos de operações que são realizados pelos trabalhadores. Esses tempos são analisados e transformados em minutos por unidade de produção, que é o padrão de mão-de-obra.

2.5.1 Fadiga

Para Barnes (2004) uma das principais metas do estudo dos tempos e movimentos é melhorar as condições de trabalho e reduzir a fadiga. A fadiga está relacionada com três fatores: o cansaço, a mudança fisiológica do corpo e a diminuição da capacidade de executar atividades.

De acordo com Barnes (2004), os longos períodos de trabalho podem ser responsáveis pela fadiga, que pode ser uma sensação de fraqueza geral ou então um cansaço localizado em alguns músculos específicos. No entanto, o cansaço pode não afetar o ritmo de trabalho, pois um trabalhador pode se sentir cansada e trabalhar normalmente, ou então, pode se sentir normal e estar produzindo abaixo da sua capacidade, devida à fadiga fisiológica. Portanto, apenas a sensação de cansaço não pode ser considerada como base para o julgamento do efeito da fadiga sobre os trabalhadores.

As mudanças fisiológicas que resultam do trabalho, influenciam os principais sistemas do corpo que são o aparelho digestivo, circulatório, nervoso, respiratório e os músculos. A fadiga é a consequência do acúmulo de produtos secundários nos músculos, e faz com que a capacidade de ação seja reduzida. O sistema nervoso também pode influenciar, obrigando o trabalhador a executar as atividades de forma mais lenta (BARNES, 2004).

Alguns fatores afetam o grau de fadiga são: horas de trabalho, duração do trabalho diário e o número de dias trabalhado por semana; períodos de descanso, localização e duração; condições ambientais, como temperatura, iluminação, ruído e ventilação; e a própria atividade desenvolvida pelo trabalhador (BARNES, 2004).

Na execução de um trabalho pesado, é indispensável que o trabalhador faça paradas para descanso durante o período de trabalho, principalmente se a atividade é realizada sob condições de alta temperatura e umidade, pois o trabalhador se sentirá mais cansado e precisará de mais tempo de descanso (BARNES, 2004).

2.6 ENGENHARIA ECONÔMICA

Para Balarine (2004) a Engenharia Econômica é destinada a questões financeiras, como na análise de investimentos e na tomada de decisões, como na escolha do melhor investimento para um indivíduo ou empresa, tendo em vista que deve-se conferir valor ao dinheiro ao longo do tempo.

Os métodos e técnicas da engenharia econômica auxiliam na tomada de decisões, no entanto os valores são estimados, o que se espera que ocorra. Essas estimativas são baseadas em três elementos: tempo de ocorrência, taxa de juros e fluxo de caixa. Entretanto, a engenharia econômica também pode ser usada para analisar resultados passados, com o objetivo de verificar se determinado resultado obtido cumpriu com os critérios iniciais, alcançando uma taxa de retorno esperada (BLANK e TARQUIN, 2008).

De acordo com Blank e Tarquin, a engenharia econômica está diretamente ligada a estimar, analisar e avaliar os resultados econômicos e é considerada um método matemático que auxilia na comparação econômica.

Geralmente a quantidade de capital disponível é pequena e o fluxo de caixa é restrito, sendo assim é necessário analisar e utilizar de forma correta os recursos existentes para agregar o máximo de valor. Os engenheiros possuem uma função muito importante na decisão de investimento de um projeto, através de suas análises e cálculos (BLANK e TARQUIN, 2008).

2.6.1 Métodos de decisão na análise de investimento de capital

Existem diversos métodos e critérios para avaliar se o investimento de capital foi positivo ou não. No presente trabalho, são apresentados seis métodos que podem auxiliar nessa análise: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), *payback* descontado (PB), método de custo benefício, método da anuidade uniforme equivalente (AE) e método do custo anual equivalente (CAE).

2.6.1.1 Método do valor presente líquido (VPL)

Segundo Samanez (2009), o valor presente líquido, tem como objetivo mensurar o impacto de eventos futuros, bem como uma alternativa de investimento, ou seja, ele mede o valor presente do fluxo de caixa, originado por um determinado projeto durante a sua vida útil. O VPL é definido pela seguinte expressão:

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (2)$$

Onde:

FC_t : Fluxo de caixa no período t;

I: Investimento inicial;

K: custo do capital;

n = período de tempo;

t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu.

Critério para decisão: Se $VPL > 0$ = projeto economicamente viável.

O VPL auxilia as empresas a encontrar um investimento viável, que tem mais valor do que custo (valor presente líquido positivo). O cálculo demonstra o consumo presente e o consumo futuro, além as incertezas ligadas aos fluxos de caixa futuros (SAMANEZ, 2009).

2.6.1.2 Método da taxa interna de retorno (TIR)

Diferentemente do VPL que avalia a rentabilidade a determinado custo capital, o método da taxa interna de retorno (TIR), tem como objetivo buscar uma taxa intrínseca de rendimento, ou seja, é a taxa de retorno do investimento (SAMANEZ, 2009).

Para Samanez (2009), a TIR é uma taxa que anula o VPL, isto é, valor de i^* que satisfaz a equação abaixo:

$$VLP = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i^*)^t} = 0 \quad (3)$$

Onde:

FC_t : Fluxo de caixa no período t ;

I : Investimento inicial;

i^* : taxa interna de retorno (TIR); n = período de tempo;

t = momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

K : custo do capital.

Critério para decisão: Se $i^* > K$ = projeto economicamente viável.

Segundo Samanez (2009), existe uma regra na TIR que é: realize o projeto de investimento se a TIR for maior que o custo de oportunidade de capital. Geralmente as pessoas tomam decisões baseadas em termos percentuais.

2.6.1.3 Método do *payback* descontado (PB)

Um dos indicadores mais empregados para fazer a análise de retorno de projetos é o *payback*, juntamente com a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL). Esses indicadores apontam o tempo necessário para que o investimento inicial seja pago, ou seja é um demonstrativo gerado em unidade de tempo, que pode ser dias, meses ou anos (BORGES, 2013).

Para Samanez (2009), buscamos geralmente saber o tempo de retorno de um investimento, isto é, quantos anos serão necessários até que o valor presente líquido dos fluxos de caixa se iguale ao investimento inicial. O *payback* descontado consiste na seguinte equação, buscando encontrar o T:

$$I = \sum_{t=1}^T \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad (4)$$

Onde:

FC_t: Fluxo de caixa no período t;

I: Investimento inicial;

K: custo do capital.

De acordo com Buainain *et al* (2001), o método *payback*, auxilia a administração das empresas, na decisão de aceitar ou rejeitar um projeto, com base no tempo de vida útil do ativo, no tempo de retorno do investimento, nos riscos envolvidos e em sua posição financeira. Representa o tempo necessário para que o valor investido seja reembolsado, visando a restituição do capital.

2.6.1.4 Método do custo-benefício (C/B)

Segundo Samanez (2009), O método custo-benefício permite analisar a viabilidade econômica de um investimento, através da verificação do índice, se o mesmo é maior que 1. Esse índice é um indicador, que é calculado através divisão do valor atual dos benefícios pelo valor atual dos custos do projeto. O índice C/B é consiste na equação abaixo:

$$C/B = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{b^t}{(1+K)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{c_t}{(1+K)^t}} \quad (5)$$

Onde:

C/B: índice custo-benefício;

b_t: benefício do período t;

c_t: custos do período t;

n: horizonte de planejamento;

K: custo do capital.

Critério para decisão: índice C/B maior que 1: projeto economicamente viável.

Pode acontecer de dois projetos possuírem diferentes rentabilidades (TIR) e tenham o mesmo índice custo-benefício. Portanto, o índice não reflete obrigatoriamente a maior ou menor conveniência de um projeto (SAMANEZ, 2009).

2.6.1.5 Método da anuidade uniforme equivalente (AE)

Para Samanez (2009) é necessário para os estudos realizados sobre a aplicação de capital seja dentro de um horizonte de planejamento, onde os projetos possam ser comparados entre si. O VPL ajuda na avaliação de investimentos, porém não responde questões relacionadas a vantagem econômica de uma alternativa em comparação com outra, que tenha uma previsão de duração diferente.

A anuidade equivalente (AE), é calculada através da expressão abaixo:

$$AE = \frac{VPL}{a_{nk\%}} \quad (6)$$

Onde:

$a_{nk\%}$: fator de valor presente de série uniforme $\left[\frac{(1+k)^n - 1}{(1+k)^n * k} \right]$;

AE: anuidade equivalente;

k: custo do capital;

n: prazo da alternativa.

Escolhe-se a opção que crie mais valor por unidade de tempo. O método AE pressupõe que as opções serão substituídas por outra semelhante no término do prazo, mas não repete claramente as opções como um processo de substituição. Essa suposição é razoável, se as mudanças tecnológicas forem lentas (SAMANEZ, 2009).

2.6.1.6 Método do custo anual equivalente (CAE)

Em alguns serviços ou projetos, as receitas não podem ser quantificadas em termos monetários, porém os custos podem ser. Geralmente é mais fácil encontrar os fluxos de custos do que de receitas, em problemas de engenharia econômica (SAMANEZ, 2009).

Para Samanez (2009), o custo anual equivalente (CAE) é um rateio por unidade de tempo, de oportunidades, custos de investimento e operacionais das alternativas. Exemplo: Se uma determinada empresa pretenda comprar um equipamento, e que exista duas marcas no mercado, A e B. O equipamento A custa \$ 13.000 e tem vida útil de 12 anos e o equipamento B custa \$ 11.000 e sua vida útil de 8 anos. Indiferentemente se for adquirido o equipamento A ou B, o benefício será o mesmo de \$ 7.000/ano e 4% ao ano de custo capital.

Calculo do CAE das alternativas A e B:

$$CAE_A = \frac{\$ 13.000}{\frac{(1,04)^{12} - 1}{(1,04)^{12} * 0,04}} = \$ 1.385,18/ano$$

$$CAE_B = \frac{\$ 11.000}{\frac{(1,04)^8 - 1}{(1,04)^8 * 0,04}} = \$ \frac{1.633,18}{ano}$$

A escolha da melhor opção pode ser feita comparando o CAE de cada um, já que os benefícios são os mesmos. Com isso, a melhor opção seria o equipamento A, pois ele é menor, mesmo sendo um investimento maior, ele será repartido em um período maior de tempo (SAMANEZ, 2009).

3 METODOLOGIA

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

O estudo foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Horizontina, onde são produzidos fardos de feno, em uma área de aproximadamente cinco hectares.

O presente estudo é definido como estudo de caso. Para Yin (2010), o estudo de caso é uma das diversas formas de realizar uma pesquisa de ciência social, que é utilizado quando o autor tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco do estudo é um fenômeno no contexto da vida real. Quanto a natureza da pesquisa, o estudo é do tipo quantitativo, pois foi baseado no levantamento de dados numéricos.

Os procedimentos foram realizados em duas fases, a primeira focou nos registros de valores de variáveis no processo anterior, inteiramente manual. O segundo realizou as medições com o novo processo já implantado.

Em cada um deles os procedimentos foram os seguintes:

- Tomar o tempo de movimentação com fardo no empilhamento;
- Tomar o tempo de movimentação sem fardo no empilhamento;
- Tomar o tempo de movimentação com o fardo no carregamento;
- Tomar o tempo de movimentação sem o fardo no carregamento;
- Medir e pesar 32 fardos;
- Com os estudos de engenharia econômica, fazer o cálculo do *Payback*;

O levantamento dos dados para a tomada dos tempos, foi feito com o auxílio de vídeos, onde foi possível cronometrar os tempos de dois trabalhadores, durante cada um dos quatro procedimentos (com fardo no empilhamento, sem fardo no empilhamento, com o fardo no carregamento e sem o fardo no carregamento). Também foram medidos e pesados 32 fardos, com o auxílio de uma trena milimétrica e de uma balança.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Os recursos necessários para a realização da pesquisa e análise dos resultados estão listados abaixo:

- a) Impressos para registro;
- b) Câmera fotográfica;
- c) Notebook;
- d) Material bibliográfico como livros e artigos;
- e) Equipamentos de registro como lápis, canetas e borrachas;
- f) Planilha eletrônica – Excel;
- g) Trena milimétrica;
- h) Balança.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 EQUIPAMENTOS E DESCRIÇÃO DO PROCESSO MANUAL

O trabalho de fenação envolve 08 etapas: corte, viragem, enleiramento, enfardamento, carregamento, transporte, descarregamento e armazenagem. Para a etapa do corte pode ser utilizado uma segadeira. Existem alguns tipos de segadeira são elas: segadeira de tambor (figura 12); segadeira de barra (figura 13); segadeira condicionadora (figura 14); segadeira de disco (figura 15) e segadeira de arrasto (figura 16). Após essa etapa é necessário aguardar a secagem da planta.

Figura 12 – Segadeira de Tambor



Fonte: Nogueira, 2018.

A segadeira de tambor também é conhecida como segadeira circular de disco. Ela é eficiente no corte de gramíneas tombadas.

Figura 13 – Segadeira de barra



Fonte: Agriexpo, 2018.

A segadeira de barra é um equipamento simples e de fácil manutenção. Seu sistema de corte é por navalhas serrilhadas ou lisas.

Figura 14 – Segadeira condicionadora



Fonte: Agroads, 2018.

A segadeira condicionadora, é um equipamento de maior rendimento, devido seu grande porte, porém também possui um custo maior. Ela é indicada para ceifar plantas com caules espessos ou com muita umidade.

Figura 15 – Segadeira de Disco



Fonte: Agromáquinas Finardi, 2018.

A segadeira de disco é possui um sistema de corte com discos cortantes. Enquanto que a segadeira de arrasto possui uma barra de acoplamento lateral.

Figura 16 – Segadeira de arrasto



Fonte: Agriexpo, 2018.

A segunda etapa é a viragem, esse processo tem como objetivo acelerar a secagem do material através de um ancinho. Logo após o corte realiza-se a primeira viragem. São realizadas em torno de 03 a 04 viragens por corte, geralmente uma por dia, ou até que o material esteja totalmente seco, pois o tempo de secagem varia de acordo com as condições climáticas e o tipo de biomassa. Assim que o material estiver seco, é realizado o processo de enleiramento, utilizando também um ancinho, onde são feitas as leiras, para assim poder proceder com a próxima etapa, que é o enfardamento.

Nos processos de viragem e enleiramento são utilizados o ancinho, que pode ser ancinho espalhador/enleirador, ancinho tombador e ancinho enleirador, conforme a figura 17, 18 e 19 respectivamente.

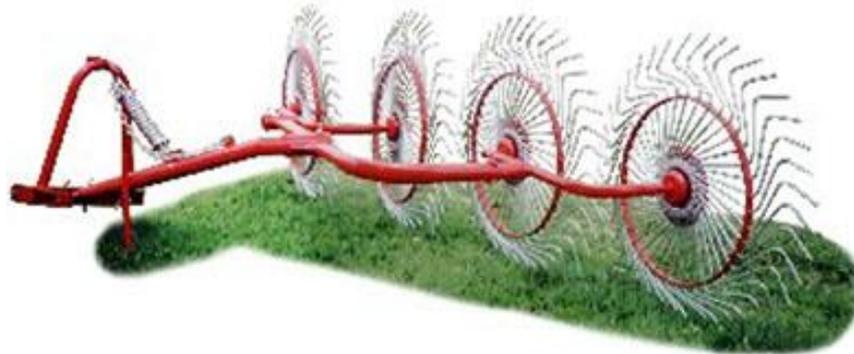
Figura 17 – Ancinho espalhador/enleirador



Fonte: Nogueira, 2018.

O ancinho espalhador/enleirador realiza a atividade de espalhar a grama para secagem mais rápida e também realiza a atividade de enleirar, preparando as leiras para o processo de enfardamento de feno.

Figura 18 – Ancinho tombador



Fonte: Maxi 3 Máquinas Agrícolas, 2018.

O ancinho de tombador, possui discos que fazem a movimentação da grama. Enquanto que o ancinho enleirador realiza apenas a atividade de enleirar a grama.

Figura 19 – Ancinho enleirador



Fonte: Agromáquinas Finardi, 2018.

O enfardamento é feito com uma enfardadeira, que recolhe o material diretamente do chão, prensa e amarra (normalmente, com fios de sisal). Existem dois tipos de fardos: os retangulares (figura 20) e os cilíndricos (figura 22). Dependendo do tipo de fardos que se deseja, utiliza-se a enfardadeira de fardos retangulares (figura 21) ou a enfardadeira de fardos cilíndricos (figura 23).

Figura 20 - Fardos retangulares



Fonte: MF Rural, 2018.

Os fardos retangulares são produzidos através de uma enfardadeira de fardos retangulares, que foram os primeiros tipos de fardos produzidos.

Figura 21 – Enfardadeira de fardos retangulares



Fonte: Nogueira, 2018.

Os fardos cilíndricos são maiores que os fardos retangulares e possuem alguns tamanhos diferentes, dependendo do tamanho da enfardadeira.

Figura 22 – Fardos cilíndricos



Fonte: MF Rural, 2018.

Os fardos cilíndricos são produzidos por enfardadeiras de fardos cilíndricos. Existem diferentes tamanhos de enfardadeiras de fardos cilíndricos.

Figura 23 – Enfardadeira de fardos cilíndricos



Fonte: Nogueira, 2018.

Todos os equipamentos citados (segadeira, ancinho e enfardadeira) são acoplados a um trator.

Durante a etapa do enfardamento, o trator mantém uma velocidade média de 3 km/h, enquanto a enfardadeira está funcionando, a velocidade não pode aumentar, para que a enfardadeira consiga enfardar normalmente.

Com o fim dessas etapas, os fardos estão prontos para serem utilizados, porém ainda é necessário fazer o carregamento dos mesmos em uma carreta, pois no enfardamento os fardos ficam depositados no chão.

Para agilizar o carregamento os trabalhadores montam pilhas com os fardos, já que a enfardadeira deposita os fardos em linhas. Em pilhas não é necessário fazer muitas paradas. Após os fardos serem colocados em uma carreta, os mesmos são levados até o armazém, onde são descarregados e ficam à disposição para serem utilizados. Vale ressaltar que todo o trabalho de carregamento e descarregamento é feito de forma manual pelos trabalhadores.

Existem diversos tipos de carretas disponíveis no mercado, que podem ser utilizadas no carregamento de fardos, a carreta agrícola (figura 25), carreta prancha

(figura 26) e a carreta Dolly (figura 27). No entanto, há também uma carreta especial para o carregamento de feno, conforme figura 24.

Figura 24 - Carreta para Feno



Fonte: MFRural, 2018.

A carreta para feno possui apenas uma base fechada, as laterais são semiabertas.

Figura 25 - Carreta agrícola



Fonte: Anagrícola Equipamentos, 2018.

A carreta agrícola, por ser utilizada para varias atividades diferentes, possui suas laterais totalmente fechadas.

Figura 26 - Carreta prancha



Fonte: Agriexpo, 2018.

A carreta prancha é uma carreta que possui um comprimento maior que as demais, ou seja, tem uma grande capacidade de carregamento, bem com a carreta dolly que possui as mesmas características.

Figura 27 - Carreta Dolly



Fonte: Agriexpo, 2018.

Existem máquinas que enfardam e carretas que transportam, mas existe um hiato entre essas máquinas, um trabalho que hoje é realizado manualmente. Esse hiato é o carregamento dos fardos na carreta.

O processo de recolhimento do feno era realizado de forma manual, o que gerava uma morosidade no processo, e poderia provocar perda de qualidade do feno, além de exigir um grande esforço físico dos trabalhadores, em condições ambientais desfavoráveis.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NO PROCESSO MANUAL

Foi realizado uma coleta de dados na propriedade, onde foram pesados e medidos trinta e dois fardos, além de tirar os tempos de empilhamento e carregamento de dois trabalhadores, para então poder fazer as devidas análises e cálculos das médias e dos desvios padrões dos valores obtidos.

Na tabela 3 encontra-se os valores obtidos com a realização da coleta de dados, que são o peso, comprimento, largura e altura.

Tabela 3 – Dimensões dos fardos

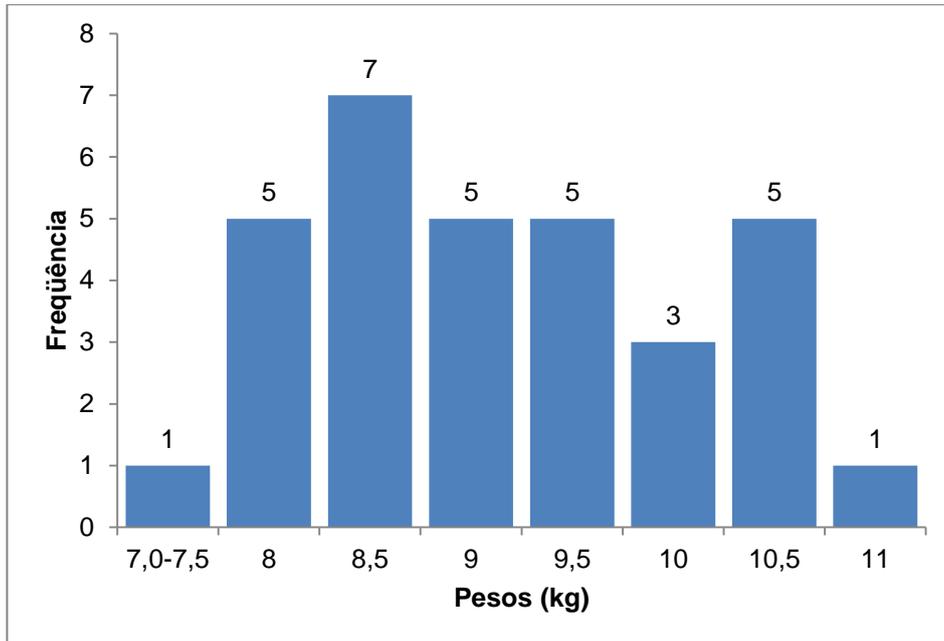
FARDOS	PESO (Kg)	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	Volume (m3)
1	9,85	0,73	0,44	0,28	0,09
2	10,14	0,73	0,42	0,30	0,09
3	8,56	0,68	0,46	0,30	0,09
4	9,77	0,78	0,46	0,29	0,10
5	8,11	0,74	0,47	0,29	0,10
6	8,17	0,76	0,48	0,28	0,10
7	7,81	0,74	0,45	0,29	0,10
8	9,13	0,70	0,49	0,29	0,10
9	8,41	0,74	0,48	0,28	0,10
10	7,88	0,75	0,45	0,25	0,08
11	7,92	0,69	0,45	0,26	0,08
12	8,38	0,76	0,45	0,28	0,10
13	8,52	0,75	0,42	0,27	0,09
14	8,45	0,74	0,42	0,25	0,08
15	7,30	0,68	0,46	0,24	0,08
16	10,35	0,84	0,43	0,28	0,10
17	8,69	0,70	0,47	0,27	0,09
18	9,14	0,69	0,42	0,30	0,09
19	8,46	0,77	0,44	0,27	0,09
20	8,28	0,70	0,45	0,28	0,09
21	7,77	0,71	0,45	0,28	0,09
22	9,35	0,78	0,45	0,27	0,09
23	8,57	0,70	0,50	0,25	0,09
24	9,28	0,77	0,45	0,30	0,10
25	8,82	0,72	0,46	0,25	0,08
26	10,81	0,75	0,43	0,27	0,09
27	10,26	0,76	0,42	0,29	0,09
28	7,81	0,79	0,48	0,28	0,11
29	9,86	0,77	0,43	0,31	0,10
30	9,11	0,78	0,44	0,28	0,10
31	10,05	0,64	0,40	0,31	0,08
32	10,30	0,71	0,41	0,28	0,08

Fonte: Autora, 2018.

A partir desses valores foi calculado o volume de cada fardo, e por fim as médias de cada uma dessas medidas.

O peso dos fardos está apresentado na figura 28. São 32 fardos distribuídos entre a frequência mínima de 1 e máxima de 7, com uma variação de peso de 7 a 11 kg.

Figura 28 – Gráfico da distribuição dos pesos dos fardos

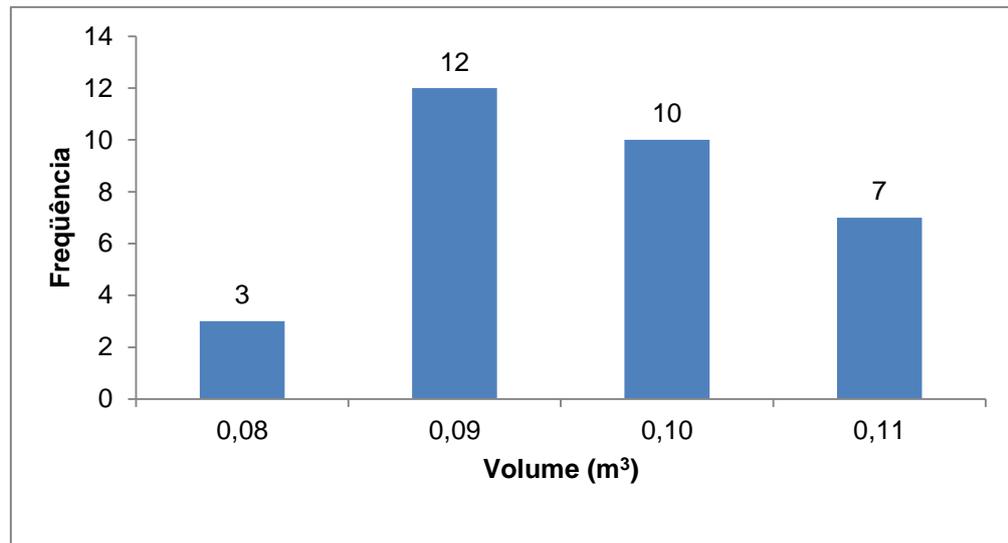


Fonte: Autora, 2018.

O peso dos fardos apresenta um desvio padrão de 0,9, o que indica que há uma variação considerável de peso entre os fardos analisados. O que pode causar essa variação de peso é o tempo que os mesmos estão armazenados, pois foram pesados fardos novos e fardos que estão armazenados há mais tempo. Outra característica que pode influenciar no peso, é a umidade, quanto maior, mais pesados serão os fardos.

Observa-se também que a maior frequência, isto é a moda é 8,5 kg, sendo que apenas 1 fardo encontra-se no limite inferior (7 - 7,5 kg) e 1 fardos no limite superior (11 kg), com isso foi possível calcular o peso médio, que é de 8,9 kg e a mediana é de 9 kg.

Na figura 29 está representado o volume dos fardos, no qual estão dispostos os volumes e suas respectivas frequências, com uma variação de volume de 0,08 m³ à 0,11 m³.

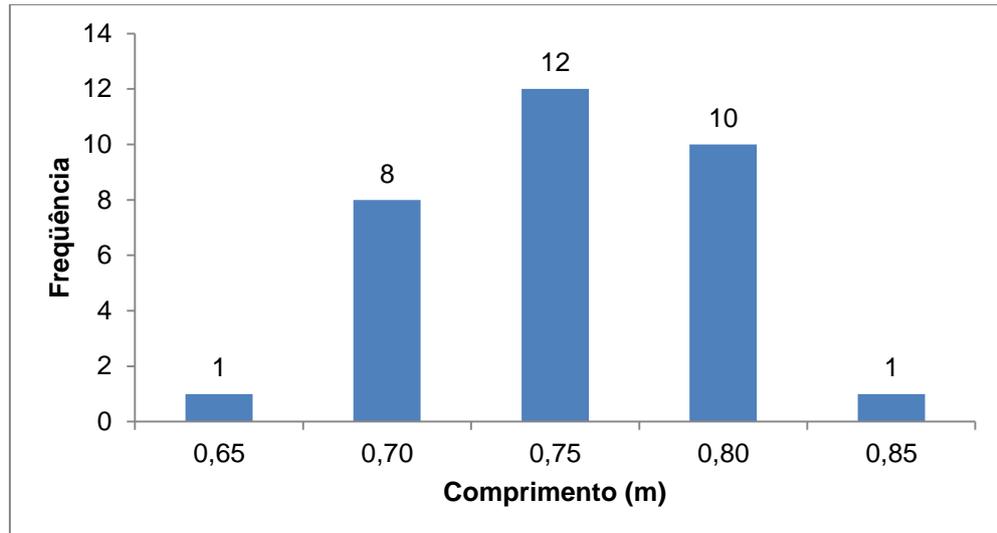
Figura 29 – Gráfico da distribuição do volume dos fardos (m³)

Fonte: Autora, 2018.

O volume médio obtido é de 0,09 m³ e um desvio padrão de 0,008 m³, o que indica que os fardos possuem volumes similares, onde grande parte dos mesmos estão entre 0,09 m³ e 0,10 m³. Os fardos não possuem uma grande variação de volume, pois a enfardadeira segue um padrão, existe apenas regulagem do comprimento dos fardos.

Na figura 30 encontra-se as medidas que foram coletadas do comprimento dos fardos, que varia de 0,65 m à 0,85 m. Com isso, encontrou-se o comprimento médio de 0,73 m.

Figura 30 – Gráfico da distribuição do comprimento dos fardos (m)

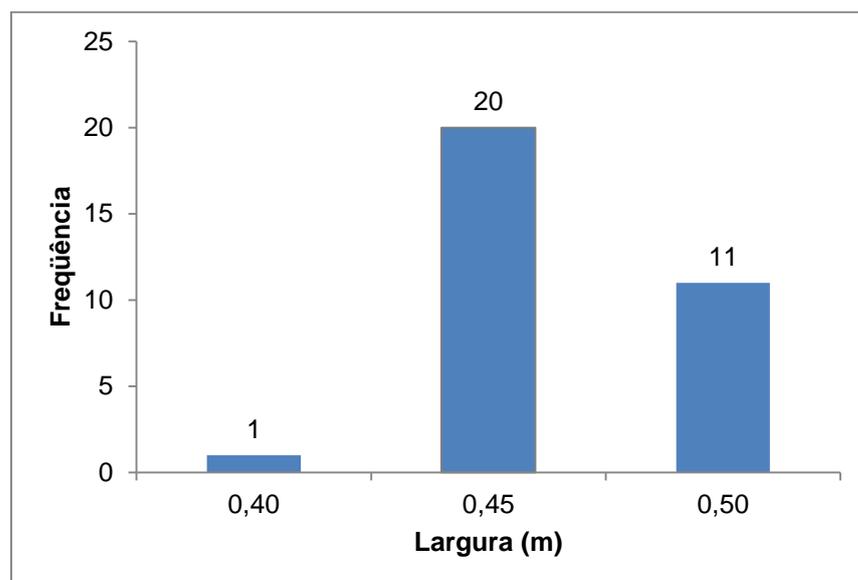


Fonte: Autora, 2018.

Calculou-se também o desvio padrão, que é de 0,04 m, o que indica que há uma pequena variação de comprimento, tendo em vista que 22 dos 32 fardos medidos, encontram-se entre 0,75 m e 0,80 m, apenas 1 fardo encontra-se no limite mínimo e 1 no limite máximo.

As medidas obtidas para a largura dos fardos estão apresentadas na figura 31, distribuída entre 0,40 m à 0,50 m.

Figura 31 – Gráfico da distribuição da largura dos fardos



Fonte: Autora, 2018.

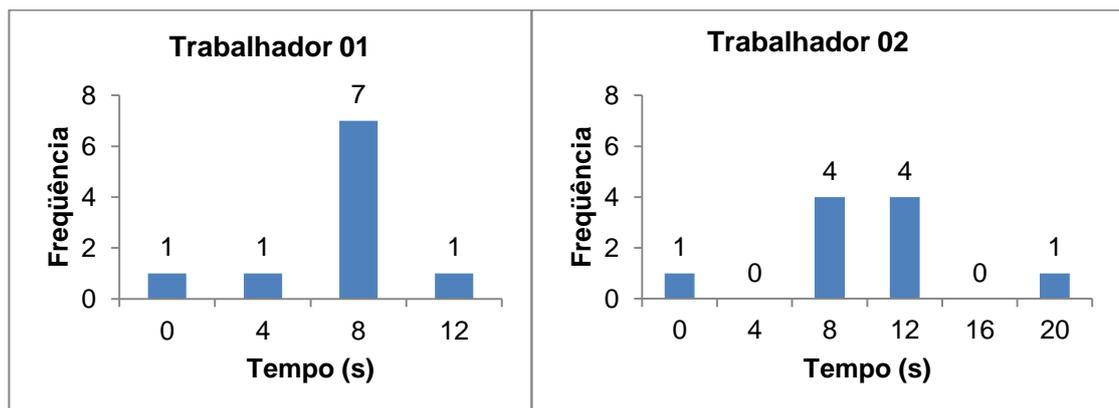
Observa-se que 20 dos 32 fardos medidos estão próximos a 0,45 m, ou seja, há uma pequena variação da largura dos fardos, o que se comprova com o cálculo da média e do desvio padrão, que são respectivamente 0,44 m e 0,02 m.

Com a medição dos tempos de movimentação com e sem fardo, durante os processos de empilhamento e carregamento de 10 fardos por dois trabalhadores, foi elaborado gráficos para uma melhor análise.

Na figura 32 é apresentado a distribuição do tempo no empilhamento sem fardo para o trabalhador 1 e para o trabalhador 2. Nesse processo, o trabalhador se desloca sem estar carregando os fardos (tempo de descanso entre um fardo e outro) que é o momento onde se apanha os fardos para levá-los até a pilha. Esse descanso é apenas para os membros superiores, pois o trabalhador continua em movimento, se deslocando para buscar o próximo fardo.

Em trabalhos onde é realizado o levantamento ou carregamento de cargas, é necessário de um tempo de descanso. De acordo com as normas regulamentadoras (NR 17 - Ergonomia (117.000-7)), para atividades onde há sobrecarga muscular dos ombros, dorso, pescoço e membros superiores e inferiores, deve ser adicionado pausas para descanso.

Figura 32 – Gráfico do tempo no empilhamento sem fardo



Fonte: Autora, 2018.

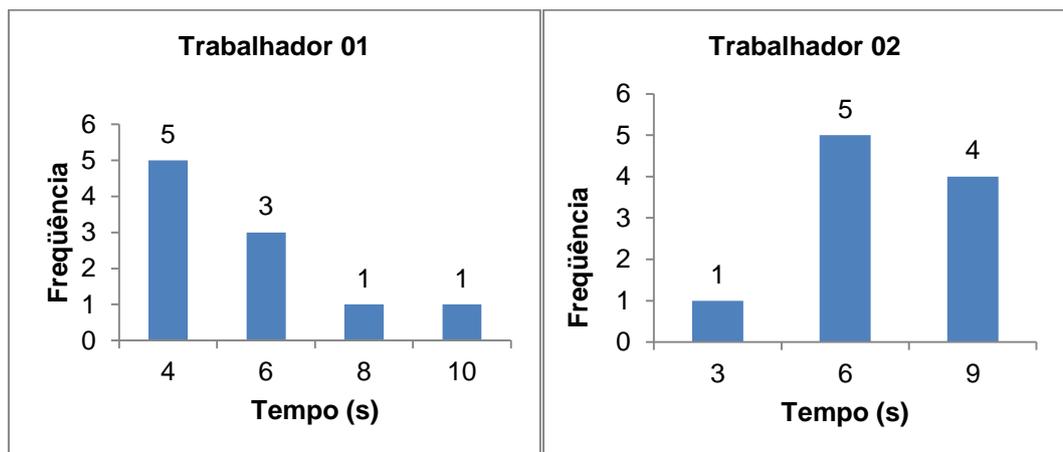
O trabalhador 1 apresentou um tempo médio de 5,6s no processo de empilhamento sem estar carregando os fardos, enquanto que o trabalhador 2 apresentou um tempo médio de 8,1s. Como os fardos são deixados pela

enfardadeira distribuídos em filas, há uma variação de tempo no deslocamento de cada fardo, pois cada um se encontra a uma distância diferente da pilha.

Com o cálculo do desvio padrão obteve-se os valores de 2,6s e 4,5s, para o trabalhador 1 e 2, respectivamente, o que indica que o trabalhador 2 teve uma variação maior de tempo, levando até 18s para se deslocar, sendo que o trabalhador 1 levou no máximo 10s. Essa variação existe devido as diferentes distâncias percorridas pelos trabalhadores, pois alguns fardos estão próximos da pilha e outros se encontram mais longe, necessitando assim de mais tempo para o deslocamento.

Os tempos no empilhamento com fardo do trabalhador 1 e 2 estão dispostos na figura 33. Esses tempos foram obtidos durante o processo de carregamento, quando os trabalhadores levam os fardos que estão dispostos sobre o solo até a pilha mais próxima, para posteriormente carregá-los na carreta.

Figura 33 – Gráfico do tempo no empilhamento com fardo



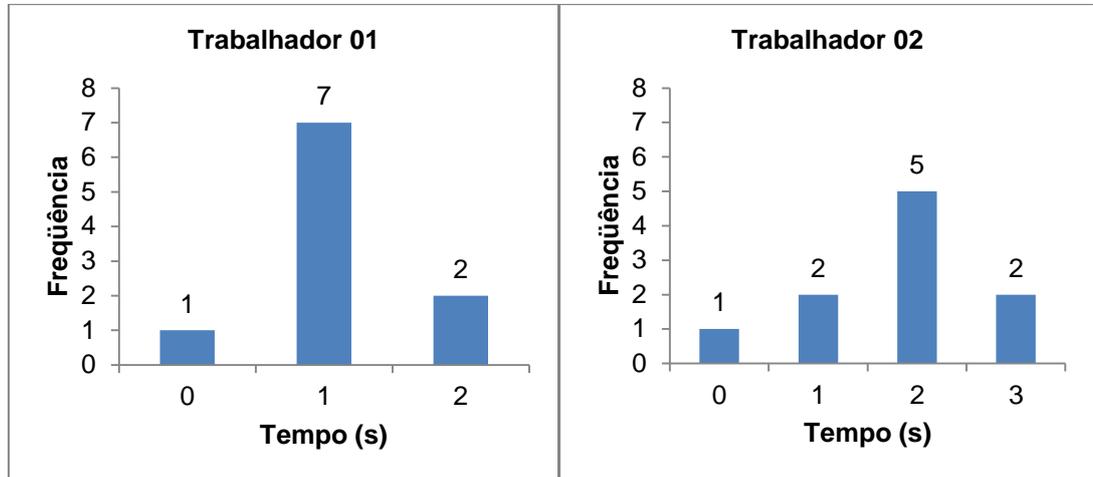
Fonte: Autora, 2018.

Os tempos médios no empilhamento com fardo para o trabalhador 1 é de 5,3s e para o trabalhador 2 é de 6,1s, o que pode-se notar é que ambos tiveram tempos similares, inclusive o desvio padrão dos dois trabalhadores também são semelhantes, 2s e 1,7s, respectivamente. O que indica uma homogeneidade nos tempos, pois o trabalhador 1 levou 53s para realizar esse processo e o trabalhador 2 levou 61s.

O tempo no carregamento sem fardo é apresentado na figura 34, para os trabalhadores 1 e 2. O processo de carregamento é realizado após a formação das pilhas, quando os trabalhadores colocam os fardos que estão nas pilhas dentro da

carreta. A figura 34 apresenta apenas o tempo de descanso dos trabalhadores entre o carregamento de um fardo e outro.

Figura 34 – Gráfico do tempo no carregamento sem fardo



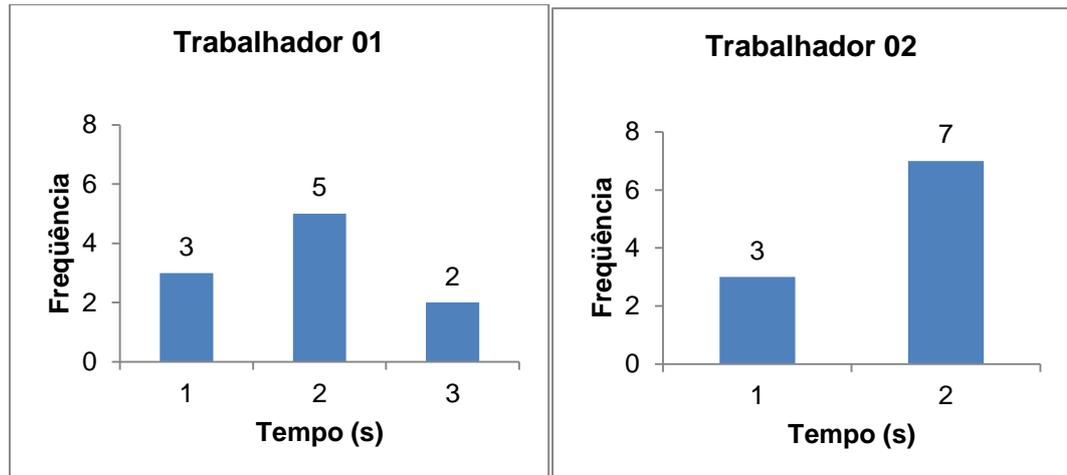
Fonte: Autora, 2018.

O tempo de carregamento sem fardo, ou seja, em descaso é em média de 1,1s para o trabalhador 1 e 1,8s para o trabalhador 2, isso porque os trabalhadores não precisam se mover durante esse processo, apenas arremessar os fardos que estão nas pilhas para dentro da carroceria do caminhão. Sendo assim, esse processo é realizado de maneira muito rápida e conseqüentemente o tempo de descanso também torna-se menor.

Nota-se também que não houve muita variação de tempo entre o trabalhador 1 e 2, onde o trabalhador realizou o processo em no máximo 2s e o trabalhador 2 em no máximo 3s. O que explica o valor encontrado para o desvio padrão, que é respectivamente 0,5s e 0,9s.

Já na figura 35 é apresentado o tempo no carregamento com fardo do trabalhador 1 e 2. Esses tempos se referem ao momento que os trabalhadores estão segurando os fardos e arremessam os mesmos em direção da carreta.

Figura 35 – Gráfico do tempo no carregamento com fardo



Fonte: Autora, 2018.

O carregamento dos fardos no caminhão é o processo que exige maior esforço físico, pois é necessário arremessar os fardos a uma altura de pelo menos 1,80m, quando é utilizado um caminhão mais baixo, porém algumas vezes também é utilizado uma carreta com altura de 2,40m, ou seja, bem mais alta que os trabalhadores.

Da mesma forma que o carregamento sem fardo não apresentou grande variação de tempo entre os trabalhadores, no carregamento com fardo também não apresentou, onde o trabalhador 1 obteve o tempo máximo de 3s e o trabalhador 2 apenas 2s, com um desvio padrão de 0,7s para o trabalhador 1 e 0,4s para o trabalhador 2. Com isso, os tempos médios também são próximos, de 1,9s para o trabalhador 1 e de 1,7s para o trabalhador 2.

4.3 EQUIPAMENTOS E DESCRIÇÃO DO PROCESSO MECANIZADO

De acordo com as normas regulamentadoras ((NR 17 - Ergonomia (117.000-7)), em atividade onde o trabalhador precisa realizar as atividades em pé, devem ter assentos para descanso em locais apropriados, para que todos os trabalhadores possam fazer pausas. No entanto, na atividade em estudo, onde o trabalho é realizado no campo, não é possível ter um local próprio para descanso, com assentos. Por isso, se fez necessário automatizar o processo.

Os equipamentos utilizados no processo manual são os mesmos do processo mecanizado, porém o mecanizado possui um equipamento adicional, que é o elevador de fardos para descarga direto na carreta.

Foi adquirido o elevador de fardos, e após algumas adaptações, foi acoplado o mesmo na enfardadeira, conforme a figura 36. Com isso, foi feita também uma nova coleta de dados, para o tempo de carregamento de 10 fardos, fazendo assim a comparação do antes e depois da automação do processo.

Figura 36 - Equipamento para automação do processo de carregamento



Fonte: Autora, 2018.

Conforme a figura 37 a carreta está acoplada na enfardadeira e esta a um trator, durante a produção. O elevador de fardos fica entre a enfardadeira e a carreta, porém fica presa somente na enfardadeira, mas não é fixo, pode ser removido da enfardadeira, caso seja necessário fazer algum tipo de manutenção, ou ser transportada.

Figura 37 – Conjunto: trator, enfardadeira e carreta



Fonte: Autora, 2018.

Para que a carreta pudesse ser acoplada na enfardadeira foi realizada uma adaptação, conforme figura 38. Foi soldado um engate na enfardadeira para que a carreta pudesse ser acoplada.

Figura 38 – Engate para a carreta



Fonte: Autora, 2018.

Algumas outras adaptações também foram necessárias na enfardadeira, como a adição de duas chapas nas laterais da saída da enfardadeira, conforme figura 39. Essa adaptação foi realizada para que os fardos conseguissem subir com mais facilidade, evitando que eles caíssem pelas laterais.

Figura 39 – Adaptação da enfardadeira



Fonte: Autora, 2018.

Quando a carreta estiver cheia é necessário desacoplar a mesma da enfardadeira e acoplá-la em outro trator, conforme figura 40, para que possa ser levada até o armazém para ser descarregada.

Figura 40 – Conjunto trato e carreta



Fonte: Autora, 2018.

Após a implantação do elevador de fardos, o processo de enfardamento/carregamento de feno pode ser realizado por um ou dois trabalhadores, conforme figura 41 e 42. É necessário apenas de um trabalhador para dirigir o trator. No entanto, um segundo trabalhador pode dar um suporte na carreta, arrumando os fardos de maneira que caiba mais fardos na carreta, reduzindo o número de descargas, ou seja, reduzindo o número de vezes que é necessário desacoplar a carreta da enfardadeira, o que reduz ainda mais o tempo de produção.

Figura 41 – Trabalho realizado por apenas um trabalhador



Fonte: Autora, 2018.

Figura 42 - Trabalho realizado por dois trabalhadores



Fonte: Autora, 2018.

O elevador de fardos possui regulagem na parte superior, tendo algumas opções de inclinação, quanto mais inclinada mais baixo fica o elevador, conforme as figuras 43, 44 e 45. Essa regulagem auxilia a adaptação da esteira em diferentes carretas, variando de acordo com a altura das mesmas.

Figura 43 – Elevador de fardos na regulagem mais alta



Fonte: Autora, 2018.

Figura 44 - Elevador de fardos na regulagem mais baixa



Fonte: Autora, 2018.

Figura 45 - Elevador de fardos na regulagem mais baixa



Fonte: Autora, 2018.

Na propriedade em estudo, ele será utilizado conforme a figura 43, na regulagem que mantém o elevador mais alto. Nas figuras 44 e 45, está representada o elevador na sua regulagem mais baixa.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS NO PROCESSO MECANIZADO

Com a implantação do elevador de fardos, automatizando o processo, foi realizada uma nova coleta de dados. Foi medido o tempo de enfardamento/carregamento de 10 fardos. Após a automação quem estabelece o tempo de carregamento é a enfardadeira, pois os fardos só chegam até a carreta com a força que a enfardadeira faz para empurrar os fardos, ou seja, um empurra o outro.

O tempo de enfardamento/carregamento pode ser influenciado por alguns fatores, como a velocidade do trator, a quantidade de grama cortada (varia de acordo com o solo ou adubação), umidade e horário em que é feito. Quanto mais tarde do dia, mais umidade e consequentemente o trator precisa andar mais devagar, para que a enfardadeira consegue cortar os fardos (separá-los). No final da tarde é comum que alguns fardos fiquem unidos, devido a umidade, conforme figura 46.

Figura 46 – Fardos que não são separados corretamente



Fonte: Autora, 2018.

Após a medição do tempo de enfardamento/carregamento dos 10 fardos utilizando o elevador de fardos, encontrou o resultado apresentado na tabela 4 .

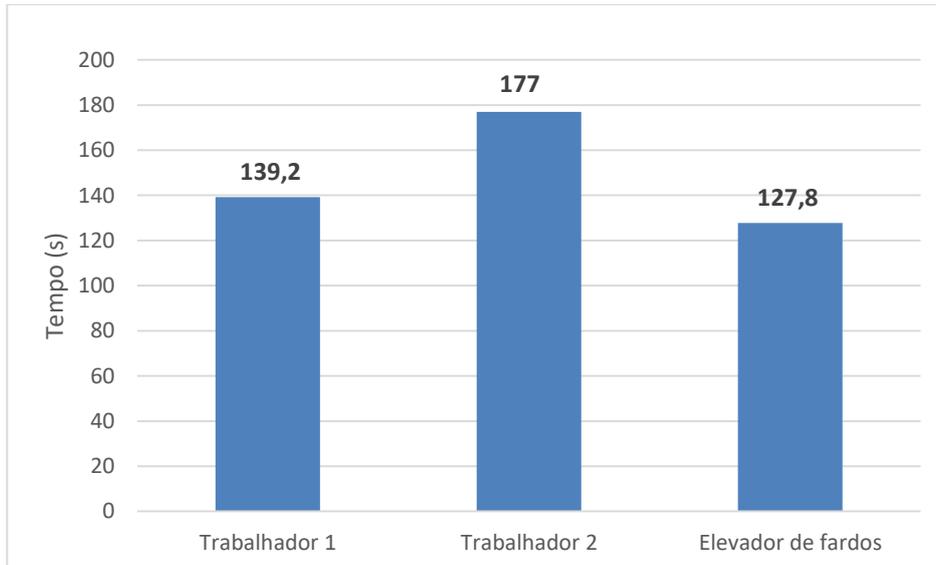
Tabela 4 - Comparação dos tempos

	Tempo (s)
Trabalhador 1 - antes da automação	139,2
Trabalhador 2 - antes da automação	177,0
Elevador de fardos - após a automação	127,8

Fonte: Autora, 2018.

Através dos dados apresentados na tabela 4, foi possível construir o gráfico (figura 47), onde fica evidente a redução do tempo.

Figura 47- Gráfico da comparação dos tempos



Fonte: Autora, 2018.

Sendo assim, houve uma redução do tempo de carregamento dos fardos, pois os tempos obtidos no processo manual foram de 139,2s e de 177s, para o trabalhador um e dois, respectivamente. Enquanto que, com a utilização do elevador, foram necessários apenas 127,8s para carregar a mesma quantidade de fardos. Esse resultado se deve a redução de duas etapas (empilhamento e carregamento) do processo manual para o processo mecanizado, conforme quadro 7.

Com a automação foi possível também reduzir o número de trabalhadores de quatro, no processo manual, para dois no processo mecanizado, uma redução de 50% da mão-de-obra. Além de melhorar as condições de trabalho, pois os trabalhadores não precisam mais se movimentar carregando os fardos, nem arremessá-los na carreta.

Foi possível desenvolver o fluxograma vertical do processo de enfardamento de feno anterior a implantação da automação e o fluxograma vertical posterior a implantação da automação.

O quadro 6 apresenta o fluxograma vertical anterior a implantação da automação, quando o processo ainda era realizado de forma manual pelos trabalhadores. Nele estão dispostos todos os passos, que são: ceifar a grama, aguardar a grama secar, virar a grama, aguardar a grama secar, enleirar, enfardar,

empilhar os fardos, carregar os fardos na carreta, transportar os fardos até o armazém, descarregá-los e armazená-los no armazém.

Quadro 5 – Fluxograma Vertical anterior a implantação da automação

Fluxograma Vertical

Símbolos	●	Análise ou operação	Totais	7
	→	Transporte		1
	■	Execução ou Inspeção		0
	▲	Armazenamento provisório		2
	▼	Armazenamento definitivo		1

Passo	Símbolos					Descrição dos passos
1	●	→	□	△	▽	Ceifar a grama
2	○	→	□	▲	▽	Aguardar a grama secar
3	●	→	□	△	▽	Virar a grama
4	○	→	□	▲	▽	Aguardar a grama secar
5	●	→	□	△	▽	Enleirar
6	●	→	□	△	▽	Enfardar
7	●	→	□	△	▽	Empilhar os fardos
8	●	→	□	△	▽	Carregar os fardos na carreta
9	○	→	□	△	▽	Transportar os fardos até o armazém
10	●	→	□	△	▽	Descarregar os fardos no armazém
11	○	→	□	△	▼	Armazenar

Fonte: Autora, 2018.

Enquanto que no quadro 7, está representado o fluxograma vertical posterior a implantação da automação. Nele estão dispostos todos os passos, que são: ceifar a grama, aguardar a grama secar, virar a grama, aguardar a grama secar, enleirar, enfardar, transportar os fardos até o armazém, descarregá-los e armazená-los no armazém.

Quadro 6 - Fluxograma Vertical posterior a implantação da automação

Fluxograma Vertical

Símbolos	●	Análise ou operação	Totais	5
	➡	Transporte		1
	■	Execução ou Inspeção		0
	▲	Arquivo provisório		2
	▼	Arquivo definitivo		1

Passo	Símbolos					Descrição dos passos
1	●	➡	□	△	▽	Cortar a grama
2	○	➡	□	▲	▽	Aguardar a grama secar
3	●	➡	□	△	▽	Virar a grama
4	○	➡	□	▲	▽	Aguardar a grama secar
5	●	➡	□	△	▽	Enleirar
6	●	➡	□	△	▽	Enfardar
7	○	➡	□	△	▽	Transportar os fardos até o armazém
8	●	➡	□	△	▽	Descarregar os fardos no armazém
9	○	➡	□	△	▼	Armazenar

Fonte: Autora, 2018.

Com a implantação da automação houve a redução de dois passos muito importante, que é o empilhamento e carregamento dos fardos na carreta, que era o processo que mais exigia esforço físico dos trabalhadores. Com a redução desses passos, o processo de produção de fardos de feno se tornou muito mais eficiente, pois o tempo de produção foi reduzido e o esforço físico dos trabalhadores também. Sendo possível reduzir o número de trabalhadores e melhorar a qualidade de vida dos que permaneceram, pois ficarão expostos ao sol forte por menos tempo.

4.5 ANÁLISE FINANCEIRA DO PROJETO

O objetivo deste trabalho era ter um retorno do investimento menor do que dois anos. Através do cálculo do *Payback* descontado foi possível comprovar que o valor investido na aquisição do elevador de fardos, que foi de R\$ 2.500,00 mais o

custo de adaptação do mesmo na enfardadeira, que foi de R\$ 300,00, se paga em menos de 1 ano, conforme tabela 5.

Tabela 5 – *PayBack* descontado

Ano	Fluxo	<i>Payback</i> descontado	
		Fluxograma descontado	Saldo
0	-R\$ 2.800,00	-R\$ 2.800,00	-R\$ 2.800,00
1	R\$ 33.550,00	R\$ 30.500,00	R\$ 27.700,00
2	R\$ 33.550,00	R\$ 27.727,27	R\$ 55.427,27

Fonte: Autora, 2018.

Levando em consideração que o período de produção é em torno de 7 meses por ano (de outubro a maio), e que a cada 40 dias é possível fazer um novo corte de grama, em 2 anos seriam em torno de 10 cortes. A cada corte são produzidos nos 5 hectares aproximadamente 1750 fardos, ou seja, 17.500 fardos em 2 anos. Os fardos são comercializados hoje a um preço médio de R\$ 6,00 o fardo. Sendo assim, o faturamento em dois anos seria de aproximadamente R\$ 105.000,00. Estima-se que o custo médio de produção, que envolve os gastos com combustível, fios de sisal e manutenção, seria de R\$ 37.900,00 em dois anos. Sendo assim, a margem de contribuição em dois anos seria de R\$ 65.000. Então, em um ano, o faturamento seria de R\$ 52.000,00 e o custo de R\$ 18.950,00, ou seja, um fluxo de R\$ 33.550,00 anual.

Com o custo do elevador de R\$ 2.800,00, sabendo que o valor de venda dos fardos é de R\$ 6,00, seriam necessários 467 fardos para que o equipamento fosse pago, não levando em consideração as despesas, apenas o faturamento líquido. Com isso, no primeiro corte realizado com o elevador, o mesmo já seria pago.

Por fim, houve uma redução do tempo de produção e do número de trabalhadores, ou seja, se produziu a mesma quantidade que já se produzia anteriormente, porém em menos tempo, pois com a mecanização não houve um aumento na quantidade de fardos produzidos, mas sim a redução do tempo de produção.

CONCLUSÃO

O trabalho surgiu da com a necessidade de melhorar o processo de recolhimento de feno na propriedade em estudo, pois o mesmo era realizado de maneira manual, e conseqüentemente era um processo lento e trabalhoso. Com isso, muitas vezes a qualidade do feno era afetada, devido as precipitações pluviais, por não ser possível enfardar e recolher os fardos no mesmo dia.

O objetivo geral deste projeto foi alcançado, pois com a automação do processo de recolhimento de feno, foi possível aumentar a produtividade e melhorar as condições de trabalho. Com as medições dos tempos, anteriores e posteriores, a mecanização, notou-se a redução do tempo de produção e de mão-de-obra, além de melhorar as condições de trabalho.

Com mecanização do processo de recolhimento de feno (implantação do elevador de fardos), também reduziu-se dois procedimentos, o empilhamento e o carregamento, possibilitando assim, o enfardamento e armazenamento dos fardos no mesmo dia.

As hipóteses do presente trabalho foram corroboradas. A primeira e a segunda hipótese que eram, reduzir o número de homens hora por fardo em 50% e eliminar a movimentação de fardos de até 15 kg manualmente, foram corroboradas através da mecanização do processo, mostrada na seção 4.3. A terceira hipótese que era obter um retorno do investimento em menos de dois anos, foi corroborada através do cálculo do *PayBack*, conforme a seção 4.5.

Sendo assim, fica evidente que a mecanização e o uso de novas tecnologias auxiliam os processos agrícolas, que sofrem com a falta de mão-de-obra e as intempéries climáticas, aumentando a produtividade e reduzindo os riscos de acidentes e problemas de saúdes aos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

- AGRIEXPO. Disponível em: <<http://www.agriexpo.online>>. Acesso em: 14 ago. 2018.
- AGROMÁQUINAS FINARDI. Disponível em: <http://www.agrofin.com.br>. Acesso em: 07 set. 2018.
- AGROADS. Disponível em: <<https://www.agroads.com>>. Acessado em: 14 ago 2018.
- ANAGRÍCOLA EQUIPAMENTOS. Disponível em: <<http://www.anagricola.com.br>. Acesso em: 14 ago 2018.
- AUSTRALIAN Centre for Agricultural Health and Safety **6. Ergonomics and Manual Handling on Farms**. Australia, (s.d.).
- BALARINE, Oscar F. O. **Tópicos de Matemática Financeira e Engenharia Econômica**. 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004.
- BARNES, Ralph M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Blücher, 2004.
- BLANK, Leland; TARQUIN, Anthony. **Engenharia Econômica**. 6. ed. São Paulo: McGraw Hil, 2008.
- BORGES, Leandro. **O que é e como interpretar o Payback**. Disponível em: <<https://blog.luz.vc/o-que-e-payback/>>. Acesso em: 18 abr. 2018.
- BRASIL- Ministério do Trabalho. **NR 17 - Ergonomia (117.000-7)**. Disponível em: <http://www.trt02.gov.br/geral/tribunal2/LEGIS/CLT/NRs/NR_17.html>. Acesso em 27 out. 2018.
- BUAINAIN, Antônio M.; NOGUEIRA, Edemilson; SCHULZER, Elizabeth; MEIRELLES DE SOUZA FILHO, Hildo; PAULILLO, Luiz F.; MARTINS, Manoel F.; COSTA, Miguel A. B.; PEREIRA, Néocles A.; AZEVEDO, Paulo. **Gestão Agroindustrial**. 3. ed. São Paulo:Atlas, 2001.
- COSTA, José Ladeira da; RESENDE, Humberto. **Feno**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_307_217200392413.html>. Acesso em: 17 set. 2018.
- DUL, Jan; WEERDMEEESTER, Bernard. **Ergonomia Prática**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.
- GAINES, Tharran. **History of the Hay Press**. In Farm Collector. Topeka, Kansas, 2012. Disponível em: <<https://www.farmcollector.com/implements/hay-press-zmh12fzbea>>. Acesso em: 01 set. 2018.
- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira, 2001.

IBGE. Mesorregiões do Brasil. Disponível em:<<https://ww2.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: 27 out. 2018.

KROEMER, K.H.E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia adaptando o trabalho ao homem**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2005.

LIDA, Itiro. **Ergonomia Projetos e Produção**. 2. ed. São Paulo:Edgard Blücher Ltda, 2005

MAXI 3 MÁQUINAS AGRÍCOLAS. Disponível em: < <http://maxi3.com.br>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

MFRURAL. Disponível em: <<https://www.mfrural.com.br>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações**. 1. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 1993.

NOGUEIRA. Disponível em: <<http://www.nogueira.com.br>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

PEGATIN, Thiago. **Ferramentas da Ergonômica**. Disponível em: <https://topergonomia.wordpress.com/2008/04/01/ferramentas-ergonomicas-niosh/>. Acessado em 17 set 2018.

PERIARD, Gustavo. **Tudo sobre a Administração Científica de Taylor**. Disponível em:<<http://www.sobreadministracao.com/tudo-sobre-a-administracao-cientifica-de-taylor/>>. Acesso em: 04 out 2018.

REIS, Rafael H. P. dos. **Fenação**. Disponível em: < <https://pt.slideshare.net/rhpr/rafael-henrique-fenao>>. Acesso em: 14 ago. 2018.

RODGERS, Suzanne H. (Editora). **Ergonomic Design for people at work v.2**. New York: Wiley, 1986. ISBN 0-471-28918- 3.

SAMANEZ, Carlos Patricio. **Engenharia Econômica**. 1. ed. São Paulo:Pearson, 2009.

SKRINJAR, Janelle. **Hay history**. In Farm and dairy. Salem, OH, 2006. Disponível em:< <https://www.farmanddairy.com/news/hay-history/451.html>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

SORENSEN, Loretta. **Rake Development Spurred by Mower Technology**. In Farm Collector. Topeka, Kansas, 2008. Disponível em: <<https://www.farmcollector.com/implements/rake-development-spurred-by-mower-technology>>. Acesso em: 01 set. 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso Planejamento e Métodos**. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2010.