

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

ALEXANDRA DE SOUZA TOLENTINO PAMATO

**EFEITO DE MÉTODOS DE SECAGEM E A QUALIDADE
FÍSICO-QUÍMICA DE FORRAGEIRAS AVALIADAS POR
ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO
(NIR)**

**FLORIANÓPOLIS – SC
2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

ALEXANDRA DE SOUZA TOLENTINO PAMATO

**EFEITO DE MÉTODOS DE SECAGEM E A QUALIDADE
FÍSICO-QUÍMICA DE FORRAGEIRAS AVALIADAS POR
ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO
(NIR)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como exigência para
obtenção do Diploma de Graduação
em Zootecnia da Universidade
Federal de Santa Catarina.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Milene
Puntel Osmari

**FLORIANÓPOLIS - SC
2019**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Pamato, Alexandra de Souza Tolentino
Efeito de métodos de secagem e a qualidade físico-química
de forrageiras avaliadas por espectroscopia no
infravermelho próximo (NIR) / Alexandra de Souza Tolentino
Pamato ; orientadora, Milene Puntel Osmari, 2019.
46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agrárias, Graduação em Zootecnia, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Zootecnia. 2. Composição química. 3. Matéria seca. 4.
Micro-ondas. 5. Estufa de circulação forçada de ar. I.
Osmari, Milene Puntel. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Zootecnia. III. Título.

Alexandra de Souza Tolentino Pamato

**EFEITO DE MÉTODOS DE SECAGEM E A QUALIDADE
FÍSICO-QUÍMICA DE FORRAGEIRAS AVALIADAS POR
ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO (NIR)**

Esta Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso foi julgada aprovada e adequada para obtenção do grau de Zootecnista.

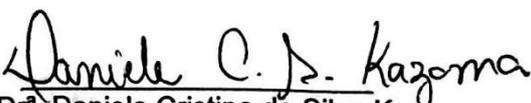
Florianópolis, 14 de novembro de 2019.

Banca Examinadora:


Prof.^a Dr.^a Milene Puntel Osmani

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina


Prof.^a Dr.^a Daniele Cristina da Silva Kazama

Universidade Federal de Santa Catarina


Caroline Massignani
Zootecnista

AGRADECIMENTOS

A todos os meus familiares pelo esforço investido na minha educação, todo amor, companhia, confiança, respeito, apoio e paciência.

À Prof^a. Dr^a. Milene Puntel Osmari, pela orientação, dedicação do seu tempo ao projeto de pesquisa, pelos ensinamentos, confiança, palavras de motivação, incentivo e por sempre estar presente durante nossa trajetória.

À Universidade Federal de Santa Catarina e a todos os professores e funcionários do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido e por terem contribuíram direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos de infância que durante a elaboração deste projeto compreenderam minha ausência nos “rolês” e meus desabafos.

Aos amigos que fiz durante o curso de graduação, agradeço pelo convívio diário, estes que compartilharam dos inúmeros desafios enfrentados, pelas trocas de ideias e pela cooperação mútua durante estes anos.

Muito obrigada galera!!

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez” (George Bernard Shaw).

RESUMO

A determinação da matéria seca (MS) das forrageiras é realizada em laboratórios de análises de alimentos principalmente com o auxílio de estufa de ventilação de ar forçada (EST), técnica mais lenta que a determinação utilizando forno de micro-ondas (FMO). Assim, objetivou-se avaliar a influência de 2 métodos de secagem na composição nutricional de forrageiras avaliadas em Espectroscopia do Infravermelho Próximo (NIR). Foram avaliadas 6 espécies forrageiras, secadas em estufa de ventilação forçada (EST) e forno de micro-ondas (FMO). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 2 x 6 (2 métodos de secagem e 6 espécies forrageiras). A metodologia de secagem influenciou somente os teores de MS dos cultivares Paiaguás e Marandu, apresentando menores valores quando seco em FMO. Para os teores de proteína bruta, o cultivar Xaraés foi menor quando seca em EST, comportamento oposto ao verificado para o Marandu, que apresentou menor valor através do FMO. Os teores de FDN e FDA não foram influenciados pelos métodos de secagem. A utilização de FMO para a determinação de MS é promissora, entretanto são necessários estudos posteriores avaliando possíveis alterações na composição do alimento.

Termos para indexação: *Brachiaria*; composição química; estufa; matéria seca; micro-ondas; *Panicum*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Figura esquemática das inflorescências de *Brachiaria brizantha*.....16
Figura 2. Figura esquemática das inflorescências de *Panicum maximum*.17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média da composição químico-bromatológica e energética de <i>Brachiaria brizantha</i> e <i>Panicum maximum</i> nas quatro estações do ano.	19
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCA – Centro de Ciências Agrárias

cm – centímetro

EST - estufa com ventilação de ar forçada

EM – energia metabolizável

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FDA - fibra em detergente ácido

FDN - fibra em detergente neutro

FMO - forno de micro-ondas

g - grama

GLM - General Linear Model

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Kcal – quilocalorias

Kg – quilograma

mL – mililitros

MM – matéria mineral

mm – milímetro

MO – matéria orgânica

MS - matéria seca

NDT – nutrientes digestíveis totais

NIR - Espectroscopia de Reflectância na Região do Infravermelho Próximo

nm - nanômetros

O - Oeste

PB – proteína bruta

S - Sul

SAS - Statistical Analysis System

SC – Santa Catarina

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

w - watt

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos.....	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Plantas forrageiras.....	15
3.1.1	Gênero <i>Brachiaria</i>	15
3.1.2	Gênero <i>Panicum</i>	17
3.3	MÉTODOS DE SECAGEM DE AMOSTRAS.....	19
3.4	A TECNOLOGIA NIRS (Near Infra Red System)	21
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
5.	Métodos de secagem e a qualidade bromatológica de forrageiras avaliadas por Espectroscopia no Infravermelho Próximo	31

1. INTRODUÇÃO

A produção de bovinos, tanto para leite quanto para corte, é uma das principais atividades do cenário mundial, especialmente no agronegócio brasileiro. Em 2017 o rebanho mundial de bovinos era de, aproximadamente, 995,34 milhões de cabeças (FAO, 2018). Segundo o IBGE (2017), o Brasil apresenta o 2º maior rebanho de bovinos, com aproximadamente 214,9 milhões de animais, constituindo 21,6% do total do rebanho mundial, ficando atrás da Índia, que representa 30,5%. Além disso, de acordo com o relatório “Perspectivas Alimentares” publicado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) em 2018, o Brasil atualmente é o maior exportador mundial de carne bovina.

A pecuária brasileira é majoritariamente produzida à base de pastagens, visto que é a alternativa mais econômica e prática de fornecer alimentos para os bovinos (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), o que garante baixos custos de produção.

De acordo com estimativas (IBGE, 2017), a área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 158,6 milhões de hectares, distribuídos em aproximadamente cinco milhões de propriedades. A criação animal à base de pasto é o sistema que vem crescendo na maioria das regiões do país, visto que atualmente, aproximadamente 95% da carne bovina brasileira é produzida em regime de pastagens. Assim, o cultivo de plantas forrageiras, que sirvam de alimentos para a pecuária nacional assume papel primordial para a cadeia produtiva (JANK et al., 2014)

Entretanto, as pastagens raramente conseguem manter uma homogeneidade ao longo do ano. Essa variação entre o suprimento e demanda de nutrientes ao longo do ano ocorre devido à estacionalidade na produção forrageira, onde há uma redução na produção de forragem e mudanças estruturais do dossel, acúmulo de colmo e material morto. Isso se deve à redução da disponibilidade de luz, a temperatura média é menor e a pluviosidade é drasticamente reduzida, o que provoca uma queda na qualidade da forragem na estação seca do ano (outono/inverno) (REIS *et al.*, 2012).

Com isto, os pecuaristas têm buscado diversas maneiras de agregar valor ao seu produto, adotando novas tecnologias, novos cultivares de forragens, bem como a análise de sua produção forrageira, garantindo maior produção animal e geração de renda.

A determinação da matéria seca (MS) do alimento, que é sua fração livre de água, é o ponto de partida para estimar sua qualidade, e é o principal procedimento utilizado em pesquisas sobre pastagens, principalmente para estimativas de rendimento e disponibilidade forrageira, podendo apresentar variações conforme a espécie, maturidade da planta, manejo da cultura, condições ambientais e estação do ano (BUENO *et al.*, 2017).

A maneira mais simples e usual para realizar a estimativa da MS, é por meio da retirada de água pelo aquecimento, que se transforma em vapor e deixa a amostra. Esta prática é necessária para evitar a degradação da amostra e/ou alterações durante o período de armazenamento que antecede as análises bromatológicas. Além disso, esse procedimento tem como proposta estimar as quantidades de nutrientes presentes no alimento, os quais são apresentados na base seca por ser uma medida padronizada (PETRUZZI *et al.*, 2005).

Tradicionalmente, o método mais utilizado em laboratórios de análises de alimentos para a determinação da MS requer a utilização de estufa de ventilação forçada, porém a presença deste equipamento em propriedades rurais não é comum (BUENO *et al.*, 2017).

Diante disso, Petruzzi *et al.* (2005) descrevem o uso do forno de micro-ondas (FMO) como alternativa para secagem de materiais úmidos e determinação de MS, sendo esta técnica mais rápida e simples, além de acessível aos produtores. Desta forma, essa prática possibilitaria estimar a quantidade de MS da forragem a ser fornecida aos animais, proporcionando melhor avaliação da qualidade das forragens utilizadas, revertendo-se em maior produtividade.

Para análise bromatológica, o método tradicional de análise química tem sido amplamente utilizado nos laboratórios, porém é um método demorado e de custo elevado, visto que necessita de reagentes e tempo maior para a realização das avaliações, além de proporcionar destruição das amostras durante o processo de avaliação.

Entre as técnicas alternativas já desenvolvidas destaca-se o uso da Espectroscopia de Infravermelho Próximo (NIR). Essa metodologia consiste na coleta dos espectros de amostras, com as quais se pode prever a composição química dos alimentos e/ou dietas a partir do desenvolvimento de modelos de regressão. De acordo com Stuth *et al.* (2003), a técnica NIR é rápida e geralmente não requer trabalho intensivo no processamento dos materiais a serem avaliados,

permitindo a amostragem em grande escala, além de não gerar resíduo poluente, pois não utiliza reagentes e não destrói as amostras.

Com base no exposto, é importante a busca por metodologias mais acessíveis para a secagem de amostras forrageiras, especialmente pelos produtores, auxiliando no correto manejo nutricional dentro da propriedade rural.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar comparativamente a influência de duas metodologias para a secagem de amostras em relação aos efeitos na composição química de forrageiras.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar a estimativa de MS de forrageiras secadas em estufa de ventilação forçada de ar e em forno micro-ondas;
- Avaliar o efeito do processo de secagem nos teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e em fibra em detergente ácido (FDA) de amostras forrageiras por meio da metodologia de Espectroscopia de Reflectância na Região do Infravermelho Próximo (NIR).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Plantas forrageiras

No Brasil, o estudo de plantas forrageiras é de fundamental importância, visto que grande parte da carne e do leite produzidos no País advém de rebanhos alimentados à base de pasto. Nesse sistema, o próprio animal realiza a colheita da forragem por meio do pastejo e, desse modo, são dispensáveis gastos com mão de obra, combustível e maquinário com as operações (corte, picagem, transporte e fornecimento de forragem no cocho) envolvidas na alimentação dos animais (JANK *et al.*, 2010).

Segundo Alencar *et al.* (2010), o uso de forrageiras para a intensificação da bovinocultura é devido à alta capacidade de produção de MS. O elevado potencial produtivo e qualidade do sistema deve-se à correta escolha da espécie forrageira, bem como seu correto manejo. Os cultivares dos gêneros *Pennisetum*, *Cynodon*, *Panicum* e *Brachiaria*, apresentam uma ótima escolha para fornecimento de alimento de qualidade e quantidade adequada, que será eficientemente transformado em produtos de origem animal.

3.1.1 Gênero *Brachiaria*

As forrageiras o gênero *Brachiaria*, constituem os capins mais cultivados no Brasil e são facilmente adaptados aos mais diversos tipos de solo e clima, o que permitiu o aumento da taxa de lotação e o desempenho animal em comparação às espécies nativas e/ou naturalizadas (JANK *et al.*, 2010). Segundo Filgueiras (1990) e Pires (2006), as primeiras *Brachiaris* introduzidas no Brasil vieram transportadas em navios negreiros vindos da África (século XVI), pois serviam de colchão aos escravos. Desta forma, acreditavam ter sido o principal agente de introdução da *Hyparrhenia rufa* (capim-jaraguá), *Panicum maximum* (capim-colonião) e *Brachiaria mutica* (capim-pará) no Brasil.

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são conhecidas no Brasil como planta forrageira desde 1950, entretanto, a sua verdadeira expansão ocorreu nas áreas de cerrado, nas décadas de 70 e 80, aumentando a produtividade animal, proporcionando o avanço na pecuária (MACEDO, 2001). A utilização das espécies de *Brachiaria* como alimento forrageiro se prende ao fato de serem plantas de alta

produção de MS, além de possuir boa adaptabilidade, facilidade de estabelecimento, persistência e bom valor nutritivo, como também apresentam menor propensão a doenças e bom crescimento durante a maior parte do ano, inclusive no período seco (COSTA *et al.*, 2005).

As gramíneas deste gênero podem ser perenes ou anuais; eretas ou decumbentes; entouceiradas, rizomatosas, com enraizamento nos nós inferiores em contato com solo, denso pubescente, de coloração verde escura, de 30 a 90 centímetros de altura (Figura 1). Suas espiguetas são solitárias, raramente aos pares, subsésseis, organizadas em duas linhas; os lemas férteis possuem arestas reduzidas e tombadas, o que ajuda na diferenciação entre *Brachiarias* e *Panicums* (SOUZA, 2014).

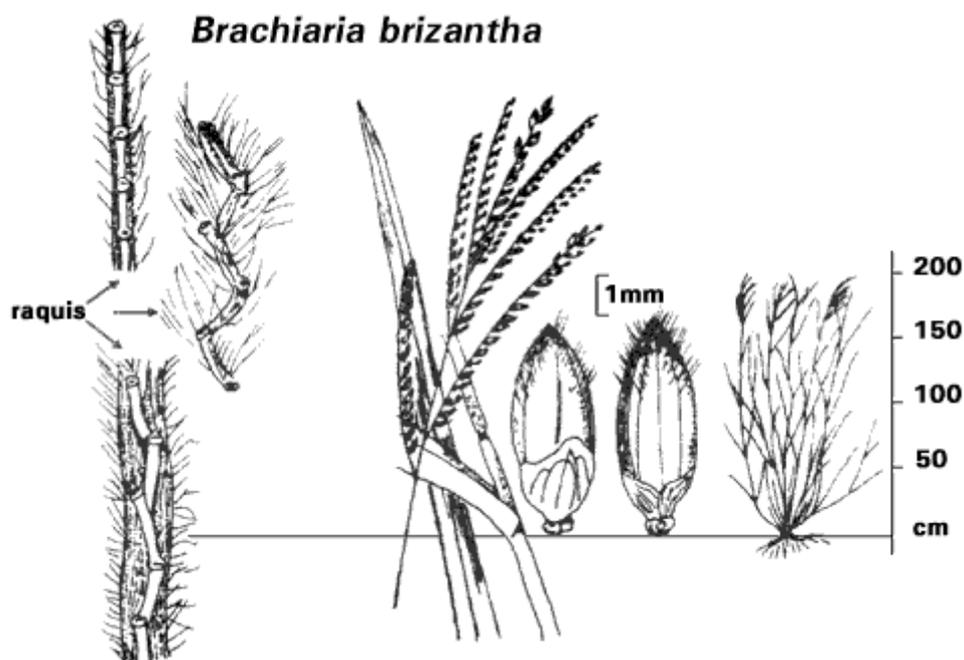


Figura 1. Figura esquemática das inflorescências de *Brachiaria brizantha*.

Fonte: Sendulsky (1977).

De acordo com Reis *et al.* (2013), esse gênero apresenta várias espécies de interesse forrageiro com diferenças marcantes acerca da morfologia e flexibilidade de manejo. Sete dessas espécies destacam-se por serem as mais utilizadas como planta forrageira na América tropical: *B. arrecta*, *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyneura*, *B. humidicola*, *B. mutica* e *B. ruzizensis*.

Atualmente, as cultivares mais utilizadas são o Tanzânia, Mombaça e Massai, embora ainda se encontrem áreas de pastagens remanescentes como os capins Colômbio e Sempre-Verde (REIS *et al.*, 2013).

3.2 Composição bromatológica das espécies *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum*

A qualidade de uma planta forrageira é representada pela associação da composição bromatológica, da digestibilidade e do consumo voluntário, entre outros fatores, da forragem em questão. Contudo, são de extrema importância o conhecimento dos teores de proteína bruta (PB), composição da parede celular e MS para compreender os benefícios que este alimento trará ao animal quando ingerida (GERDES, 2000).

O valor nutritivo das forrageiras refere-se à composição químico-bromatológica da forragem e sua digestibilidade (VAN SOEST, 1994). O valor nutritivo das plantas é afetado por fatores fisiológicos, morfológicos, ambientais e por diferenças entre espécies, sendo que, no caso das plantas forrageiras, o declínio do valor nutritivo associado ao aumento da idade, normalmente é explicado como o resultado da maturidade da planta (SOARES FILHO *et al.*, 2002).

Segundo Costa *et al.* (2005), de acordo com comparações feitas sob as mesmas condições climáticas, a variabilidade do valor nutritivo é pequena entre as espécies e cultivares, sendo que as maiores mudanças ocorrem nas características que acompanham a maturação da planta, como a proteína, minerais e parede celular. À medida que a planta amadurece, os teores de PB, minerais e outros componentes do conteúdo celular diminuem, enquanto que os da parede celular aumentam (COSTA *et al.*, 2005).

O conhecimento da composição química das pastagens (Tabela 1) e demais alimentos é importante, uma vez que para a elaboração de uma dieta e formulação de ração, é necessário atender às exigências dos animais. Além disso, mediante a avaliação da composição química, é possível quantificar a presença de compostos como proteína, carboidratos estruturais, carboidratos solúveis, substâncias tóxicas, ácidos orgânicos, vitaminas e minerais essenciais para os animais (REIS *et al.*, 2013).

Tabela 1. Média da composição químico-bromatológica e energética de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* nas quatro estações do ano.

Componente	<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Panicum maximum</i>
MS (%)	25,05	25,50
MO (%)	91,50	90,85
MM (%)	8,51	9,15
PB (%)	10,08	11,67
NDT (%)	42,18	44,79
EM (Kcal/kg)	1486,41	1594,92

Fonte: Adaptado de Freitas *et al.* (1994).

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; PB = proteína bruta; NDT= nutrientes digestíveis totais; EM = energia metabolizável

3.3 MÉTODOS DE SECAGEM DE AMOSTRAS

Atualmente, o conhecimento do consumo de MS pelo animal é o primeiro passo para programar uma alimentação de qualidade e quantidade adequada de nutrientes.

As estimativas de rendimento e disponibilidade de MS são um dos procedimentos mais utilizados em pesquisas para a determinação do conteúdo de umidade das forragens frescas e silagens (LACERDA, 2009). Crespo (2002) refere-se à MS como importante parâmetro para expressar a produção de forrageiras.

Há variedade de equipamentos e métodos que podem ser usados para secar alimentos, cada qual com vantagens e desvantagens para serem utilizados (GODINHO *et al.*, 2014).

As condições proporcionadas às amostras durante a secagem influenciarão nas posteriores análises quanto à qualidade das forrageiras (LACERDA, 2009). A secagem do material vegetal é realizada para evitar a degradação dos tecidos e alterações químicas durante o armazenamento, além de ser requerida para estimar as quantidades de nutrientes que os animais consumirão (PETRUZZI *et al.*, 2005).

O método convencional, conhecido também como estufa com circulação forçada de ar (EST), se destaca por ser simples e amplamente utilizado nos

laboratórios de análises de alimentos. De acordo com Lacerda *et al.* (2009), a determinação da MS de forrageiras, com mais de 40% de umidade é realizada predominantemente pelo método convencional, ou seja, em estufa.

Este método, entretanto, é mais lento, levando em média de 48 a 72 horas para a determinação da MS, o que pode favorecer o aumento de contaminação bacteriana devido ao maior tempo de secagem e a volatilização de ácidos orgânicos e amônio (NARASIMHALU *et al.*, 1982).

A secagem em estufa é considerada por alguns autores, um método que pode vir a ocasionar mudanças bioquímicas no material vegetal, alterando a sua composição (PASTORINI *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2011).

Marur & Sodek (1995) observaram que os maiores teores de açúcares redutores e de aminoácidos encontrados no material seco em estufa, talvez sejam resultado da hidrólise de sacarose e proteína, induzida pelo uso da estufa. Em contrapartida, Pastorini *et al.* (2002) não verificaram diferença entre os métodos de secagem em forno micro-ondas e em estufa com relação a MS de plantas de milho e feijão.

A extração da umidade em forno micro-ondas (FMO) tem sido utilizada desde a década de 50, por vários pesquisadores como técnica rápida para a determinação da MS em programas de melhoramento de pastagens (LACERDA *et al.*, 2009).

Segundo estudos, a utilização deste método pode apresentar redução no tempo de secagem e da contaminação bacteriana, resultando em melhor aparência e qualidade do produto, sem influenciar na composição química do material seco (PASTORINI *et al.*, 2002).

Ainda de acordo com Pastorini *et al.* (2002) a secagem do material vegetal em FMO é o método que há maior preservação da amostra, pois há a tendência de maiores teores de compostos orgânicos, como amido e carboidratos solúveis totais no material secado.

Segundo Vinholis (2008), a utilização do FMO para determinação de MS em solos e em plantas demonstrou ser viável, pelo fato de aumentar o rendimento de trabalho e diminuir o custo das análises, sem afetar a qualidade dos resultados, além de ser fácil aplicabilidade para o produtor rural.

No entanto, segundo Crespo *et al.* (2007), são escassas as informações sobre a secagem de forrageiras em FMO e seu efeito na qualidade do material vegetal. Para Silva *et al.* (2011) é importante proceder com avaliações para verificar se o

método poderia afetar os teores foliares dos nutrientes das plantas e, conseqüentemente, a respectiva interpretação dos resultados da análise foliar.

Marur & Sodek (1995), citado por Silva (2011), acrescenta que a possibilidade de secagem por meio de FMO, apresenta como vantagens a maior velocidade na secagem do material vegetal, acessibilidade e, principalmente, a redução das transformações químicas durante o processo de aquecimento, mas com possíveis perdas significativas de carboidratos durante o processo de secagem, através da respiração, assim como algumas substâncias voláteis, dependendo do tempo de secagem do material.

Diante do exposto, viu-se que na literatura existem poucas informações sobre os efeitos da secagem em FMO e efeito na qualidade foliar de plantas, bem como de forragens cultivadas, o que sugere a realização de mais pesquisas a respeito.

3.4 A TECNOLOGIA NIRS (Near Infra Red System)

Para a determinação do valor nutritivo da dieta de animais de produção existem algumas técnicas que já são utilizadas para avaliação da qualidade e quantidade do alimento ingerido. Todavia, essas técnicas, consideradas convencionais, geralmente apresentam um custo elevado, necessidade de reagentes caros e nocivos, além de demandarem tempo para o preparo da amostra e sua avaliação laboratorial, o que acaba, muitas vezes, desestimulando os produtores a analisar a qualidade da dieta oferecida aos animais.

Diante das análises convencionais, ainda há a necessidade de uma técnica que possa determinar o valor nutricional do alimento de forma fácil, rápida, e precisa, sendo viável para tomada rápida de decisões no campo (GONÇALVES *et al.*, 2018).

O método NIRS pode ser utilizado na predição da MS, PB, fibra em detergente ácido e fibra em detergente neutro do alimento analisado (FONTANELI *et al.*, 2002). Ainda, oferece vantagens como rapidez na obtenção dos dados, apresenta caráter não destrutivo e não invasivo e por isso, frequentemente, não necessita de preparação prévia da amostra, o que gera economia de tempo e reagentes, minimizando erros do analista por permitir a diminuição do número de medidas padrão (PASQUINI, 2003).

Segundo Campestrini (2005), esta técnica analítica utiliza uma fonte de luz produtora de comprimento de onda conhecido (700–2500 nm), permitindo a

obtenção de um quadro completo da composição orgânica de uma substância ou material analisado.

O espectrômetro NIR é um equipamento de alta precisão que utiliza o princípio de emissão de radiação eletromagnética para efetuar análises de alimentos. São realizadas leituras espectrais em determinados comprimentos de ondas da amostra estabelecendo-se posteriormente uma correlação entre os resultados das análises tradicionais e os espectros conseguidos. O método NIRS permite analisar os componentes orgânicos de ingredientes e produtos, desde que haja um banco de dados para reconhecer as variações do material analisado (SALMAN, 2010).

Uma vez montada a curva de predição, a análise do espectro torna-se extremamente simples e rápida, sem a necessidade de reagentes ou diluições, tornando o método superior às metodologias convencionais (CAMPESTRINI, 2005).

Para Machado et al. (2015), método de espectroscopia de reflectância no infravermelho proximal (NIRS) apresentou elevada acurácia para estimar teores de matéria seca e proteína bruta, podendo ser utilizada para análise rápida de amostras de pastejo simulado de Capim-Tanzânia.

A curva de calibração para os parâmetros de Proteína Bruta (PB), Fibra em Detergente Ácido (FDA) e Fibra em Detergente Neutro (FDN) apresentou-se adequada para o uso em análises de rotina em laboratório de espécies forrageiras. Contudo a curva de Matéria Seca (MS) deve receber um banco de dados mais amplo e com materiais em melhor estado de conservação, para resultados mais confiáveis, segundo estudos feitos por Vandersen (2017).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, V.; ALMEIDA, A.; GHISI, O. **Estudos fisiológicos de seis cultivares de Panicum maximum Jacq.** Boletim de Indústria Animal, v. 42, n. 2, p. 199-208, 29 jan. 2014.

ALENCAR, C.A.B.; CÓSER, A.C.; MARTINS, C.E.; OLIVEIRA, R.A. **Altura de capins e cobertura do solo sob adubação nitrogenada, irrigação e pastejo nas estações do ano.** Acta Scientiarum, Agronomy, Maringá, v. 32, n.1, p. 21-27, 2010. DOI: 10.4025/actasciagron.v32i1.319

BUENO, A.V.I.; JOBIM, C.C.; RIBEIRO, M.G.; & DE OLIVEIRA, J.P. **Método de obtenção de matéria seca e composição química de volumosos.** Ciência Animal Brasileira, v. 18, 2017. DOI: 10.1590/1089-6891v18e-44913

CAMPESTRINI, E. **Utilização de equipamento nirs (near infrared reflectance spectroscopy) nos estudos de valores nutricionais (composição química e digestibilidade) de alimentos para não ruminantes.** Revista Eletrônica Nutritime, Maringá, v. 2, n. 5, p.240-251, 2005. Available at: http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/025V2N5P240_251_SET2005.pdf Accessed on: Jul. 17 2019.

COSTA, K.A.D.P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P.D.; CUSTÓDIO, D.P.; & SILVA, D.C. **Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Ciência Animal Brasileira, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

CRESPINO, R. J. **Uso del horno microondas para la obtención del valor de materia seca en especies forrajeras,** 2002. 48 f. Tesis (Ingeniero Agrónomo) – Universidad Nacional del Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce, Argentina, 2002.

CRESPO, R.J.; CASTAÑO, J.A.; & CAPURRO, J. A. **Secado de forraje con el horno microondas: efecto sobre el análisis de calidad.** Agricultura Técnica, Chillán, v. 67, n. 2, p. 210-218, abr-jun. 2007.

FERRAZ, J.B.S.; & de FELÍCIO, P.E. **Production systems - An example from Brazil.** Meat Science, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010. DOI:10.1016/j.meatsci.2009.06.006

FILGUEIRAS, T. de S. Africanas no Brasil: gramíneas introduzidas da África. **Cadernos de Geociências**, v. 5, n. 1, p. 57-63, 1990.

FONTANELI, R.S.; DURR, J.W.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; HAUBERT, F.; & BORTOLINI, F. **Validação do método da reflectância no infravermelho proximal para análise de silagem de milho.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 31, n. 2, p. 594-598, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000300008>.

FREITAS, E.A.G.; DUFLOTH, J.H.; GREINER, L.C. **Tabela de composição químico-bromatológica e energética dos alimentos para animais ruminantes em Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 1994.

FREITAS, K.R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J.A.; DO NASCIMENTO, J.L.; HEINEMAM, A.B.; Ferreira, P.H.; & MACEDO, R. **Avaliação do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio.** Acta Scientiarum. Agronomy, [s.l.], v. 27, n. 1, p.83-89, 11 abr. 2005. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v27i1.2154>.

GERDES, L.; WERNER, J.C.; COLOZZA, M.T.; POSSENTI, R.A.; & SCHAMMASS, **Avaliação de características de valor nutritivo das gramíneas forrageiras marandu, setária e tanzânia nas estações do ano.** Rev. Bras. Zootec., v. 29, n. 4, p.955-963, 2000. DOI: 10.1590/S1516-35982000000400003

GODINHO, R.F.; CARVALHO, R.D.C.R.; & FERREIRA, E. A. **Determinação de matéria seca em alimentos para uso animal por meio do forno micro-ondas e Koster Tester.** Revista de Ciências Agroveterinárias. 2014; Available

at:<http://revistas.bvs-vet.org.br/rca/article/view/33271/37083>. Accessed on: Jan. 10 2019. Português.

GONÇALVES, J. L.; FERNANDES A. M. F.; SOUSA R. T. de; SANTOS S. F. S.. **Utilização do NIRS na determinação dos parâmetros de digestibilidade e consumo em ruminantes**. Nutritime Revista Eletrônica, Viçosa, v. 15, n. 4, p.8200-8253, ago. 2018. Available at:<http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/Artigo_471_.pdf>. Accessed on: Jan. 10 2019.

GUGLIERI, A.; LONGHI-WAGNER, H.M.; & ZULOAGA, F.O. **Panicum sect. Dichotomiflora (Hitcch. & Chase) Honda and P. sect. Virgata Hitcch. & Chase ex Pilg.(Poaceae: Panicoideae: Paniceae) in Brazil**. Acta Bot. Bras., São Paulo, v.21, n.4, p.785-805, 2007. DOI: 10.1590/S0102-33062007000400004

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Brasil: IBGE, 2017. Available at:<https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html>. Accessed on: Dec. 10 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **PPM- Produção da Pecuária Mundial**, 2016. Available at:<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2016_v44_br.pdf>. Accessed on: Dec. 10 2018

JANK, L.; MARTUSCELLO, J.A.; EUCLIDES, V.P.B.; VALLE, C.B. do; RESENDE, R.M.S. Capítulo 5 – *Panicum maximum*. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2010. p. 166-196

JANK, L.; BRAZ, T. G. dos S.; MARTUSCELLO, J.A. Espécies forrageiras: GRAMÍNEAS DE CLIMA TROPICAL. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **FORRAGICULTURA: CIÊNCIA, TECNOLOGIA E GESTÃO DOS RECURSOS FORRAGEIROS**. Jaboticabal: Funep, 2014. p. 148-175.

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. **Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional.** Bioscience Journal, v.25, p.185-190, 2009.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: Simpósio sobre manejo de pastagem, 18, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. 2001, p.257-283.

MACHADO, H. C., GONÇALVES, J. de L., FERNANDES, A. M. F., SILVA, J. K. da, MARTINS F. E. B., SANTOS, S. F. dos, BOMFIM, M. A. D. Predição do teor de matéria seca e da proteína bruta do Capim-Tanzânia por meio da espectroscopia NIR. **Congresso Brasileiro de Zootecnia.** Fortaleza. 2015

MARUR, C.J.; SODEK, L. **Microwave drying of plant material for biochemical analysis.** Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal. v.7, n.1, p.111-114, 1995. Available at:< <http://www.cnpdia.embrapa.br/rbfv/pdfs/download.php?file.pdf>> Accessed on: Dec. 10 2018.

NARASIMHALU, P.; FARQUHARSON L.; LEA D., MACDONALD I.; MULLIN C. **Rapid determination of dry matter in grass silage of *Lolium* sp. using a microwave oven.** Canadian Journal of Plant Science, Quebec, v. 62, n. 2, p. 233 – 235, abr-mai, 1982.

PASQUINI, C., **Near infrared spectroscopy: fundamentals, practical aspects and analytical applications.** Journal of the Brazilian Chemical Society 2003, 14 (2), 198-219. DOI: 10.1590/S0103-50532003000200006.

PASTORINI, L.H., BACARIN, M.A., ABREU, C.M. **Secagem de material vegetal em forno de micro-ondas para determinação de matéria seca e análises químicas.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.26, p.1252-1258, 2002.

PETRUZZI, H. J.; STRITZLER, N.P.; FERRI, C.M.; PAGELLA, J.H.; RABOTNIKOF, C.M. **Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas.** Boletín de Divulgación Técnica 88, p. 4, 2005. Available

at:<http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/43-uso_microondas_ms.pdf>. Accessed on: Dec. 10 2018.

PIRES, W. Manual de pastagem: formação, manejo e recuperação. Viçosa: Ed. **Aprenda Fácil**, 2006. São Paulo. p.64-74.

REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. ed. 1. Jaboticabal: M. de L. Brandel-ME, p. 714, 2013.

REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; OLIVEIRA, A.A.; AZENHA, M.V.; CASAGRANDE, D.R. **Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais**. Rev. Bras. Saúde Produção Animal, Salvador , v. 13, n. 3, p. 642-655, Sept. 2012 . Available at: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-99402012000300005&lng=en&nrm=iso>.Accessed on: 21 Mar. 2019.

ROSANOVA, C. **Estabelecimento de pastagens de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. em consórcio com sorgo forrageiro, sob fontes de fósforo, no cerrado tocantinense**. 2008. 58 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2008.

SALMAN, A.K.D.; FERREIRA, A.C.D; SOARES, J.P.G; SOUZA, J.P. **Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos**. EMBRAPA, Porto Velho, v. 1, n. 1, p.7-20, maio 2010.

SENDULSKY, T. (1977). **Chave para identificação de *Brachiaria***. Journal Agroceres. v.5, n.56, p. 4-5.

SILVA, A.L.P.; PRADO, R.M.; SILVA, G.S.S.; BIANCO, M.S.; PANCELLI, M.A. **Métodos de secagem de amostras de folhas de capim brachiária, cana-de-açúcar e goiabeira nos teores de macronutrientes**. Colloquium Agrariae, [s.l.], v. 07, n. 02, p.35-40, 3 jul. 2011. DOI: 10.5747/ca.2011.v07.n2.a072

SILVA, J.H.C. **Composição química de gramíneas do gênero *Brachiaria* e *Panicum* em função a diferentes idades de rebrotação.** 2016. 33 f. Monografia (Especialização) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2016.

SOARES FILHO, C. V.; RODRIGUES, L. R. A.; PERRI, S. H. **Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo.** Acta Scientiarum, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1377-1384, out. 2002.

SOUZA, E. F. **Comparação de técnicas de inoculação de *Pseudomonas fluorescens* em *Brachiaria decumbens* spp para avaliação de crescimento vegetativo.** São Jose dos Campos; SP/ UNICASTELO, 2014, 57p.

STUTH, J.; JAMA, A.; TOLLESON, D. **Direct and indirect means of predicting forage quality trough near infrared reflectance spectroscopy.** Field Crops Research, v.84, p.45-56, 2003. DOI: 10.1016/S0378-4290(03)00140-0

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

VANDRESEN, Bruna Búrigo. **Curvas de calibração para análise bromatológica de pastagens por espectrometria de Infravermelho Próximo (NIR).** 2017. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/178159/TCC%20-%20Bruna%20B%C3%BArigo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 25 nov. 2019.

VINHOLIS, M. de M. B.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R.A.; PRIMAVESI, O. **O Uso de micro-ondas doméstico para determinação de matéria seca e do teor de água em solos e plantas: avaliação econômica, social e ambiental.** Custos e @gronegocio on line, Recife, V.4, p.80-97, 2008. Available at:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/PPPSE/18298/1/PROCIMMBV2008.00311.pdf>>. Accessed on: 21 Mar. 2019.

A formatação do artigo científico a seguir é específica de cada periódico, sendo de responsabilidade do aluno e orientador atender suas exigências. O artigo científico será submetido ao periódico “Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB)”. As normas podem ser acessadas pelo endereço eletrônico: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/about/submissions#authorGuidelines>.

Acesso em: 26 nov. 2019.

Métodos de secagem e a qualidade bromatológica de forrageiras avaliadas por Espectroscopia no Infravermelho Próximo

Alexandra de Souza Tolentino Pamato^{(1)*} and Milene Puntel Osmari⁽²⁾

(1) Acadêmica do curso de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

(2) Professora, Departamento de Zootecnia e Desenvolvimento Rural, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Bairro Itacorubi, Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

* Autor correspondente – ale.pamato@gmail.com

Resumo

A determinação da matéria seca (MS) das forrageiras é realizada em laboratórios de análises de alimentos principalmente com o auxílio de estufa de ventilação de ar forçada (EST), técnica mais lenta que a determinação utilizando forno de micro-ondas (FMO). Assim, objetivou-se avaliar a influência de 2 métodos de secagem na composição nutricional de forrageiras avaliadas em Espectroscopia do Infravermelho Próximo (NIR). Foram avaliadas 6 espécies forrageiras, secadas em estufa de ventilação forçada (EST) e forno de micro-ondas (FMO). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 2 x 6 (2 métodos de secagem e 6 espécies forrageiras). A metodologia de secagem influenciou somente os teores de MS dos cultivares Paiaguás e Marandu, apresentando menores valores quando seco em FMO. Para os teores de proteína bruta, o cultivar Xaraés foi menor quando seco em EST, comportamento oposto ao verificado para o Marandu, que apresentou menor valor através do FMO. Os teores de FDN e FDA não foram influenciados pelos métodos de secagem. A utilização de FMO para a determinação de MS é promissora,

entretanto são necessários estudos posteriores avaliando possíveis alterações na composição do alimento.

Termos para indexação: *Brachiaria*; composição química; estufa; matéria seca; micro-ondas; *Panicum*.

Introdução

A pecuária brasileira é majoritariamente produzida à base de pastagens, visto que é a alternativa mais econômica e prática de fornecer alimentos para os bovinos (Ferraz & Felício, 2010), o que garante baixos custos de produção.

De acordo com estimativas do último Censo Agropecuário Brasileiro (IBGE, 2017), a área total de pastagens (naturais e plantadas) no Brasil é de 158,6 milhões de hectares, distribuídos em aproximadamente cinco milhões de propriedades. A criação animal à base de pasto é o sistema de produção predominante no País, visto que atualmente, aproximadamente 95% da carne bovina brasileira é produzida em regime de pastagens. Assim, o cultivo de plantas forrageiras, que sirvam de alimentos para a pecuária nacional assume papel primordial para a cadeia produtiva.

Entretanto, as pastagens não conseguem manter sua homogeneidade quanti e qualitativa ao longo do ano. Essa variação entre o suprimento e a demanda de nutrientes ao longo do ano ocorre devido à estacionalidade na produção forrageira, onde há uma redução na produção de forragem e mudanças estruturais do dossel; acúmulo de colmo e material morto, devido à redução da disponibilidade de luz; a temperatura média é menor e a pluviosidade é drasticamente reduzida, o que provoca uma queda na qualidade da forragem na estação seca do ano (outono/inverno) (Reis et al., 2012).

A determinação da matéria seca (MS) do alimento é o ponto de partida para estimar sua qualidade, e é o principal procedimento utilizado em pesquisas sobre pastagens, principalmente para estimativas de rendimento e disponibilidade forrageira, podendo apresentar variações conforme a espécie, maturidade e manejo da cultura, condições ambientais e estação do ano (Bueno et al., 2017).

A MS como o próprio nome diz, representa a fração do alimento que não é água. A maneira mais simples e usual para realizar sua estimativa, é por meio da retirada de água pelo aquecimento, que se transforma em vapor e deixa a amostra. Esta prática é necessária para preparar a amostra para moagem e armazenamento, visto que evita sua degradação e/ou alterações durante o período de armazenamento que antecede as análises bromatológicas. Além disso, esse procedimento tem como proposta estimar as quantidades de nutrientes presentes no alimento, os quais são apresentados na base seca por ser uma medida padronizada (EMBRAPA, 2015).

Tradicionalmente, o método mais utilizado em laboratórios de análises de alimentos para a determinação da MS requer a utilização de estufa de circulação forçada de ar (EST), porém a presença deste equipamento em propriedades rurais não é comum (Bueno et al., 2017).

Diante disso, estudos realizados por Pastorini et al. (2002), verificaram que plantas de milho e feijão, quando secas em FMO e em EST, não apresentaram diferença na determinação da MS. Resultados semelhantes foram encontrados por Petruzzi et al. (2005), onde avaliaram os teores de MS de duas espécies de *Panicum* utilizando a EST e FMO, e não encontraram diferença significativa. O mesmo autor aponta como vantagens, a determinação por FMO prática, sendo possível determinar a quantidade de MS da forragem a ser fornecida aos animais, permitindo a melhor avaliação da qualidade das forragens utilizadas, revertendo-se em maior produtividade animal e menor custo (Petruzzi et al., 2005). Lacerda et al. (2009)

encontraram valores semelhantes de MS obtidos por EST e forno micro-ondas (FMO), com isso descrevem o de FMO como uma alternativa para secagem de materiais úmidos e determinação de MS, sendo esta técnica mais rápida e simples, além de acessível aos produtores. Sendo assim, para estes autores, a utilização do FMO constitui-se em um processo rápido e acessível para a determinação da MS em grandes e pequenas propriedades rurais.

Para análise bromatológica, o método tradicional de análise química tem sido amplamente utilizado nos laboratórios, porém é um método demorado e de custo elevado, visto que necessita de reagentes e tempo maior para a realização das avaliações, além de proporcionar destruição das amostras durante o processo de avaliação.

Entre as técnicas alternativas já desenvolvidas destaca-se o uso da Espectroscopia de Reflectância na Região do Infravermelho Próximo (NIR). Essa metodologia consiste na coleta dos espectros de amostras, com as quais se pode prever a composição química dos alimentos e/ou dietas a partir do desenvolvimento de modelos de regressão. De acordo com Stuth et al. (2003), a técnica NIR é rápida e geralmente não requer trabalho intensivo no processamento dos materiais a serem avaliados, permitindo a amostragem em grande escala, além de não gerar resíduo poluente, pois não utiliza reagentes e não destrói as amostras.

Com base no exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar comparativamente a influência de duas metodologias para a secagem de amostras em relação aos efeitos na composição química de forrageiras avaliadas pela técnica de Espectroscopia de Reflectância na Região do Infravermelho Próximo (NIR).

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Agrostologia da Fazenda Experimental da Ressacada (FER) e no Laboratório de Forragicultura do Centro de Ciências Agrárias, pertencente à Universidade Federal de Santa Catarina (CCA-UFSC), Florianópolis (SC), entre

os meses de Janeiro e Julho de 2019. A área agrostológica estava situada nas coordenadas 27°35'48" S de latitude e 48°32'57" O de longitude e em uma altitude média de 3 m acima do nível do mar.

Foram avaliados 2 métodos de secagem de amostras (estufa de ventilação forçada e forno micro-ondas) e suas influências na qualidade bromatológica de espécies forrageiras, analisadas por meio de Espectroscopia de Refletância no Infravermelho Próximo (NIR). O equipamento utilizado foi o espectrofotômetro FT-NIR MPA (BRUKER OPTIK GmbH, Rudolf Plank Str. 27, D-76275 Ettlingen).

Em Dezembro, antes do período experimental, para efeito de padronização dos canteiros das espécies forrageiras, foi realizada uma roçada a uma altura de 20 cm do solo.

Todas as espécies forrageiras utilizadas foram provenientes de canteiros individuais com tamanho de 3 m x 3 m (9 m²) e as amostras foram coletadas com o auxílio de uma tesoura e um quadrado de 1 m² de área, seguido de pesagem. Para a estimativa da massa de forragem (MF), o peso do material coletado em 1 m², foi extrapolado para 1 hectare e após a secagem do material, foi possível calcular a disponibilidade forrageira (kg MS/ha).

Foram coletadas amostras de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Xaraés, Paiaguás e Marandu) e cultivares de *Panicum maximum* (Colonião, Mombaça e Tanzânia). Desta forma, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em um arranjo fatorial 2 x 6 (2 métodos de secagem x 6 espécies forrageiras).

A avaliação do teor de MS pelo método convencional em EST, seguiu a metodologia proposta por Silva e Queiroz (2009) e a obtenção do teor de MS utilizando FMO, seguiu a metodologia descrita por Bueno et al. (2017). Para cada processo de secagem, utilizou-se, aproximadamente, 200g de forragem fresca.

Para o processo de secagem em FMO, foram utilizados dois aparelhos visando agilizar o procedimento de secagem das amostras, sendo que um deles foi apenas para os cultivares de

Brachiaria brizantha (capacidade de 30 L, potência 1000 watts) e outro para os da espécie *Panicum maximum* (capacidade de 20 L, potência 1130 watts). Em ambos, para evitar a queima e o dano das amostras, foi adicionado no interior do equipamento um copo com ~150 mL de água, conforme sugerido por Silva & Queiroz (2009).

O processo de secagem por FMO foi realizado através de ciclos com diferentes durações, sendo a amostra mantida primeiramente em aquecimento durante 3 ciclos de 5 minutos, passando-se para um ciclo de 3 minutos e logo após um ciclo de 2 minutos, seguido de ciclos de 1 minuto até que as amostras apresentassem peso constante (Bueno et al., 2017).

Para a obtenção da MS, as amostras das forragens avaliadas foram pesadas em balança de precisão antes e após a secagem de acordo com o tratamento correspondente. O teor de MS foi calculado com base no peso inicial e final, conforme descrito por Silva & Queiroz (2009).

Após a obtenção da MS, em ambos os procedimentos de secagem, ocorreu a moagem das amostras em moinho de facas, em peneira de 1 mm. Posteriormente, todas as amostras foram avaliadas quanto ao teor de MS, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) por meio do equipamento NIR.

Os dados coletados para cada variável foram submetidos à análise de variância, por intermédio do procedimento GLM do programa estatístico SAS (2002), e as diferenças entre as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de significância de 5%. Ainda, foi realizado teste de interação entre espécie forrageira (EF) e métodos de secagem (MSec).

Resultados e Discussão

O método de secagem não influenciou a estimativa da MF entre as espécies forrageiras avaliadas (Tabela 1; $P > 0,05$). Desta forma, é possível a utilização do FMO em propriedades rurais visando à estimativa da produção de MS/ha e a adequação da carga animal (kg PV/ha),

assegurando um adequado manejo de pastagem e, conseqüentemente, a utilização eficiente dos recursos forrageiros.

No momento do corte, a forrageira que apresentou maior produção total de MS (kg/ha) foi a cultivar Colonião, destacando-se com valor de 23.761,44 Kg/ha de MS quando seco em EST e 22.491,65 Kg/ha de MS em FMO (Tabela 1). De maneira geral, verificou-se ainda superioridade dos cultivares do gênero *Panicum maximum* em relação à produção de MF e a altura das *Brachiarias* avaliadas.

Estudos em diferentes épocas do ano comprovam que o crescimento e o desenvolvimento de *Panicum maximum* apresentam maior acúmulo de biomassa verde e seca das plantas durante o período do verão, pois esta estação proporciona melhores condições de precipitação e temperatura, resultando em biomassa residual mais alta com relação a outras épocas do ano (Torres et al., 2013).

Houve influência dos métodos de secagem ($P < 0,05$) sobre os teores de MS somente na *B. brizantha* cv Paiaguás e cv. Marandu, em que apresentaram maiores valores quando secos em estufa. Todavia, os teores de MS do *P. maximum* cv. Mombaça apresentaram uma tendência ($P < 0,10$) de superioridade de 11,5% quando o material foi seco em estufa (Tabela 2). Desta forma, nas condições desta pesquisa, a utilização do FMO se mostrou pouco eficiente na determinação da MS das forrageiras acima citadas.

Não foi possível constatar diferença na obtenção de MS pelos métodos de secagem para as demais forrageiras (Tabela 2; $P > 0,05$). Isso pode estar relacionado a um dos aspectos do FMO, como o aquecimento seletivo. Diferente da estufa, onde todos os corpos que estão no interior sofrem aquecimento homogêneo, no FMO o aquecimento dependerá do material presente no seu interior (Barboza et al., 2001). Durante a realização do experimento, foi observado a necessidade de revolver a amostra no decorrer dos ciclos, para que recebesse a

radiação de maneira homogênea e, conseqüentemente, a temperatura necessária para a secagem até peso constante.

Segundo Barboza et al. (2001), dentre os princípios envolvidos no aquecimento por FMO, estão os conceitos químicos, como: temperatura, capacidade calorífica, ligação química, estrutura molecular, momento de dipolo, polarização, constante dielétrica. Além disso, o processo de aquecimento do FMO, que provoca a evaporação da água presente na forragem, se dá de forma rápida, diferente da estufa de ar forçado, em que a amostra permanece a 55°C por até 72 horas.

Estudo realizado por Ruggiero et al. (2002) não houve diferença na obtenção de MS pelos métodos de secagem em FMO e em estufa para o *P. maximum* cv Mombaça e *Brachiaria brizantha* MG5, porém, ressaltaram que o FMO não foi eficiente para a determinação da MS em sorgo e silagem de cana-de-açúcar. No mesmo sentido, resultados encontrados por Batista (2018) para cactáceas, evidenciam que a eficiência de secagem em FMO se mostrou irregular. Para o autor, essa resposta pode estar relacionada a fatores inerentes as plantas, como suas características anatômicas, particularidades da espécie e maturidade fisiológica, tal como fatores relacionados à metodologia, como o tamanho de partícula e tempo de secagem, podendo ser a maturidade fisiológica associada ao tamanho de partícula a principal causa das diferenças encontradas.

Neste experimento, o tempo médio para secagem das espécies forrageiras em FMO, foi de 27 minutos. Em resultados obtidos por Ruggiero et al. (2002), foram aproximadamente 22 minutos para a secagem, utilizando FMO com potência de 2500 watts. Lacerda et al. (2009), através da utilização FMO de 1250 watts, chegaram a 22 minutos para a secagem, ambos os trabalhos obtiveram resultados semelhantes para a secagem das amostras.

Alguns fatores influenciam a qualidade da forragem e dentre eles destacam-se a espécie, a origem, as condições de cultivo, temperatura x ambiente durante o crescimento, a

maturidade, a relação folha:colmo, parte da planta da fração amostrada (topo ou base da planta) e as características estruturais da parede celular. De maneira geral, os teores de PB (com base na MS) do Colonião, Paiaguás e Marandu foram maiores em relação às demais forrageiras avaliadas, independente dos métodos de secagem empregados (Tabela 2). Em relação aos métodos de secagem, a cultivar Xaraés, apresentou menores teores de PB quando seca em EST, comportamento oposto ao verificado para o Marandu, que apresentou menor valor quando seco em FMO (Tabela 2). Todavia, todas as espécies forrageiras, apresentaram teores de PB superiores aos 7% recomendados para o bom funcionamento ruminal dos animais de produção (Van Soest, 1994).

Lacerda et al. (2009), utilizando *Panicum maximum*, *Brachiaria ruziziensis* e silagem de milho, verificaram que somente a PB da silagem de milho foi influenciada pelo método de secagem, onde um maior teor de PB foi observado quando secada em FMO. O mesmo foi possível verificar em experimento realizado por Rezende et al. (2009) ao analisarem *Panicum maximum* cv. Mombaça, milho e silagem de milho, que observaram que para o teor de PB, somente o milho foi influenciado pelos métodos de secagem, onde os maiores valores foram encontrados para o método de secagem no FMO. Serafim et al. (2017), avaliando capim Mombaça, silagem de milho e milho em grão, verificaram que quanto à análise de PB, os métodos de secagem influenciaram esta variável somente para a silagem de milho, onde um maior teor de PB foi detectado quando secada em FMO. Para o autor a possível explicação para este fato é que, quando é realizado a secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar, pode promover a volatilização de ácidos orgânicos e amônia, favorecendo consequentemente, alterações bioquímicas na comparação do material.

Os teores de FDN e FDA não foram influenciados pelos métodos de secagem ($P > 0,05$; Tabela 2). Resultados opostos foram encontrados por Bueno et al. (2017), onde foi possível observarem que o uso do FMO foi capaz de elevar o teor de FDN das forragens avaliadas.

Para o autor, o aumento da temperatura sobre a amostra poderá provocar alterações na composição da parede celular, elevando o conteúdo de fibra da forragem, visto que a fração fibrosa do volumoso é inerte, o que significa dizer que por mais que tenha o aumento da temperatura durante a secagem sobre a amostra, não haverá perda ou acúmulo de parede celular. De modo inverso ocorre com outros compostos voláteis como ácidos orgânicos, compostos nitrogenados, como a amônia, ou carboidratos solúveis, caso a secagem seja lenta.

De acordo com Van Soest (1994), os teores de FDN das forragens influenciam o consumo pelos ruminantes. A fração fibrosa tem correlação negativa com o consumo das forrageiras, principalmente quando os teores de FDN são iguais ou superiores a 60%, o que foi verificado para todas as espécies avaliadas, independente do processo de secagem utilizado. De qualquer maneira, os processos de secagem utilizados podem ser alternativas viáveis aos produtores enviar para o laboratório as amostras de forragens coletadas em sua propriedade, após secagem em FMO para a avaliação do valor nutricional por meio do NIR (Tabela 2).

Conclusões

A técnica de secagem em forno micro-ondas é promissora para a determinação da qualidade da forragem em propriedades rurais, por ser uma técnica mais rápida para obtenção de resultados. Além disso, a utilização do forno micro-ondas torna-se uma ferramenta alternativa para calcular a produção de massa de forragem/hectare na propriedade, sendo possível auxiliar o produtor no ajuste de carga animal por área. Porém, é necessário estudos posteriores avaliando o impacto da técnica sobre alterações na composição do alimento, uma vez que pode haver pouca variação da retirada de água e qualidade bromatológica, avaliados por meio da Espectroscopia de Infravermelho Próximo (NIR).

Tabela 1. Altura (cm) e massa de forragem (Kg MS/ha) em relação ao método de secagem das espécies forrageiras.

Espécie	Cultivares	Altura (m)	Massa de Forragem (kg/ha de MS)		P<
			EST*	FMO*	
<i>Brachiaria brizantha</i>	Xaraés	0,691	22.018,2	17.654,1	0,67
	Paiaguás	0,543	14.350,6	11.844,7	0,81
	Marandu	0,537	19.575,8	16.290,1	0,75
<i>Panicum maximum</i>	Colonião	0,965	23.761,4	22.491,7	0,90
	Mombaça	1,102	16.158,7	14.312,9	0,86
	Tanzânia	1,010	20.290,4	18.235,3	0,84

*EST= Estufa de circulação forçada de ar; FMO= Forno micro-ondas.

Tabela 2. Composição bromatológica das espécies forrageiras em relação ao método de secagem.

Espécie	Cultivares	%MS			%PB			%FDN			%FDA		
		EST	FMO	P<									
<i>Brachiaria brizantha</i>	Xaraés	32,69	26,48	0,49	11,38	13,38	0,04	67,67	68,04	0,71	38,21	37,96	0,81
	Paiaguás	34,60	28,36	0,01	14,69	14,01	0,08	70,63	71,42	0,43	42,05	41,42	0,55
	Marandu	33,82	27,86	0,01	13,95	12,12	0,04	67,28	67,79	0,61	38,75	38,40	0,74
<i>Panicum maximum</i>	Colonião	30,42	28,25	0,31	15,04	14,17	0,31	67,07	67,47	0,69	37,03	36,26	0,45
	Mombaça	31,92	28,26	0,09	11,55	12,63	0,21	69,20	67,94	0,21	39,29	38,12	0,26
	Tanzânia	33,15	29,76	0,12	12,45	13,85	0,11	68,50	67,86	0,53	38,43	37,15	0,22

Referências

BARBOZA, A. C.; CRUZ, C. V.; GRAZIANI, M. B.; LORENZETTI, M. C.; & SABADINI, E. Aquecimento em forno de microondas / desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, São Paulo, v.24, n.6, p. 901-904, dez. 2001.

BATISTA, T. S.. Comparação de metodologias para determinação de matéria seca em diferentes espécies forrageiras. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA; CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 55., 2018, Goiânia. **Anais...** . Cruz das Almas: Zootecnia Brasil, 2018. p.1 - 5

BUENO, A.V.I.; JOBIM, C.C.; RIBEIRO, M.G.; & DE OLIVEIRA, J.P. Método de obtenção de matéria seca e composição química de volumosos. **Ciência Animal Brasileira**, v.18, nov 2017. DOI: 10.1590/1089-6891v18e-44913.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Sérgio Raposo de Medeiros, Rodrigo da Costa Gomes, Davi José Bungenstab. -- Brasília, DF: Embrapa, 2015. Available at: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120040/1/Nutricao-Animal-livro-em-baixa.pdf> >. Accessed on: Nov. 27 2019.

FERRAZ, J.B.S.; & de FELÍCIO, P.E. Production systems - An example from Brazil. **Meat Science**, v.84, n.2, p.238-243, 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2009.06.006.

FIGUEIREDO, M. P. et al. Determinação do teor de matéria seca do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), em três estádios de maturidade fisiológica, pelo forno de microondas. **Magistra**, Cruz das Almas, Bahia. v.16, n.2, p.113-119, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Censo Agropecuário 2017**. Brasil: IBGE, 2017. Available at:<https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/estabelecimentos.html. Accessed on: Dec. 10 2018.

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de microondas e convencional. **Bioscience Journal**, v.25, p.185-190. Jun 18 2009.

PASTORINI, L.H., BACARIN, M.A., ABREU, C.M. Secagem de material vegetal em forno de micro-ondas para determinação de matéria seca e análises químicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, p.1252-1258, Dez 2002.

PETRUZZI, H. J.; STRITZLER, N.P.; FERRI, C.M.; PAGELLA, J.H.; RABOTNIKOF, C.M. Determinación de materia seca por métodos indirectos: utilización del horno a microondas. **Boletín de Divulgación Técnica** 88, p.08-11, 2005.

REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; OLIVEIRA, A.A.; AZENHA, M.V.; CASAGRANDE, D.R. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.3, p.642-655, Sept. 2012 .

REZENDE, A.V.; RABELO, C.H.S.; JUNQUEIRA, F.P.; SALVADOR, F.M.; RABELO, F.H.S.; FARIA JUNIOR, D.C.N.A.; ANANIAS, L.C.S. Características bromatológicas de forrageiras desidratadas por diferentes métodos de secagem. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009, Maringá. **Anais**. Maringá, 2009.

RUGGIERO, J. A., FREITAS, K. R.; ROSA, B. Determinação da matéria seca de forrageiras pelo método do microondas. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002. Recife. **Anais**. Recife, 2002.

SERAFIM, R.S.; ANTONELLI, A.; SANTOS M.A.T. Determinação da matéria seca e proteína bruta pelo método convencional e microondas. **FAZU em Revista**, Uberaba, n.11, p.39-43, 2017.

SILVA, D. J. & QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.

STUTH, J.; JAMA, A.; TOLLESON, D. Direct and indirect means of predicting forage quality through near infrared reflectance spectroscopy. **Field Crops Research**, v.84, p.45-56, Nov. 2003. DOI: 10.1016/S0378-4290(03)00140-0

TORRES, F.E.; OLIVEIRA, E.P.de; TEODORO, P.E.; SILVEIRA, M.V.; RIBEIRO, L.P.; SILVEIRA, L.P.O. Produção de forragem de cultivares de *Panicum maximum* submetidas a diferentes estações de cultivo e tipos de sementes. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v.36, n.4, p.435-440, out. 2013.

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