

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

DLLANO HUMBERTO RIBEIRO

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA BROMATOLÓGICA DE *Andropogon gayanus*
CULTIVAR PLANALTINA PREDITA PELO NIRS E ANALISADA POR VIA
ÚMIDA**

UBERLÂNDIA

2019

DLLANO HUMBERTO RIBEIRO

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA BROMATOLÓGICA DE *Andropogon gayanus*
CULTIVAR PLANALTINA PREDITA PELO NIRS E ANALISADA POR VIA
ÚMIDA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à coordenação do curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito à aprovação na disciplina de Trabalho de conclusão de curso II.

Orientadora: Prof.^a Dra. Simone Pedro Silva

UBERLÂNDIA

2019

RESUMO

Objetivou-se comparar os teores de nutrientes do capim *Andropogon gayanus* cultivar Planaltina obtidos no equipamento NIRS da UFU/FAMEV, com os valores obtidos por análises de via úmida, para identificar se os modelos globais de calibração do equipamento NIRS são adequados para prever a composição química-bromatológica. Desta forma, as análises de via seca no NIRS foram executadas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN), pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada em Uberlândia-MG, nos meses de agosto até setembro de 2019, enquanto as análises de via úmida foram realizadas no Laboratório de Química Analítica de Plantas da Embrapa Cerrados, localizado em Brasília-DF, nos meses de junho até agosto de 2018. As amostras utilizadas foram de capim *Andropogon gayanus* cultivar Planaltina, que após corte de 20 cm acima do solo foram secas e moídas no tamanho de 1 mm. Após moagem foram analisadas por via úmida para os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) segundo metodologias propostas por Detmann et al. (2012). As amostras moídas foram colocadas em cubeta próprias do equipamento e escaneadas em Espectrômetro de Reflectância Infravermelho Próximo (NIRS) NIR, modelo Spectra Star 2600 XT series of Near Infrared Analyzers (Unity Scientific®) em duplicata. Para obtenção dos teores de MS, MM, PB, FDN e FDA foram utilizados modelos de calibração do próprio equipamento NIRS, utilizando a curva de calibração denominada Pasto, sendo os resultados lidos diretamente na tela equipamento. As médias dos teores de MS, MM, PB, FDN e FDA obtidas pelas análises de bancada (via úmida) e pelo uso do equipamento NIRS foram comparadas pelo Testes T dados pareados, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o delineamento em blocos casualizados. Houve diferença significativa nos nutrientes preditos pelo NIRS e analisados por via úmida ($P \leq 0,05$). Para análise de matéria seca e matéria mineral o NIRS superestimou os teores, enquanto que para os teores de FDN, FDA e PB, o NIRS subestimou, o que mostra que esse equipamento quando utilizados modelos globais de calibração não são capazes de prever corretamente a composição química bromatológica de forrageiras de clima tropical.

Palavras-chave: Análise; Alimentos tropicais; Bromatologia; Meio ambiente; Reagentes

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the nutrient content of *Andropogon gayanus* cultivar Planaltina grass obtained from UFU / FAMEV NIRS equipment with the values obtained by wet path analysis, to identify if the global calibration models of NIRS equipment are adequate to predict the composition. chemical-bromatological. Thus, the dry analyzes at NIRS were performed at the Laboratory of Bromatology and Animal Nutrition (LABAN), belonging to the Faculty of Veterinary Medicine (FAMEV) of the Federal University of Uberlândia (UFU), located in Uberlândia-MG, in the months of august to september 2019 while the wet analyzes were carried out at Embrapa Cerrados Plant Analytical Chemistry Laboratory, located in Brasília-DF, from september to october 2018. The samples used were from *Andropogon gayanus* cultivar Planaltina grass, which after cutting 20 cm above the ground were dried and ground to the size of 1 mm. After grinding, they were wet-analyzed for determinations of dry matter (DM), mineral matter (MM), crude protein (CP), neutral detergent insoluble fiber (NDF), acid detergent insoluble fiber (ADF) according to methodologies proposed by Detmann et al. (2012). The ground samples were placed in the equipment's own cuvette and scanned in NIR Near-Infrared Reflectance Spectrometer (NIRS), Spectra Star model 2600 XT series of Near Infrared Analyzers (Unity Scientific®) in duplicates. In order to obtain the contents of DM, MM, CP, NDF and ADF, the NIRS models were used, using the calibration curve called Pasto, and the results were read directly on the equipment screen. The mean DM, MM, CP, NDF and ADF levels obtained by wet analysis and the use of NIR equipment were compared by paired T test at 5% probability using a randomized block design. There were significant differences in nutrients predicted by NIRS and wet analysis ($P \leq 0,05$). For dry matter and mineral matter analysis, NIRS overestimated the contents, while for NDF, ADF and CP, the NIRS underestimated, which shows that this equipment when using global calibration models are not able to correctly predict the composition bromatological chemistry of forages of tropical climate.

Keywords: analyze; tropical feeds; bromatology; environment; reagents

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	06
2	REVISÃO DE LITERATURA	07
2.1	<i>Composição química bromatológica dos alimentos utilizados na nutrição animal</i>	07
2.1.1	Métodos químicos para análise centesimal ou proximal dos alimentos	08
2.2	<i>Espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS)</i>	16
2.3	<i>Utilização da espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS) na nutrição animal</i>	17
2.4	<i>Capim Andropogon</i>	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1	<i>Coleta das amostras e processamento</i>	21
3.2	<i>Quantidade de amostras</i>	21
3.3	<i>Análises laboratoriais (via úmida)</i>	21
3.4	<i>Análises laboratoriais (via seca - NIR)</i>	22
3.5	<i>Delineamento experimental e estatística</i>	22
4	RESULTADO E DISCUSSÕES	22
5	CONCLUSÃO	25
6	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

Os métodos de análise de alimentos são de grande importância, pois através deles é possível determinar a composição química dos alimentos, de forma que, possam ser fornecidas aos animais dietas balanceadas que atendam suas necessidades, com a utilização de um ou mais alimentos, além de buscar aumento na produtividade. Estas análises devem ser utilizadas de forma que auxiliem na relação custo/benefício e atendam a realidade produtiva e financeira do sistema (MEDEIROS & MARINO, 2015).

A composição química bromatológica dos alimentos é feita rotineiramente em laboratórios, através de procedimentos, nos quais são utilizados reagentes. Essas análises denominadas de química bromatológica, ou de via úmida, incluem a determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e digestibilidade *in vitro*. Porém, estes métodos apresentam algumas desvantagens como, por exemplo, alto custo, descarte indevido de resíduos, alta demanda de tempo, entre outros.

Como alternativa aos métodos de análise de alimentos por via úmida, surge a análise feita por espectrometria de refletância no infravermelho próximo, utilizando o equipamento NIRS. Com essa tecnologia é possível mensurar de maneira precisa e de modo não agressivo ao ambiente, os principais nutrientes presentes nos alimentos. O uso do NIRS apresenta vantagens econômicas e ambientais, em comparação aos métodos convencionais de bancada, devido a maior agilidade na execução das análises, pequena demanda de mão de obra para sua utilização, o que reduz gastos, além de, não envolver o uso de reagentes diretamente, e por sua vez, o descarte de resíduos no meio ambiente, dispensando também, os custos com produtos químicos (FONTANELI, et al., 2002).

O método de análise pelo NIRS tem por base, a capacidade de que cada um dos componentes das forragens possui características absorptivas únicas, nas quais detecta a presença de ondas nas ligações hidrogenadas, que sofrem indução por calor em grupos funcionais destas moléculas (FONTANELI, et al., 2002). Deste modo, podemos identificar grupos distintos de nutrientes através do NIRS, utilizando modelos de calibração específicos para cada uma destes componentes. Através da utilização de

curvas de calibração bem ordenadas podemos realizar análises eficazes de nutrientes, a partir do uso do NIRS.

Diante das inúmeras vantagens, várias empresas têm comercializado o NIRS, para que possam ser feitas análises com caráter menos nocivo ao meio ambiente e com respostas mais rápidas, contudo a maioria dos equipamentos comercializados de NIRS possuem modelos de calibração prontos para alimentos de clima temperado, também denominados de modelos globais de calibração, que muitas vezes, não são adequados para prever a composição de alimentos de clima tropical. Desta forma, fazem-se necessários testes comparativos para conhecer a eficiência desses equipamentos em alimentos tropicais, em especial em forrageiras, e ajustes de modelos de calibração para que operem de modo funcional nessa categoria de alimento.

Nesse sentido, objetivou-se com esse estudo comparar os teores de nutrientes do capim *Andropogon gayanus* cultivar Planaltina analisados em via seca, com os valores obtidos por análises de via úmida, para identificar se os modelos globais de calibração do equipamento NIRS são adequados para prever a composição química-bromatológica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Composição química bromatológica dos alimentos utilizados na nutrição animal

O termo bromatologia é derivado do grego, na qual *bromatos* significa dos alimentos e *logos*, estudo. Desta forma, bromatologia é denominada como estudo dos alimentos (BOLZAN, 2013). A composição química-bromatológica dos alimentos tem grande importância, pois assim, é possível saber qual será sua atuação no organismo, o valor alimentício e calórico, a sua apresentação quanto a propriedades físicas, químicas, toxicológicas, como também, se há alguma alteração em sua composição por meio de contaminantes, fraudes, dentre outros (BOLZAN, 2013).

Resultados oriundos das análises bromatológicas, permitem aos órgãos de interesse, verificar a eficiência dos processos e qualidade na produção dos alimentos, para que desta forma, tenha-se disponível a sua composição nutricional (BOLZAN, 2013).

As análises químicas-bromatológicas dos alimentos são de suma importância, pois por meio delas, torna-se possível chegar a valores exatos e representativos dos elementos constituintes do alimento, obtendo numericamente teores de cada nutriente

presente na amostra. Desta forma, quando efetuado o cálculo de ração, com valores numéricos confiáveis de cada nutriente em questão, torna-se possível atuar de maneira mais precisa para atender as exigências nutricionais de cada categoria animal (AZEVEDO, 2011).

2.1.1 Métodos químicos para análise centesimal ou proximal dos alimentos

Para conhecer a análise centesimal ou proximal dos alimentos são utilizados dois principais métodos, o método de *Weende* ou o Método de Van Soest.

Método de Weende

O método de Weende foi proposto por Hennerberg, em 1864, na estação experimental Weende, na Alemanha, esse método também é denominado de análise proximal dos alimentos. Atualmente, é mantida grande parte das técnicas propostas por Hennerberg com exceção do nitrogênio, que é determinado pelo método de Kjeldahl (HENNERBERG, 1864). A Figura 1 mostra como o alimento é composto segundo Hennerberg:



Figura 1 – Sistema Weende criado por Hennerberg (1864)

Fonte: http://www.dzo.ufla.br/Roberto/metodos_analise_alimentos.pdf.

De acordo com este método, os componentes do alimento são separados em matéria seca, cinzas ou matéria mineral, proteína bruta, gordura ou extrato etéreo, extrato não nitrogenado (ENN) e fibra bruta.

Matéria seca (MS)

A matéria seca (MS) é o passo primordial para se realizar as análises bromatológicas e também é necessário para garantir a preservação dos alimentos e condições para realizar a manipulação, como por exemplo, a moagem. Além de que, o teor de matéria seca é utilizado para expressar os demais nutrientes presentes no alimento, sendo as comparações entre diferentes alimentos feitas com base nos nutrientes expressos na matéria seca (SILVA & QUEIROZ, 2009).

Para determinação da MS dos alimentos é necessária realizar a secagem dos mesmos, e para isso faz-se primeiramente a pré-secagem, ou também conhecida como primeira matéria seca. Na pré-secagem é possível retirar aproximadamente 85 a 90% da água presente no alimento, de modo que o material fique seco, para ser processado no moinho. Este processo permite a conservação da amostra, para armazenamento por período de tempo maior, evitando a criação de meio de cultura favorável para microrganismos, como fungos (CLEEF, et al.,2010). A determinação da pré-secagem ou primeira MS é feita mais comumente, quando se leva a amostra para estufa ventilada na temperatura entre 55° e 65°C por 72 horas, ou até atingir peso constante. Essa faixa de temperatura é importante para evitar perda de compostos voláteis e alterações químicas. Após a secagem, a amostra deve estar em equilíbrio com a temperatura ambiente (DETMANN, 2012). O material seco após passar pelo processo de pré-secagem é comumente denominado de amostra seca ao ar (ASA).

Para retirada da água residual restante da amostra, se faz necessário a segunda secagem ou secagem definitiva, que normalmente é realizada em estufa, sem circulação forçada na temperatura igual ou superior à temperatura de ebulição da água, (comumente se utiliza 105° C) com variação temporal de 12 horas ou até que o material apresente peso constante (CLEEF et al.,2010). A amostra seca em estufa para determinação da MS definitiva é nomeada de amostra seca em estufa (ASE). Para determinação da MS total do alimento multiplica-se o teor de ASA pelo teor de ASE.

Existem outros métodos para determinação da matéria seca, como a liofilização, que é feita através da remoção de vapor d'água, de maneira direta sobre amostras congeladas e secagem continuada sobre vácuo. Tal método é de grande precisão, se comparados aos demais métodos, porém necessita-se do equipamento liofilizador que é de alto custo, e envolve muito gasto de energia, durante o processo desidratação das amostras. A vantagem da secagem de amostras por liofilização consiste em não perder

compostos que são voláteis na temperatura de 65 até 105°C, durante o processo de secagem na estufa (CLEEF et al., 2010).

Outro método para a determinação da MS é a utilização do forno micro-ondas, sendo simples, rápido e permite a secagem de modo prático na propriedade rural, o que facilita as atividades, como ajustes na quantidade de cada alimento a ser adicionado na mistura da dieta e também para identificar o ponto de ensilagem de alimentos, como o milho e sorgo (SOUZA et al., 2002).

Recentemente o teor de matéria seca tem sido obtido utilizando painéis Air Fryer®. Estudo conduzido por Filho & Ferreira (2018) verificou eficiência do método para determinação da MS de alimentos, sendo a análise comparada com a determinação de MS em estufa 105° C e com o equipamento Koster, muito utilizado em confinamentos para determinação de matéria seca. Nesse trabalho, os ingredientes analisados foram feno de capim, bagaço de cana e silagem de milho. A determinação da MS usando painéis Air Fryer® teve baixa variação se comparado aos outros dois métodos, além de apresentar praticidade, como a possibilidade de cronometragem e regulagem da temperatura em 105°C, sendo de baixo custo e fácil obtenção.

Matéria mineral (MM) ou Cinzas (CZ)

A matéria mineral é obtida após queima da amostra, na temperatura entre 500 até 600° C, por tempo suficiente para ocorrer completa combustão da amostra, que pode acontecer entre três horas e meia até quatro horas. Tal procedimento normalmente é realizado em equipamentos denominados de forno mufla. Este tipo de análise tem grande relevância, devido quantificar os componentes minerais presentes no alimento, além de possibilitar a estimativa dos teores de matéria orgânica, extrato não nitrogenado (ENN) ou carboidratos não fibrosos (CNF) e os teores de minerais separadamente (SILVA & QUEIROZ, 2009).

Proteína Bruta (PB)

A análise de proteína é feita para se determinar a porção nitrogenada do alimento, visto que este composto nitrogenado é de suma importância para construção da estrutura muscular dos seres vivos, suas diversas frações, além de que a proteína é constituída de aminoácidos, e esses compostos contém na sua estrutura o agrupamento

amino, no qual contém o nitrogênio. A análise para determinação do nitrogênio pode ser feita pelo método de Kjeldahl ou pelo método de Dumas.

A determinação do teor de proteína bruta (PB) é feita pela multiplicação do nitrogênio por um fator, que faz a conversão de nitrogênio em proteína. Os alimentos fornecidos aos animais como forragens e concentrados, dentre outros são expressos seus dados proteicos (PB), com o uso do fator 6,25 o qual, considera que grande parte das moléculas de proteína destes alimentos apresenta aproximadamente 16% de nitrogênio (GALVANI e GAERTNER, 2006). Como se pode ser observado na equação abaixo:

$$PB = NT \times F_n$$

$$100 = 16 \times F_n$$

$$F_n = 6,25$$

Em que NT é equivalente ao nitrogênio total; e F_n é o fator de correção e PB.

O método Kjeldahl foi desenvolvido em 1883, pelo químico dinamarquês, Johan Kjeldahl, e nos dias atuais é utilizado com muita frequência em análises laboratoriais. Este método é feito seguindo três passos: (1) Digestão em ácido sulfúrico e mistura catalítica em bloco digestor, (2) Destilação de amônia com hidróxido de sódio e o uso de ácido bórico como receptor da amônia e (3) Titulação para quantificação da amônia com ácido clorídrico observando a normalidade do ácido (SILVA & QUEIROZ, 2009).

O método de Dumas foi desenvolvido em meados de 1831, pelo químico francês Jean Baptiste Dumas, sendo mais antigo que o método de Kjeldahl. O método Dumas apresenta maior velocidade no processamento, segurança, fidedignidade dos resultados, porém maior custo. O grande obstáculo para sua execução foi que na época em que foi desenvolvido, não havia tecnologia suficiente para execução deste método, dando espaço para que o método Kjeldahl fosse mais usado, e por sua vez se ampliasse, tornando-se como método de referência e tradicional (FABI, 2018). O método Dumas utiliza pouca quantidade de amostras para quantificar o nitrogênio, cerca de 100 a 150 miligramas, sendo o tempo de análise curto, aproximadamente 4 minutos por amostra. Este método consiste em realizar combustão da amostra, de modo que, todo o nitrogênio da amostra é transformado em nitrogênio gasoso e quantificado pelo equipamento. Nesse método não se faz uso de reagentes perigosos em alta temperatura, e gerada uma quantidade mínima de resíduos para o meio ambiente.

Os métodos Dumas, Kjeldahl e NIRS foram comparados na análise de PB em amostras de milho, farelo de trigo, ração, farelo de soja, farinha de vísceras e hemoglobina, foi possível concluir que os três métodos podem ser utilizados para este tipo de análise, por não ter sido verificada diferença estatística significativa entre os métodos para determinação do teor de proteína bruta. Ademais, o método Kjeldahl foi menos preciso, sob condições de repetibilidade e reprodutibilidade, se comparado aos métodos Dumas e NIRS (SOUZA et al., 2015).

Gordura ou Extrato etéreo (EE)

O extrato etéreo (EE) é a determinação de substâncias solúveis em solvente orgânico com objetivo de mensurar os lipídios do alimento. Esta análise apresenta grande importância devido ao EE ser a fração de maior energia presente nos alimentos, apresentando em média 2,25 vezes mais energia que os carboidratos (CLEEF et al.,2012).

A análise de extrato etéreo pode ser feita pelos métodos de extração intermitente, com gotejamento do solvente sobre a amostra (método Soxhlet) ou por extração contínua, com a imersão da amostra no solvente (método Goldfish).

No método Soxhlet, o equipamento aquece, evapora e condensa o solvente, que faz uma lavagem da amostra e, portanto, é possível extrair a gordura. Este método realiza a extração de lipídios dos alimentos em que o solventes orgânicos como hexano, éter de petróleo ou éter etílico em sistema de refluxo com repetidas lavagens da amostra, fazem a extração de gordura. Ao final da extração, o reagente pode ser recuperado. As principais desvantagens desse método são o gasto com reagentes que são voláteis e podem contribuir com a contaminação do meio ambiente, a recuperação não completa, dos mesmos e os risco de acidente com explosão devido à capacidade de combustão dos solventes utilizados (CLEEF et al.,2012).

O método Goldfish também utiliza o refluxo do solvente para extração a quente da gordura, sendo possível a extração da gordura de forma mais rápida, por ser uma extração contínua. Se comparado ao método Soxhlet tem a vantagem de utilizar menor quantidade de solvente, além de apresentar maior velocidade de extração, uma vez que a extração é contínua e a amostra mantém contato permanente com o solvente. Em função do contato contínuo com o solvente quente, maiores são as possibilidades de degradação da amostra, sendo esta uma desvantagem da técnica (CARNEIRO, 2008).

A análise do teor de extrato etéreo nas forrageiras apresenta erro embutido na análise, devido o solvente utilizado dissolver junto com as gorduras, também frações de pigmentos, clorofila e ceras, que são solubilizadas e contabilizadas com a gordura (SILVA & QUEIROZ, 2009); (QUEIROGA 2016).

Na extração da fração de gordura os solventes mais utilizados são éter etílico e/ou éter de petróleo, e estes se diferenciam em algumas características. No éter etílico são encontradas substâncias nas quais dissolvem substâncias polares, solúveis em água, o que gera mais erros em amostras como forragem (ANDRADE et al., 2013).

Fibra Bruta (FB)

A fibra bruta é a porção dos carboidratos que apresenta resistência a tratamentos com ácidos e bases diluídos, sendo representada em sua maior parte por celulose, pequenas frações de hemicelulose e lignina, sendo portanto, a parte fibrosa do alimento (SILVA & QUEIROZ, 2009). No método de Weende, na determinação da Fibra Bruta (FB) são utilizados ácido sulfúrico 98% e hidróxido de sódio 50% ambos diluídos para 1,25%. A utilização do ácido e da base consiste em simular o processo de digestão, ao longo do trato gastro intestinal dos animais (SILVA & QUEIROZ, 2009).

Alguns problemas são constatados no uso da fibra bruta, sendo eles, o uso do ácido sulfúrico 1,25% que solubiliza parte da hemicelulose, enquanto o hidróxido de sódio 1,25% solubiliza um pouco da lignina. Assim, essas frações acabam sendo contabilizadas dentro da fração de extrato não nitrogenado (ENN), que deveria ser a porção mais digestível do alimento (SILVA & QUEIROZ, 2009).

Extrato não nitrogenado (ENN)

O extrato não nitrogenado é representado pelos carboidratos não estruturais de mais fácil digestão, como os açúcares, amido, como também a pectina, considerada como carboidrato estrutural. Devido ao erro embutido na análise de fibra bruta, no ENN são obtidas também hemiceluloses e uma porção de lignina (composto indigestível). O cálculo do extrato não nitrogenado é obtido a partir do seguinte cálculo:

$$\text{ENN} = 100 - (\% \text{ PB} + \% \text{ FB} + \% \text{ EE} + \% \text{ MM})$$

A determinação do ENN não se abstém de imperfeições pessoais, devido estarem embutidos os possíveis erros cometidos em todas as outras análises (SILVA & QUEIROZ, 2009), ou seja, todos os erros cometidos nas análises para determinação dos teores de PB, FB, EE e MM são contabilizados dentro da fração do ENN.

Método de Van Soest

O método de Van Soest permite a determinação de componentes químicos da fibra bruta, estes que não são passíveis de determinação pelo método de Weende (SALMAN, et al., 2010). A análise de alimentos proposta por Van Soest em 1965 destaca a divisão dos elementos constituintes das plantas, em que no conteúdo celular estão presentes os lipídeos, compostos nitrogenados, amido, carboidratos solúveis, que são compostos solúveis em água e detergente neutro. Na parede celular estão presentes proteína insolúvel, hemicelulose, celulose e lignina e estes por sua vez são insolúveis em água e detergente neutro. A pectina, também está presente na parede celular, mas como não possui ligações com a lignina, acaba sendo solubilizada através da ação do detergente neutro (SALMAN, et al., 2010).

Porém, com a utilização dos dois métodos Weende e Van Soest é possível obter dados suficientes, que expressem a composição química dos alimentos. A principal diferença entre o método de Van Soest em relação ao proposto por Weende é na análise de fibra, na qual, o conhecido “sistemas detergentes”, as análises foram desenvolvidas por VAN SOEST (1963, 1967) e por VAN SOEST & WINE (1967, 1968), e reconhecida oficialmente pela AOAC (1980).

A célula vegetal apresenta revestimento de celulose na parede celular, quando esta célula torna-se adulta sofre aumento na sua espessura, a qual incorpora em sua composição hemicelulose e lignina. O método de Van Soest é basicamente utilizado para separar o conteúdo celular da parede celular, como também solubilizar a pectina que está presente na parede celular e é solúvel em detergente neutro. A utilização de detergente em pH neutro, aquecido na temperatura de 100°C por uma hora, faz com que o conteúdo celular e a pectina, presente na parede celular, sofra solubilização, sendo possível determinar os componentes da parede celular, como a celulose, hemicelulose e lignina, além de, nitrogênio ligado à fibra, e uma contaminação com matéria mineral (SALMAN, et al., 2010).

Na metodologia para determinação da fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), VAN SOEST (1963) desenvolveu o método que utiliza detergente ácido composto por ácido sulfúrico e brometo de cetil- trimetilamônio (CTAB), com objetivo de solubilizar conteúdo celular e as hemiceluloses, obtendo como resíduo a celulose e lignina. A função do ácido sulfúrico (1 Normal) é solubilizar açúcares, amido, hemicelulose e algumas pectinas contidas na amostra, enquanto que o CTAB é usado na remoção de proteínas. Os componentes da FDA são os de menor digestibilidade da parede celular, na qual apresenta, em sua constituição grande parte em lignocelulose. A hemicelulose é determinada pela subtração entre o teor de FDN e FDA (SALMAN et al., 2010).

O método para determinação da FDN vem sofrendo algumas modificações, desde sua criação. Como, por exemplo em concentrados e forragens ricas em amido, como silagem de milho. Nesses alimentos, a ação do detergente neutro em temperatura de ebulição causa gelatinização do amido e com isso a solubilização do amido fica comprometido. Nesse sentido, a adição de amilase ao processo de determinação da FDN foi efetuada e assim mostrou maior eficiência (BORTOLASSI et. al., 2000).

O uso do sulfito de sódio tinha utilização inicial na análise de FDN descrita por Van Soest & Wine (1968), com intuito de remover proteínas contaminantes que alteravam a FDN, ao quebrar ligações dissulfídicas e dissolver muitas ligações proteicas. Porém, o sulfito foi retirado do processo, devido detecção de perda de parte da lignina e compostos fenólicos presentes no material analisado (BIANCHINI et al., 2007).

A correção para contaminação por cinzas e proteínas nos resíduos de FDN e FDA, podem ser feitas com objetivo de conhecer valores mais exatos desses nutrientes. A correção para cinzas e proteína deve ser feita em FDN e FDA, para conhecer melhor os efeitos da presença destes compostos na dieta, além de ser possível a obtenção de valores mais precisos de FDN, FDA e dos CNF (CAVALCANTE et al., 2005).

A forma sequencial da análise de FDA deve ser empregada no caso de amostras ricas em alguns taninos, nitrogênio insolúvel em detergente ácido, pectina e sílica biogênica, pois a solução de detergente ácido remove parcialmente estas substâncias, podendo os valores da FDA ser aumentados pela presença destes constituintes (LOURENÇO, 2010).

2.2 Espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS).

A espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS) é um método para quantificar nutrientes presentes em amostras de alimentos e outros (DARDENNE et al., 2000).



Fonte: Compilado pelo autor

Figura 2. Cubeta com amostra (esquerda) e Espectrômetro de Reflectância Infravermelho Próximo (NIRS), modelo Spectra Star 2600 XT series of Near Infrared Analyzers (Unity Scientific®) (direita).

A análise do infravermelho próximo (NIRS – near infrared proximal) requer pequena quantidade de amostra, a qual é exposta a uma varredura eletromagnética sobre um espectro, dentro da faixa de comprimento de onda de 1100 a 2500 nm (próximo ao infravermelho). A energia nesta faixa espectral é direcionada para a amostra e a energia refletida (R) é medida pelo instrumento. A reflexão difusa contém informações que identifica ligações químicas dentro da amostra, como -CH, -OH, -NH e -SH (CORSON et al., 1999).

A absorvância associada às ligações químicas em amostras de forragem forma a base de todo o material orgânico e permite identificar açúcares, fibras estruturais, proteínas, lipídios e alguns componentes dessas frações. A identificação desses nutrientes requer que o instrumento NIRS esteja calibrado, relacionando os espectros às análises químicas bromatológicas, realizadas via úmida. A técnica NIRS para análise é absolutamente dependente da boa qualidade dos dados, ou seja, a precisão da estimativa pelo NIRS da composição de alimentos depende dos dados usados para calibrar o instrumento (CORSON, et al., 1999).

Segundo Baloyi et al. (2013), o NIRS apresenta muitas vantagens em sua utilização, dentre elas a capacidade de obter teores de nutrientes em alimentos, em

menor tempo e menor emissão de agentes poluentes, quando comparado às análises de bancada. O funcionamento do equipamento se dá a partir de ondas de refletância que incidem sobre a parede da estrutura do alimento analisado e a partir destas ondas são obtidos gráficos, e, através de equações geradas é possível determinar os nutrientes presentes, no material de análise.

O NIRS juntamente com a calibração correta tem capacidade de apresentar resultados rápidos de análise de forragem, silagem e concentrado, além de apresentar informações nutricionais com acurácia. Para isso, é necessário ter banco de dados bem alimentado e diversificado, com várias curvas de calibração, permitindo fazer a avaliação desejada (CORSON, et al., 1999).

2.3 Utilização da espectroscopia do infravermelho próximo (NIRS) na nutrição animal

Estudo conduzido por Towett et al. (2012) utilizou o NIRS com curvas de calibração ajustadas para determinação do teor de proteína bruta em amostras de feijão de corda e verificou que o NIRS teve grande eficiência quando comparado com análises químicas de bancada convencional, quando os modelos de calibração foram ajustados. Conclui-se que a utilização do NIRS possibilita mensuração confiável e com várias vantagens, sendo a principal, a redução dos custos por avaliação.

O NIRS foi utilizado com modelos de calibração para estimar a densidade básica, teor de lignina e teor de extrativos em álcool-tolueno em madeiras de *Eucalyptus* spp. Foi verificado que o NIRS pode ser usado para determinar a qualidade da madeira sem necessidade de análises de bancada, a partir do momento que foi construído um banco de dados para calibração. Desta forma, o NIRS possibilitou com que fosse reduzida o número de análises de bancada e houvesse maior aproveitamento do tempo com minimização dos custos (SOUZA, et al., 2011).

O NIRS foi usado para avaliação química-bromatológica de leguminosas e não leguminosas em pastagens do Zimbábue (BALOYI, et al., 2013). Foram avaliados os teores de proteína bruta, cinzas, FDN, FDA, lignina. Verificou-se que os valores gerados pelo NIRS se aproximam dos valores obtidos nas análises de bancada convencional, portanto o equipamento pode ser utilizado para gerar informações de amostras semelhantes.

Segundo Santos, (2017), o NIRS aliado com métodos quimiométricos é uma ferramenta alternativa para análise de qualidade em grãos de soja para indústrias de

alimentos, podendo assim, identificar índices como acidez, lipídeos totais, proteína bruta, clorofila e umidade de forma satisfatória.

O método NIRS foi utilizado por Almeida et al. (2018) para prever o consumo e digestibilidade, além de estimar o conteúdo nutricional presente nas dietas fornecidas, sobras e fezes em cordeiros confinados. As estimativas obtidas no NIRS foram comparadas com os métodos convencionais de bancada. Foi concluído que o método NIRS apresenta grande precisão e pode substituir as análises convencionais, devido apresentar confiabilidade nas informações apresentadas, praticidade, rapidez e baixo custo em relação aos métodos de bancada.

O método NIRS foi avaliado por Souza et al. (2015) para determinar teores de proteína e óleo em grãos de milho moído e obtiveram como resultado que este método associado a calibração multivariada, tornou possível o desenvolvimento de meios rápidos e não degradantes para estas análises. Os resultados obtidos nesse estudo verificaram que o uso do NIRS como método de rotina laboratorial é aceitável, devido apresentar resultados com alto índice de confiabilidade, baixo custo e menor problemas ao meio ambiente.

Estudo conduzido por Vandresen (2017) teve como objetivo desenvolver curvas de calibração para análise química bromatológica de diferentes espécies forrageiras, como aveia branca (*Avena sativa*), aveia preta (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*), capim-elefante (*Pennisetum purpureum*), capim Sudão (*Sorghum sudanense*), ervilhaca (*Vicia cracca*), estrela-africana (*Cynodon plectostachyus*), hemartria (*Hemarthria altissima*), milheto (*Pennisetum americanum*), missioneira-gigante (*Axonopus catarinensis*), papuã (*Ichnanthus candicans*), paspalum (*Paspalum notatum*), sorgo (*Sorghum bicolor*) e Tifton (*Cynodon* spp.). Nesse estudo concluiu que os teores de PB, FDN e FDA, obtidos utilizando as curvas desenvolvidas, podem ser usados, uma vez que, foram semelhantes aos resultados obtidos em análises de bancada.

Estudo colaborativo foi realizado por Souza et al. (2015) para comparar a precisão dos métodos Kjeldahl, Dumas e NIRS na determinação do teor de PB em amostras de milho, farelo de trigo, ração, farelo de soja, farinha de vísceras e hemoglobina. Não foi verificada diferença significativa ($P > 0,05$) no teor de PB entre os métodos avaliados. Em termos de precisão, o método Kjeldahl apresentou a menor PB, em condições de repetibilidade e reprodutibilidade, sendo que o NIRS mostrou-se

dentre os três métodos o mais preciso com menores valores na variação de reprodutibilidade (R) e de repetibilidade (r) de modo a determinar a PB.

2.4 Capim *Andropogon*

O capim *Andropogon* é uma gramínea forrageira, que teve sua origem na África, sua introdução no continente americano foi primeiramente na Colômbia em 1973, pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Em meados de 1980, foi indicado para regiões do cerrado brasileiro (BATISTA & GODOY, 1993).

Devido à grande susceptibilidade do capim *Brachiaria decumbens* aos ataques de cigarrinhas das pastagens e seu potencial risco de fotossensibilização nos animais foi utilizado como alternativa o uso do capim-*Andropogon* para regiões do cerrado brasileiro. A maior resistência durante os períodos secos, fez com que esta espécie forrageira fosse mais explorada em regiões do semiárido, que apresentam solos mais pobres em nutrientes e baixo índice de pluviosidade (SERAFIM et al., 2015).

No Brasil já foram encontradas aproximadamente 28 espécies de capim *Andropogon* (SERAFIM et al., 2015), sendo que as principais cultivares de *Andropogon gayanus* utilizados no Brasil são *Bisquamulatus* e *Planaltina*.

O *Andropogon gayanus* *Kunth* var. *Bisquamulatus*, foi avaliado para pastejo a partir de 1981, pela EMPBRAPA UEPAE de Teresina, e se destacou por apresentar boa adaptação em regiões do cerrado, sendo portanto, boa opção para formação de pastagens, em regiões com condições de clima seco e o solos ácidos, arenosos e pobres em nutrientes, fatores que são obstáculos para a produção animal nestas regiões (RAMOS & PIMENTEL, 1984).

O *Andropogon gayanus* cv *Planaltina* apresenta características semelhantes à variedade *Bisquamulatus*, como adaptação em solos ácidos e de baixa fertilidade, além de apresentar resistência às cigarrinhas das pastagens (ANDRADE et al., 1983).

O capim *Andropogon* apresenta como principal característica, alto perfilhamento, durante os períodos em que ocorrem as chuvas, acarretando, por sua vez, em grande quantidade de forragem disponível, para os períodos nos quais, a chuva é escassa ou praticamente nula. Esse capim requer cerca de 400 mm de chuva anualmente, suportando grande período de escassez de água, além disso, suporta períodos de seca extensos, devido sua grande capacidade de absorção de água em

camadas mais profundas do solo, uma vez que, seu sistema radicular pode atingir cerca de 1,20 m de profundidade (SERAFIM et al., 2015).

Tabela 01 — Composição química-bromatológica do capim *Andropogon gayanus* Kunth cv. Planaltina.

Nutriente	Média	Desvio padrão
MS	25,55	1,91
MM	3,99	1,371
MO	95,53	0,996
PB	8,96	1,559
FDN	70,13	2,128
FDA	38,84	2,164
LIGNINA	4,42	1,303

Fonte: Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos (CQbal 4.0).

Como desvantagens, o capim *Andropogon* apresenta maior susceptibilidade aos ataques de formigas, estas que podem ser causadoras de grande perda de forragem (SERAFIM et al., 2015). A produção de forragem é aproximadamente de 12 T/ha de MS, no qual 21% dessa massa é produzida no período de escassez de recursos hídricos. Além disso, o capim *Andropogon*, apresenta baixa exigência nutricional, quanto aos nutrientes do solo, preferindo solos bem drenados, com boa produção em solos pobres e ácidos (SERAFIM et al., 2015).

Em relação à qualidade nutricional, o capim *Andropogon* possui aproximadamente 40 a 50% de digestibilidade da matéria seca, teor de proteína bruta varia entre 4 a 10%, com baixos teores de cálcio e fósforo (SERAFIM et al., 2015). Na Tabela 01 é possível identificar a composição química bromatológica do Capim *Andropogon* cv. Planaltina (planta inteira).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As análises de via seca foram realizadas no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal (LABAN), pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), localizada em Uberlândia-

MG, nos meses de agosto à setembro de 2019, enquanto as análises de via úmida foram realizadas no Laboratório de Química Analítica de Plantas da Embrapa Cerrados, localizado em Brasília-DF, nos meses de junho até agosto de 2018.

3.1 Coleta das amostras e processamento

As amostras utilizadas foram do capim *Andropogon gayanus* cultivar Planaltina, para obtenção foi feito corte da forragem, cerca de 20 cm acima do solo. Também foram feitas análises de solo, como pH em água, matéria orgânica, cálcio, fósforo, potássio, magnésio com a finalidade de conhecer as principais características do solo.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico com alto teor de argila (>50%) de baixa atividade. De acordo com as análises de solo, os teores de K e P foram adequados para crescimento do capim *Andropogon*, bem como, os valores de pH e de matéria orgânica, o que evidenciou que o solo não apresentou nenhuma deficiência que poderia comprometer o desenvolvimento da forrageira.

Tabela 02. Teores de cálcio (Ca), potássio (K), matéria-orgânica (MO), magnésio (Mg), fósforo (P) e pH do solo para crescimento do Capim *Andropogon*.

Ca	K	MO	Mg	pH	P
(me/100cc)	(mg/l)	(%)	(me/100cc)		mg/l
2,38	52,00	2,59	1,07	5,91	6,94

Cálcio em absorção atômica; K em fotômetro de chama; MO segundo Walkley & Black; Mg em absorção atômica; pH em água; P Mehlich1 por Espectrofotometria. Fonte: Embrapa Cerrados

As amostras de capim após as coletas foram pré-secadas em estufa na temperatura de 65°C, até se obter peso constante, posteriormente foram moídas em moinho de facas Tipo Willey, no tamanho de partícula de 1 mm. Após a moagem, o material foi armazenado em potes plástico devidamente fechado e identificado.

3.2 Quantidade de amostras

Foram utilizadas 108 amostras de capim *Andropogon gayanus* cv. Planaltina coletadas em diferentes tempos e pontos, para determinação dos teores dos nutrientes por via úmida (análise de bancada) e via seca (NIRS).

3.3 Análises laboratoriais (via úmida)

As amostras moídas no tamanho de 1 mm foram analisadas por via úmida. As determinações dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram feitas segundo metodologias propostas por Detmann et al. (2012) que propõe métodos padronizados propostos pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA).

As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS; método INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM; método INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB; método INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (EE, método INCT-CA G-004/1), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN; método INCT-CA F-001/1), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA; método INCT-CA F-004/1) conforme métodos preconizados pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal (INCT-CA; DETMANN, et al., 2012).

3.4 Análises laboratoriais (via seca - NIRS)

As amostras moídas no tamanho de 1 mm foram colocadas em cubeta próprias do equipamento e escaneadas em Espectrômetro de Reflectância Infravermelho Próximo (NIRS) NIR, modelo Spectra Star 2600 XT series of Near Infrared Analyzers (Unity Scientific®) em duplicatas. Após a leitura de cada amostra foi feita a limpeza das cubetas para retirada de resíduos.

Para obtenção dos teores de MS, MN, PB, FDN e FDA foram utilizados os modelos do próprio equipamento NIRS, utilizando a curva de calibração denominada Pasto, sendo os resultados lidos diretamente na tela equipamento.

3.5 Delineamento experimental e estatística

As médias dos teores de MS, MO, PB, FDN e FDA obtidas pelas análises de bancada via úmida e pelo uso do equipamento NIR foram comparadas pelo Teste T dados pareados, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o delineamento em blocos casualizados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Quando comparamos a composição química-bromatológica do capim *Andropogon* por via úmida com os resultados presentes na Tabela de Composição de Alimentos para Ruminantes verificamos que os teores de FDN, FDA e proteína bruta não foram muito discrepantes, o que nos mostra que, os dados obtidos por via úmida estão de acordo com a composição do capim *Andropogon* presente na literatura conforme apresentado na tabela 1.

Houve diferença significativa nos nutrientes preditos pelo NIRS e analisados por via úmida ($P \leq 0,05$). Para análise de matéria seca e matéria mineral o NIRS subestimou os teores em 4,7 e 38,5% respectivamente, enquanto que para os teores de MO, FDN, FDA e PB, o NIRS superestimou em 8,7; 10,6; 6,09 e 17,2%, respectivamente, o que mostra que esse equipamento quando utilizado adotando modelos globais de calibração não são capazes de prever corretamente a composição química-bromatológica de forrageiras de clima tropical.

Tabela 03 — Composição química bromatológica do capim *Andropogon* obtida por via úmida (análise de bancada) e por via seca (NIRS).

	MS	MM	MO	FDN	FDA	PB
Via úmida	94,11 a	7,51 a	92,49 b	68,31 b	39,44 b	10,87 b
Via seca	89,66 b	4,62 b	95,38 a	76,46 a	42,00 a	13,13 a
Subestimação (%)	4,73	38,48	-	-	-	-
Superestimação (%)	-	-	8,74	10,66	6,09	17,21

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; MO: matéria orgânica; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; PB: proteína bruta.

Vários estudos tem mostrado boa predição da composição de alimentos utilizando o NIRS com modelos de calibração desenvolvidos para determinado alimento. De fato, Towett et al. (2012), criaram curvas de calibração para se determinar os teores de proteína bruta do feijão de corda, a partir da análise de exemplares coletados em regiões africanas próximas à Tanzânia. Esses autores obtiveram sucesso nos modelos de calibração desenvolvidos.

Thomé et al (2017), tiveram como objetivo avaliar a eficiência do NIRS em prever análise química bromatológica do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*). Foram utilizadas 161 amostras de plantas inteiras, folhas e colmos de capim-elefante,

sendo que 108 (2/3) foram utilizadas para calibração e 53 (1/3) para validação dos modelos. Os valores de erro padrão de calibração (SEC) foram de 0,30; 0,39; 1,54; 1,80 e 0,57 para os teores de MS, MM, FDN, FDA e LIG, respectivamente. O erro padrão de predição (SEP) obtido foi 0,31; 0,42; 1,41; 1,70 para MS, MM, FDN, FDA e LIG, respectivamente. O erro padrão de calibração e o erro padrão de predição são importantes na escolha do modelo ideal para prever cada característica estudada, sendo que o ideal sejam valores baixos. Em conjunto com alto valor de R², indica que houve boa calibração, isto é, houve correspondência entre os dados espectrais e as amostras de referências.

Também Monroy et al (2017), desenvolveram modelos de calibração em NIRS para estimar o conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose e proteína bruta (PB) em *Brachiaria* spp. O erro padrão de predição (SEP) para os teores de FDN, FDA, celulose e PB foram 1,8, 2,6, 4,1 e 8,5%, respectivamente. Conclui-se que os modelos obtidos foram adequados para estimar as características químicas da qualidade da forragem.

Dessa forma, tem sido verificado em diversos estudos que a utilização do equipamento NIRS é de grande importância para minimização de custos com reagente e maior praticidade, com economia de tempo e obtenção rápida de resultados, porém a grande crítica sobre esta tecnologia é devido ao uso de modelos de calibração globais, que provaram não serem eficazes na predição dos nutrientes em gramíneas de clima tropical. O que nos mostra, que o NIRS é uma excelente ferramenta que pode ser utilizada para predição da composição química-bromatológica dos alimentos, porém deve ser utilizada com certo cuidado e para isso devem-se desenvolver modelos de calibração próprios para cada equipamento e alimentos específicos de cada região.

5 CONCLUSÃO

A utilização de modelos globais de calibração adotados em equipamentos NIRS não é capaz de prever adequadamente a composição química-bromatológica do capim *Andropogon*, sendo necessário o desenvolvimento de modelos de calibração próprios para forrageiras de clima tropical em equipamentos comercializados no mercado.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. T. C.; DELPHINO, T. R.; PASCHOALOTO, J. R.; CARVALHO, V. B.; PEREZ, H. L.; D' AUREA, E. M. O.; D' AUREA, A. P.; HOMEM JUNIOR, A. C.; FAVARO, V. R.; EZEQUIEL, J. M. B. Predições da espectroscopia no infravermelho próximo podem determinar a digestibilidade e o consumo alimentar de cordeiros confinados. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, Jaboticabal, v.70, n.2, p.597-605, 2018.

ANDRADE, R. B.; OLIVEIRA, T. C.; KICH, J. N. **Determinação de Lipídios em Leite e Derivados Lácteos pelo Método de Roesse-Gottlieb**. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/arquivos-metodos-da-area-poa-iqa/met-poa-23-01-lipidios-em-leite-desnatado.pdf>>. Acesso em: 14 junho 2019.

ANDRADE, R. P.; GOMES, D. T.; ROCHA, C. M. C.; COSENZA, G. W.; COUTO, W.; THOMAS, D.; MOORE, C. P.; SANZONOWIEZ, C. **Recomendações para formação de pastagens de capim Andropogon cv. Planaltina**. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/549326/1/comtec25.pdf>>. Acesso em: 27 junho 2019.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official methods of analysis**. 13th. ed. Washington, 1980.

AZEVEDO, J. A. G. **Métodos de avaliação dos alimentos**. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/36124690/aula-de-metodos-de-analises-dos-alimentos>>. Acesso em: 18 junho 2019.

BALOYI, J. J.; HAMUDIKUWANDA, H.; BERARDO, N.; ORDOARDI, N.; NGONGONI, N. T. Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) prediction of herbage quality from forage and browse legumes, and natural pasture grass grown in Zimbabwe. **Academic Journals**, Quênia, n. 10, p. 868-871, mar. 2013.

BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. **Caracterização da cultivar 'Baeti' - EMBRPA 23 de capim andropogon (Andropogon gayanus Kunth)**. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37232/1/Comunicado10.pdf>>. Acesso em: 27 junho 2019.

BIANCHINI, W.; RODRIGUES, E.; JORGE, A. M.; ANDRIGHETO, C. Importância da fibra na nutrição de bovinos. **Revista eletrônica de veterinária**, Málaga, v. 8, n. 2, fev. 2007. Disponível em: <

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n020207/020718.pdf>>. Acesso em: 02 Junho 2019.

BOLZAN, R. C. **Bromatologia**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/15762170-Bromatologia-rodrigo-cordeiro-bolzan.html>>. Acesso em: 24 junho 2019.

BORTOLASSI, J. R.; SANTOS, G. T.; ALCALDE, C. R.; GONÇALVES, G. D.; ZAMBOM, M. A.; FURLAN, A. C. Comparação dos métodos convencional e Filter Bag Technique da Ankom (FBT) para determinação de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 3, 2000. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/viewFile/3221/2253>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

CARNEIRO, D. D. **Determinação de lipídeos por diferentes métodos**. 2008. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6g_2uNlAYt8J:https://www.ebah.com.br/content/ABAAAA5skAH/determinacao-lipideos+&cd=7&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 14 junho 2019.

CAVALCANTE, M. A. B.; PEREIRA, O. G.; FILHO, S. C. V.; RIBEIRO, K. G.; CHIZZOTTI, F. H. M.; PEREIRA, D. H. Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Bovinos de Corte: Consumo e Digestibilidades Total e Parcial dos Nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.34, n.6, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n6s0/a06v3460.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

CLEEF, E. H. C. B. V.; OLIVEIRA, D.; BONATO, M. A.; EZEQUIEL, J. M. R.; GONÇALVES, J. S. Determinação do teor de extrato etéreo de grãos de oleaginosas através de diferentes processamentos. **Revista eletrônica de veterinária**, Málaga, v. 13, n. 3, 2012. Disponível em: <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030312/031204.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

CLEEF, E. H. C. B. V.; PASCOAL, L. A. F. Determinação da matéria seca das fezes de ovinos e da carne de peito de frango através do método tradicional e por liofilização. **Revista eletrônica de veterinária**, v. 11, n. 4, abr. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/43335913_Determinacao_da_materia_seca_da_s_fezes_de_ovinos_e_da_carne_de_peito_de_frango_atraves_do_metodo_tradicional_e_por_liofilizacao_-Dry_matter_determination_of_sheep_feces_and_chicken_chest_meat_with_the>. Acesso em: 25 junho 2019.

CORSON, D. C.; WAGHORN, G. C.; ULYATT, M. J.; LEE, J. **NIRS: Forage analysis and livestock feeding**. Disponível em: <

https://www.grassland.org.nz/publications/nzgrassland_publication_507.pdf>. Acesso em: 27 junho 2019.

DARDENNE, P.; SINNAEVE, G.; BAETEN, V. Multivariate calibration and chemometrics for near infrared spectroscopy: which method?. **Osa publishing**, Washington, DC, n. 4, Vol. 8, p. 229-237, 2000. Disponível em: <<https://www.osapublishing.org/jnirs/abstract.cfm?uri=jnirs-8-4-229>>. Acesso em: 03 Junho 2019.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A., VALADARES FILHO, S. C. **Métodos para análise de alimentos – INCT - Ciência animal**. 1 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214 p.

FABI, J. P. **Determinação de proteínas nos alimentos**. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4439849/mod_resource/content/1/Determinac%CC%A7a%CC%83o%20de%20Protei%CC%81na%20nos%20alimentos%20-%20Bromatologia%20-%20FBA-0201%281%29.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2019.

FILHO, D. F.; FERREIRA, J. D. J. **AIR FRYER: Um método alternativo e prático para estimar a matéria seca de alimentos volumosos utilizados em confinamentos**. Disponível em: <<http://blog.nutron.com.br/bovinos-de-corte/air-fryer-metodo-alternativo-para-estimar-a-materia-seca-em-confinamentos-bovinos-de-corte/print/>>. Acesso em: 01 junho 2019.

FONTANELI, R. S.; DURR, J. W.; BASSO, S. M. S.; HAUBERT, F.; BORTOLINI, F. Validação do Método da Reflectância no Infravermelho Proximal para Análise de Silagem de Milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v31n2/10344.pdf>>. Acesso em: 24 junho 2019.

GALVANI, F.; GAERTNER, E. Adequação da Metodologia Kjeldahl para determinação de Nitrogênio Total e Proteína Bruta. **Embrapa Pantanal, Circular Técnica**, Corumbá, 63, mai. 2006. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/812198/1/CT63.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

LACERDA, M. S. B.; ALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. E.; ROGERIO, M. C. P.; CARBALHO, T. B.; VERAS, V. S. **Composição bromatológica e produtividade do capim andropogon em diferentes idades de rebrota em sistema silvipastoril**. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/4549>>. Acesso em: 07 Outubro 2019.

LOURENÇO, M. S. N. **Estudo comparativo de metodologias aplicadas em análises de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido com gerenciamento de resíduos químicos.** 2010. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

MONRROY, M.; GUTIÉRREZ, D.; MIRANDA, M.; HERNÁNDEZ, K.; GARCÍA, J. R. **Determination of Brachiaria spp. forage quality by near-infrared spectroscopy and partial least squares regression.** Disponível em: <<https://scielo.conicyt.cl/pdf/jcchems/v62n2/art10.pdf>>. Acesso em: 31 Outubro 2019.

QUEIROGA, M. **Composição centesimal.** Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/calveskeila/aula-3-c-centesimal>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

RAMOS, G. M.; PIMENTEL, J. C. M. **Capim-Andropogon informações sobre seu comportamento nos cerrados piauienses.** Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/166176/1/CIRT6.pdf>>. Acesso em: 27 junho 2019.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de Análises Bromatológicas de Alimentos: Métodos Físicos, Químicos e Bromatológicos.** 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40059/1/documento-306.pdf>>. Acesso em: 07 Junho 2019.

SALMAN, A. K. D.; FERREIRA, A. C. D.; SOARES, J. P. G.; SOUZA, J. P. de. **Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos.** Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/884369/1/doc136alimentacaoderuminantes.pdf>>. Acesso em: 02 junho 2019

SANTOS, L. R. **MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA ANÁLISE RÁPIDA DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA SOJA.** 2017. 71 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em tecnologia de alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2017.

SERAFIM, V. F.; GOMES, V. M.; SEIXAS, A. A. Manejo do pastejo para capim-andropogon – revisão de literatura. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, Garça, v. 1, n. 24, jan. 2015. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/BScfbWp5XPHhybW_2015-3-24-14-41-47.pdf>. Acesso em: 27 junho 2019.

SILVA, D. C. da; ALVES, A. A.; LACERDA, M. S. B.; MOREIRA FILHO, M. A.; OLIVEIRA, M. E.; LAFAYATTE, E. A. Valor nutritivo do capim andropogon em quatro idades de rebrota em período chuvoso. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v. 15, n. 3, p. 626-636, jul./set. 2014. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbspa/v15n3/a04v15n3.pdf>>. Acesso em: 07 Outubro 2019.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235 p.

SOUZA, G. B.; FUJIEDA, R. J. Y.; CARRARO, C. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA, 8., 2015, Bento Gonçalves. **Avaliação da repetibilidade e reprodutibilidade de métodos de proteína bruta: estudo colaborativo**. Bento Gonçalves: Embrapa Sudeste, 2015. P. 1-4

SOUZA, G.B.de; NOGUEIRA, A.R.A; RASSINI, J.B. Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico. **Embrapa Pecuária Sudeste, Circular Técnica**, São Carlos, 33, dez. 2002. Disponível em: < <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/46448/1/CrcularTecnica33.pdf> >. Acesso em: 01 jun. 2019.

SOUZA, L. C.; GOMIDE, J. L.; MILAGRES, F. R.; ALMEIDA, D. P. Desenvolvimento de modelos de calibração NIRS para minimização das análises de madeiras de Eucalyptus spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, jul. /set. 2011. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1980-50982011000300591&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 jun. 2019.

THOMÉ, S. P.; FONSECA, C. E. L.; MORATA, R. L. **Calibração da Espectroscopia da Refletância no Infravermelho Próximo: NIRS para Análise Bromatológica do *Pennisetum purpureum***. 2017. 29 f. TCC (Trabalho de conclusão de curso em zootecnia) – Departamento de Zootecnia, UPIS/Planaltina, 2018.

TOWETT, E.; ALEX, M.; SHEPHERD, K. D.; POLREICH, S.; AYNEKULU, E.; MAASS, B. L. **Applicability of near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for determination of crude protein content in cowpea (*Vigna unguiculata*) leaves**. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/262113437_Applicability_of_near-infrared_reflectance_spectroscopy_NIRS_for_determination_of_crude_protein_content_in_cowpea_Vigna_unguiculata_leaves>. Acesso em: 26 junho 2019.

VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L. et al. CQBAL 4.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em www.ufv.br/cqbal.

VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 26, p. 119-128, 1967.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II - a rapid method for determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, New York, v. 46, p. 829-835, 1963.

VANDRESEN, B. B. **curvas de calibração para análise bromatológica de pastagens por espectrometria de infravermelho próximo (nir)**. 2017. 16 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017.