

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**JÚLIA ELIZE OLIVEIRA**

**EFEITO DA TEMPERATURA DE PRÉ SECAGEM SOBRE O TEOR DE  
FIBRA DA SILAGEM DE MILHO**

**UBERLÂNDIA- MG**

**2023**

**JÚLIA ELIZE OLIVEIRA**

**EFEITO DA TEMPERATURA DE PRÉ SECAGEM SOBRE O TEOR DE  
FIBRA DA SILAGEM DE MILHO**

Monografia apresentada a coordenação  
do curso graduação em Zootecnia da  
Universidade Federal de Uberlândia,  
como requisito parcial a obtenção do  
título de Zootecnista

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Eliane da  
Silva Morgado**

**UBERLÂNDIA- MG**

**2023**

**JÚLIA ELIZE OLIVEIRA**

**EFEITO DA TEMPERATURA DE PRÉ SECAGEM SOBRE O TEOR DE  
FIBRA DA SILAGEM DE MILHO**

Monografia aprovada como requisito parcial a obtenção do título de Zootecnista no curso de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Uberlândia.

**APROVADA 21/11/2023**

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Eliane da Silva Morgado  
(FAMEV/UFU)

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Lucio Vilela Carneiro Girao  
(FAMEV/UFU)

---

Prof<sup>o</sup> Dr. Bruno Serpa Vieira  
(FAMEV/UFU)

**UBERLÂNDIA-MG**

**2023**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me capacitar e me permitir chegar até aqui com êxito durante toda a minha trajetória acadêmica.

Agradeço aos meus pais José Luciano e Luciene Maria, por todo o incentivo, motivação, cuidado e amor que tiveram comigo durante todos os meus processos. Obrigada por serem a minha base e por me permitirem realizar esse sonho.

Agradeço aos meus irmãos Victor Luciano e Deborah Elis, por me apoiarem e serem meu auxílio durante todos esses anos. Ser irmã de vocês é uma das minhas maiores realizações.

Agradeço a minha avó Maria dos Reis, por ter sido meu maior exemplo de ser humano, por ter cuidado de mim durante quase 24 anos, por ter contribuído com grande parte do que sou hoje e por toda ajuda emocional e financeira. Você faz muita falta para mim.

Agradeço a todos os meus amigos pela motivação, cuidado e por sempre festejarem comigo as minhas vitórias. Em especial agradeço as minhas amigas Larissa Soares e Pamela Cabral, por terem sido peças fundamentais durante todos esses anos de curso. Sem vocês tudo seria mais difícil e sem graça.

Um agradecimento especial a minha orientadora Eliane da Silva Morgado, por toda contribuição profissional e pessoal. Obrigada por ter me auxiliando em todas as análises desse trabalho, por ser uma das minhas maiores incentivadoras, por acreditar no meu potencial e por ter me dado o privilégio de ser sua orientada.

Agradeço a toda a minha família, que são minha maior rede de apoio e que estão comigo nos melhores e nos piores momentos. Obrigada por me enxergarem muito além do que eu sou e por me darem o privilégio de ser amada e muito mimada por cada um de vocês. Em especial a minha prima Bruna Gabrielle, por ter contribuído com a minha formação, pela paciência, confiança e compromisso comigo em todas as etapas da minha vida.

Obrigada a todos!

## RESUMO

Matéria seca é o nome dado a fração do alimento excluída a sua umidade natural. A pré-secagem em laboratório de análise de alimentos, é feita em estufa de circulação forçada de ar com temperatura variável, conforme a literatura, entre 55 °C a 65 °C. No entanto, o aumento da temperatura de secagem pode promover reação de escurecimento não-enzimático, conhecida como reação de Maillard, que ocorre entre proteína e um dos componentes da parede celular dos vegetais, formando substâncias que poderão ser dosadas como lignina, superestimando o teor de fibra dos alimentos. Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho verificar se o aumento da temperatura de pré-secagem de 55 °C para 65 °C possui efeitos sobre os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e nitrogênio e proteína insolúveis em detergente ácido. As amostras de silagem de milho foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar em duas temperaturas, 55 °C e 65 °C. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho Willey utilizando peneira com furos de diâmetros de 1mm. As amostras processadas foram acondicionadas em potes plástico com identificação e posteriormente foram analisados os teores de matéria seca, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, nitrogênio e proteína insolúveis em detergente ácido. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos (secagem 55 °C e 65 °C), e seis repetições por tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade, por meio do uso do programa estatístico R 3.4.2. De acordo com os valores médios percentuais apresentados, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para os teores de FDN e FDA da silagem de milho pré-seca em estufa ventilada nas temperaturas de 55 °C e 65 °C. Os valores médios dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido ( $NIDA_{FDA}$ ) e a proteína insolúvel em detergente ácido ( $PIDA_{FDA}$ ), diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos avaliados (temperatura de secagem). No entanto, não houve diferença significativa quando expressos com base na matéria seca,  $NIDA_{MS}$  e  $PIDA_{MS}$  para as diferentes temperaturas de secagem. Concluiu-se que a temperatura de secagem da silagem de milho a 65 °C pode ser utilizada sem que haja alteração nos teores de fibra, nitrogênio e proteína ligada a parede celular quando os resultados são expressos com base na matéria seca.

**Palavras chaves:** FDN, FDA, matéria seca, proteína insolúvel.

## ABSTRACT

Dry matter is the name given to the fraction of food excluding its natural moisture. Pre-drying in a food analysis laboratory is carried out in a forced air circulation oven with variable temperatures, according to the literature, between 55 °C and 65 °C. However, increasing the drying temperature can promote a non-enzymatic browning reaction, known as the Maillard reaction, which occurs between protein and one of the components of the vegetable cell wall, forming substances that can be dosed as lignin, overestimating the content. fiber in foods. Therefore, the objective of this work was to verify whether increasing the pre-drying temperature from 55 °C to 65 °C has effects on the contents of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and nitrogen and protein insoluble in acid detergent. The corn silage samples were pre-dried in a forced air circulation oven at two temperatures, 55 °C and 65°C. After drying, the samples were ground in a Willey mill using a sieve with 1mm diameter holes. The processed samples were placed in plastic containers with identification and subsequently the contents of dry matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, nitrogen and protein insoluble in acid detergent were analyzed. The experimental design used was completely randomized with two treatments (drying at 55 °C and 65 °C), and six replications per treatment. The results were subjected to analysis of variance and the means compared using the F test at 5% probability, using the statistical program R 3.4.2. According to the average percentage values presented, no significant differences ( $p > 0.05$ ) were observed for the NDF and ADF contents of pre-dried corn silage in a ventilated oven at temperatures of 55 °C and 65 °C. The average values of acid detergent insoluble nitrogen ( $NIDA_{FDA}$ ) and acid detergent insoluble protein ( $PIDA_{FDA}$ ) differed statistically ( $p < 0.05$ ) between the evaluated treatments (drying temperature). However, there was no significant difference when expressed based on dry matter,  $NIDA_{MS}$  and  $PIDA_{MS}$  for the different drying temperatures. It was concluded that the drying temperature of corn silage at 65 °C can be used without changing the fiber, nitrogen and protein contents bound to the cell wall when the results are expressed based on dry matter.

**Keywords:** NDF, FDA, dry matter, insoluble protein.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Uso da silagem de milho na alimentação animal .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Matéria seca dos alimentos: importância e aplicação .....</b>	<b>3</b>
<b>2.3. Métodos de determinação da matéria seca dos alimentos .....</b>	<b>3</b>
<b>2.4. Efeito da temperatura de secagem sobre a composição dos alimentos.....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>6</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>16</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Matéria seca é o nome dado a fração do alimento excluída a sua umidade natural, e é determinada no laboratório, geralmente, por meio da secagem em estufa, e calculada pela perda de peso sofrida pela amostra. Esta é a análise mais comumente realizada em laboratório de avaliação de alimentos e nutrição, sendo o ponto de partida para a avaliação da composição química da amostra, pois todos os nutrientes dos alimentos são expressos na matéria seca, o que demonstra a sua importância, uma vez que, a comparação do valor nutritivo dos alimentos, a formulação de ração com base nas exigências nutricionais dos animais, e o cálculo do consumo de alimentos pelos animais herbívoros são expressos com base na matéria seca (Silva e Queiroz, 2005).

Alimentos úmidos possuem alto percentual de água, e são assim classificados por possuírem teor de umidade acima de 15% (Silva e Queiroz, 2005), que incluem forragens verdes, silagens e alguns resíduos agroindustriais (Van Cleef *et al.*, 2010). A determinação da matéria seca desses alimentos passar por dois procedimentos de secagem, uma pré-secagem em estufa de circulação forçada de ar e uma secagem definitiva em estufa a 105°C (Silva e Queiroz, 2005).

A pré-secagem em laboratório de análise de alimentos, é feita em estufa de circulação forçada de ar com temperatura variável, conforme a literatura, entre 55 °C a 65 °C. Segundo Silva e Queiroz (2005), a faixa de temperatura para secagem entre 55 °C e 60 °C evita perdas de compostos voláteis e alterações químicas nos nutrientes do alimento, como danos a proteína, tendo efeito mínimo na composição química, o que permite que sejam feitas análises dos componentes do alimento posteriormente (Detmann *et al.* 2012). No entanto, outros autores recomendam temperatura de secagem de 65 °C (Rodrigues, 2010; Gomes e Oliveira, 2011), e entre 55 °C e 65 °C (Medeiros e Marino, 2015). Segundo Souza (2003) o aumento da temperatura de secagem pode promover reação de escurecimento não-enzimático, conhecida como reação de Maillard, que é uma reação que ocorre entre um aminoácido ou proteína e um carboidrato redutor. Nessa reação pode ocorrer a formação de ligação entre proteína e um dos componentes da parede celular dos vegetais, formando substâncias que poderão ser dosadas como lignina, superestimando o teor de fibra dos alimentos (Van Soest, 1994).

Objetivou-se com o presente trabalho verificar se o aumento da temperatura de pré-secagem de 55 °C para 65 °C possui efeitos sobre os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e nitrogênio insolúvel em detergente



ácido (NIDA), e assim, verificar se a temperatura de 65 °C, é uma temperatura excessiva para a pré-secagem da silagem de milho.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Uso da silagem de milho na alimentação animal

No Brasil, na época das chuvas tem-se uma grande disponibilidade de forragem para os animais. No entanto, no período seco do ano a produção desse volumoso é reduzida e apresenta baixo valor nutricional, resultando na falta de alimento para os rebanhos. No intuito de atenuar esse problema, as técnicas de fenação e ensilagem são muito utilizadas pelos criadores. O método mais utilizado tem sido o de ensilagem (Pimentel et al., 1998), com o propósito de conservar a planta forrageira e manter a sua qualidade (Moraes *et al.*, 2013).

O processo de ensilagem consiste em fazer o corte da forrageira, a sua compactação e a vedação do reservatório onde será armazenado o seu produto para que ocorra a fermentação (Cardoso e Silva, 1995). Esse processo fermentativo acontece em condições de anaerobiose onde os microrganismos aeróbicos consomem todo o oxigênio e aumentam a comunidade de microrganismos anaeróbicos, irão promover a fermentação láctica, e dessa forma o pH diminui e limita o crescimento de bactérias que se desenvolvem na ausência de oxigênio no meio, resultando na produção da silagem (Oliveira *et al.* 2014), que é o produto oriundo desse processo, e consiste em um alimento volumoso conservado muito utilizado pelos produtores para a alimentação do gado na época de pouca oferta de alimento (Cardoso e Silva, 2023).

Para a produção da silagem, é necessária uma forrageira que tenha alta produtividade, um elevado valor nutricional (Pimentel *et al.*, 1998) e com alta proporção de açúcares solúveis (Cardoso e Silva, 1995). Mediante a isso, a cultura do milho é a mais utilizada (Paziani et al., 2009), pois apresenta uma grande produção por hectare de matéria verde, proporção de matéria seca entre 30% e 35% e acima de 3% de carboidratos solúveis (Cruz *et al.*, 2023). Por reunir tais características e ser muito bem aceita pelo gado, a silagem de milho se apresenta com uma boa alternativa para alimentação animal (Restle *et al.*, 2006).

## 2.2. Matéria seca dos alimentos: importância e aplicação

Matéria seca é a fração do alimento restante após a exclusão da sua umidade (Nennich e Chase, 2007), sendo o ponto de partida para a análise dos alimentos (Silva e Queiroz, 2005). A sua determinação é de extrema importância, já que, a conservação do alimento pode estar relacionada com o teor de umidade existente no material (Silva e Queiroz, 2005), tornando-a indispensável para evitar modificações químicas e decomposição dos tecidos durante o armazenamento que antecede as próximas análises (Bueno et al., 2017). Além disso, informa o ponto de ensilagem das plantas, como capim-elefante, sorgo e milho e contribui para estimar a quantidade de forrageira presente em uma pastagem (Oliveira *et al.*, 2015).

A determinação da matéria seca também é utilizada com finalidade nutricional, pois todos os nutrientes dos alimentos são expressos com base da matéria seca, assim como as exigências nutricionais dos animais, e por meio disso é possível realizar o balanceamento das dietas dos animais, nas suas diferentes fases da vida como de manutenção, crescimento, gestação e lactação (Nennich e Chase, 2007; MAGNO et al., 2016). No entanto, o acréscimo ou diminuição no conteúdo de matéria seca da ração podem provocar um excesso ou uma carência de nutrientes (Nennich e Chase, 2007).

Diante disso, é essencial realizar uma checagem correta dos teores de matéria seca dos alimentos, pois a falta desse procedimento adequado levará a graves erros, como por exemplo, as despesas com alimento, a formulação inadequada das dietas e a estimativa do seu valor nutricional, o que interfere negativamente no desempenho técnico e econômico, além de resultar em problemas relacionados ao metabolismo nos animais devido a quantificação incorreta dos valores de matéria seca em suas dietas (Falchi Filho e Ferreira, 2018).

## 2.3. Métodos de determinação da matéria seca dos alimentos

A determinação da quantidade de água presente em um alimento é um dos métodos mais executados na produção de alimentos volumosos para os animais (Bueno *et al.*, 2017). Com isso, alimentos que possuem maior teor de umidade, como por exemplo, gramíneas e silagens precisam passar por dois processos de secagem (Silva e Queiroz, 2005). A pré-secagem ou primeira secagem, normalmente é realizada em estufa com circulação forçada de ar entre 55 °C - 60 °C por 48 a 72 horas segundo Silva e

Queiroz (2005) e entre 55 °C – 65 °C segundo Medeiros e Marino (2015). Após esse processo, para a retirada da água residual é necessário que o alimento passe pela secagem definitiva ou segunda secagem (Van Cleef *et al.*, 2010), a qual é realizada em estufa a 105 °C entre 12 a 16 horas (Silva e Queiroz, 2005). Contudo, alimentos secos que possuem teor de umidade menor ou igual a 13% (Van Cleef *et al.*, 2010) como fenos, rações fareladas e grãos de cereais, não necessitam passar pela pré-secagem sendo realizado somente o procedimento de secagem definitiva (Silva e Queiroz, 2005).

Existem diversos métodos de determinação da matéria seca dos alimentos, sendo o método laboratorial mais utilizado a secagem em estufa, no entanto, em laboratórios também são utilizados a balança de infravermelho e liofilizador. A mensuração da matéria seca por radiação infravermelha, consiste na utilização de uma lâmpada de radiação infravermelha com uma potência de 250 a 500 watts, da qual o filamento da lâmpada atinge uma temperatura entre 2.000 ° K e 2.500 ° K (700 °C) (Cecchi, 2003). Essa metodologia é mais rápida que o uso da estufa, pois permite a transferência direta de energia da fonte (lâmpada) para a superfície dos alimentos, não sendo necessário o transporte de calor por meio do ar aquecido (Rabello *et al.*, 2021). No entanto, uma desvantagem desse procedimento é que permite a secagem de uma amostra por vez, podendo resultar em uma repetibilidade comprometida, uma vez que variações na energia elétrica durante as medições podem ocorrer (Cecchi, 2003).

O processo de liofilização para determinação da matéria seca, é realizada através da remoção do vapor de água de amostras congeladas, seguida por uma secagem contínua sob vácuo até a obtenção de um material estável (Alcarde e Basso, 1997). Essa sequência reduz a pressão ao redor das amostras, permitindo que a água congelada presente nelas passe diretamente do estado sólido para o gasoso, por meio da sublimação. Dessa forma, a liofilização é considerada uma técnica eficaz para a obtenção de alimentos desidratados, pois a água é removida sem causar danos significativos às características nutricionais e estruturais das amostras. Entretanto, esse procedimento apresenta alto custo, devido a necessidade do liofilizador e o maior gasto com energia (Van Cleef *et al.*, 2010).

De forma mais prática fora de laboratórios de análises de alimentos, outros métodos de determinação da matéria seca dos alimentos são utilizados como o uso do equipamento *Koster Tester*, *Air Fryer* e do micro-ondas, que são procedimentos mais simples e práticos para estimar o teor de matéria seca dos alimentos em propriedades rurais. O *Koster Tester* que utiliza ar aquecido soprado por meio de uma tela na qual o alimento é colocado. Esse método de secagem é extremamente rápido (25 a 30 minutos)

e econômico, porém pode resultar em alguma perda da amostra, e por consequência maiores erros na quantificação da matéria seca (Nennich e Chase, 2007; Gay *et al.*, 2009).

A determinação dos teores de matéria seca a partir do uso da *Air Fryer*, foi recentemente validada como uma alternativa para determinar a umidade dos alimentos, apresentando baixa variação quando comparada aos métodos convencionais de secagem em estufa a 105 °C e com o equipamento *Koster Tester*. Além disso, esse método apresenta maior praticidade, baixo custo e facilidade de acesso (Ferreira *et al.*, 2018).

O uso do forno de micro-ondas para a determinação da matéria seca, trata-se de um método que acelera o aquecimento do material de forma mais rápida, focando nas áreas com maior umidade, até atingir o ponto de ebulição da água. Isso permite uma distribuição uniforme do calor tanto na superfície quanto no interior do alimento, facilitando a evaporação da água (Cecchi, 2003) e proporcionando uma redução na perda de componentes voláteis em comparação às estufas convencionais (Mata *et al.*, 2014). Essa abordagem possibilita, por exemplo, a identificação precisa do momento ideal para a colheita de forragem destinada à ensilagem. Além disso, ela pode ser empregada para monitorar a qualidade da silagem produzida. Esse método permitirá que os produtores avaliem o momento mais adequado para a colheita do alimento com maior segurança, evitando perdas e assegurando uma melhor qualidade nutricional (Oliveira *et al.*, 2015).

#### **2.4. Efeito da temperatura de secagem sobre a composição dos alimentos**

A etapa de secagem tem o objetivo de reduzir o teor de água do produto, o que resulta em um aumento significativo na sua vida útil, além de afetar a palatabilidade e a digestibilidade do alimento. No entanto, é importante selecionar as condições adequadas para o processo de secagem por meio de análises físico-químicas. Essas análises permitem observar a influência da combinação de tempo e temperatura na qualidade nutricional do alimento (Souza *et al.*, 2017).

O uso de altas temperaturas do ar de secagem pode resultar na degradação da qualidade do produto, afetando seu valor nutricional, cor e outras propriedades organolépticas. Além disso, podem ocorrer modificações químicas indesejáveis, como a reação de Maillard (Grassi, 2016), que é um processo de escurecimento não enzimático que acontece quando há a interação entre açúcares redutores e grupos aminos, levando a rearranjos complexos de açúcares e proteínas (Chevalier *et al.*, 2001, Qiu *et al.*, 2005). Essa reação forma compostos que são responsáveis pela alteração do aroma, sabor e

pigmento dos alimentos, que são características fundamentais para a sua aceitação e consumo, além de originar compostos potencialmente tóxicos, como a acroleína e as aminas heterocíclicas (Bastos *et al.*, 2011).

Os produtos resultantes da reação de Maillard geralmente estão presentes em alimentos que possuem um alto teor de umidade e que são submetidos a temperaturas acima de 60 °C. Em estudos associados a nutrição animal, uma das principais consequências das alterações motivadas pela reação de Maillard é a redução do valor nutritivo das proteínas (Oliveira, 2006).

Além disso, os compostos formados durante a reação de Maillard podem ser quantificados simultaneamente com a lignina quando esta é analisada pelo método da lignina em detergente ácido (Van Soest, 1994). Com isso, a presença destes compostos pode evidenciar alterações nas frações, principalmente de proteínas, quando submetidas a temperaturas acima de 60° C que é um valor frequentemente utilizado em laboratórios de nutrição animal na pré-secagem de amostras. Essas modificações podem levar a dados equivocados sobre a composição química do alimento e ter um impacto negativo no balanceamento da dieta pelo sistema CNCPS (Cornell Net Carbohydrate and Protein System) (Oliveira, 2006).

Portanto, é necessário ter cautela ao utilizar temperaturas elevadas durante a pré-secagem de amostras, a fim de garantir a acurácia das análises e do balanceamento nutricional dos alimentos (Oliveira, 2006).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no Laboratório de Bromatologia e Nutrição Animal pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia.

Foram avaliadas duas temperaturas de pré-secagem da silagem de milho, 55 °C e 65 °C, utilizando-se a estufa de ventilação forçada de ar. As amostras coletadas foram acondicionadas em bandejas de alumínio com seis repetições por tratamento (secagem a 55 °C e secagem a 65 °C). Estas foram pesadas em balança semi-analítica e registrado o peso da amostra úmida, em seguida estas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar por um período de 72 horas. Após esse período, as bandejas com as amostras secas foram retiradas da estufa e colocadas na bancada para esfriar, e em seguida, pesadas em

balança semi-analítica e registrado o peso da amostra seca, e então calculado o percentual de amostra seca em estufa (ASA). O procedimento de pré-secagem foi realizado conforme o descrito por Detmann *et al.* (2012), e o cálculo do percentual da ASA foi realizado pela fórmula abaixo:

$$\%ASA = \frac{(\text{peso da tara} + \text{amostra seca}) - \text{peso da tara (g)}}{\text{peso da úmida (g)}} \times 100$$

Onde: % ASA: porcentagem da amostra seca ao ar.

Após a pré-secagem as amostras foram moídas em moinho Willey utilizando peneira com furos de diâmetro de 1 mm. As amostras processadas foram acondicionadas em potes plásticos com identificação e foram feitas as análises de amostra seca em estufa (ASE) em estufa sem circulação de ar, na temperatura de 105 °C, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo as metodologias descritas por Detmann, *et al.* (2012).

A secagem em estufa ventilada a 105 °C, foi realizada nas amostras pré-secas e moídas de silagem de milho. Essas amostras foram pesadas na quantidade de aproximadamente 1 grama, dentro de um cadinho de porcelana, previamente limpo, seco e pesado, e então foram colocadas na estufa a 105 °C por um período de 16 horas, conforme o descrito por (Detmann *et al.*, 2012). Para o cálculo do percentual da amostra seca em estufa (ASE), que foi utilizada a fórmula abaixo.

$$\%ASE = \frac{(\text{peso do cadinho} + \text{amostra seca}) - \text{peso do cadinho (g)}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

Onde: % ASE: porcentagem da amostra seca em estufa.

Com a obtenção dos percentuais da ASA e da ASE obteve-se o valor de matéria seca das amostras, conforme a fórmula abaixo.

$$\%MS = \frac{\%ASA \times ASE}{100}$$

Para a solução da FDN foram utilizados os seguintes reagentes: Ácido etilenodiaminotetracetato (EDTA), Borato de sódio hidratado ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), Fosfato ácido de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ), Sulfato láurico de sódio ( $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}(\text{CH}_2\text{OSO}_3\text{Na})$ ) e Trietileno glicol ( $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_4$ ) (Silva e Queiroz, 2002).

No processo de execução para a análise da FDN e FDA, utilizou-se a técnica do saco filtrante, confeccionado com tecido não tecido (TNT) com gramatura de  $100\text{g}/\text{m}^2$  cortado em moldes retangulares com dimensões de 10 cm de comprimento e 5 cm de largura. Após esse processo, os moldes foram colocados em uma solução com água destilada fervente e detergente neutro comercial na proporção de 20 mL de detergente para 1 L de água, conforme o descrito por Detmann *et al.* (2012). Posteriormente, os cortes de tecido foram submetidos a uma etapa de lavagem utilizando água destilada, a fim de eliminar por completo o detergente, e depois foram dispostos em bandejas de alumínio forradas com papel toalha. Em seguida, foram inseridos em uma estufa ventilada a uma temperatura de  $60\text{ }^\circ\text{C}$ , onde permaneceram por um período de 24 horas.

Após a fase de secagem, os moldes foram selados nas extremidades com o auxílio de uma seladora, resultando em sacos com dimensões de 5 x 5 centímetros. Após a selagem, cada um dos sacos recebeu uma numeração apropriada e foram transferidos para a estufa a  $105\text{ }^\circ\text{C}$ , onde permaneceram por um período de 2 horas. Na sequência, os sacos foram retirados da estufa e colocados no dessecador para esfriar durante 40 minutos. Logo em seguida, os sacos foram pesados utilizando uma balança analítica na qual foram registrados os pesos dos sacos vazios.

A quantidade de amostra inserida em cada saco filtrante seguiu a proporção de 20 mg de matéria seca por centímetro quadrado de superfície, conforme mencionado por Detmann *et al.* (2012). Em seguida, os moldes dos sacos filtrantes foram selados na parte superior, fechando-os. A análise da FDA foi feita sequencialmente a análise da FDN em 12 amostras de silagem de milho, sendo seis amostras por tratamento, e com quatro replicatas cada, totalizando 48 sacos filtrantes. Estes então foram acondicionados em um saco maior de um tecido fino, de tule, contendo um contrapeso em seu interior para evitar a flutuação das amostras no béquer (Deschamps, 1999). Esse conjunto foi inserido dentro de um béquer com uma capacidade de 2.000 mL e adicionou-se uma quantidade de solução de detergente neutro suficiente para garantir que todos os sacos filtrantes estivessem completamente imersos na solução, procurando respeitar a relação de 50 mL de detergente por 0,5 gramas de amostra e 0,5 mL de alfa amilase (LNF) termostável por grama de amostras (Detmann *et al.*, 2012).

Na sequência, a boca do béquer foi selada com papel alumínio, de acordo com as diretrizes de Deschamps (1999) e Senger (2008). O conjunto foi então transferido para uma autoclave, cuja temperatura de operação foi ajustada para 105 °C, mantendo-se a autoclave em funcionamento por 60 minutos, conforme especificado por Detmann (2012) e Pell e Schofield (1993). Após transcorrido o período de análise, a autoclave foi desligada e aguardou-se até que a pressão fosse completamente liberada para permitir a abertura e a retirada das amostras. Os sacos foram então submetidos a lavagem com água destilada quente, repetidas vezes, até que não fosse mais observada coloração na água de enxágue. Posteriormente, os sacos foram lavados com acetona e depois colocados em uma estufa ventilada a 60 °C por 24 horas. Em seguida, foram submetidos a um período adicional de 2 horas em uma estufa não ventilada a 105°C. Após esse processo, os sacos foram armazenados em um dessecador para esfriar, seguido pela pesagem e registro dos pesos, conforme descrito por Detmann *et al.* (2012). Para a realização dos cálculos do percentual da fibra em detergente neutro (%FDN) e da fibra em detergente neutro na matéria seca (%FDN<sub>MS</sub>) utilizou-se as fórmulas abaixo:

$$\%FDN = \frac{(\text{peso do saco} + \text{resíduo da FDN}) - \text{peso do saco (g)}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

$$\%FDN_{MS} = \frac{\%FDN}{\%ASE} \times 100$$

A análise da FDA foi feita sequencialmente a análise da FDN, utilizando os seguintes reagentes: Acetona (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO; Ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); Brometo-cetil-trimetilamônio (CTAB), grau técnico. O processo para análise da fibra em detergente ácido foi o mesmo executado para a determinação da fibra em detergente neutro, diferindo apenas nos reagentes utilizados. Para ao cálculo do percentual da fibra em detergente ácido (%FDA) e da FDA na matéria seca (%FDA<sub>MS</sub>) foram utilizadas as fórmulas abaixo:

$$\%FDA = \frac{(\text{peso do saco} + \text{resíduo da FDA}) - \text{peso do saco (g)}}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

$$\%FDA_{MS} = \frac{\%FDA}{\%ASE} \times 100$$



Para as análises do NIDA e da PIDA, foram utilizados os seguintes reagentes: Ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ); Ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ); Ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ); Álcool etílico ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ); Hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ); Sulfato de cobre pentaidratado ( $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ); Sulfato de potássio anidro ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ); Vermelho de metila ( $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{O}_2\text{N}_3$ ); Verde de bromocressol ( $\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{B}_{14}\text{O}_5\text{S}$ ) (Detmann *et al.*, 2012).

A partir desses reagentes foram preparadas as soluções de: ácido clorídrico na concentração de 0,1 N, hidróxido de sódio (50%), solução indicadora composta por: ácido bórico a 4% e solução alcoólica de vermelho de metila e de verde de bromocresol, além da solução de mistura digestora composta por uma mistura de sulfato de cobre pentaidratado e sulfato de potássio anidro.

As análises do nitrogênio insolúvel em detergente ácido e da proteína insolúvel em detergente ácido foram realizadas no resíduo da análise da FDA. Para isso os sacos filtrantes foram abertos na parte superior e o resíduo insolúvel em detergente ácido contido dentro dos sacos foi pesado em um pedaço papel manteiga com dimensões de 5 cm de largura por 5 cm de comprimento, embrulhado neste papel e transferido para o tubo de digestão devidamente enumerado. Após esse processo, foi adicionado 2 g da mistura digestora e 5 mL de ácido sulfúrico em cada tubo de digestão, segundo a metodologia descrita por Detmann *et al.* (2012).

Etapa de digestão: Os tubos foram colocados em um bloco digestor e aquecidos gradualmente até atingir a temperatura de 400 °C. Eles foram mantidos no equipamento até que a solução ficasse translúcida e depois foram retirados do bloco para esfriar (Detmann *et al.*, 2012).

Etapa de destilação: Após os tubos esfriarem, foi adicionada a quantidade de 10 mL de água destilada dentro de cada um e então foram homogeneizados. Dentro de um erlenmeyer de 250 mL, foi adicionada 20 mL de solução indicadora de ácido bórico, este foi acoplado ao equipamento destilador de nitrogênio para receber a amônia destilada. O tubo de digestão contendo a amostra digerida foi encaixado no equipamento destilador de nitrogênio e foi adicionado a quantidade de 25 mL de solução de  $\text{NaOH}$  a 50%. Foi realizada a destilação, mantendo o terminal do condensador submerso na solução indicadora até que toda a amônia fosse liberada, certificando que o volume total do destilado fosse no valor de 100 mL (Detmann *et al.*, 2012).

Etapa de titulação: O erlenmeyer foi removido do equipamento e foi titulado com  $\text{HCl}$  a 0,1 N até ocorrer a alteração de cor do indicador (Detmann *et al.*, 2012).

Além disso, foi realizada a preparação de dois tubos em branco, ou seja, sem amostra, que passaram por todas as etapas do processo, incluindo a digestão, destilação e titulação (Detmann *et al.*,2012). Para corrigir com o branco do papel e dos reagentes no cálculo do nitrogênio e da proteína bruta. Para o cálculo do percentual de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) na FDA foi utilizada a fórmula abaixo:

$$\%NIDA_{FDA} = \frac{(V1-V2) \times F \times N \times 0,014}{\text{peso da amostra (RISA) (g)}} \times 100$$

Onde: %N: percentual de nitrogênio; V1: volume de HCL gasto na titulação da amostra; V2: volume gasto na titulação no branco; F: fator de correção do ácido =1; N: normalidade do ácido; 0,014: miliequivalente grama do nitrogênio; RISA = resíduo insolúvel em detergente ácido.

Para o cálculo do percentual da proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) na FDA foi utilizada a fórmula abaixo:

$$\%PIDA_{FDA} = \%NIDA_{FDA} \times 6,25$$

Onde: %PIDA: percentual da proteína insolúvel em detergente ácido; %NIDA: percentual de nitrogênio; 6,25: fator de conversão do N em proteína.

Para o cálculo do NIDA expresso na matéria seca, foi utilizada a fórmula descrita por (Detmann *et al.*,2012), abaixo:

$$\%NIDA_{MS} = \frac{\%NIDA_{FDA} \times \%FDA_{MS}}{100}$$

Onde: %NIDA<sub>MS</sub>: percentual do nitrogênio insolúvel em detergente ácido na matéria seca; %NIDA<sub>FDA</sub>: percentual do nitrogênio insolúvel em detergente ácido na fibra em detergente ácido (FDA); % FDA<sub>MS</sub>: percentual da fibra em detergente ácido na matéria seca.

Para o cálculo do PIDA expresso na matéria seca, foi utilizada a fórmula descrita por (Detmann *et al.*,2012), abaixo:

$$\%PIDA_{MS} = \frac{\%PIDA_{FDA} \times \%FDA_{MS}}{100}$$

Onde: %PIDA<sub>MS</sub>: percentual da proteína insolúvel em detergente ácido na matéria seca; %PIDA<sub>FDA</sub>: percentual da proteína insolúvel em detergente ácido na fibra em

detergente ácido (FDA); % FDA<sub>MS</sub>: percentual da fibra em detergente ácido na matéria seca.

Para a correção da FDA para o teor de proteína foi utilizada a fórmula descrita por (Detmann *et al.*,2012), abaixo:

$$\%FDA_p = \%FDA_{MS} - \%PIDA_{MS}$$

Onde: %FDA<sub>p</sub>: percentual da fibra em detergente ácido corrigido para o teor de proteína; % FDA<sub>MS</sub>: percentual da fibra em detergente ácido na matéria seca; %PIDA<sub>MS</sub>: percentual da proteína insolúvel em detergente ácido na matéria seca.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com dois tratamentos (duas temperaturas de secagem: 55 °C e 65 °C) com seis repetições por tratamento. Os dados apresentaram distribuição normal, verificado pelo teste de Anderson-darling, e homogeneidade de variância, verificado pelo teste de Levene. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico R 4.4.2. (2022).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os teores de FDN, FDA, NIDA e PIDA das amostras de silagem de milho pré secas em estufa de ventilação forçada de ar nas temperaturas de 55 °C e 65 °C, estão descritos na Tabela 1.

De acordo com os valores médios percentuais apresentados, não foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para os teores de FDN e FDA da silagem de milho pré-seca em estufa ventilada nas temperaturas de 55 °C e 65 °C.

Os valores médios dos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA<sub>FDA</sub>) e a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA<sub>FDA</sub>), diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos avaliados (temperatura de secagem), mostrando que a secagem em estufa a 65 °C resultou em valores ligeiramente mais altos em comparação com a estufa a 55 °C, diferença de 0,01 ponto percentual, e o valor de p foi 0,049, bem próximo de 0,05 preconizado como probabilidade no teste estatístico.

**Tabela 1.** Valores médios, valor de P do teste F, coeficiente de variação e erro padrão da média dos percentuais de fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA), da fibra em detergente ácido corrigido para proteína (FDAp), do nitrogênio insolúvel em detergente ácido expresso com base na FDA ( $NIDA_{FDA}$ ), da proteína insolúvel em detergente ácido expresso com base na FDA ( $PIDA_{FDA}$ ), do nitrogênio insolúvel em detergente ácido expresso com base na matéria seca ( $NIDA_{MS}$ ), da proteína insolúvel em detergente ácido expresso com base na matéria seca ( $PIDA_{MS}$ ) da silagem de milho pré-seca em estufa a 55 °C e em estufa a 65 °C.

Alimento	Estufa		Valor de P	CV (%)	EPM
	55°C	65°C			
MS (%)	34,24 b	35,06 a	0,013	1,35	0,179
$FDN_{MS}$ (%)	50,85	49,24	0,189	3,96	0,597
$FDA_{MS}$ (%)	27,50	26,68	0,256	4,35	0,347
$FDAP_{MS}$ (%)	27,27	26,44	0,248	4,35	0,002
$NIDA_{FDA}$ (%)	0,13b	0,14a	0,049	3,67	0,012
$PIDA_{FDA}$ (%)	0,85 b	0,90 a	0,046	3,77	0,345
$NIDA_{MS}$ (%)	0,04	0,04	0,341	7,37	0,001
$PIDA_{MS}$ (%)	0,23	0,24	0,373	5,23	0,004

\*Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação. EPM= erro padrão da média.

Os coeficientes de variação (CV%) obtidos foram relativamente baixos para FDN, FDA,  $NIDA_{FDA}$  e  $PIDA_{FDA}$ , o que sugere que a dispersão dos dados é pequena, ou seja, apresentam uma menor variabilidade em relação a sua média. Já os coeficientes de variação referente aos teores de  $NIDA_{MS}$  e  $PIDA_{MS}$  com base na matéria seca, foram relativamente mais altos, demonstrando que a dispersão dos dados é maior, ou seja, apresentam uma maior variabilidade em relação a sua média.

O acréscimo nos teores de  $NIDA_{FDA}$  e  $PIDA_{FDA}$ , ambos expressos com base no percentual de FDA, na temperatura de 65 °C, pode ser explicada provavelmente devido à formação de compostos de Maillard. Essa reação promove a formação de ligação entre proteína e componentes da parede celular, formando substâncias que são mesuradas como lignina quando esta é determinada pelo método da lignina em detergente ácido, e assim superestima o teor de fibra dos alimentos (Van Soest, 1994), principalmente da FDA que é composta por celulose e lignina. No entanto, não houve diferença significativa quando expressos com base na matéria seca,  $NIDA_{MS}$  e  $PIDA_{MS}$  para as diferentes temperaturas de secagem. Possivelmente devido a este fato, não houve também diferença significativa nos percentuais da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), também expressos com base na matéria seca, entre os tratamentos avaliados. Isso indica que, mesmo que os teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido ( $NIDA_{FDA}$ ) e proteína insolúvel em detergente ácido ( $PIDA_{FDA}$ ) tenham apresentado diferenças

estatísticas entre os tratamentos, essas diferenças foram tão pequenas que não foram capazes de causar diferenças entre os teores de NIDA<sub>MS</sub>, PIDA<sub>MS</sub>, FDN e FDA, expressos com base na matéria seca. Outra possível explicação para o fato de os teores de NIDA<sub>MS</sub>, PIDA<sub>MS</sub> com base na matéria seca não apresentarem diferenças entre os tratamentos, seria o aumento do coeficiente de variação (CV), que pode ter ocorrido devido a erros acumulados no cálculo do NIDA e da PIDA quando expressos com base na matéria seca, que utiliza o valor da FDA acumulando o seu erro. Demonstrando que a base que se expressa os nutrientes é de grande importância, pois conclusões diferentes podem ser chegadas de acordo com a forma de expressão dos resultados.

Pesquisa feita por Oliveira (2006) com pré-secagem das gramíneas tropicais, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizanta* cv. Marandu nas temperaturas de 55 °C e 65 °C, mostrou que a temperatura de 65 °C promove aumento dos teores de FDN e FDA dessas forrageiras, que foi justificado pelo aumento do teor de lignina em detergente ácido (LDA) e proteína insolúvel ligada a parede celular (PIDA), promovido pela reação de Maillard propiciada pela temperatura de 65 °C. E o maior acréscimo dos teores de PIDA foram observados nas folhas possivelmente por essa parte das forrageiras possuírem maior quantidade de glicose (açúcar solúvel), proteínas e umidade, o que contribui para a ocorrência da reação de Maillard quando submetida a temperaturas elevadas acima de 60 °C. No presente estudo, a temperatura de 65 °C não proporcionou alterações nos teores de PIDA e da FDN e FDA, embora a silagem de milho seja um alimento com considerável teor de açúcares solúveis.

No estudo realizado por Oliveira (2016), os valores de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA<sub>MS</sub>) da silagem de milho variaram entre 0,554 e 0,675. Segundo dados de pesquisa de Machado *et al.* (2018), os valores de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA<sub>MS</sub>) da silagem do híbrido de milho AS 1551 PRO semeando com diferentes arranjos populacionais, variou de 0,660 a 0,750. No presente trabalho, os valores de proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA<sub>MS</sub>) se encontram abaixo dos mencionados na literatura. Esses baixos valores podem estar relacionados com o tipo de híbrido utilizado, com a densidade de cultivo, com as condições de crescimento, com o estágio de maturação no momento do plantio, com a umidade presente no momento da colheita, com o tamanho das partículas e as condições de armazenamento em silo e com a natureza do processo fermentativo (Satter e Reis, 2023 ; Avelino *et al.*, 2011).

## **5. CONCLUSÃO**

A temperatura de secagem da silagem de milho a 65 °C pode ser utilizada sem que haja alteração nos teores de fibra, nitrogênio e proteína ligada a parede celular quando os resultados são expressos com base na matéria seca.

**REFERÊNCIAS**

ALCARDE, A.R.; BASSO, L.C. Efeito da Trealose na Manutenção da viabilidade de células de leveduras desidratadas por liofilização. **Scientia Agricola. (Brasil)**, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 189-194. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161997000200013>

AVELINO, P. M.; NEIVA, J.N.M; ARAUJO, V.L. de.; ALEXANDRINO, E.; BOMFIM, A. D.; RASTLE, J. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 208-215, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902011000100026>

BASTOS, D. H. M.; SHIBAO, J. Produtos da reação de Maillard em alimentos industrializados. **Soc. Bras. Alim. Nutr. J. Brazilian Soc. Food Nutr.**, São Paulo, SP, v. 36, n. 3, p. 63-78, dez. 2011.

BUENO, A. V. I.; JOBIM, C.C.; RIBEIRO, M.G. Método de obtenção de matéria seca e composição química de volumosos. **Ciência Animal Brasileira, Goiânia** v.18, p. 1-8, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-44913>

BUNGENSTAB, D. J. (ED.). **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília: Embrapa, p.107-118, 2015b.

CARDOSO, E. G., SILVA, J.M. da. **Silos, silagem e ensilagem**. Embrapa, 1995. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139015/1/cnpgc-divulga-02.pdf>. Acesso em 01 de abr. 2023.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2ed. Capinas, SP. Editora da Unicamp, 2003. 206p. Doi: <https://doi.org/10.7476/9788526814721>

CHEVALIER, F.; CHOBERT, J.; POPINEAU, Y.; NICOLAS, M.G; HAERTLÉ, T. Improvement of functional properties of b-lactoglobulin glycated through the Maillard reaction is related to the nature of the sugar. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 145-152, 2001. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00040-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00040-1)

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; NETO, M.M.G. **Milho para silagem**. Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/sistemas-diferenciais-de-cultivo/milho-para-silagem>. Acesso em 01 de abr. 2023.

DESCHAMPS, F.C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, p. 1358-1369, 1999. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000600025>

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. ; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S.; CABRAL, L. S.; PINA, D. S.; LADEIRA, M. M.; AZEVÊDO, J. A. G. **Métodos para análise de alimentos**. Suprema: Visconde do Rio Branco, 2012. 214p

FALCHI, D., FERREIRA, J.D.J. **AIR FRYER: Um método alternativo e pratico para estimar a matéria seca de alimentos volumosos utilizados em confinamentos.** 2018. Disponível em: <https://blog.nutron.com.br/air-fryer-metodo-alternativo-para-estimar-a-materia-seca-em-confinamentos-bovinos-de-corte/> . Acesso em 12 de maio. 2023.

FERREIRA, J.D.J., PAULINO, P.V.R; FILHO, F. D.; SILVA, T. E. da. Validation of an alternative method to estimate dry matter content of common feedstuffs used in commercial feedlots in Brazil. Reunião Anual 33 da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 55. CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA. 28., 2018, Goiânia. **Anais [...]**.

GAY, S. W.; GRISSO, R.B.; **Determining Forage Moisture Concentration.** College of Agriculture and Life Sciences. Virginia Polytechnic Institute and State University, 2009. Publication 442- 106.

GOMES, C.G.; OLIVEIRA G.F. **Análises físico-químicas de alimentos.** Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011. 303p.

GRASSI, T.L.M.; MARCOS, M.T.de S.; CAVAZZANA, J.F.; PONSANO, E. H.G. Desidratação de claras de ovos por atomização. **Cienc. anim. bras.**, Goiânia, v.17, n.4, p. 601-607 out./dez. 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i438077>

MACHADO, D. S.; PERERIRA, L.B; NORBERG, J.L. FILHO, D.C.A; BRONDANI, I.L.; FRASSON, J.J.N. Composição estrutural da planta e bromatológica da silagem de milho semeado com diferentes arranjos populacionais. **RCPA. Revista Científica de Produção Animal**, v.20, n1, p.11-17, 2018.

MAGNO, H.; BRENNECKE, K.; BERTIPAGLIA, L.M.A; DIAN, P.H.M; FILHO, H.A. de. L. **Comparações de metodologias para pré-secagem de amostras em forno micro-ondas.** Boletim Técnico da Universidade Camilo Castelo Branco, Departamento de Produção Animal, 17. 17p. 2016.

MARTINS, S.I.F.S.; JONGEN, W.M.F.; VAN BEKEL, M.A.J.S. A review of Maillard reaction on food and implication to kinetic modelling. **Trends in Food Science**, v. 11, p. 364-373, 2001. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00022-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00022-X)

MATA, A. L. M. L. da; COSTA, S. E. D.; CAPISTRANO, D. P.; MORAES FILHO, F. C. de; "Cinética da secagem do feijão verde (*Vigna unguiculata* L. Walp) em micro-ondas com e sem pré-tratamento osmótico". CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA- COBEQ 20., 2014, Florianópolis. **Anais [...]**. Doi: <https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeq2014-1353-19685-176777>

MEDEIROS, S. R.; MARINO, C. T. **Proteínas na nutrição de bovinos de corte.** In: MEDEIROS, S. R. DE; GOMES, R. DA C.; BUNGENSTAB, D. J. (ED.). Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. Brasília: Embrapa, p.29-44, 2015a.

MEDEIROS, S. R.; MARINO, C. T. **Valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação.** In: MEDEIROS, S. R. DE; GOMES, R. DA C.; BUNGENSTAB, D. J. (ED.). Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. Brasília: Embrapa, p.29-44, 2015a.



MORAES, S. D. de.; JOBIM, C.C; SILVA, M. S. da.; MARQUARDT, F.I. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 4, p. 624–634, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402013000400002>

NENNICH, T.; CHASE, L. Dry matter determination. **Feed Management Education Project, United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service**, 2007. Disponível em: <https://dairy-cattle.extension.org/dry-matter-determination/>. Acesso em 01 de abr. 2023

OLIVEIRA, A.A.A.; **Efeito da temperatura de pré-secagem na digestibilidade e nos fracionamentos da proteína e do carboidrato em gramíneas tropicais**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Campo Grande, 2006. 60 f.

OLIVEIRA, J. P. C. A. de. **Características agrônômicas, perfil fermentativo e qualidade das silagens do milho BG7046 H colhido em quatro estádios**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2016.

OLIVEIRA, J. S.; MIRANDA, J. E.C.de.; CARNEIRO, J. da. C.; OLIVEIRA, P.S.D'; MAGALHÃES, V.M.A. de. **Como medir a matéria seca (MS%) em forragem utilizando forno de micro-ondas**. Concórdia: Embrapa Gado de Leite, 2015. 6p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 77).

OLIVEIRA, P. C. S.; ARCANJO, A.H.M; MOREIRA, L.C; JAYME, G. C.; NOGUEIRA, M.A. dos. R.; LIMA, F.A. de. S; PENA, C.H; CAMILO, M.G. Qualidade na produção de silagem de milho. **Pubvet**, v. 8, n. 4, fev. 2014. Doi: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v8n4.1672>

PAZIANI, S. F.; DUARTE, P.A; NUSSIO, G.L; GALLO, B.P; BITTAR, C.M.M; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P.C. Revista Brasileira de Zootecnia Características agrônômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 411–417, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300002>

PELL, A. N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion in vitro. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1063–1073, 1993. Doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77435-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77435-4)

PIMENTEL, J. J. O.; SILVA, J.F.C. da.; FILHO, V.C. de. S.; CECON, P.R.; SANTOS, P.S. dos. Efeito da Suplementação Protéica no Valor Nutritivo de Silagens de Milho e Sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 5, p. 1042–1049, 1998.

QIU, Z.; STOWELL, J. G.; MORRIS, K. R.; BYRN, S. R.; PINA, R. Kinetic study of the Maillard reaction between metoclopramide hydrochloride and lactose. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 303, n. 1-2, p. 20-30, 2005. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2005.06.016>

RABELLO, A. A.; RESENDE, U.do. C.; GOMES, F. de. C.O.; MACHADO, A.M. de. R.; MARTINS, E.C.; SOARES, I.V. Use of infrared radiation in drying banana samples. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.4, p.39317-39330,2021. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n4-407>

RESTLE, J.; PACHECO, P.S.; FILHO, D.C. A; FREITAS, A.K.de.; NEUMANN, M.; BRONDANI, I.L.; PÁDUA, J.T.; ARBOITTE, M.Z. Silagem de diferentes híbridos de milho para produção de novilhos superjovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 5, p. 2066–2076, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700026>

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40059/1/documento-306.pdf> Acesso em: 01 de abr. 2023.

SATTER, L.D.; REIS, R.B. **Milk production under confinement conditions**. Disponível em: <https://www.sbz.org.br/admin/pdfs/1997/pdf/palest10.pdf>. Acesso em: 14/11/2023.

SENGER, C. C. D.; KOZLOSKI, G. V.; SNACHEZ, L. M. B.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S. Evolution of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feed stuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, 98 p. 169-174, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008>

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos: Métodos químicos e biológicos**. 3 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 235p.

SOUZA, E. P. de.; FIGUEIREDO, R. M.F. de.; GOMES, J.P.; QUEIROZ, A.J. de. M.; CASTRO, D.S.de.; LEMOS, D.M. Mathematical modeling of pequi pulp drying and effective diffusivity determination. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.7, p.493-498, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n7p493-498>

SOUZA, G.B. **Pré-tratamento e caracterização dos constituintes nutricionais em amostras de alimento animal**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Paulo. São Carlos, 2003, 74 f.

VAN CLEEF, E. H. C. B. EZEQUIEL, J. B.; GONÇALVES, J.de. S. G.; 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. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 11, n. 4, p. 1-10, 2010.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press. 1994. 476p. Doi: <https://doi.org/10.7591/9781501732355>