

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS MG**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA**

**LAVÍNIA DE PAULA OLIVEIRA**

**DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DE IMPLEMENTO  
AGRÍCOLA PARA DISTRIBUIÇÃO E COMPACTAÇÃO DA SILAGEM DE MILHO**

**Varginha 2020**

**LAVÍNIA DE PAULA OLIVEIRA**

**DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DE IMPLEMENTO  
AGRÍCOLA PARA DISTRIBUIÇÃO E COMPACTAÇÃO DA SILAGEM DE MILHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Agrônoma do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG, como o requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma sob orientação do Prof.: Doutor Diego Eduardo Costa Coelho.

**Varginha 2020**

**LAVÍNIA DE PAULA OLIVEIRA**

**DESENVOLVIMENTO E VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DE IMPLEMENTO  
AGRÍCOLA PARA DISTRIBUIÇÃO E COMPACTAÇÃO DA SILAGEM DE MILHO**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS MG como o requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônômica pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Prof.: Dr. Diego Eduardo Costa Coelho

---

Prof.: Dr. Cleidson Soares Ferreira

---

Prof.: Dra. Luciane Tavares da Cunha

OBS.:

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha avó Anália Virgínia Reis pela mulher batalhadora, por sua fé e por sempre me reconhecer como “agrônoma”, mesmo antes de me formar. A você que nos deixou e foi morar junto de Deus sem me ver formada, ofereço esta dedicatória.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pela oportunidade de estudar e por ajudarem na construção deste trabalho. A minha mãe Márcia, por me ensinar a buscar meus objetivos, por ser perseverante e por sua fé inabalável, que me fez tornar o que hoje sou. Ao meu pai Roberto, que me apresentou o campo, maquinários e tratores pela qual tenho paixão. A minha irmã Virgínia, pelo apoio, compreensão e por sempre acreditar em mim, mesmo quando eu já não acreditava. A minha sobrinha e afilhada Helena, por me trazer alegria, esperança e me achar talentosa. A minha empresa JL juntamente com meu companheiro e socio Jorgiano, por todo apoio na fabricação do implemento e no desenvolvimento deste trabalho. Ao meu orientador Diego, pela atenção e ajuda ao decorrer deste trabalho. Ao professor Tácio por todas as dicas e explicações. A professora Giselle, que mesmo não sendo minha orientadora foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, pelas suas ideias, atenção, educação, conhecimento e pelos esclarecimentos.

## RESUMO

Esta pesquisa aborda a importância da compactação na produção da silagem de milho, uma vez que a realização de maneira correta, a compactação e a distribuição do produto no silo se restringem o contato com o oxigênio, para que essa seja conservada através de processos fermentativos anaeróbicos, sendo necessário para que assegure a qualidade da silagem no consumo animal. Desta forma, o objetivo foi desenvolver lâmina dianteira para acoplamento em trator com a finalidade de realizar distribuição e compactação da silagem de milho e analisar a eficácia da lâmina dianteira desenvolvida na compactação. Assim, o experimento foi realizado em duas etapas, sendo a primeira o desenvolvimento e fabricação da lâmina para acoplamento em trator, e a segunda a avaliação da efetividade do equipamento, onde foi utilizado o delineamento experimental DIC – (Delineamento Inteiramente Casualizado) com 10 repetições para cada tratamento, sendo 2 tratamentos, totalizando 20 parcelas. Os tratamentos foram constituídos de duas lâminas: lâmina A, desenvolvida e acoplada na parte dianteira do trator (tratamento 1) e a lâmina B, lâmina traseira comum de acoplamento em trator (tratamento 2), ambas ficaram acopladas simultaneamente no trator, New Holland T7 175 CV. Para avaliar a compactação da silagem realizada pela lâmina traseira e pela lâmina dianteira, utilizou-se o equipamento penetrômetro, marca Falker, sendo um medidor eletrônico de compactação, com unidade de dados expressos em MPa. Através do estudo do teste utilizado, observou-se que a lâmina desenvolvida na pesquisa se diferiu da lâmina traseira, sendo desta forma eficaz para distribuir e compactar a silagem de milho. Foi possível concluir nesta pesquisa que a lâmina dianteira desenvolvida apresentou maior compactação da silagem de milho quando comparada a lâmina traseira comum e, assim, de acordo com a eficiência desta lâmina, será possível ajudar o produtor em obter uma silagem de boa qualidade em termos de compactação.

**Palavras-chave:** Processo de ensilagem. Fermentação anaeróbica. Mecanização.

## **ABSTRACT**

*This research addresses the importance of compaction in the production of corn silage, since the correct execution, compaction and distribution of the product in the silo is restricted to contact with oxygen, so that it is preserved through anaerobic fermentation processes, being necessary to ensure the quality of silage for animal consumption. Thus, the objective was to develop a front blade for coupling to a tractor in order to carry out distribution and compaction of corn silage and to analyze the efficiency of the front blade developed in compaction. Thus, the experiment was carried out in two stages, the first being the development and manufacture of the blade for coupling on a tractor, and the second the evaluation of the effectiveness of the equipment, where the experimental design DIC - (Fully Randomized Design) with 10 repetitions was used. for each treatment, with 2 treatments, totaling 20 plots. The treatments consisted of two blades: blade A, developed and coupled to the front of the tractor (treatment 1) and blade B, common rear coupling blade on tractor (treatment 2), both were coupled simultaneously on the tractor, New Holland T7 175 CV. To evaluate the silage compaction performed by the rear blade and the front blade, the Falker penetrometer equipment was used, being an electronic compaction meter, with a unit of data expressed in MPa. Through the study of the test used, it was observed that the blade developed in the research differed from the rear blade, being thus effective to distribute and compact the corn silage. It was possible to conclude in this research that the developed front blade presented greater compaction of corn silage when compared to the common rear blade and, thus, according to the efficiency of this blade, it will be possible to help the producer to obtain a good quality silage in terms of compaction.*

**Keywords:** *Silage process. Anaerobic fermentation. Mechanization.*

## SUMÁRIO

<b>1- INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2- OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3- REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1 Silagem de milho na alimentação animal</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2 Importância da técnica de ensilagem na qualidade do produto final</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2.1 Importância da compactação da silagem de milho</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2.2 Fermentação em silagem de milho</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3 Utilização de implementos agrícolas para ensilar</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3.1 Ensiladeira de forragem automotriz</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3.2 Ensiladeira de forragem tracionada</b> .....	<b>14</b>
<b>3.4 Ergonomia física do operador na técnica de ensilagem</b> .....	<b>14</b>
<b>4- MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1 Desenvolvimento e fabricação da lâmina</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1.1 Protótipo da lâmina</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2 Avaliação do implemento agrícola</b> .....	<b>18</b>
<b>4.2.1 Fotografias do experimento</b> .....	<b>19</b>
<b>5- RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>22</b>
<b>6- CONCLUSÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>25</b>

## 1- INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) produz uma adequada e suficiente quantidade de massa seca, entre 30 a 35%, tem um intervalo de plantio bastante grande, sendo uma cultura bem conhecida, utilizada e amparada em vários estudos (OLIVEIRA et al., 2010)

Considerada uma ótima fonte alimentar, a silagem de milho apresenta elevado consumo voluntário pelos animais e pode ser armazenada para uso no futuro, sendo assim de grande utilização (GODOI; SILVA, 2010)

Produzir a silagem de milho, com qualidade, é de grande importância, pois na maioria das propriedades de produção animal, na dieta alimentar representa o volumoso, com produção para a alimentação em longos períodos. Para se obter a qualidade do produto final deve-se atentar ao processo de ensilar, com grande atenção para as ensiladeiras de forragem, no processo de distribuição e compactação da silagem (LANES; SILVEIRA NETA, 2018).

O processo de ensilar consiste em descarregar e compactar a silagem, visando a conservação da mesma. Requer a retirada de todo ar através da compactação, com a intenção de ocorrer a fermentação láctica. A não retirada de ar, ou seja, a má compactação entre as partículas da forragem picada, induz à formação de silagem de má qualidade, refletindo em perdas pela necessidade de descarte de parte do material (LANES; SILVEIRA NETA, 2018).

No cenário agrícola a mecanização tem passado por várias inovações e evoluções com o desenvolvimento de projetos e estudos que buscam a construção de máquinas que tragam consigo tecnologia, rendimento e qualidade na produção e no produto final. Assim, a necessidade de uma máquina que efetue a colheita do milho e o processamento da massa para produzir silagem de forma rápida, com padrão e qualidade como as ensiladeiras de forragem automotrizes (RAMOS, 2005).

As ensiladeiras automatizadas são de elevado rendimento, produzindo uma grande quantidade de silagem ao longo da jornada de trabalho, sendo necessária uma maior atenção à distribuição e compactação da silagem. Na maioria das vezes o rendimento nos silos é menor, por se utilizar, corriqueiramente, as lâminas traseiras acopladas no trator, que não suprem a necessidade de distribuição e compactação do material, devido ao grande volume descarregado nos silos pelas ensiladeiras automotrizes (FREIXIAL et al., 2013).

Realizando de maneira correta, a compactação e distribuição do produto no silo se restringe o contato com o oxigênio que leva a uma fermentação anaeróbica, ou seja, sem oxigênio. Sendo necessário esse processo para que assegure a qualidade do produto no consumo do animal e na suplementação, para que no fim de todo processo, a qualidade ajude a melhorar sua produtividade, influenciando positivamente na lucratividade.

## **2- OBJETIVOS**

Desenvolvimento de implemento agrícola para distribuição e a compactação da silagem de milho e verificação da eficácia do implemento desenvolvido na compactação.

## **3- REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 Silagem de milho na alimentação animal**

O milho, (*Zea mays* L.) dentre as gramíneas, se apresenta como o mais utilizado para a produção de silagem por se adaptar bem, com adequada formação de massa seca e propensão de fermentação no silo (GODOI; SILVA, 2010). Com manejo de produção já definido e de cultivo fácil, podendo ser mecanizado, o milho é um produto de alto consumo voluntário pelos animais, indispensável para alimentação de vacas leiteiras com alta produção (EVANGELISTA; LIMA, 2002).

A silagem de milho tem como função o fornecimento de nutrição para o gado, tornando-se uma interessante alternativa na época da seca, quando se utiliza a criação extensiva, pois garante alimento em períodos de pastagem precária. No sistema de produção animal em confinamento é assegurada as necessidades nutricionais, sendo o alimento fundamental para vacas em períodos de reprodução e lactação. Oferece um elevado volume de alimento palatável, com muita energia e de alta digestibilidade, que resulta em uma elevada capacidade de produzir carne e leite (PAULA, 2017).

### **3.2 Importância da técnica de ensilagem na qualidade do produto final**

Compreende-se como ensilar o processo de colher, picar, armazenar e compactar em silos o material da lavoura, onde o oxigênio não deve estar presente, com fermentações específicas para conservação, até o momento de fornecimento aos animais (LANES; SILVEIRA NETA, 2018). Diante disso, o processo de ensilagem, desde a colheita ao fechamento do silo, necessita ser realizado o mais rápido possível. O momento da colheita é de grande responsabilidade para que se obtenha a qualidade tão desejada na silagem, pois o teor de umidade encontrando-se adequado no momento da colheita, auxilia na fermentação, picagem e compactação, sendo a umidade um fator determinante. Necessitando ser feita com o teor de matéria seca da forragem entre 30 e 35%, ou com 65 a 70% de umidade (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2014).

As táticas de ensilagem procuram amparar e agilizar no silo a fermentação anaeróbica do material que está sendo colhido, precisa ter o tamanho da partícula entre 1 e 2 cm, sendo o corte uma condição considerada para que o material possa se acomodar no silo, facilitando a ação dos microrganismos fermentadores. Caso fique exposto ao ar, o material irá servir de substrato para bactérias aeróbias, sofrendo indesejadas fermentações, inviabilizando a sua preservação. Já que através da compactação, retira-se o oxigênio do interior do silo. Quando compactado e cheio, o silo necessita ser obstruído para bloquear a entrada de ar, utilizando-se a colocação de lonas plásticas, sendo o método mais sugerido e empregado. Sobre a lona, colocasse terra e nas laterais, ao redor do silo, constroem-se valetas e cercas, para barrar a passagem de água e entrada de animais (LANES; SILVEIRA NETA, 2018).

#### **3.2.1 Importância da compactação da silagem de milho**

Segundo Barreta (2016) a compactação apresenta-se como uma das condições de elevada importância para assegurar a produção de uma silagem com qualidade, pois exclui o ar presente entre as partículas, reduzindo a degradação da massa.

Com a compactação se assegura a melhor fermentação anaeróbica, que permite a preservação do valor nutritivo da massa ensilada e diminui as perdas de matéria seca. A colheita com partículas de tamanho menor e altura maior assegura melhoras na compactação e

consequentemente condições de anaerobiose, sendo decisiva no processo de conservação (NEUMANN et al., 2007).

Problemas na compactação originam grandes perdas, devido a entrada de ar no silo (FERNANDES, 2007). Nos silos em que a compactação foi realizada com sucesso, a ocorrência de fungos e leveduras é menor e a fermentação da silagem ocorre rapidamente. Por isso, sempre que chegar nova carga de material colhido nos silos, a compactação deve ser feita novamente, sendo realizada com consecutivas passagens de trator sobre a massa distribuída, buscando expulsar o ar contido na mesma (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2014).

### 3.2.2 Fermentação em silagem de milho

A fermentação anaeróbica acontece dentro do silo e é responsável por transformar o material verde picado em silagem. Para ocorrer este processo, deve-se ter ausência de oxigênio, ou seja, bactérias anaeróbicas e substrato para elas utilizarem (LANES e SILVEIRA NETA, 2018).

Segundo Lugaõ et al. (2011), a partir do enchimento do silo e horas após o seu fechamento, o oxigênio presente na massa ensilada é ruim, sendo assim, as técnicas de ensilagem precisam ser executadas o mais breve possível. Após o silo ser fechado, o oxigênio que ainda resta passará a ser utilizado na respiração celular da massa ensilada, até que o mesmo se acabe. Enormes danos na qualidade da silagem ocorrem quando essa fase se torna longa, com a produção de gás carbônico, água e calor pelo consumo dos carboidratos solúveis.

Após a diminuição do teor de oxigênio a fase anaeróbica se inicia, aumentando bactérias anaeróbicas, formando ácido acético, etanol, ácido lático e gás carbônico. O aumento de ácidos orgânicos, sobretudo o acético, leva a diminuição do pH do meio. O predomínio de bactérias hábeis para produzir ácido lático leva a reduções ainda maiores do pH. A fermentação ocorre em um período de 10 a 14 dias, estando o pH entre 3,8 e 4,0. O processo fermentativo para devido à redução da população de bactérias, ficando estável até o instante em que o silo é aberto, estando em atividade muito reduzida apenas as bactérias que produzem ácido lático (LUGÃO et al., 2011).

### 3.3 Utilização de implementos agrícolas para ensilar

Rodrigues (2015), destacou que o processo de ensilagem necessita de muitas operações, desde trator acoplado ensiladeira ou uma ensiladeira automotriz para cortar a planta na lavoura e realizar a picagem do material colhido. Estas ensiladeiras devem estar bem reguladas e preparadas, já que estas possuem uma série de engrenagens e regulagens para se adaptarem a situações de trabalho necessárias.

Caminhão ou tratores tracionando carretas realizam o transporte e o descarregamento do material picado no silo. Para compactar o material picado que foi descarregado, utiliza-se tratores, que deve ter peso suficiente e rodas adequados, para que o peso fique concentrado e realize uma melhor compactação. Estes tratores normalmente estão equipados com lâminas traseiras, com as dimensões de 1,80 metros de largura e 0,40 metros de altura, acopladas pelos braços hidráulicos e terceiro engate (ponto), para fazer a distribuição do material picado. Há uma grande quantidade de máquinas e implementos que são desenvolvidos para o processo de ensilagem (RODRIGUES, 2015).

#### 3.3.1 Ensiladeira de forragem automotriz

Segundo Ramos (2005), as ensiladeiras de forragens automotrizes (autopropelidas) se sobressaem pela sua habilidade de trabalho, versatilidade, agregação de inovações tecnológicas, grande uniformidade de tamanho do material picado e pela alta porcentagem de grão processados.

Ensiladeiras de forragens automotrizes são máquinas que possuem motores de elevada potência, cabeças de corte com estruturas robustas, grande número de facas que permitem a colheita com grande rendimento, agilidade e precisão. Possuem grande capacidade no sistema de recolha e alimentação, além de possuir simples ajustes, com precisão na dimensão da partícula e uma enorme capacidade de expulsão e carga do ventilador (FREIXIAL et al, 2013).

O corte das plantas é realizado pela plataforma de corte, posteriormente vão para os rolos alimentadores que fazem a compressão do material e direcionam ao cilindro de corte, que com diferentes velocidades, fazem a partícula de tamanho desejado. Após o cilindro de corte, o milho picado passa pelo cracker ou processador de grãos, que realizam o trabalho de quebra ou rompimento do tegumento do grão. Depois do cracker o material processado vai em direção ao

ventilador, que pela velocidade do ar gerado, é impulsionado e descarregado pela bica no caminhão ou carreta (PAULA, 2017).

O quebramento ou processamento dos grãos na silagem de milho é conhecida e popular nos Estados Unidos e está se propagando no Brasil, pois a digestão dos grãos de milho pelo animal só é possível se este estiver devidamente quebrado. (SHINNER; HOLMES, 2013).

### 3.3.2 Ensiladeira de forragem tracionada

Ensiladeiras de forragem tracionadas são implementos de acoplamento em trator pelos braços hidráulicos e terceiro engate (ponto), não possuem motor e recebem tração para funcionamento pela tomada de potência do trator através do eixo cardan. Este transmite o movimento para uma série de caixas contendo engrenagens e eixos, que são responsáveis pela rotação da plataforma de corte, que realiza o corte das plantas, o movimento de rolos compressores e do rolo de facas que picam o material, e que pela grande velocidade de sua rotação impulsionam o material picado através da bica (FREIXIAL et al., 2013).

As ensiladeiras tracionadas realizam a colheita das forragens para ensilagem em apenas uma operação: cortam, fragmentam e descarregam o material (FREIXIAL et al., 2013).

Schlosser et al. (2010) afirmam que a maioria das ensiladeiras de forragens não trabalham direito, operam com regulagens inapropriadas, causando desregularidade no corte, diminuindo a qualidade da silagem e o rendimento alimentar dos animais.

## 3.4 Ergonomia física do operador na técnica de ensilagem

A ergonomia física relaciona as atividades físicas desenvolvidas com a anatomia corporal do homem e a fisiologia. Nessas atividades verifica-se a maneira de manusear matérias, postura ao trabalhar e aparência de movimentos contínuos (OLIVEIRA, 2017).

As máquinas agrícolas em atividade abrangem a associação operador e trator, criando uma relação que necessita estar em equilíbrio de forma que traga privilégios ao homem. A qualidade da ergonomia física de uma máquina pode ser avaliada pela qualidade e posição do assento, localização de controles, visibilidade do operador, situação do ambiente/cabine, entrada de ruídos e poeira. No Brasil é normal depararmos com máquinas agrícolas que trazem

grande desconforto, reduzem o rendimento e eleva o cansaço dos operadores. Por essa razão, deve-se considerar que o operador tenha condições de conforto no assento, para que assuma postura correta, repulsando torções e movimentação inconfortável na jornada de trabalho (LOPES, 2016).

A Norma Regulamentadora 31 – NR 31 dispõe de princípios que devem ser observados no ambiente de trabalho e na organização de maneira que busque a compatibilidade entre a elaboração e o processo das atividades de agricultura, pecuária, silvicultura, entre outras, de forma segura e saudável no ambiente de trabalho (BRASIL, 2005). O Anexo 31.10 da NR-31, em seu parágrafo 31.10.1, aborda princípios ergonômicos que o empregador rural necessita adotar para que proporcione conforto e segurança ao trabalhador. O parágrafo 31.10.5, cita que máquinas e implementos necessitam propiciar ao trabalhador postura adequada, ampla visualização, condições de operação e movimentação (BRASIL, 2005).

#### **4- MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo a primeira o desenvolvimento e fabricação da lâmina para acoplamento em trator, e a segunda refere-se à avaliação da eficácia do equipamento.

##### **4.1 Desenvolvimento e fabricação da lâmina**

O desenvolvimento da lâmina foi realizado na Fazenda Retiro, localizada no município de Santana da Vargem-MG, no mês de junho de 2020, com duração para fabricação e montagem de dez dias.

Foram utilizados os seguintes equipamentos para o desenvolvimento e fabricação: corte a plasma, máquina de solda, lixadeira e guindaste portátil móvel para a movimentação das ferragens durante a fabricação. As ferragens necessárias foram: cinco barras de  $\frac{1}{4} \times 2 \frac{1}{2}$  ", oito barras de  $1 \times \frac{3}{16}$ ", quatro vigas U laminada, dois ferros chato  $\frac{1}{2} \times 4$ ", inúmeros discos de corte para lixadeira e eletrodos para realização da solda. Para realizar o movimento de baixar e levantar a lâmina, utiliza-se dois pistões hidráulicos com curso de um metro e vinte centímetros cada, a condução do óleo hidráulico do trator até os pistões foi feita por duas mangueiras de

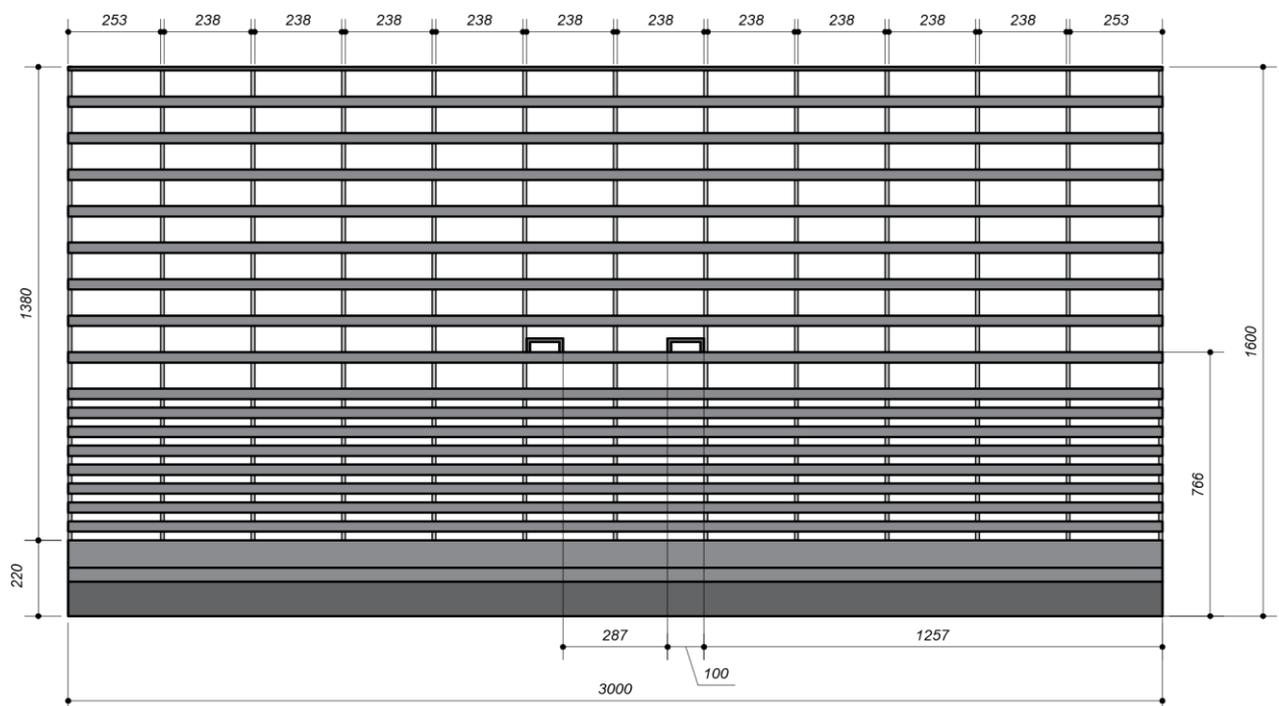
quatro metros cada, a fixação do pistão no braço de levante da lâmina ocorre através de quatro pinos de 7,9 polegadas.

O suporte da lâmina foi preso ao trator por parafusos de 3,9 polegadas, a fim de realizar o acoplamento. A lâmina foi acoplada na parte dianteira do trator, marca New Holland, modelo T7, motor de 175 CV, câmbio automático, ano 2018. Em formato retangular com 3 metros na base e 1,5 metros de altura, na parte interna, ou seja, na área, foi colocado treze chapas na vertical e dezoito chapas na horizontal.

#### 4.1.1 Protótipo da lâmina

A figura 01 apresenta o protótipo da lâmina desenvolvida, com vista frontal.

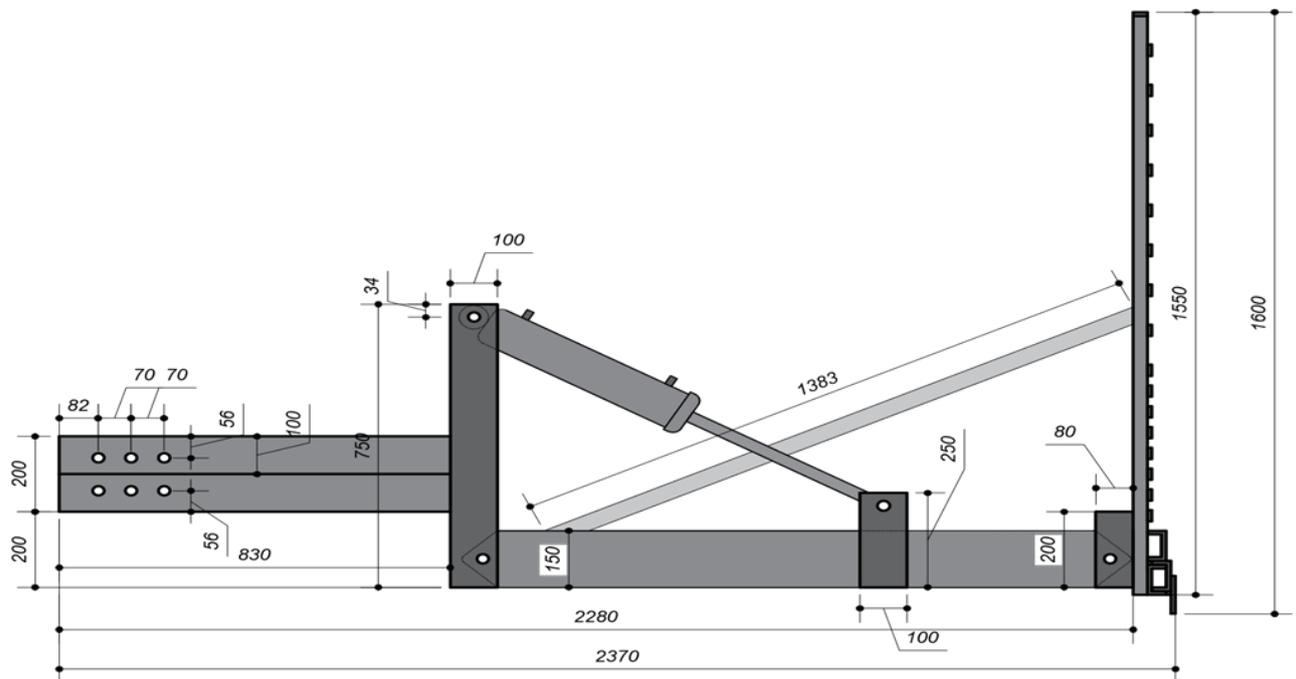
Figura 01- Protótipo da lâmina vista frontal.



Fonte: Oliveira (2020a).

A figura 02 apresenta o protótipo da lâmina desenvolvida, com vista lateral.

Figura 02 – Protótipo da lâmina vista lateral.



Fonte: Oliveira (2020b).

A figura 03 apresenta o protótipo da lâmina desenvolvida, com vista superior.



de altura (tratamento 1) e a lâmina B, lâmina traseira comum, com as dimensões de 1,80 metros de largura e 0,40 metros de altura, acoplada ao trator pelos braços hidráulicos e terceiro engate (tratamento 2). As lâminas A e B ficaram acopladas simultaneamente no trator, marca New Holland, modelo T7, motor de 175 CV, câmbio automático, ano 2018.

Sequência aleatória escalonada através de sorteio, para ordenar as repetições das medidas de compactação pelas lâminas A e B no silo																			
A	A	B	A	A	B	B	A	B	B	A	B	A	A	B	A	A	B	B	B

As repetições foram constituídas das medidas de compactação a cada quinze minutos do enchimento e compactação do silo. Foi realizado a medição da compactação do material em silo tipo trincheira, com dimensões: vinte metros de comprimento, cinco metros de largura e dois metros de altura.

Para avaliar a compactação da silagem realizada pela lâmina traseira e pela lâmina dianteira acoplada ao trator, utilizou-se o equipamento penetrômetro, marca Falker, modelo Penetrolog PLG1020, medidor eletrônico de compactação, unidade de dados expressos em MPa, utilizado habitualmente, na medição da resistência exercida pelo solo à penetração nos estudos de compactação do solo. O penetrômetro pode ser utilizado como método indireto na determinação da compactação da silagem de milho (SILVA et al., 2011). O equipamento mediu a resistência da massa de silagem à penetração, sendo anotado o número de maior valor em todas as medições a 25 cm de profundidade e os dados foram expressos em MPa (Mega Pascal).

Os resultados das variáveis foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias, por meio do teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

#### 4.2.1 Fotografias do experimento

Na figura 01 pode ser observada a fotografia da lâmina traseira comum (tratamento 2), utilizada no experimento para avaliação do implemento agrícola.

Figura 01 – Lâmina traseira comum.



Fonte: o autor

Na figura 02 pode ser observada a fotografia da lâmina dianteira desenvolvida, com vista frontal (tratamento 1), utilizada no experimento para avaliação do implemento agrícola.

Figura 02 – Lâmina dianteira desenvolvida vista frontal.



Fonte: o autor

Na figura 03 pode ser observada a fotografia da lâmina dianteira desenvolvida, com vista lateral (tratamento 1), utilizada no experimento para avaliação do implemento agrícola.

Figura 03 – Lâmina dianteira desenvolvida vista lateral.



Fonte: o autor

Na figura 04 pode ser observada a fotografia da lâmina dianteira desenvolvida (tratamento 1) e da lâmina traseira comum (tratamento 2), acopladas simultaneamente ao trator, utilizada no experimento para avaliação do implemento agrícola.

Figura 04 – Lâmina dianteira desenvolvida e lâmina traseira comum acopladas ao trator



Fonte: o autor

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados, constatou-se que para a característica avaliada compactação (MPa), apresenta diferença significativa, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1- Análise de variância (ANAVA) para compactação (MPa).

FV	GL	Pr>Fc
TRATAMENTO	1	0.0000 *
ERRO	18	
TOTAL	19	
CV (%) =	7.12	

\* 1% de significância

Fonte: o autor

Por meio do estudo do teste de Scott-Knott, observou-se que a lâmina dianteira desenvolvida no presente trabalho teve diferença estatística da lâmina traseira comum, apresentando melhores resultados pela maior compactação, sendo desta forma eficaz para distribuir e compactar a silagem de milho, conforme resultado observado na Tabela 2. Vilela

(1985) já afirmava que a compactação deve ser enérgica e contínua, quanto mais compactada for a massa no silo, melhor será a fermentação e a preservação da qualidade da forragem.

Tabela 2- Resultados médios de compactação obtidos pelo penetrômetro na massa compactada, em MPa, pela lâmina A, desenvolvida e acoplada na dianteira do trator (T 1) e lâmina B, lâmina traseira comum de acoplamento em trator (T 2).

Tratamentos	Médias
Lâmina B (T2)	1,651 b
Lâmina A (T1)	2,157 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Fonte: o autor

A lâmina dianteira desenvolvida apresentou maior compactação (MPa) quando comparada a lâmina traseira comum, sendo mais eficaz na compactação da silagem na pesquisa realizada. O resultado se deve, possivelmente pelo formato retangular, comprimento e altura com treze chapas na vertical e dezoito chapas na horizontal compondo a parte interna, ou seja, a área, os 3 metros da base e 1,5 metros de altura, que faz com que a silagem, mesmo sendo um grande volume, fique apenas na frente, impedindo que a massa ultrapasse os limites da lâmina e volte a ficar no mesmo local, sem ser distribuída.

Com desenvolvimento da lâmina possibilitou-se distribuir elevada quantidade de silagem em uma reta linear prolongada, distribuindo a massa ensilada por todo o silo, levando a formação de camadas uniformes e com espessura adequada, entre 20 e 30 cm. A distribuição realizada em camadas de maneira correta permitiu que a compactação expulse o ar contido na massa de forma mais eficiente, levando a formação de silagem de milho mais compactada.

Velho et al (2007) abordou que a maior compactação permite menor proteólise na silagem, aspecto que favorece a aceitabilidade e o consumo animal. O aumento da compactação favorece a ensilagem quando a forragem possui tamanho de partícula elevado (AMARAL et al., 2007). A densidade das partículas é uma característica física que está diretamente associada ao tipo de fermentação e compactação da massa ensilada (SILVA et al., 2015). Neumann et al (2007) afirmaram que o tempo de aerobiose é diminuído pela compactação, pois induz a menor concentração de oxigênio no meio.

Segundo Santos et al (2010) a maior compactação propicia processo fermentativo favorável, por promover a queda mais rápida do pH do material ensilado e menores perdas físicas na desensilagem. A fermentação da silagem é afetada positivamente pelo aumento da pressão de compactação (TORUK et al., 2010). O processo mais importante na produção de silagem é a compactação. Sendo necessário para elevar a densidade e remover o oxigênio do interior da silagem (TAN; DALMIS, 2017). A utilização de técnica, como aplicação de aditivos são utilizadas para proporcionar uma melhor fermentação, porém o tamanho de partícula e compactação do silo podem influenciar mais no perfil de fermentação (TAVARES et al., 2009).

Muck et al (2004) afirmaram que a compactação tem sua eficiência afetada pelo equipamento utilizado, pela espessura da camada e número de camadas. A pressão aplicada, tempo de pressão de compressão e a experiência do operador influenciam na compactação, que afeta diretamente a fermentação da silagem (TAN et al., 2018). Segundo Ribeiro et al (2009) procedimentos como melhor compactação restringem a ação de microrganismos que resulta em aumento do coeficiente fermentativo.

Segundo Sucu et al (2016) no processo de enchimento dos silos, a atenção está em fazer com que a densidade seja elevada e a porosidade baixa, quanto mais compactada for a silagem menor serão as perdas por efluentes. Silos com maior densidade apresentam menor concentração de oxigênio, esta eficiente remoção do oxigênio é a principal característica para a rápida fermentação permitindo a fermentação ideal da silagem (NEUMANN et al., 2009).

Silva et al (2011), obtiveram um valor de 1,23 MPa de resistência da massa ensilada a penetração, com a utilização do penetrômetro na avaliação da compactação. Resultado próximo foi obtido na realização desta pesquisa, quando se utilizou a lâmina traseira, com o valor de 1,65 MPa. Com a utilização da lâmina dianteira desenvolvida, observou-se um valor de 2,15 MPa se diferenciando dos resultados anteriores pela maior resistência da massa ensilada a penetração, afirmando a melhor compactação da lâmina desenvolvida, podendo ser recomendada e utilizada por produtores na produção da silagem de milho.

## **6- CONCLUSÃO**

Foi possível concluir nesta pesquisa que a lâmina dianteira desenvolvida apresentou maior compactação da silagem de milho quando comparada a lâmina traseira comum e, assim,

de acordo com a eficiência desta lâmina, será possível ajudar o produtor em obter uma silagem de boa qualidade em termos de compactação.

## 7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.3, p.532-539, 2007.
- BARRETA, D. A. A importância da compactação na silagem de milho. **Folha agrícola**, 2016. Disponível em: <<http://folhaagricola.com.br/artigo/a-importancia-da-compactacao-nasilagemde-milho-por-daniel-barreta>>. Acesso em: 27 mar. 2020.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO. NR 31- Segurança e saúde do trabalhador na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr31.htm>>. Acesso em: 31 mar. 2020.
- EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. **Silagem**: do cultivo ao silo. Lavras: UFLA, 2002. 212 p.2 ed.
- FERNANDES, A. Ficha técnica 29 Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Primeira edição agosto de 1998. Edição on-line 2007. Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/material/Portilho32wf.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2020.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, MG: UFLA, v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- FREIXIAL, R.; ALPENDRE, P. **Conservação de Forragens Grandes Fardos Cilíndricos e Paralelepípedicos**. ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE PARTAMENTO DE FITOTECNIA. Universidade de Évora, 2013.
- GODOI, C. R. e SILVA, E. F. P. **Silagem de milho como opção de volumoso aos ruminantes**. PUBVET, Londrina, v.4, n.14, ed.119, art.808, 2010.
- LANES, E.C; SILVEIRA NETA, J.J. Como reduzir perdas durante o processo de ensilagem do milho. **Revista cultivar**, 2018. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/como-reduzir-perdas-durante-o-processodeensilagem-do-milho>>. Acesso em: 26 mar. 2020.
- LOPES, E. S. **Ergonomia aplicada em maquinário agrícola e florestal**. Mundo HUSQVARNA, 2016. Disponível em:<<http://www.mundohusqvarna.com.br/coluna/ergonomia-aplicada-em-maquinario-agricolaeflorestal/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.
- LUGÃO, S. M. B.; BETT, V.; MORO, V.; LANÇANOVA, J. A. C. Silagem de milho de planta inteira. In: KIYOTA, N.; VIEIRA, J. A.N.; YAGI, R.; LUGÃO, S. M. B. **Silagem de milho na atividade leiteira do sudoeste do Paraná**: do manejo do solo e de seus nutrientes à ensilagem de planta inteira e grãos úmidos. Londrina: IAPAR, p.47-42, 2011.

MUCK, R. E., SAVOIE, P., HOLMES, B. J. Laboratory assessment of bunker silo density, part I: alfalfa and grass. **Appl. Eng. in Agricul.** 20, p. 157-164, 2004.

NEUMANN, M., RESTLE, J., MÜHLBACH, P. R. F., NÖRNBERG, J., ROMANO, M. A., & LUSTOSA, S. Comportamento ingestivo e de atividades de novilhos confinados com silagens de milho de diferentes tamanhos de partícula e alturas de colheita. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.2, p.462- 473, 2009.

NEUMANN, M.; MUHLBACH, P. R. F.; NORBERG, J. L.; RESTLE, J.; OST, P. R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.5, 2007.

OLIVEIRA, A. F. **Ergonomia**: conceito, tipos e benefícios. Blog da Beecorp. 2017. Disponível em: < <https://beecorp.com.br/blog/conheca-os-tipos-de-ergonomia/>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, n.39, p. 61-67, 2010.

OLIVEIRA, L. de P. Protótipo da lâmina vista frontal. Fazenda Retiro, Santana da Vargem, MG. 2020a. 1 des. tec. color., 14 X 9 cm.

OLIVEIRA, L. de P. Protótipo da lâmina vista lateral. Fazenda Retiro, Santana da Vargem, MG. 2020b.1 des. tec. color., 16 X 9 cm.

OLIVEIRA, L. de P. Protótipo da lâmina vista superior. Fazenda Retiro, Santana da Vargem, MG. 2020c.1 des. tec. color., 16 X 14,5 cm.

OLIVEIRA, P. S. D'; OLIVEIRA, J. S; **Produção silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2014.10p.(Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 74).

PAULA, R. Colheita de milho para silagem de planta inteira com ensiladeiras automotrizes. Agronegócio em foco, 2017. Disponível em: < <http://www.pioneersementes.com.br/blog/171/colheita-de-milho-para-silagem-deplanta-inteira-com-ensiladeiras-automotrizes>>. Acesso em: 28 mar. 2020.

PAULA, R. **Silagem de milho**: fase da nutrição. Agronegócio em foco, 2017. Disponível em:< <http://www.pioneersementes.com.br/blog/153/silagem-de-milho-fase-da-nutricao>>. Acesso em: 26 mar. 2020.

RAMOS, F. J. G. Remolque salto carga dores y cosechadoras de forraje. **Revista Vida Rural**. n.208, p.7681,2005. Disponível em: < [http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_vrural%5CVrural\\_2005\\_208\\_76\\_81.pdf](http://www.mapa.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural%5CVrural_2005_208_76_81.pdf) >. Acesso em: 28 mar. 2020.

RODRIGUES, D. C. Especial máquina para silagem. In: **Revista AG: A Revista do Criador**. ed. 184. 2015.

- SANTOS, M. V. F.; GÓMEZ CASTRO, A. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, Pernanbuco, v.59, p.25-43, 2010.
- SCHLOSSER, J. F.; DORNELLES, M. E.; PINHEIRO, E. D.; DURIGON, R.; RUSSINI, A. Uniformidade de picado processado por colhedora de forragem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n.2, p. 299-306, 2010.
- SHINNERS, K. J.; HOLMES, B. J. **Making Sure Your Kernel Processor Is Doing its Job in Focus on Forage**. University of Wisconsin Board of Regents v.15, n.4, p.1-3., 2013.
- SILVA, M. S. J. D., JOBIM, C. C., POPPI, E. C., TRES, T. T., & OSMARI, M. P. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil., **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.44, n.9, p.303-313, 2015.
- SILVA, M. S.; JOBIM, C. C.; TORMENTA, C. A.; CALISTO JUNIOR, M.; SORIANE FILHO, J. L.; ROMAM, J. Determinação da massa específica da silagem de milho por método indireto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.9, p. 1622-1625, 2011.
- RIBEIRO, J. L., NUSSIO, L. G., MOURÃO, G. B., QUEIROZ, O. C. M., SANTOS, M. C., SCHMIDT, P. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n.2, p.230- 239, 2009.
- RIO, N. Assessing the Feed Value of your Corn Silage. **Veterinary Medicine Teaching and Research Center**, University of California Cooperative Extension. Tulare, CA.
- SUCU, E., KALKAN, H., CANBOLAT, O., FILYA, I. Effects of ensiling density on nutritive value of maize and sorghum silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.45, n.10 p.596-603, 2016.
- TAN, F., DALMIS, I. S., KOC, F. Effects of compaction pressure on silage fermentation in bunker silo. **Agronomy Research** v.15, p.298-306, 2017
- TAN, F., KAYISOGLU, B., OKUR, E. Effects of compaction pressure on the temperature distribution in bunker type silage silo. **Ind. J. of An. Sciences** v.88, p. 116-120; 2018
- TAVARES, V. B., PINTO, J. C., EVANGELISTA, A. R., FIGUEIREDO, H. C. P., ÁVILA, C. L. S., LIMA, R. F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurhecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia., **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.1, p.40-49, 2009.
- TORUK, F., GONULOL, E., KAYISOGLU, B., KOC, F. Effects of compaction and maturity stages on sunflower silage quality. **Af. J. of Agri. Research** v.5, p.05- 59, 2010.
- VELHO, J. P.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J. L.; VELHO, I. M. P. H.; GENRO, T. C. M.; KESSLER, J. D. Composição bromatológica de silagem de milho produzidas com diferentes densidades de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, no.5, p.1532-1538, 2007.
- VILELA, D. Sistemas de conservação de forragem. **Silagem**. Coronel Pacheco: EMBRAPA CNPGL. 1985

