

GABRIELA LIONÇO ZEFERINO

**ANÁLISE DE CULTIVARES DE SORGO PARA EXTRAÇÃO DE
ETANOL E PRODUÇÃO DE SILAGEM**

**CASCVEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2015**

GABRIELA LIONÇO ZEFERINO

**ANÁLISE DE CULTIVARES DE SORGO PARA EXTRAÇÃO DE
ETANOL E PRODUÇÃO DE SILAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura.

Orientador: Dr. **Armin Feiden**

CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central do Campus de Cascavel – Unioeste
Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Bejio – CRB 9ª/965

Z48a Zeferino, Gabriela Lionço
Análise de cultivares de sorgo para extração de etanol e produção de silagem./Gabriela Lionço Zeferino. Cascavel, 2015.
58 p.

Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura

1. Sorgo. 2. Silagem. 3. Etanol. I. Feiden, Armin. II. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. III. Título.

CDD 21.ed. 633.62

GABRIELA LIONÇO ZEFERINO

**“ANÁLISE DE CULTIVARES DE SORGO PARA EXTRAÇÃO DE
ETANOL E PRODUÇÃO DE SILAGEM”.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, aprovada pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador: 
Prof. Dr. Armin Feiden
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Nardel Luiz Soares da Silva
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Marechal
Cândido Rondon


Prof. Dr. Pedro Celso Soares da Silva
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR/ Pato Branco

Cascavel, 27 de fevereiro de 2015.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ter estado sempre presente em minha vida, dando-me força e me guiando nas dificuldades.

A minha família, em especial minha mãe Rose, minha tia Vânia, minha irmã Cristiane pelo amor, confiança e incentivo, minha avó Alice pelas orações e ao Francisco pela força.

Ao meu orientador, Dr. Amin Feiden, o qual me conduziu ao desenvolvimento do trabalho.

A professora Dr. Maximiliane A. Zambom e aos estagiários Luana e Jonas do laboratório de Nutrição Animal.

Ao meu colega de mestrado Lincon Gerek pela colaboração na condução do experimento.

Agradeço a todos os professores do Mestrado em Energia na Agricultura.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta para que este trabalho se realizasse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de sorgo nos maiores produtores mundiais, entre 2010 e 2013.....	5
Figura 2 - Refratômetro de grau Brix de campo.....	19
Figura 3 – Área do experimento.....	20
Figura 4 - Moenda de cana com motor monofásico	21
Figura 5 - Ebulliômetro	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – - Análise da temperatura e precipitação pluvial durante a condução do experimento	17
Tabela 2 –Resultados das análises química e granulométrica do solo, anterior à instalação do experimento	17
Tabela 3 – Avaliação da produção de biomassa de cada cultivar.....	30
Tabela 4 - Avaliação das Frações Líquida e Sólida Obtidas por Prensagem da Biomassa Produzida.....	31
Tabela 5 - Produção de Caldo, ° Brix, Produção de Etanol e de Açúcar das Cultivares de Sorgo em Estudo.....	32
Tabela 6 - Valores matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) em silagem de sorgo com planta inteira e do bagaço.....	34
Tabela 7 - Valores de carboidratos totais (CT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (HEM) em silagem de sorgo com planta inteira e bagaço.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EE	Extrato Etéreo
Cfa	Clima subtropical úmido
CHT	Carboidratos Totais
DIPAP	Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento Rural
FDA	Fibra Detergente Ácido
FDN	Fibra Detergente Neutro
HEM	Hemicelulose
LAMNET	Latin America Thematic Netwok on Bioenergy
MM	Matéria mineral ou cinzas
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
NNP	Nitrogênio não protéico
PB	Proteína Bruta
USDA	Foreign Agriculture Service, Production, Supply, and Distribution Database
UFPR	Universidade Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
$\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$	Centimol de carga por decímetro cúbico de solo
CTC	Capacidade de troca de cátions
g kg^{-1}	Gramas por quilograma
$^{\circ}\text{GL}$	Graduação alcoólica
H	Hidrogênio
K	Potássio
L	Litro
Mg	Manganês
mm	Milímetro
MO	Matéria orgânica
Pl/ha	Plantas por hectare
t/ha	Toneladas por hectare
P	Fosforo
pH	Potencial hidrogeniônico
SB	Soma de bases
V	Saturação por bases

ZEFERINO, Gabriela Lionço. M.Sc. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2015. **Análise de Cultivares de Sorgo para extração de etanol e produção de silagem.**
Orientador: Prof. Dr. Armin Feiden.

RESUMO

Quatro cultivares de sorgo foram avaliados para produção de silagem e etanol, sendo dois híbridos sacarino Sugargraze e AVD 2010, um forrageiro varietal o Formos e o BRS 506 sacarino varietal. Para análise das características bromatológica foi utilizado delineamento inteiramente casualizado. Para comparação de médias utilizou-se o teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$). Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a produção de biomassa, avaliar as frações sólida e líquida produção de etanol e açúcar, silagem da planta inteira e bagaço. A partir das análises bromatológica dos cultivares, pode-se obter os resultados de matéria seca, matéria orgânica, carboidratos totais, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose. Para o sorgo híbrido Sugargraze, tanto a produção de biomassa, as frações sólida e líquida produção de etanol e açúcar, silagem da planta inteira e bagaço se destacou dentre as demais cultivares. A composição bromatológica das cultivares de sorgo, avaliando a planta inteira e bagaço para silagem, indica que não há diferença, podendo utilizar tanto uma quanto outra para silagem.

PALAVRAS-CHAVE: sorgo, silagem, etanol.

ZEFERINO, Gabriela Lionço. M.Sc. State University of West of Paraná, February of 2015.
Sorghum Cultivars analysis for ethanol extraction and production of silage. Adviser:
Prof. Dr. Armin Feiden.

ABSTRACT

Four sorghum cultivars were evaluated for silage production and ethanol, two hybrid saccharine Sugargraze and ADV 2010 a varietal feed the Formoso and the BRS 506 varietal saccharine. To analyze the chemical characteristics was used completely randomized design. To compare the means used the Shapiro-Wilk test ($P < 0.05$). In this context, the objectives of this study were to evaluate biomass production, evaluate the solid fractions and net production of ethanol and sugar, silage and mulch the entire plant. From the chemical analysis of cultivars, one can get the results of dry matter, organic matter, total carbohydrates, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and hemicellulose. For hybrid sorghum Sugargraze, both the production of biomass, solid fractions and net production of ethanol and sugar, whole plant silage and bagasse stood out among the other cultivars. The chemical composition of sorghum cultivars, evaluating the whole plant and bagasse for silage, indicates that there is no difference, can use as both a one for silage.

KEYWORDS: sorghum, silage, ethanol.

INDICE

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo geral.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Cultura do sorgo	4
2.1.1 Cultivares de Sorgo	5
2.1.1.1 Sorgo Granífero.....	5
2.1.1.2 Sorgo Sacarino.....	6
2.1.1.3 Sorgo Vassoura.....	7
2.1.1.4 Sorgo Forrageiro	7
2.2 Sorgo no Brasil.....	8
2.3 Produção de Etanol	9
2.4 Produção de Silagem	10
2.5 Análises Bromatológicas	12
2.5.1 Matéria seca	13
2.5.2 Matéria mineral ou cinzas	13
2.5.3 Matéria orgânica.....	13
2.5.4 Proteína bruta	14
2.5.5 Extrato Etéreo.....	14
2.5.6 Carboidratos totais.....	15
2.5.7 Fibra em detergente neutro	15
2.5.8 Fibra em detergente ácido	15

2.5.9	Hemicelulose	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	Local do Estudo	17
3.2	Caracterização da área de estudo	17
3.3	Cultivares utilizadas no estudo.....	18
3.3.1	Sorgo Sacarino ADV 2010	18
3.3.2	Sorgo Sacarino Sugargraze.....	18
3.3.3	Sorgo Sacarino BRS 506	18
3.3.4	Sorgo Forrageiro Formoso	18
3.4	Colheita.....	19
3.5	Instalação e condução do experimento	19
3.6	Obtenção do Etanol	20
3.6.1	Caracterização do Caldo.....	20
3.6.2	Padronização de teor de sólidos solúveis	21
3.6.3	Microrganismo utilizado	21
3.6.4	Isolamento do microorganismo	22
3.6.5	Fermentação.....	22
3.6.6	Teor alcoólico	22
3.7	Obtenção de Silagem	23
3.8	Análise químico-bromatológica.....	23
3.8.1	Teor de Matéria Seca	24
3.8.2	Teor de Matéria Mineral	24
3.8.3	Teor de Matéria Orgânica	25
3.8.4	Teor de Proteína Bruta	25
3.8.5	Teor de Extrato Etéreo.....	26
3.8.6	Teor de Hemicelulose	27
3.8.7	Fibra Detergente Ácido	27

3.8.8	Fibra Detergente Neutro	28
3.8.9	Teor de Carboidratos Totais	29
3.9	Delineamento experimental e análise estatística.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1	Avaliação da produção da biomassa de cada cultivar.....	30
4.2	Avaliação das Frações Líquida e Sólida Obtidas por Prensagem da Biomassa Produzida	31
4.3	Produção de Etanol e Estimativa da Produção de Açúcar por Hectare	32
4.4	Análise Bromatológica	33
5	CONCLUSÃO.....	38
6	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O sorgo apresenta múltiplos usos, principalmente para a produção de forragem e de grãos e, mais recentemente, tem sido avaliada sua importância estratégica dentro da matriz energética brasileira para produção de etanol durante a entre safra da cana de açúcar. Sua alta tolerância ao estresse hídrico tem sido a principal razão para o aumento da área plantada com este cereal, principalmente na segunda safra ou safrinha.

A combinação do processo de extração de etanol e uso posterior do bagaço do sorgo para produção de silagem torna-se uma opção de geração de renda aos agricultores e garantia da alimentação dos rebanhos, através do total aproveitamento desta gramínea.

A proposta de geração de energias renováveis tem sido uma preocupação de pesquisadores nacionais. As pesquisas de produção de etanol a partir de diversas fontes tem sido objeto de pesquisas e vem apresentando crescente relevância junto às universidades.

O sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) é uma gramínea de origem africana e asiática, introduzida no Brasil no início do século XX, que vem sendo utilizada tanto para produção de grãos como para produção de forragem. É o quinto cereal mais importante no mundo, precedido pelo trigo, arroz, milho e cevada, sendo utilizado como principal fonte de alimento em grande parte dos países da África, Sul da Ásia e América Central e importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul (ZAGO, 1991; SANTOS, 2003).

Nos últimos anos a cultura do sorgo no Brasil, apresentou expressiva expansão, chegando a ser colhida na safra 2012/2013 uma área de 785,1 mil hectares com uma produção de grãos de 2,2 milhões toneladas (CONAB, 2013). Do ponto de vista agrônomico, este crescimento é explicado, principalmente, pelo alto potencial de produção de grãos e matéria seca da cultura, além de sua extraordinária capacidade de suportar estresses ambientais. Deste modo, a cultura do sorgo tem sido uma excelente opção para produção de grãos e forragem em todas as situações em que a deficiência hídrica e as condições de baixa fertilidade dos solos oferecem maiores riscos para outras culturas, notadamente o milho.

Considerado uma cultura de alta qualidade energética, o sorgo, juntamente com a cana de açúcar, se adequam à produção de biocombustíveis, tendo pleno aproveitamento de todas as partes da planta (colmos, grãos e parte aérea). Por possuir porte alto e grande quantidade de açúcares em seus colmos (12 a 18% de grau Brix), o sorgo sacarino tem sido utilizado para suprir o déficit da produção de etanol e ociosidade das indústrias nas

entressafras da cana de açúcar, que é tradicionalmente empregada na produção de etanol (MAY et al., 2012).

Adicionalmente o sorgo, representa uma cultura importante no sistema de rotação de culturas e produção de biomassa no sistema de plantio direto, dado o seu denso e dinâmico sistema radicular, capaz de descompactar o solo e movimentar os nutrientes nas diferentes camadas do solo (LANDAU e GUIMARÃES, 2010).

Dentro do contexto da agropecuária, a cultura do sorgo para produção de silagem tem se mostrado como uma alternativa viável aos produtores rurais, principalmente por possuir alta digestibilidade e produtividade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Realizar análise comparativa da viabilidade de cultivares de sorgo para produção de etanol e silagem

1.1.2 Objetivos específicos

1. Realizar o cultivo de campos experimentais de quatro cultivares de sorgo (dois sacarinos híbridos, um sacarino varietal e um forrageiro varietal) e avaliar a produção de biomassa de cada cultivar;
2. Realizar a prensagem da biomassa produzida, com avaliação das frações líquida e sólida produzidas;
3. Avaliar a capacidade de produção de etanol da fração líquida de cada uma das cultivares;
4. Ensilar a fração sólida de cada cultivar e avaliar a composição bromatológica da silagem produzida;

Para levar a efeito os objetivos propostos, estruturou-se a presente dissertação em 5 tópicos. O capítulo inicial procede a apresentação do tema, objetivos, justificativa e contexto deste estudo. No tópico dois desenvolveu-se a revisão bibliográfica que contempla a cultura e cultivares de sorgo, aspectos relevantes da produção deste cereal e sua transformação em etanol. Na sequência apresentam-se os materiais e método de realização deste experimento. O tópico quatro é constituído com a explanação dos resultados e respectivas discussões. As conclusões deste estudo compõem o tópico 5. Encerra-se este documento com as referências e anexos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura do sorgo

O sorgo originou-se no quadrante Noroeste da África onde se encontra, atualmente, sua maior variabilidade em espécies silvestres e cultivadas. Possivelmente o sorgo foi domesticado na Etiópia há 7.000 anos, pela seleção de espécies silvestres (*Sorghum arundinaceum* ou *Sorghum verticilliflorum*) e distribuído por rotas de comércio por toda a África, e do Oriente Médio à Índia há cerca de 3000 anos. Da Índia, o sorgo alcançou a China pela rota da seda no século III D.C. (SANTOS et al., 2005).

Nas Américas, as primeiras introduções ocorreram no Caribe, pelos comerciantes de escravos africanos, e alcançou os EUA por volta da metade do século XIX. No Brasil, o sorgo foi introduzido, sendo considerado significativamente comercial, a partir da década de 1970 (RIBAS, 2003).

O sorgo é o quinto cereal mais importante do mundo, base alimentar de mais de 500 milhões de pessoas em mais de 30 países. Os grãos são amplamente utilizados na alimentação humana em países da África e Ásia, sendo no Ocidente utilizado na alimentação animal e na elaboração de xarope, álcool e açúcar (LIMA, 1998).

A partir da estimativa apresentada pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – USDA, a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2014) reitera a expectativa de crescimento da produção de sorgo, passando de 52 milhões de toneladas para 61,558 milhões de toneladas, ou seja, quase que a mesma magnitude do crescimento do consumo total (cerca de 20%).

Apesar da possível redução de preços, há uma clara tendência de crescimento dos estoques. Segundo a CONAB (2014), os Estados Unidos estimam uma produção recorde de sorgo para a safra 2014/15, superando a quantidade produzida na safra 2009/10 e quase chegando aos 10 milhões de toneladas, conforme apresentado na Figura 1.

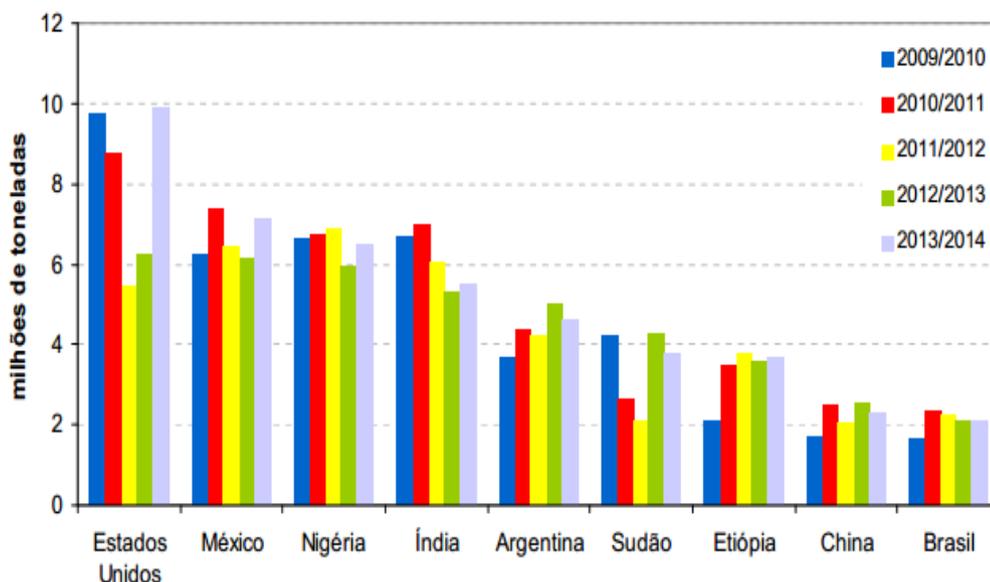


Figura 1 - Produção de sorgo nos maiores produtores mundiais, entre 2010 e 2013.
Fonte: CONAB (2014)

A produção norte-americana é seguida pela mexicana, que produziu pouco mais de seis milhões de toneladas em 2013 e quase igualando à produção dos EUA. O terceiro maior produtor mundial do grão é a Nigéria, que sofreu com problema de seca na safra passada e deve recuperar um pouco a produção, mas continuar abaixo do que foi produzido no início da década. A Índia que já foi a maior produtora mundial de sorgo viu mais uma vez sua produção cair, ficando em cerca de 5,3 milhões toneladas na safra passada, e prevista em 5,5 milhão para a safra atual. O Brasil é o nono no ranking e é o maior produtor na América do Sul (CONAB, 2014).

2.1.1 Cultivares de Sorgo

2.1.1.1 Sorgo Granífero

Sorgo granífero é o que tem maior expressão econômica no Brasil, tendo como características porte baixo, com altura entre 0,8 e 1,2 m, que produz na extremidade superior, uma panícula (cacho) compacta de grãos. Nesse tipo de sorgo o produto principal é o grão.

Todavia, após a colheita, como o resto da planta ainda se encontra verde, pode ser usada também como feno ou pastejo (SILVA et al., 2010).

O rendimento médio no Brasil na safra 2010/2011 foi de 2,5 t/ha, entretanto, o potencial de rendimento em grãos, normalmente, pode ultrapassar 10 t /ha e 7 t/ha, em condições favoráveis no verão e em plantios de sucessão, respectivamente. Entretanto, as condições em que predominantemente o sorgo granífero é cultivado, não possibilitam a expressão de todo seu potencial. É utilizado como ração para suínos, aves e bovinos. Além disso, é possível produzir farinha a partir do cereal. Mesmo com a produção do etanol, depois de retirado o líquido, o grão restante do processo fermentativo ainda pode ser reaproveitado para a produção de ração animal (EMBRAPA MILHO E SORGO, 20011; SILVA et al., 2010).

2.1.1.2 Sorgo Sacarino

De acordo com Emygdio (2009) o sorgo sacarino, originário do Sudão, é uma cultura rústica com aptidão para cultivo em áreas tropicais, subtropicais e temperadas. Apresenta ampla adaptabilidade, tolerância a estresses abióticos e pode ser cultivado em diferentes tipos de solos. Recebe especial destaque dentre as diversas matérias-primas renováveis disponíveis para produção de etanol.

Segundo CERES (2010) o sorgo sacarino é a única cultura que fornece grãos (ricos em amido) e colmos que podem chegar a cinco metros de altura e podem ser utilizados como substrato para a produção de álcool, xarope, forragem e combustível. Com o uso de sementes, o sorgo pode ser plantado em rotação com outros cultivos anuais, complementando a produção de matéria-prima e potencialmente semeados em áreas não cultivadas, assim como em terras onde a cana não se adapta bem.

O sorgo sacarino apresenta colmos com altos teores de açúcares fermentáveis, e possibilita que seja cultivado inclusive em áreas de reforma de canaviais. Trata-se de uma espécie de ciclo curto, aproximadamente 120 dias, totalmente mecanizável, propagada por sementes, tratos culturais e colheita, alta produtividade de biomassa de matéria verde, valores entre 60 e 80 t ha⁻¹, e altos rendimentos de etanol, de 3.000 a 6.000 l ha⁻¹. Por esses motivos, o sorgo sacarino está anualmente apresentando crescimento de área plantada, com grande destaque para propriedades pertencentes às indústrias sucroalcooleiras (MAGALHÃES e DURÃES, 2003).

Atualmente, o sorgo sacarino já é fonte de produção de etanol em países como Índia, China, Austrália e África do Sul. Considerado a “cana-de-açúcar” do meio oeste americano, o sorgo sacarino é hoje umas das apostas americanas para substituir o milho na produção de etanol. A Europa realiza projetos para a produção do etanol a partir do sorgo em diversos países tais como: Grécia, Espanha, Reino Unido, Portugal, Itália, Alemanha visando o cumprimento da diretriz da comunidade europeia de redução na utilização de combustíveis fósseis (LAMNET, 2002).

2.1.1.3 Sorgo Vassoura

O sorgo vassoura apresenta uma importância regionalizada, sendo o Rio Grande do Sul um dos destaques. Sua panícula, que origina a palha, é utilizada para a confecção da “vassoura de sorgo”, conhecida no estado de São Paulo como “vassoura caipira”. Segundo produtores da região de Tietê, SP, são cultivadas de 8 a 12 plantas por metro linear com uma produtividade que varia de 500 a 900 kg ha⁻¹ de palha seca (FOLTRAN, 2012).

2.1.1.4 Sorgo Forrageiro

Compreende um tipo de sorgo de porte alto, com altura de planta superior a dois metros, muitas folhas, elevada produção de forragem. Pode ser chamado também de silageiro pelo fato da sua aptidão ser principalmente para silagem (DIPAP, 2010). No que diz respeito ao consumo deste tipo de sorgo, este é quase que completamente feito na propriedade. Tanto os percentuais de consumo e estocagem relacionados ao número de estabelecimentos quanto esses percentuais relacionados à produção e à área colhida com esse tipo de sorgo indicam que mais de 97% do consumo é realizado na propriedade.

Observa-se que a prática de comercialização de forragem e/ou silagem ainda não é difundida entre os produtores de sorgo forrageiro, e que há uma integração entre as atividades do produtor pecuarista com a produção vegetal. Outra indicação está relacionada ao custo de transporte, a partir da produção de sorgo forrageiro, que não deve ser compensador para quem compra e quem vende esse produto. Neste caso, observa-se que a produção de forragem de sorgo é mais eficiente quando realizada por quem irá usá-la, com produtividade de 16.053

kg/há (massa seca), do que quando essa produção é realizada com intenções de ser comercializada (DUARTE, 2003).

O segmento de produção de forragem de sorgo tem apelos fortes no setor agropecuário, dadas às qualidades nutricionais do sorgo quando comparada a outros volumosos menos nobres, pois, em termos nutricionais, o sorgo é semelhante ao milho, sendo menos eficiente apenas na oferta de energia para os animais (DUARTE, 2003).

2.2 Sorgo no Brasil

A gramínea introduzida na África e nos Estados Unidos deram origem a cultivares forrageiras comerciais cujos nomes são lembrados pelos produtores como as cultivares Santa Eliza, Lavrense, Atlas e Sart (COELHO et al., 2008).

O sistema de produção e distribuição de sementes melhoradas teve desenvolvimento, entre fins dos anos 60 e começo dos 70, quando o setor privado entrou no agronegócio do sorgo. Neste momento que os híbridos de sorgo granífero de porte baixo recém-lançados na Argentina chegaram ao Brasil através da fronteira gaúcha com os países platinos. Neste período o Rio Grande do Sul tornou-se o maior produtor de grãos de sorgo do país, com destaque para o município de Bagé, na fronteira com o Uruguai, que chegou a plantar entre 20 e 25 mil hectares de sorgo (COELHO et al., 2008).

Os híbridos desenvolvidos pelo trabalho dos melhoristas e adaptados no Rio Grande do Sul, às condições da Pampa Argentina, chegaram a São Paulo, onde a cultura se expandiu para os estados centrais e durante os últimos 25 anos, o sorgo alternou crescimento e declínio de área plantada (COELHO et al., 2008).

Segundo a Conab (2013), percebe-se que a área plantada de sorgo está em queda nas regiões Sul e Nordeste e com crescimento da área plantada nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte.

No nordeste, a produção, no entanto, cai por mais um ano, devido à seca, derrubando a produtividade. As regiões Centro-Oeste e Sudeste também sofreram uma queda na quantidade produzida, ao passo que a região sul apenas se recuperou da forte seca de 2012, que fez com que a produtividade local caísse bastante em comparação a 2011 (CONAB, 2013).

O Estado de Goiás lidera a produção nacional com 977,8 mil toneladas, ou seja, crescimento de mais de 8% em relação à safra anterior, seguido por Minas Gerais (470,2 mil toneladas) e Mato Grosso (449,5 mil toneladas) (CONAB, 2013).

2.3 Produção de Etanol

De acordo com a EMBRAPA (2013), na entressafra da cultura de cana-de açúcar, a usina interrompe processamento de matéria-prima, deixando de produzir seus principais produtos, o etanol e o açúcar, mas os gastos fixos continuam, além de ser época de intensificar os investimentos em plantio e manutenção. Mas não é de hoje que se estudam alternativas para aproveitar os ativos da usina, parcialmente parados durante a entressafra, para gerar renda. Algumas companhias e produtores rurais têm investido no sorgo sacarino para viabilizar uma dualidade com a cana-de-açúcar, permitindo o funcionamento das unidades industriais ao longo de quase doze meses do ano.

O sorgo era um grão usado apenas como alimento para o gado (forrageiro) ou como matéria-prima para a produção de ração para aves e suínos (granífero). O sorgo forrageiro e o sorgo granífero somaram 882 mil hectares na safra 2011/12 (CONAB, 2012).

Desde 2008, o tipo sacarino, uma cultivar que possui taxas maiores de açúcar nos colmos, passou a ser testado como matéria-prima para a produção de etanol. O plantio decolou de três mil para 20 mil hectares, no ciclo 2011/12, e atingiu cerca de 100 mil em 2012/13 (EMBRAPA, 2012).

A participação do sorgo sacarino ainda é tímida diante do mercado brasileiro de etanol de cana-de-açúcar, com seus 27 bilhões de litros. A facilidade de mecanização da cultura, o alto teor de açúcares diretamente fermentáveis contidos no colmo, a elevada produção de biomassa e a antecipação da colheita com relação à cana-de-açúcar colocam o sorgo sacarino como uma excelente matéria-prima para produção de etanol (CERES, 2010).

Outra vantagem do sorgo em relação à cana-de-açúcar é o fato de apresentar ciclo curto, permitindo que a cultura seja estabelecida e colhida durante a entressafra da cana-de-açúcar, beneficiando a indústria alcooleira, que não ficaria sem matéria-prima para a produção de etanol nesse período. O sorgo ainda apresenta a vantagem de ser propagado via sementes e de ser mais eficiente no uso de insumos e de água que a cana-de-açúcar. Há ainda a possibilidade de aproveitamento dos co-produtos da produção do etanol, grãos e bagaço,

respectivamente, para produção de ração animal e uso direto na alimentação animal (EMYGDIO, 2010).

O sorgo sacarino é a espécie mais promissora para elevar a quantidade produzida de etanol anualmente no Brasil, de forma rápida e segura, uma vez que não há necessidade de mudanças estruturais e logísticas do parque industrial e operacional das usinas que o receberão. Os colmos de sorgo podem ser colhidos com a mesma colhedora da cana e a época de colheita ideal se dá justamente na entressafra de cana, ou seja, quando a produção de etanol por hectare é máxima no sorgo, a cana está muito abaixo do seu potencial máximo de produção (EMBRAPA, 2012).

2.4 Produção de Silagem

Segundo Oshima (1978) a silagem é resultante da fermentação anaeróbica de plantas forrageiras, pela ação de bactérias, que convertem açúcares em ácidos orgânicos, possuindo quantidades adequadas de massa seca. A fermentação provoca alterações na composição das frações nitrogenadas, reduz os teores de proteína e aumenta os aminoácidos livres. É um processo muito importante para conservação de plantas forrageiras para servir de alimento durante os períodos de escassez de forragens em todo o mundo. No Brasil, o uso da silagem é realizado em razão da produção irregular das plantas forrageiras durante a estação mais seca do ano.

Segundo Pedreira et al. (2003) a silagem de milho é considerada como padrão em função do seu valor nutritivo. Em contrapartida o sorgo apresenta-se como alternativa, possuindo produtividade e valor nutricional semelhante às silagens confeccionadas a partir da planta de milho.

Existe grande diversidade genética entre plantas, tanto de sorgo quanto de milho, comercializados no Brasil, o que permitiu o desenvolvimento de trabalhos de melhoramento que proporcionaram a obtenção de grande número de híbridos. Cada um desses materiais apresenta característica agrônômica e valor nutritivo diferente, com conseqüentes variações quanto à produtividade, padrões de fermentação e composição bromatológica, quando utilizado para silagens (MAGALHÃES et al., 2006; PEDREIRA et al., 2003),

A escolha de um híbrido para produção de silagem é realizada com base em parâmetros agrônômicos, tais como, alta produção de matéria verde, alta produção de grãos, resistência a pragas e a doenças, entre outros. Nesse processo de escolha, o valor nutritivo é

negligenciado, ocasionando a produção de silagens de baixo valor nutricional. Por outro lado, estudos comparativos entre cultivares conduzem à seleção de híbridos para silagens com valor nutritivo adequado, ao sistema de produção animal, com melhor relação entre produtividade da cultura e valor nutricional da silagem (MAGALHÃES et al., 2006).

Entre as recomendações para uma silagem de boa qualidade, McDonald et al. (1991) destacam: elevado conteúdo de matéria seca (superior a 25%) e conteúdo de carboidratos solúveis (maior que 5%).

O sorgo forrageiro é uma das plantas mais indicadas para produção de silagem, por apresentar elevado rendimento e características que favorecem o perfil de fermentação desejável, como adequados teores de matéria seca e de substratos fermentescíveis, além de baixo poder tampão (FERNANDES et al., 2009).

O cultivo e a ensilagem de sorgo têm grande importância na conservação de volumosos, cujo valor nutricional é função da qualidade do material utilizado, assim como das técnicas empregadas (MONTAGNER et al. 2005). O sorgo é uma planta adaptada ao processo de ensilagem, devido às suas características fenotípicas que determinam facilidade de plantio, manejo, colheita e armazenamento. Tudo isso leva à suposição de ser rentável o uso da silagem como sistema de alimentação.

Os grãos de sorgo, presente na panícula, apresentam valores nutricionais muito próximos ao do trigo e do milho, com a composição média de 70% de carboidratos, 12% de proteína, 3% de gordura, 2% de fibra e 1,5% de cinzas (RUSKIN et al., 1996).

Zanine et al. (2007) torna-se importante ressaltar a participação do componente colmo nas plantas, pois é onde está localizada a maior parte dos carboidratos solúveis.

O rendimento forrageiro do sorgo está relacionado com a altura de plantas, apresentando relação com as proporções de folhas, colmos e panículas. Zago (1992) ressalta que os sorgos mais altos apresentam maiores rendimentos de matéria seca, no entanto, devido a maior percentagem de colmos em relação às folhas e panículas, há o comprometimento do valor nutricional da forragem.

A caracterização agronômica e nutricional dos materiais genéticos disponíveis no mercado é de fundamental importância para se obter uma silagem de alta produção e com elevado valor nutritivo. Segundo Molina et al. (2000), o conhecimento do comportamento dos híbridos de sorgo no campo, do ponto ideal de ensilagem e do padrão de acúmulo de MS e proteína bruta (PB) é importante para a implantação definitiva da cultura do sorgo no país.

As silagens de sorgo e de milho atualmente constituem-se entre as principais fontes de volumosos de maior valor nutritivo e elevados rendimentos por unidade de área, de

aceitabilidade pelos animais e de fácil processo operacional para sua colheita e armazenagem. Demarchi et al. (1995) ressaltam, no entanto, que o valor nutritivo da silagem de sorgo equivale de 72 a 92% da silagem de milho. Entretanto, Gonçalves; Borges (1997), afirmam que o sorgo possui em média 90 a 95% do valor nutritivo do milho, tendo menor percentual de óleo e maior teor de proteína bruta, podendo apresentar-se de 1 a 2% superior.

Quanto à produção de matéria seca por hectare, vários estudos têm apontado grandes produções para o sorgo, tendo este, rendimentos aproximados à cultura do milho quando comparados os primeiros cortes. Quando se inclui a produção alcançada com o rebrote, que geralmente fica em torno de 60% do primeiro corte, o sorgo alcança produção superior por área (MAGALHÃES et al. 2003).

Brondani et al. (2000) ressaltam a necessidade de seleção de materiais que proporcionem alta produção de matéria seca, visando reduzir os custos de produção de silagem, porém consideram que estes materiais devam apresentar considerável valor nutritivo. No sorgo forrageiro, características agronômicas como a produção de matérias verde e seca, a altura da planta e a sobrevivência, são importantes na discriminação dos genótipos promissores e, assim, podem ser úteis nos programas de melhoramento genético da cultura. Neste caso, é preciso conhecer os parâmetros genéticos relativos a essas características e suas correlações, uma vez que o conhecimento da associação genética entre elas é de grande relevância, principalmente quando a seleção em uma característica apresenta dificuldades, em razão da baixa herdabilidade e, ou, apresenta problemas de medição e identificação (CRUZ et al. 2004).

2.5 Análises Bromatológicas

A análise bromatológica tem como principal objetivo à obtenção da composição química dos alimentos, ou seja, a determinação das frações nutritivas de um alimento. Estas frações são compostas essenciais para a manutenção da vida e são classificadas em água, proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais. As principais frações do alimento que devem ser obtidas em uma análise bromatológica são:

2.5.1 Matéria seca

Todos os alimentos, qualquer que seja o método de industrialização a que tenham sido submetidos, contêm água em maior ou menor proporção. A MS é toda fração do alimento excluída a água ou umidade natural. É um dado de extrema importância principalmente quando obtido de alimentos volumosos, que normalmente apresentam umidade variável. Assim, por exemplo, uma amostra de milho em grão que tenha 15% de umidade natural apresenta, por diferença, 85% de MS. O teor de umidade entre alimentos é muito variável (de 75% para gramíneas frescas, por exemplo, até 10% para farelos e fenos). Na MS é que estão contidos os nutrientes (carboidratos, proteínas, gorduras, minerais e vitaminas) (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Os resultados da análise química são apresentados com base na MS para permitir que diferentes alimentos sejam comparados quanto as suas características nutricionais, custo de nutrientes, etc., não levando em consideração a fração de água. A composição dos alimentos em tabelas, o cálculo das necessidades dos animais e o consumo de alimentos são expressos em porcentagem de MS (ANDRIGUETO et al., 1982).

2.5.2 Matéria mineral ou cinzas

A matéria mineral (MM) ou cinzas é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento da amostra seca em temperatura próxima a 550 °C - 570 °C. Nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra, pois alguns sais podem se perder por volatilização. Logo, a mesma amostra utilizada para determinação da MS pode ser levada ao forno mufla por no mínimo 3 horas (SILVA e QUEIROZ, 2002).

2.5.3 Matéria orgânica

Pela diferença entre o valor da MS e da MM, estima-se o teor de matéria orgânica (MO) da amostra (CAMPOS et al., 2004).

2.5.4 Proteína bruta

É determinada indiretamente a partir do valor de nitrogênio total (N), o qual é determinado por um método que se baseia em três etapas: digestão, destilação e titulação. A matéria orgânica existente na amostra é digerida com ácido sulfúrico e um catalizador para que o nitrogênio seja transformado em sal amoniacal (sulfato de amônio). A amostra digerida em ácido é resfriada, diluída em água destilada e alcalinizada com hidróxido de sódio em destilador do tipo Kjeldahl que condensa a amônia desprendida da amostra. A amônia é recuperada em uma solução de ácido bórico e titulada com ácido clorídrico padronizado. Após determinar o N, o teor de PB é estimado multiplicando-se pelo fator de conversão de 6,25, considerando-se que a proporção de N nas proteínas das plantas é igual a 16% (CAMPOS et al., 2004)

2.5.5 Extrato Etéreo

A fração extrato etéreo é composta por substâncias solúveis em solventes orgânicos (éter de petróleo, clorofórmio, benzeno), como por exemplo, gorduras, óleos, pigmentos, entre outros (SILVA e QUEIROZ, 2002).

A determinação desta fração se faz necessária devido à grande importância das gorduras e óleos, principalmente no que diz respeito ao valor energético dos alimentos para animais, já que estes são os componentes que mais fornecem energia às dietas. Essa determinação é importante também devido ao fato das gorduras e óleos serem rancificados com o tempo, fazendo com que o prazo de utilização dos ingredientes ricos dessas substâncias seja diminuído significativamente (MARQUES et al., 2009).

As técnicas mais utilizadas para determinação do extrato etéreo são: método à quente (Goldfish) e método à frio (Sohxlet), sendo o último o mais usualmente adotado em laboratório de análise de alimentos para animais. O equipamento consiste em um conjunto para aquecimento, evaporação e condensação do solvente que irá “lavar” a amostra que contém o material a ser extraído. Porém esta técnica apesar de ser uma das mais simples de se utilizar, não é a mais indicada para alimentos como sementes de oleaginosas, rações líquidas ou contendo produtos lácteos (SILVA e QUEIROZ, 2002).

A fração extrato etéreo geralmente interfere negativamente na determinação de outras frações como a fibra, já que o equipamento utilizado para a determinação desta é

susceptível ao entupimento devido ao excesso de óleo ou gordura das amostras. De acordo com a AOAC (1997), amostras com teor de extrato etéreo superior a 5% devem ser desengorduradas.

2.5.6 Carboidratos totais

Os carboidratos totais, em conformidade com suas taxas de degradação são classificados em fração A (açúcares solúveis), que é prontamente fermentada no rúmen; B1 (amido e pectina), que apresenta taxa intermediária de degradação; fração B2 (celulose e hemicelulose), correspondendo à fração lenta e potencialmente digerível da parede celular; e fração C, representada pela porção indigerível ao longo do trato gastrointestinal (SNIFFEN et al., 1992).

2.5.7 Fibra em detergente neutro

A célula vegetal é revestida por uma parede celular rígida composta basicamente por celulose, mas em células adultas esta parede sofre um espessamento que pode formar uma segunda parede composta por lignina e hemicelulose. O método de Van Soest consiste, inicialmente, em separar o conteúdo celular da parede celular (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Isto é feito aquecendo-se parte da amostra em solução de detergente neutro. O conteúdo celular solubiliza-se no detergente, enquanto a parede celular não, podendo ser separada por filtragem. As frações resultantes são denominadas de solúveis em detergente neutro, e são compostas por proteína, nitrogênio não protéico (NNP), lipídeos, pigmentos, açúcares, ácidos orgânicos e pectina, e FDN (constituída basicamente por celulose), N ligado à fibra, hemicelulose e lignina (SILVA; QUEIROZ, 2002).

2.5.8 Fibra em detergente ácido

Quando se utiliza solução de detergente ácido a celulose e a hemicelulose solubilizam-se e a lignina ligada à celulose (lignocelulose) que é separada por filtragem. As duas frações são denominadas, respectivamente, de solúveis em detergente ácido e FDA. A porção solúvel é integralmente aproveitada por ruminantes ou outros herbívoros e

parcialmente por monogástricos não herbívoros. A FDA é a porção menos digestível da parede celular das forrageiras pelos microrganismos do rúmen, constituída quase na sua totalidade por lignocelulose, ou seja, lignina e celulose (SILVA; QUEIROZ, 2002).

2.5.9 Hemicelulose

As polioses ou hemiceluloses constituem uma mistura de polissacarídeos de baixa massa molecular, associados á celulose e a lignina (SALMÉM et al.,1998). Algumas estão presentes anormalmente quando a planta está sob estresse. Além disso, as hemiceluloses variam qualitativa e quantitativamente com a espécie e entre indivíduos de uma mesma espécie (SJOSTROM, 1993).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do Estudo

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, situada no município de Marechal Cândido Rondon, Linha Guará, área rural, cujas coordenadas geográficas são: 24° 33' de latitude sul, 54° 31' de longitude oeste e altitude de 420 m.

3.2 Caracterização da área de estudo

O clima da região predominante é do tipo Cfa baseada na classificação climática de Koppen, sendo descrito como subtropical com chuvas distribuídas no ano e verões quentes, as temperaturas médias anuais são de 22 e 23°C e precipitação pluvial média para a região variando de 1600 a 1800 mm. A Tabela 1 apresenta a temperatura e a precipitação durante a instalação até a colheita da cultura do sorgo.

Tabela 1–Análise da temperatura e precipitação pluvial durante a condução do experimento

	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.
	2013		2014	
Temperatura do ar (°C)	24,4	26,3	26,9	30,5
Precipitação (mm)	143,4	93,4	169,8	0,0

O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 2013). A Tabela 2 fornece os dados referentes a análise do solo anterior a instalação do experimento

Tabela 2–Resultados das análises química e granulométrica do solo, anterior à instalação do experimento

pH	MO	P	K ⁺	Ca ⁺	Mg ²⁺	H + Al	CTC	SB	V	Areia	Silte	Argila
	g kg ⁻¹		cmol _c dm ⁻³				%		g kg ⁻¹			
4,47	25,9	0,10	0,16	4,67	1,15	5,42	11,4	5,98	52,46	43,82	314,68	641,5

3.3 Cultivares utilizadas no estudo

3.3.1 Sorgo Sacarino ADV 2010

Esta cultivar apresenta ciclo de 120 dias e população de 130 mil pl/ha. Necessita de dias curtos para florescer, pois é caracterizada como fotossensível. A altura máxima da planta é de 4m. Esta cultivar é amplamente utilizada na produção de etanol. Apresenta 16 °Brix (ADVANTA, 2015).

3.3.2 Sorgo Sacarino Sugargraze

Com um ciclo de 120 dias e uma população de 140 mil pl/ha, esta cultivar tem seu florescimento estimado em 65 dias e sua altura atinge apenas 2,7m. Bastante utilizada na produção de etanol. Apresenta 14-15 °Brix (ADVANTA, 2015).

3.3.3 Sorgo Sacarino BRS 506

A BRS 506 possui um ciclo de 120 a 130 dias altura máxima de 3 metros e sua população é estimada em 110 a 120 mil pl/ha. Apresenta gradação de 20,9 °Brix (EMBRAPA, 2015).

3.3.4 Sorgo Forrageiro Formoso

O ciclo deste cultivar é de 107-122 dias, uma população de 120 a 140 mil pp/ha e altura média da planta de 2,20-2,60 metros, com florescimento entre 68 a 76 dias. Bastante utilizada para silagem e palhada (EMBRAPA MILHO E SORGO, 2015).

Como características gerais destas cultivares, tem-se a alta rentabilidade de produção, quando comparadas à cana-de-açúcar, já que os colmos possuem alto teor de açúcares (15 - 20 °Brix) e atinge em um período de 120-130 dias a mesma quantidade de brix alcançada pela cana em um ano e meio. Apresentam ainda boa produção de grãos e silagem com alto padrão fermentativo. É uma cultura totalmente mecanizável, sendo que a semeadura é realizada com equipamentos já desenvolvidos para o cultivo de grãos e a colheita pode ser feita com a mesma colhedora da cana.

3.4 Colheita

Durante o desenvolvimento da cultura foi medido o teor de sacarose nos colmo por meio do aparelho Refratômetro de campo (marca TOKYO modelo 032 – Figura 2) que fornece diretamente a porcentagem de sólidos solúveis do caldo



Figura 2 - Refratômetro de grau Brix de campo.

3.5 Instalação e condução do experimento

A semeadura foi realizada no dia 2 de novembro de 2013, sendo as sementes distribuídas manualmente. Anterior a instalação da cultura realizou-se a análise de solo, porem não foi efetuado a correção do solo.

As parcelas foram constituídas de vinte linhas de semeadura do sorgo, com 9 m de comprimento e 13,3 m de largura, espaçadas 0,7 m entre si, 0,10 m entre plantas. Foram realizadas capinas manual, de modo a evitar a competição de plantas daninhas.

A colheita foi realizada de forma manual no dia 4 de março de 2014, a partir da determinação do ponto de corte. Foram coletadas seis amostras centrais de cada parcela, cada qual de 1 metro linear, eliminando as bordaduras, sendo os colmos cortados a 5 cm do solo. Após a colheita os materiais foram identificados conforme o número de amostras de cada parcela. A Figura 3 apresenta a área do experimento.

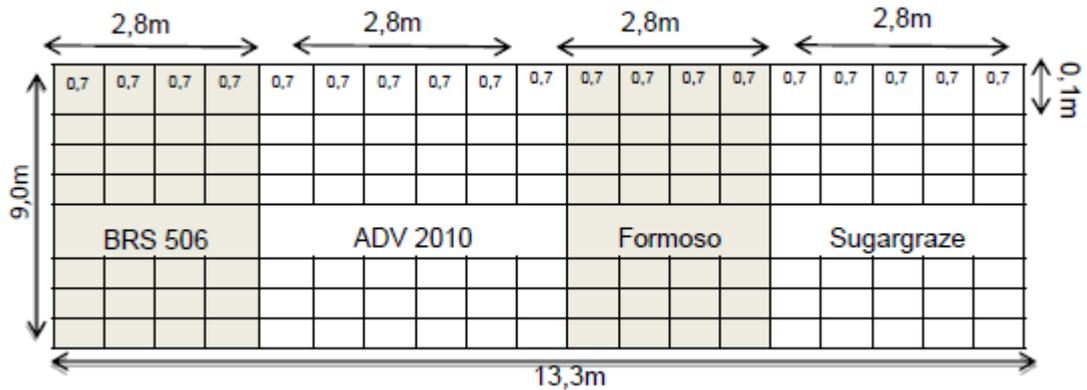


Figura 3 – Área do experimento.

3.6 Obtenção do Etanol

3.6.1 Caracterização do Caldo

Foram escolhidas, de forma aleatória, três amostras de cada parcela para extração do caldo.

O caldo foi obtido a partir da moagem da planta inteira (colmo, folhas e grãos), de coloração esverdeada, utilizando moenda de cana com motor monofásico (Figura 4), após extração, o caldo foi filtrado em peneira plástica comum de malha fina.



Figura 4- Moenda de cana com motor monofásico.

3.6.2 Padronização de teor de sólidos solúveis

Após a moagem foi determinado o teor de sólidos solúveis, observando variação entre as cultivares em estudos. Realizou-se uma padronização de 12 graus Brix para as amostras, para tal foi realizado o cálculo para determinar a quantidade de água a ser adicionada à mistura. Ao Sorgo Forrageiro Formoso adicionou-se 50% de água e ao Sorgo Sacarino BRS 506 adicionou-se 25% de água, padronizando assim o teor de grau Brix. Para o sorgo sacarino, observou que este estava apto a ser colhido com teores de ART superiores a 12,5%, valor este considerado como mínimo para que o sorgo sacarino seja processado (SCHAFFERT; PARRELLA, 2012).

3.6.3 Microrganismo utilizado

A levedura utilizada foi *Saccharomyces cerevisiae* isolada do fermento para panificação.

3.6.4 Isolamento do microorganismo

Um tablete do Fermento (15g) foi dividido em partes iguais e adicionado em doze garrafas pet de 500 ml. Para o Sorgo Sacarino Sugargraze e o Sorgo ADV, onde não ocorreu variação de grau Brix, a levedura foi adicionada a 500 ml de caldo. Para o Sorgo Forrageiro Formoso foi adicionado 250 ml de água em 250 ml de caldo e para o Sorgo Sacarino BRS 506 foi adicionado 125 ml de água em 375 ml de caldo onde ocorreu variação de grau Brix.

3.6.5 Fermentação

As garrafas foram acondicionadas em uma caixa de isopor, para evitar a incidência de luz que poderia inibir o processo de fermentação, por um período de 72 horas, até atingir teor de sólidos solúveis (grau Brix) para obtenção teor alcoólico das amostras.

3.6.6 Teor alcoólico

As amostras foram levadas ao laboratório de Tecnologia em Biocombustíveis da Universidade Federal do Paraná UFPR - Câmpus Palotina e verificado o grau Brix, posteriormente foi realizada a destilação através Ebulliômetro (Figura 5).

O ebulliômetro é um instrumento usado para quantificar o teor de álcool em soluções mistas álcool-água, por meio da diferença entre as temperaturas de ebulição da água pura e da solução. Atingido a ebulição do líquido e estabilizada a temperatura, utilizou-se a régua de conversão para obter o grau alcoólico (°GL).



Figura 5- Ebuliômetro.

3.7 Obtenção de Silagem

Para obtenção do etanol, as três amostras do sorgo Sacarino Sugargraze, sorgo Sacarino ADV 2010, sorgo Sacarino BRS 506 e sorgo Forrageiro Formoso, selecionadas de forma aleatória, foram prensadas para extração do caldo e em seguida o material foi moído e posteriormente triturado.

A outra parte das amostras foi somente triturada, e seu caldo não foi extraído para obtenção do etanol.

Após esse processamento todas as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos simulando a ensilagem por um período de 30 dias. Após este período foram realizadas as análises bromatológica no Laboratório de Nutrição Animal na UNIOESTE Câmpus Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná.

3.8 Análise químico-bromatológica

Após o período de ensilagem as amostras foram pré-secas com ventilação forçada a 55 °C por 72 horas até atingir peso constante, para determinação da fitomassa seca, em

seguida foram moídas (moinho tipo Wiley marca Tecnal), passadas em peneiras com crivos de um milímetro e efetuadas as seguintes avaliações na composição bromatológica.

3.8.1 Teor de Matéria Seca

Para determinação do teor de Matéria Seca o método utilizado foi proposto por Silva e Queiroz (2002), pesou-se o recipiente (saco de papel) que foi utilizado para secagem da amostra na estufa, coloca-se no mesmo uma amostra de 200 a 250 gramas da forrageira conforme coletada a campo e pesou-se novamente. Após isso, colocou-se o saco de papel com a amostra na estufa de circulação de ar a 65 °C, deixando secar por aproximadamente 72 horas, retirou-se a amostra e pesou-se novamente. Calculou-se o teor de massa seca da amostra a partir da relação do peso da amostra seca e o peso da amostra verde, ou seja,

$$MS = \frac{\text{peso da amostra seca (kg)} \times 100}{\text{peso da amostra verde (kg)}} \quad (\text{eq. 1})$$

Obtendo assim o teor de massa seca da amostra. Multiplicando o teor de massa seca pela estimativa da massa verde, tem-se a produção de massa seca ha^{-1} :

$$MS \text{ ha}^{-1} = MV \times \% MS \quad (\text{eq. 2})$$

Onde:

MS= Matéria Seca por hectare;

MV= Matéria Verde;

%MS= Porcentagem de Matéria Seca;

3.8.2 Teor de Matéria Mineral

Para determinação do teor de Matéria Mineral o método utilizado foi proposto por Silva e Queiroz (2002), obtido o peso dos cadinhos com amostras de Matéria Seca, foram submetidos ao aquecimento em forno mufla, com temperatura de 600°C por 4 horas.

A perda de peso fornece o teor de matéria orgânica de cada amostra, ou seja, essa diferença entre o peso inicial da amostra e o peso após a incineração, fornece a quantidade de minerais presentes em cada amostra.

$$\text{MM/CZ\%} = \frac{\text{Peso (final)} - \text{Peso (inicial)} \times 100}{\text{Peso (amostra)}} \quad (\text{eq. 3})$$

Onde:

MM/CZ% = porcentagem de Matéria Mineral ou Cinzas

Peso (final) = Peso final da amostra (cadinho + cinzas);

Peso (cadinho) = Peso inicial (cadinho tarado);

Peso (amostra) = Peso da amostra;

3.8.3 Teor de Matéria Orgânica

A partir dos resultados das análises de Matéria Mineral foi realizado o cálculo de hemicelulose de acordo com a equação de Sniffen et al. (1992) . A fórmula do calculo é dada por:

$$\text{MO\%} = 100 - \% \text{ MM} \quad (\text{eq. 4})$$

Onde:

MO % = Porcentagem de Matéria Orgânica;

MM % = Porcentagem de Matéria Mineral;

3.8.4 Teor de Proteína Bruta

Para determinação do teor Proteína Bruta foi utilizado o método KJELDAL, segundo Silva e Queiroz (2002). As mostras a serem analisadas foram pesadas 0,2 g de cada, transferidas para o tubo de digestão e adicionado 10ml da solução digestora. Os tubos foram acondicionados ao bloco digestor por 4 horas, após este período foram retirados e ao chegar à temperatura ambiente adicionado 15 ml de água destilada. O líquido foi colocado em

erlenmayer com 25 ml de solução de ácido bórico na saída do destilador. Ao final da destilação a solução torna-se verde, realizando a titulação com ácido clorídrico 1N até atingir coloração rósea e anotar o volume gasto para realização do cálculo:

$$\%PB = \text{Volume de ácido} \times N \times FC \times 0,014 \times 6,25 \times 100 \quad (\text{eq. 5})$$

Onde:

%PB = Porcentagem de Proteína Bruta

Volume de ácido = Quantidade de HCL gasto na titulação

N = Normalidade do nitrogênio

FC = Fator de correção

0,014 = Peso atômico do nitrogênio

6,25 = Fator de transformação para cálculo da proteína

N = valor do nitrogênio

3.8.5 Teor de Extrato Etéreo

Para determinação de Extrato Etéreo utilizou-se o método quente com aparelho extrator de gordura Goldfish com tubos coletores de Soxhlet segundo Silva e Queiroz (2002). O éter de petróleo usado no processo é aquecido a uma temperatura de 60°C até se tornar volátil e ao condensar-se circula sobre a amostra em análise, arrastando toda a fração gordurosa e demais substâncias solúveis em éter. A gordura extraída é calculada por diferença de pesagem.

Inicialmente, os tubos de Soxhlet foram levados à estufa a 105°C por 8 horas, para eliminação total da umidade, posteriormente os tubos foram colocados em um dessecador para esfriar até atingir temperatura ambiente e, por fim, pesados.

Pesou-se 2,0g de cada amostra em papel filtro Whatman nº 1 em balança analítica. Foram feitos cartuchos com essas amostras e colocadas nas cestas do aparelho para posterior extração. Nos tubos de Soxhlet os quais foram levados ao aparelho extrator, colocou-se 50 ml de éter de petróleo, aquecendo as amostras a uma temperatura de 60°C por 6 horas.

Ao término da extração os tubos foram colocados novamente na estufa a 105°C por 30 minutos, para uma nova evaporação. Após esse período os tubos foram levados ao

dessecador até atingirem a temperatura constante. Os tubos de Soxhlet foram pesados em balança analítica anotando o peso do tubo mais o extrato etéreo extraído. A fórmula do cálculo é dada por:

$$\text{EE\%} = \frac{\text{Peso (final)} - \text{Peso (inicial)} \times 100}{\text{Peso (amostra)}} \quad (\text{eq. 6})$$

Onde:

EE% = Porcentagem de Extrato Etéreo contida na amostra;

Peso (final) = Peso do tubo de Soxhlet após extração;

Peso (cadinho) = Peso do tubo de Soxhlet inicial;

Peso (amostra) = Peso da amostra colocada em cada cartucho;

3.8.6 Teor de Hemicelulose

A partir dos resultados das análises de Fibra em detergente ácido e Fibra em detergente neutro foi realizado o cálculo de hemicelulose de acordo com Silva e Queiroz (2002).

$$\text{HEM\%} = \% \text{FDN} - \% \text{FDA} \quad (\text{eq. 7})$$

Onde:

HEM% = Porcentagem de Hemicelulose;

FDA% = Fibra em detergente Ácido

FDN% = Fibra em detergente neutro

3.8.7 Fibra Detergente Ácido

Para determinação do teor Fibra Detergente Ácido o método utilizado foi proposto por Silva e Queiroz (2002). As amostras a serem analisadas foram pesadas 0,5g e colocadas em tubos, posteriormente adicionou-se 50 ml de solução digestora de FDA. As amostras foram acondicionadas no aparelho digestor de fibra por 2 horas com temperatura de 150 °C. Após este período a solução foi filtrada em cadinhos, já pesados, com auxílio da bomba de

vácuo. Os cadinhos contendo a amostra foram levados à estufa 105 °C por 8 horas e assim pesados. Os cadinhos foram pesados em balança analítica anotando o peso do cadinho mais amostra. A fórmula do cálculo é dada por:

$$\text{FDA\%} = \frac{\text{Peso (final)} - \text{Peso (inicial)} \times 100}{\text{Peso (amostra)}} \quad (\text{eq. 8})$$

Onde:

FDA% = Porcentagem de Fibra Detergente Ácido contida na amostra;

Peso (final) = Peso do cadinho após extração;

Peso (cadinho) = Peso do cadinho inicial;

Peso (amostra) = Peso da amostra colocada em cada tubo;

3.8.8 Fibra Detergente Neutro

Para determinação do teor Fibra Detergente Neutro o método utilizado foi proposto por Silva e Queiroz (2002). As amostras a serem analisadas foram pesadas 0,5g e colocadas em tubos, posteriormente adicionou-se 50 ml de solução digestora de FDA. As amostras foram acondicionadas no aparelho digestor de fibra por 2 horas com temperatura de 150 °C. Após este período a solução foi filtrada em cadinhos, já pesados, com auxílio da bomba de vácuo. Os cadinhos contendo a amostra foram levados à estufa 105 °C por 8 horas e assim pesados. Os cadinhos foram pesados em balança analítica anotando o peso do cadinho mais amostra. A fórmula do cálculo é dada por:

$$\text{FDN\%} = \frac{\text{Peso (final)} - \text{Peso (inicial)} \times 100}{\text{Peso (amostra)}} \quad (\text{eq. 9})$$

Onde:

FDN% = Porcentagem de Fibra Detergente Ácido contida na amostra;

Peso (final) = Peso do cadinho após extração;

Peso (cadinho) = Peso do cadinho inicial;

Peso (amostra) = Peso da amostra colocada em cada tubo;

3.8.9 Teor de Carboidratos Totais

A partir dos resultados das análises de Proteína Bruta, Extrato Etéreo e Matéria Mineral foi realizado o cálculo dos carboidratos totais, de acordo com Silva e Queiroz (2002).

$$\text{CHT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM}) \quad (\text{eq. 10})$$

Onde:

CHT = Cálculo dos Carboidratos Totais;

%PB = Porcentagem de Proteína Bruta;

%EE = Porcentagem de Extrato Etéreo;

% MM = Porcentagem de Matéria Mineral;

3.9 Delineamento experimental e análise estatística

Para condução deste experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk.com quatro repetições, totalizando vinte parcelas experimentais. Sendo analisadas as variáveis da matéria seca, matéria orgânica, carboidratos totais, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose, produção de biomassa, as frações sólida e líquida produção de etanol e açúcar, silagem da planta inteira e bagaço de biomassa. Os dados foram submetidos à análise de variância e o nível de significância, analisado pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização dos procedimentos relatados no capítulo anterior, procedeu-se o tratamento e análise dos dados obtidos. Esta análise compõe o presente capítulo, constituindo-se nos resultados e discussões do experimento.

4.1 Avaliação da produção da biomassa de cada cultivar

Os resultados que são apresentados na Tabela 03 podem responder a questão sobre qual dos tratamentos apresentou maior produção de biomassa ao longo de todo experimento.

Tabela 3– Avaliação da produção de biomassa de cada cultivar

	Cultivares			
	Sugargraze	Formoso	ADV 2010	BRS 506
Parcela Colhida (kg m ⁻¹)	6,008	2,842	5,033	3,667
Estimativa da Produção de Biomassa (kg ha ⁻¹)	85.833	40.595	71.905	52.381
⁰ Brix	12,0	18,7	11,7	15,3

Como é observado, o sorgo Sugargraze (85.833 kg ha⁻¹) apresentou-se melhor em relação as demais cultivares, seguido do sorgo ADV 2010 (71905 kg ha⁻¹), BRS 506 (52.381 kg ha⁻¹) e Formoso (40.595 kg ha⁻¹). A variedade do sorgo Formoso apresentou menor produção de biomassa, mas se destacou no elevado grau Brix.

Pelo fato de a colheita ter sido realizada numa mesma data, e pela grande variabilidade observada para florescimento das cultivares, algumas cultivares, podem ter sido prejudicadas na avaliação por serem colhidos antes do período recomendado e terem seu caldo e/ou seu Brix diminuídos. Assim, recomenda-se, em trabalhos futuros, realizar experimentos de avaliações de desempenho com cultivares com ciclos semelhantes de desenvolvimento.

Considerando as características do sorgo sacarino, é desejável obter alta produção de massa verde, pois o caldo a ser fermentado para obtenção de etanol é extraído da biomassa verde, assim, quanto mais biomassa mais caldo será obtido. Outra característica importante é

o teor de sólidos solúveis totais no caldo, uma vez que esta característica correlaciona-se diretamente com o teor de açúcares totais no caldo, os quais são utilizados como matéria-prima das leveduras na produção de etanol, sendo desejável a maior quantidade possível.

Esse melhor resultado pode ser explicado pelo ambiente mais favorável, já que os meses de cultivo são os recomendados pela empresa Advanta, devido principalmente ao período chuvoso e a alta incidência de luz solar.

4.2 Avaliação das Frações Líquida e Sólida Obtidas por Prensagem da Biomassa Produzida

Após realizada a prensagem da biomassa obteve-se as frações líquida e sólida, conforme apresenta a Tabela 4.

Tabela 4 - Avaliação das Frações Líquida e Sólida Obtidas por Prensagem da Biomassa Produzida

	Cultivares			
	Sugargraze	Formoso	ADV 2010	BRS 506
Produção da Fração Líquida por Hectare - Caldo (kg ha ⁻¹)	24.033	11.367	20.133	14.667
Produção da Fração Sólida por Hectare - Bagaço (kg ha ⁻¹)	61.800	29.229	51.711	37.714

O híbrido Sugargraze obteve melhores produções de caldo e bagaço (24.033kg ha⁻¹), (61.800 kg ha⁻¹) respectivamente, em seguida o híbrido ADV 2010 com produções de (20.133 kg ha⁻¹) de caldo e (51.711 kg ha⁻¹) de bagaço. As variedades obtiveram valores inferiores quando comparado com os híbridos. Segundo Lima et al 2010 testando genótipos de sorgo sacarino observaram na produtividade de caldo de 5.787 a 14.930 L há⁻¹.

De maneira geral, as análises das correlações denotam que a seleção para maior produção de biomassa, tem correlação positiva com produtividade de caldo.

4.3 Produção de Etanol e Estimativa da Produção de Açúcar por Hectare

A extração do caldo a partir das cultivares selecionadas permitiu a avaliação da produção de caldo, ° brix, produção de etanol e de açúcar das cultivares de sorgo em estudo. A tabela 5, apresentada a seguir, sintetiza seus resultados:

Tabela 5- Produção de Caldo, ° Brix, Produção de Etanol e de Açúcar das Cultivares de Sorgo em Estudo

	Cultivares			
	Sugargraze	Formoso	ADV 2010	BRS 506
Produção de Litros de Etanol por Hectare (L ha ⁻¹)	1.099	873	887	864
Produção de açúcar por Hectare (Kg ha ⁻¹)	2.197	1.746	1774	1.729

Nos Estados Unidos, nas altas planícies do Texas, Amosson et al. (2011), em um estudo para determinar custos médios para produção de álcool de sorgo sacarino, obtiveram uma produção de etanol de 2.011 L ha⁻¹, em condições de sequeiro e de 4.518 L ha⁻¹, em condições irrigadas, considerando 95% de extração do caldo. Neste trabalho, conforme Tabela 5 com apenas 85% de extração do caldo, e realizado sem irrigação, todas as cultivares estudadas obtiveram uma maior produção.

A cultivar Formoso, que teve menor produção, de 2.647 L ha⁻¹, produziu 31,61% além dos valores obtidos por Amosson et al. (2011) Já a cultivar Sugargraze, com a maior produção, de 3.333 L ha⁻¹, produziu 65,74% além dos valores referenciados por estes mesmos autores. Porém, quando se considera a produção obtida em condições irrigadas, os resultados obtidos no Texas são bem superiores a todas as cultivares estudadas. Possivelmente isto ocorreu durante o experimento na nossa região, embora não houvesse um déficit hídrico e as condições de umidade também não foram as ideais para a cultura.

Segundo Parella et al. (2010) a produtividade de etanol utilizando a cana esta em torno de 70L por tonelada de biomassa verde já a produtividade de etanol com sorgo sacarino varia em torno de 40 a 70 L de etanol por tonelada de biomassa verde, variável de acordo com a qualidade da biomassa, diâmetro do colmo e maturidade.

Lima et al. (2010) trabalhando com sorgo sacarino observou uma produtividade de caldo e matéria verde variando de 5.787 a 14.930 lha⁻¹ e 40.850 a 67.574 t ha⁻¹ respectivamente, essa baixa produtividade de caldo pode ser explicado pelo método de extração do caldo onde esse método é de baixa eficiência

Ressalva-se que os volumes de caldo observados neste trabalho estão subestimados, uma vez que a maneira e o equipamento utilizados para extração do caldo possuem eficiência inferior àqueles utilizados nas destilarias. Entretanto, pelo fato de a metodologia aplicada ter sido a mesma para todos os genótipos, os valores obtidos servem para identificação de genótipos que se destacaram visando à produção de etanol e biomassa, visto que peso de massa verde reflete positivamente na produção de caldo.

Conforme Lima et al. (2010) testando genótipos de sorgo sacarino observaram uma variação de 11,73 a 18,61 °Brix. Corroborando com os dados deste trabalho Parella et al. (2010) testando diferentes genótipos de sorgo sacarino em varias localidades observou uma variação media de 15,47 a 20 °Brix.

Em geral, os híbridos tiveram um valor médio de 15,1 °Brix. Segundo Ratnavathi et al. (2010) e Audilakshmi et al. (2010) preconizam que para um bom processo fermentativo é preciso genótipos de sorgo que se mostrem superiores para produção de etanol em termos de °Brix, facilidade de extração e volume do caldo, açúcares fermentáveis totais, rendimento de etanol e eficiência da fermentação.

4.4 Análise Bromatológica

A análise bromatológica constituída, neste estudo, pelos resultados obtidos de, matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos totais fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose, apresentados nas Tabelas 6 e 7, respectivamente.

Tabela 6 - Valores matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) em silagem de sorgo com planta inteira e do bagaço

	Silagem							
	Planta inteira				Bagaço			
	Sugargraze	Formoso	ADV 2010	BRS 506	Sugargraze	Formoso	ADV 2010	BRS 506
Brix	16	12	19	12	16	12	19	12
MS	27.041ab	31.77 a	24.19b	33.19 a	28.16ab	32.06 a	22.92b	33.044a
MO	94.57ab	94.49ab	94.07ab	94.49	94.76a	94.75a	94.28ab	93.68b
PB	6.93	5.32	5.94	6.49	6.08	4.67	5.97	6.23
EE	2.68	3.16	2.48	2.963	2.83	2.51	2.64	2.45

Médias com mesma letra minúscula na mesma linha pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Shapiro-Wilk. teste de F, a 5% de probabilidade.

Na comparação dos teores de % MS quando utilizado planta inteira e bagaço (Tabela 6) não houve diferença significativa entre as cultivares sorgo Formoso (31.77%) e sorgo BRS 506 (33.19%) e sorgo Formoso (32.06%) e sorgo BRS 506 (33.044%) Apesar de a colheita ser realizada antes do recomendado que é de 120 dias, não ocorre diferença na utilização de planta inteira e bagaço ($P > 0,05$).

A cultivar Sugargraze apresentou valores similares de matéria seca tanto para planta inteira (27,04 %) quanto para o bagaço (28,16%). A variação de MS encontrada em relação às cultivares de sorgo Formoso pode estar relacionada com a época de colheita. Segundo recomendações da empresa Advanta o ciclo da cultura de sorgo Sugargraze é de 120 dias, e a colheita realizada no experimento foi de 93 dias, o que pode ter contribuído para os baixos valores de matéria seca.

A cultivar ADV 2010 apresentou baixos teores de matéria seca tanto para planta inteira (24,19%) quanto para bagaço (22,92 %) diferindo estatisticamente das demais cultivares ($P > 0,05$). A época de semeadura pode ter influenciado nesta diferença, sendo uma cultivar caracterizada como fotossensível estando sujeita a alterações fisiológicas, quando esta exigência não é satisfatória. A cultura deu-se no verão onde o comprimento dos dias é maior que o da noite. Quando verificado o teor de sólidos totais, no ponto de corte, apresentou valores de 19 °brix, quando o recomendado para esta cultura é de 15 °brix podendo ter influenciado no baixo teor de matéria seca (CUNHA e LIMA, 2010).

As recomendações acerca do teor de matéria seca de forrageiras no momento de ensilagem estão de acordo com os valores obtidos neste experimento, visto que forrageiras com conteúdo de matéria seca acima de 25% associadas a um adequado conteúdo de teor de sólidos solúveis apresentariam um bom perfil de fermentação. Brito (1999) avaliando sorgos

de porte alto, médio e baixo conseguiu produzir silagens de boa qualidade a partir de materiais com teores de matéria seca variando de 25,5 a 31,5%. Para outros autores seriam necessários em torno de 30 a 35 % de matéria seca para favorecimento da fermentação láctica (PAIVA, 1976 e VAN SOEST, 1994). Segundo Neumann et al. (2004) o teor de MS ideal para ensilagem seria entre 30 e 35% com o objetivo de evitar perdas pela formação de efluentes e processos biológicos que produzam gases, água e calor que diminuem a qualidade da silagem.

Embora sejam desejáveis forragens com teor de MS entre 30 e 35% para a ensilagem, silagens com teor de matéria seca acima de 40% são mais susceptíveis a danos por aquecimento e aparecimento de fungos, porque a remoção de oxigênio é dificultada por não permitir uma compactação adequada (VAN SOEST, 1994). Além disso, a fase aquosa da silagem perde mobilidade. Assim, produtos da fermentação se difundem mais lentamente entre as colônias de bactérias não ocorrendo uma redução eficaz do pH para inibir a ação das enzimas da planta, enquanto que próximo às colônias toma-se tão ácido que a fermentação é inibida (MOISIO e HEIKONEN, 1994).

Os teores de matéria orgânica, Tabela 6, das cultivares de sorgo Sugargraze (94.57%), Formoso (94.49%), ADV 2010 (94.07%) e BRS 506 (94.49%) não apresentam diferença estatística entre si utilizando planta inteira.

Observa-se que o sorgo Sugargraze (94,76%) e Formoso (94,75%) apresentam maior % MO, comparando com o sorgo ADV 2010 (94,28%) e diferindo estatisticamente do BRS 506 (93,68) a partir do bagaço. Assim sendo, quanto maiores os teores de matéria seca da silagem, maior o teor de matéria orgânica isso acaba influenciando positivamente a qualidade final da silagem, pois maiores teores de matéria orgânica indicam menores perdas por fermentações indesejadas e maior digestibilidade.

Conforme a Tabela 6, em relação à avaliação de proteína bruta, os teores foram próximos entre as cultivares de sorgo Sugargraze e BRS 506, excetuando-se o do sorgo Formoso e ADV 2010 quando utilizada a planta inteira.

Para as cultivares utilizando o bagaço a porcentagem de proteína bruta entre as os sorgos Sugargraze e BRS 506 se mostraram similares, quando comparados a silagem do sorgo Formoso e ADV 2010. Não houve diferença significativa entre as cultivares Sugargraze e BRS 506 tanto com planta inteira e bagaço.

Neste experimento, todos os grupos de cultivares atingiram valores satisfatórios de PB. Quadros (1994) encontraram valores de PB inferiores de 4,9% a 7,5%, para sorgo, Flaresso et al. (2000) encontraram teores de PB para sorgo, entre 6,3% e 7,7%. Os maiores

teores de PB foram obtidos com as cultivares de sorgo sacarino, que também apresentaram a maior participação de panículas e colmos, características essas que, de acordo com Resende et al. (2003), parecem ser determinantes na obtenção de maiores teores de PB na silagem.

De acordo com os dados observados na Tabela 6, a concentração mais elevada de EE foi obtida para o sorgo forrageiro Formoso (3,77%), considerando a planta inteira.

A % EE nas cultivares de sorgo BRS 506, ADV 2010 e Sugargraze foram semelhantes entre si com o bagaço e planta inteira. Um dos fatores que afeta os teores de EE é a idade de corte da forragem. Para Vasconcelos Filho et al. (2005) a idade de corte reduziu os teores de EE para cada 1 dia de atraso na colheita para confecção da silagem de sorgo. Neste experimento os teores de EE não apresentaram diferença significativa entre planta inteira e bagaço ($p>0,05$), variando de 2,45 % a 3,26%. Os valores encontrados no presente estudo estão aquém dos obtidos por Mello et al. (2004), que atingiram 3,39% de EE para silagem, porém esta diferença não é considerada muito relevante para este cultivar.

Tabela 7 - Valores de carboidratos totais (CT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose (HEM) em silagem de sorgo com planta inteira e bagaço

	Silagem							
	Planta inteira				Bagaço			
	Sugargraze	Formoso	ADV 2010	BRS 506	Sugargraze	Formoso	ADV 2010	BRS 506
CT	84.94	86.00	85.86	85.20	85.86	87.59	85.51	84.92
FDN	63.38ab	63.52 ab	61.95bc	61.23 c	62.03 bc	64.51 a	61.7 c5	61.63 bc
FDA	41.54	41.04	41.43	40.95	41.88	41.59	41.57	41.25
HEM	21.83ab	22.48ab	20.52ab	20.28ab	20.15ab	22.91a	19.78b	20.38ab

Médias com mesma letra minúscula na linha pertencem ao mesmo agrupamento, de acordo com o teste de Shapiro-Wilk. teste de F, a 5% de probabilidade.

Conforme a Tabela 7 observa-se maior valor de CT no sorgo Formoso (87.59%), as cultivares de sorgo Sugargraze (85.86%) e ADV 2010 (85.51%) apresentaram teores de CHT semelhantes, o menor valor é observado no sorgo BRS 506 (84.92%) com bagaço.

Dentre as cultivares com utilização da planta inteira o sorgo Formoso (86 %) apresentou maior teor de CHT, as cultivares de sorgo ADV 2010 (85.86%) e BRS 506 (85.20%) apresentam teores de CHT semelhantes, o sorgo Sugargraze (84.94) apresentou menor porcentagem. Não houve diferença estatística entre planta inteira e bagaço para a análise de carboidratos totais entre as cultivares estudadas ($P>0,05$).

Na silagem com bagaço o sorgo Formoso (64,51%) apresentou maior valor de FDN, comparando com as cultivares Sugargraze (62,03%) e BRS 506 (61,63%), diferindo estatisticamente do ADV 2010 (61,7%) ($P<0,05$).

Quando comparamos a silagem a partir da planta inteira o sorgo Sugargraze (63,48%) e Formoso (63,52) apresentaram similaridade entre si, o ADV 2010 (61,95%) diferiu estatisticamente do BRS 506 (61,23%).

Os valores de FDN relatados neste trabalho foram superiores aos encontrados por Silva (1997) quando trabalhou com sorgo duplo propósito e forrageiro, relatando valores de FDN de 52,22% e 50,43%, respectivamente. Trabalhando com cinco genótipos de sorgo, White et al. (1991) encontraram uma variação de 47,6% a 55,8% de FDN. Silva (1996) estudando sorgo de porte médio e alto encontrou valores semelhantes, de 60,41% e 60,2%, respectivamente. No referente estudo o alto teor de FDN pode estar relacionado com a época de colheita e o veranico enfrentado pela cultura.

Os dados de FDA das cultivares Sugargraze, Formoso, ADV 2010 e BRS 506 apresentados na Tabela 7, não diferiram entre si, tanto para planta inteira como para o bagaço para produção de silagem.

A alta porcentagem de FDA é uma característica indesejável, pois indica a presença de substâncias pouco aproveitáveis pelo animal, como lignocelulose, que indicam a qualidade da silagem, pois apresenta correlação negativa com a digestibilidade da matéria seca, Mello et al. (2004) relata valores de 33,77 % FDA para silagem de sorgo.

A cultivar de sorgo Formoso (22,91%) apresentou maior valor de hemicelulose, as cultivares Sugargraze (20,51%) e BRS 506 (20,38%) diferiram estatisticamente do sorgo ADV 2010 (19,78%) ($P < 0,05$), com silagem de bagaço de sorgo. Utilizando silagem da planta inteira, o valor de hemicelulose do sorgo Sugargraze (21,83%), Formoso (22,48%) ADV 2010 (20,52%) BRS 506 (20,28%) não houve diferença significativa ($P > 0,05$).

Silva (1997) trabalhando com silagens de sorgo granífero, duplo propósito e forrageiro, encontrou valores de 20,53%; 21,66% e 20,84%, respectivamente, valores estes semelhantes aos relatados neste experimento. Bernardino (1996) também encontrou valores parecidos aos apresentados no presente experimento, quando trabalhou com silagem de sorgo aos 56 dias de ensilagem, apresentando valores de 20,22% a 22,85%.

Para Silva (1999), em cultivares onde há maiores percentuais de açúcares, pode não haver redução nos teores de hemiceluloses com a ensilagem, provavelmente pela maior capacidade de atendimento das demandas necessárias para o processo fermentativo.

5 CONCLUSÃO

Com base nas metodologias empregadas os resultados obtidos suportam as seguintes conclusões:

Avaliando a produção de biomassa observou-se que os híbridos sacarinos Sugargraze e ADV 2010 apresentaram maiores produção, as variedades Formoso e BRS 506 tiveram sua produção inferior

Em relação a avaliação das frações líquida e sólida produzidas os híbridos apresentaram-se melhores que as variedades

Pode-se inferir, portanto, a partir do experimento conduzido, que a produção de etanol e açúcar a partir do sorgo sacarino híbrido Sugargraze, é melhor do que a variedade Formoso, este apresentou menores resultados de produção.

A produção de silagem a partir da planta inteira não traz diferença significativa, pois avaliando os valores da silagem de bagaço a produção é satisfatória, além do bagaço pode-se utilizar o caldo.

Avaliando os resultados das análises bromatológica conclui-se que os híbridos a partir do bagaço e planta inteira ,possui potencial produtivo, com elevada disponibilidade de matéria seca e bom valor nutritivo, constituindo-se em alternativa para ser utilizada como suplemento alimentar nos sistemas de produção de ruminantes,.

Portanto, o sorgo sacarino híbrido passa a ser uma opção para a produção de etanol e silagem, considerando o sorgo sacarino complementar ao período de entressafra da cana-de-açúcar e a silagem principalmente em períodos críticos de forragem, contribuindo para manter bons níveis nutricionais e elevar o desempenho animal.

6 REFERÊNCIAS

AUDILAKSHMI, S.; MALL, A. K.; SWARNALATHA, M.; SEETHARAMA, N. **Inheritance of sugar concentration in stalk (brix), sucrose, stalk and juice yield in sorghum.** Biomass and Bioenergy, Oxford, v. 34, n. 6, p. 813-820, 2010.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A. de; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal - os Alimentos**, Vol. I, São Paulo:Nobel, 1982. 395 p.

ADVANTA. **Catálogo de sementes** 2012. Disponível no site: <http://advantasementes.com.br/site/Cat%C3%A1logo-Advanta-Sementes.pdf>. Acesso em 18 de janeiro de 2015.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 12. ed. Washington, 1975. p. 1994.

BRITO, A. F.. **Avaliação das silagens de sete genótipos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) e seus padrões de fermentação.** Belo Horizonte: UFMG, 1999, 129 p. (Dissertação de Mestrado).

BRONDANI, I.L., ALVES FILHO, D.C., BERNARDES, R.A.C. **Silagem de alta qualidade para bovinos.** In: RESTLE, J. **Eficiência na produção de bovinos de corte.** Santa Maria: UFSM, 2000. p.185-204.

CAMPOS, F. P. de; NUSSIO, C. M. B.; NUSSIO, L. G. **Métodos de análise de alimentos.** Piracicaba: FEALQ, [2004].135 p.

CERES. **Sementes de sorgo.** 2010. Disponível em: <<http://www.ceres.net/ceresementes/Produtos/Produtos-Sorgo-Sacarino.html>> Acesso em 12 de julho de 2014.

COELHO, A. M. et al. **Embrapa Cultivo do Sorgo.** Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Sorgo/CultivodoSorgo/index.htm>> Acesso em 20 de junho de 2014.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **12º Levantamento de Avaliação da Safra de Grãos.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_10_14_56_18_sorgosetembro2013.pdf> Acesso em 15 de novembro de 2014

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** v.1. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 480p.

CUNHA, E. E.; LIMA, J. M. P. **Caracterização de genótipos e estimativa de parâmetros genéticos de características produtivas de sorgo forrageiro.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, n. 4, p. 701-706, 2010.

DEMARCHI, J.J.A.A.; BOIN, C.; BRAUN, G. **A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para produção de silagens de alta qualidade.** *Zootecnia*, v.33, n.3, p.111-136, 1995.

DUARTE, J.O. **Sorgo – Aspectos Econômicos**. Sete Lagoa: Embrapa Milho e Sorgo. 65p, 2003. Disponível em:
http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16218/1/Doc_27.pdf
Acesso em 15 de novembro de 2014

DIPAP. Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento Rural – **Aspectos Gerais do Cultivo do Sorgo para o Semiárido Alagoano**, 2010.

EMYGDIO, B.M. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino**, 2009.

EMYDIO, B.M. **Produção de etanol a partir de sorgo sacarino**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_4/sorgo/index.htm>. Acesso em: 17/1/2015

EMPRESA BRASILEIRA DE EXTENSÃO RURAL. **EMATER**. Disponível em: <http://www.emater.tche.br>> Acesso em 29 de junho de 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **EMBRAPA**. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa/agrobioenergia>>. Acesso em 20 de junho de 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. FAOSTAT/Production/Crops-2009. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>> Acesso em 20 de junho de 2012.

FERNANDES, F.E.P; GARCIA, R., PIRES, A.J.V. et al. **Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.11, p.2111-2115, 2009.

FLARESSO, J. A.; GROSS, C. D.; ALMEIDA, E. X. **Cultivares de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor*(L.) Moench) para ensilagem no Alto Vale do Itajaí, Santa Catarina**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 6, p. 1608-1615, 2000.

FOLTRAN, D. E. **O Sorgo Vassoura como alternativa agrícola regional**. *Pesquisa & Tecnologia*, v. 9, n. 1, jan./jun., 2012. Disponível em:
http://www.aptaregional.sp.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=1204&Itemid=284. Acesso em: 15 novembro 2014

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. **Alimentos e alimentação de gado de leite**. UFMG, 263p, 1997.

LAMNET. **Biomass, Rural Energy and the Environmet, Global multi-stakeholder networks linking knowledge and policy in support of sustainable development.** JOHANNESBURG, 2002.

LANDAU, E. C.; GUIMARAES, D. P. **Zoneamento da cultura do sorgo.** In: RODRIGUES, J. A. S. (Ed.). Cultivo do sorgo. 6. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.(Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de produção, 2).

LIMA, J.M.P.; MEDEIROS, A.C.; GONÇALVES, R.J. de S.; LIMA, J.G.A.; TABOSA, J.N.; LIRA, M.A. **Avaliação de cultivares de sorgo sacarino na chapada do Apoti no estado do Rio Grande do Norte.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28, Goiânia, GO. Anais..Goiânia: associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD_ROM,

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of silage.** Marlow: Chalcombe Publications, 1991.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da Produção de sorgo.** 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA/ CNPMS, Nov. 2003a. 2p. (Comunicado Técnico, 87).

MAGALHÃES, R. T.; GONÇAVES, L. C.; MAURÍCIO, R. M.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; RODRIGUES, N. M.; SALIBA, E. O. S.; ARAUJO, V. L. **Avaliação de quatro genótipos de sorgo pela técnica “in vitro” semi-automática de produção de gases.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 5, n. 1, p. 101-111, 2006.

MARQUES, A. C.; VALENTE, T. B.; ROSA, C. S. **Formação de toxinas durante o processamento de alimentos e as possíveis conseqüências para o organismo humano.** Rev. Nutr., n.2, v.22, p. 283-293, 2009.

MAY, A.; DURAES, F. O. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. da C. (Ed.). **Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 118 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 139).

MELLO, R.; NÖRNBERG, J. L.; ROCHA, M. G. **Potencial produtivo e qualitativo de híbridos de milho, sorgo e girassol para ensilagem.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 10, n. 01, p. 87-95, 2004.

MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; et al. **Avaliação agrônômica de seis híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench).** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 52, n. 4, p. 385-390, 2000

MONTAGNER, D.B.; ROCHA, M.G.; NÖRNBERG, J.L.; et al.. **Características agrônômicas e bromatológicas de cultivares avaliados no ensaio sul-rio-grandense de sorgo forrageiro.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 447- 452, 2005.

MOISIO, T., HEIKONEN, M. **Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid.** Anim. Feed Sci. Technol., v.47, p.107-124, 1994.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; NORBERG, J.L.; MELLO, R.O.; SOUZA, A.N.M.; PELLEGRINI, L.G. **Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench)**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v.4, n.2, p.224-242, 2005.

OSHIMA, M.; McDONALD, P. **A review of changes in nitrogenous compounds in herbages during ensiling**. Journal Science Food Agriculture, London, v.29, p.497-505, 1978.

PAIVA, J.A. **Qualidade da silagem da região metalúrgica de Minas Gerais**. Belo Horizonte :Escola de Veterinária da UFMG, 1976, 85p. (dissertação).

PARRELA,R.A.DA C.;MENEGUCI, J.L.P.;RIBEIRO,A.,SILVA,A.R.;PARELLA N.N..D.;RODRIGUES ,J. A. dos S.r.; TARDIN,F.D.;E SCHAFFERT,R.E. **Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando a produção de etanol** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO,28, Goiânia, GO .Anais.. Goiânia: associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. CD_ROM,

PEDREIRA, M. S.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; MOREIRA, A. L.; COAN, R. M. **Características agrônomicas e composição química de oito híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003

QUADROS, A.R.B. de. **Avaliação de duas fontes de proteína na alimentação de bovinos de diferentes idades em regime de confinamento**. Santa Maria, RS: UFSM, 1994. 122p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Santa Maria, 1994.

RATNAVATHI, C. V.; SURESH, K.; VIJAY KUMAR, B. S.; PALLAVI, M.; KOMALA, V. V.; SEETHARAMA, N. **Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice**. Biomass and Bioenergy, Oxford, v. 34, p. 947-952, 2010.

RESENDE, J.A.; PEREIRA, M.N.; PINHO, R.G. von; FONSECA, A.H.; SILVA, A.R.P. **Ruminal silage degradability and productivity of forage and grain-type sorghum cultivars**. Scientia Agricola, Piracicaba, v.60, n.3, p.457-463, 2003.

RIBAS, P. M. **Sorgo: Introdução e Importância Econômica**. Sete Lagoas-MG: EMBRAPA, 2003. 16 p. (Documento 23).

RUSKIN, F.R. **Lost crops of Africa: Grains**. Washington: National Academic. Press, 1996. 386p.

SALMÉM, L.; OSLON, A. M. **Interaction between hemicelluloses, lignin and cellulose: Structure –property relationship**.Jornal of pulp and paper science, v. 24, p. 99-103, 1998.

SANTOS, F. G. **Cultivares de Sorgo**. 1. ed. Sete Lagoas: EMBRAPA/ CNPMS, 2003. 3p. (Comunicado Técnico, 77)

SANTOS, F. G.; CASELA, C. R.; WAQUIL, J. M. **Melhoramento de sorgo**. In: BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 605-658.

SILVA, R. N. O., ARNHOLD, E.; ARAÚJO, B. L.; OLIVEIRA, G. H. F.; COSTA, J. R. S.; OLIVEIRA JUNIOR, E. A.; LIMA, C. F. **Comportamento agrônomico de cultivares de**

sorgo granífero avaliados em safrinha. Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas, v.4 (3), p. 39, 2010.

SILVA, F. F. et al. **Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de portes baixos, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folha/panícula** 1. Avaliação do processo fermentativo. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 28, n. 01, p. 14-20, 1999.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos (métodos químicos e biológicos).** 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SCHAFFERT, R. E.; **Potencial do Sorgo na Produção de Etanol no Brasil.** Palestra do Simpósio Estadual de Agroenergia – Porto Alegre, RS, 2008

SCHAFFERT, R. E.; PARRELLA, R. A. C. Planejamento Industrial. In: MAY, A. (ed.) **Sistema Embrapa de Produção Agroindustrial de sorgo sacarino para bioethanol: Sistema BRS1G-Tecnologia Qualidade Embrapa.** Sete Lagoas, Embrapa milho e sorgo, p.85-92, 2012.

SJOSTROM, E. **Wood chemistry: Fundamentals and applications.** New York: Academic Press, 1993. 293 p.

SNIFFEN, C.J. et al. **A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II – Carbohydrate and protein availability.** Journal of Animal Science, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

AUSTIN, T. X., Texas Water Development Board. 2012a. 2012 **Water for Texas.** Disponível em: < <http://www.twdb.state.tx.us/waterplanning/swp/2012/index.asp>
Acesso em 12 de julho de 2014.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2 ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 476p

VASCONCELOS, R.C.; PINHO, R.G.V.; REZENDE, A.V.; PEREIRA, M.N.; BRITO, A.H. **Efeito da altura de corte das plantas na produtividade da matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho.** Ciência e Agrotecnologia, v.29, n.6, p.1139-1145, 2005.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FERREIRA, D.J.; et al.. **Populações microbianas e nutricionais nos órgãos do capim-tanzânia antes e após a ensilagem.** Ciências Agrárias, v. 28, n. 1, p. 143-150, 2007.

ZAGO, C.P. **Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo.** In: SIMPOSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4. 1991, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 1991. p.169-217.

ZAGO, C. P. **Utilização do sorgo na alimentação de ruminantes.** In: EMBRAPA.CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MILHO E SORGO. Manejo cultural do sorgo para forragem. Sete Lagoas, 1992. p. 9-26. (EMBRAPA-CNPMS.Circular Técnica, 17).

WHITE, J.S. et al. **Forage sorghum silage dry matter disappearance as influenced by plant part proportion.** Anim. Feed Sci. Technol., v.33, p.313-322, 1991.