

Validação de metodologias para determinação da matéria seca de volumosos a campo: estufa ventilada, micro-ondas e airfryer

Validation of methods for dry matter determination of forages under field conditions: forced-air oven, microwave, and air fryer

Enrico Prado Cattaneo Rebuschini¹
Gabriel Benone Tadim de Souza Santos²
Antônio Gabriel Neves de Moura Richard^{2*}
Breno Mourão de Sousa³

RESUMO

A determinação da matéria seca (MS) é um parâmetro fundamental na nutrição de ruminantes, sendo essencial para a avaliação de alimentos, manejo de forragens e formulação de dietas. O método tradicional de determinação da MS por estufa de ventilação forçada, embora preciso, apresenta limitações quanto à sua aplicação em condições de campo. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar e validar métodos alternativos de determinação da matéria seca de alimentos volumosos, utilizando forno de micro-ondas e airfryer, em comparação ao método convencional em estufa. Foram analisadas amostras de diferentes volumosos, sendo os dados submetidos à análise de variância (ANOVA) e testes t de Student para comparação entre médias. Os resultados indicaram ausência de diferença significativa entre as metodologias ($p = 0,976$), com médias de 41,53%, 38,90% e 40,44% para estufa, micro-ondas e airfryer, respectivamente. As variações observadas entre os métodos foram inferiores a 3 pontos percentuais, estando dentro da faixa reportada na literatura. Do ponto de vista operacional, o micro-ondas apresentou limitações relacionadas à padronização do processo e ocorrência de carbonização das amostras, enquanto a airfryer demonstrou maior estabilidade, simplicidade de uso e ausência de carbonização. Conclui-se que os métodos alternativos avaliados são estatisticamente equivalentes ao método padrão, com destaque para a airfryer como ferramenta promissora para determinação rápida e confiável da matéria seca em condições de campo.

Palavras-chave: nutrição, matéria seca; qualidade de forragem; ruminantes.

¹Graduando em Agronomia pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH.

²Graduando em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH.

³Médico Veterinário, Professor Nível III. Doutor. Núcleo de Ciências Agrárias e Meio Ambiente, Centro Universitário de Belo Horizonte – UNIBH.

*Autor para correspondência: E-mail: antoniogabrielrichard6@gmail.com.

ABSTRACT

Dry matter (DM) determination is a fundamental parameter in ruminant nutrition, being essential for feed evaluation, forage management, and diet formulation. The conventional method using a forced-air oven, although accurate, presents limitations for field application due to time and infrastructure requirements. In this context, the present study aimed to evaluate and validate alternative methods for dry matter determination in forage samples using a microwave oven and an air fryer, compared to the conventional oven method. Samples of different forages were analyzed, and data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and Student's t-tests for mean comparisons. The results showed no significant differences among methods ($p = 0.976$), with mean values of 41.53%, 38.90%, and 40.44% for oven, microwave, and air fryer, respectively. The differences among methods were lower than 3 percentage points, remaining within the range reported in the literature. From an operational perspective, the microwave method presented limitations related to process standardization and occurrence of sample charring, whereas the air fryer showed greater stability, ease of use, and absence of carbonization. It is concluded that the alternative methods are statistically equivalent to the standard method, with the air fryer standing out as a promising tool for rapid and reliable dry matter determination under field conditions.

Keywords: nutrition, forage quality, dry matter; ruminant.

1. INTRODUÇÃO

A matéria seca (MS) é definida como a fração do alimento remanescente após a completa remoção da água, constituindo o principal parâmetro de referência para avaliação do valor nutritivo dos alimentos destinados à nutrição animal. Sua determinação é fundamental, uma vez que todos os nutrientes — como proteína, fibra, energia e minerais — são expressos com base na matéria seca, sendo, portanto, o ponto de partida para a correta interpretação da composição química dos alimentos e para o balanceamento de dietas em sistemas de produção animal. Nesse contexto, a estimativa precisa da MS assume papel estratégico, especialmente em sistemas de produção de ruminantes, nos quais há grande variabilidade na composição dos alimentos, sobretudo dos volumosos (Van Soest, 1994; NRC, 2001; Granados Niño et al., 2021).

A matéria seca (MS) é definida como a fração do alimento remanescente após a remoção completa da água, constituindo o principal parâmetro de referência para avaliação do valor nutritivo dos alimentos utilizados na nutrição animal. A sua determinação é essencial, uma vez que os nutrientes — como proteína, energia, fibra e minerais — são expressos com base na matéria seca, sendo, portanto, o ponto de partida para a correta interpretação da composição química dos alimentos e para o balanceamento de dietas em sistemas de produção animal. Em sistemas de produção de ruminantes, essa determinação torna-se ainda mais relevante devido à elevada variabilidade na composição dos volumosos, influenciada por fatores como espécie forrageira, estágio de maturidade e condições de manejo (Van Soest, 1994; NRC, 2001;).

A determinação da matéria seca é tradicionalmente realizada em laboratório, utilizando estufas de ventilação forçada, método considerado padrão de referência devido à sua elevada precisão. No entanto, esse procedimento apresenta limitações operacionais, como o tempo prolongado para obtenção dos resultados, o que dificulta sua aplicação em condições de campo, onde decisões rápidas são necessárias, como no manejo de colheita de forragens, ensilagem, fornecimento de dieta e monitoramento do consumo de matéria seca pelos animais. Nesse sentido, métodos alternativos têm sido propostos e avaliados, com destaque para o uso de fornos de micro-ondas, que apresentam boa correlação com o método convencional, permitindo estimativas rápidas e de baixo custo (Lacerda et al., 2009; Bueno et al., 2017).

Mais recentemente, o uso de equipamentos domésticos baseados em circulação de ar quente, como a air fryer, tem sido explorado como uma alternativa promissora para a determinação da matéria seca de alimentos volumosos. Apesar de seu potencial prático, em função da rapidez, facilidade de uso e acessibilidade, ainda são escassos os estudos científicos que validem sua aplicação em comparação com métodos tradicionais e já consolidados. Dessa forma, torna-se necessário investigar a precisão e a confiabilidade dessa tecnologia para uso em condições de campo e laboratório.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar e validar métodos alternativos de determinação da matéria seca de alimentos volumosos, utilizando forno de micro-ondas e air fryer, em comparação ao método convencional em estufa de ventilação forçada, considerado padrão de referência, buscando verificar sua aplicabilidade prática, precisão e potencial de uso em sistemas de produção animal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo utilizou dados de campo que comparou três metodologias de análise de matéria seca (MS) — Estufa, Micro-ondas e Airfryer — em dez amostras distintas de alimentos utilizados na nutrição animal. Os materiais utilizados foram, um forno microondas, uma Air Fryer, e duas estufas de ventilação forçada. As amostras escolhidas para a análise de teor de matéria seca (MS) foram as gramíneas: *Urochloa (Brachiaria) decumbens*, *Urochloa (Brachiaria) brizantha*, *Panicum maximum* (var. mombaça), silagem de milho (*Zea mays*), feno de tifton (*Cynodon* sp) e cana de açúcar (*Sacharum officinarum*) triturada fresca.

Todos os materiais foram congelados após coleta para padronização da análise. Esses materiais foram selecionados para serem distribuídos em 3 amostras (uma para cada metodologia), pesadas utilizando balança digital com precisão de 0,1 gramas e valor máximo de capacidade de 5 quilogramas. Em seguida cada porção de cada método foi triplamente partida (triplicatas), que foram somadas as MS e retiradas as médias, para uma validação segura das amostras.

A determinação da matéria seca pelo método de estufa de ventilação forçada foi realizada conforme a metodologia clássica descrita pela AOAC (1980). Inicialmente, as amostras foram submetidas à pré-secagem em estufa com circulação de ar a aproximadamente 55–65 °C por 72 horas, visando a remoção parcial da umidade e a estabilização do material, especialmente em amostras com elevado teor de água. Após essa etapa, as amostras foram moídas e acondicionadas em recipientes apropriados,

sendo então submetidas à secagem definitiva em estufa a 105 °C até peso constante, por um período de 12 a 24 horas. Posteriormente, as amostras foram resfriadas em dessecador e pesadas para determinação do teor de matéria seca. Esse procedimento em duas etapas minimiza perdas de compostos voláteis durante a secagem e é amplamente adotado em análises de alimentos para ruminantes, sendo considerado método padrão de referência pela sua precisão e reprodutibilidade (AOAC, 1980; Silva e Queiroz, 2005; Detmann et al., 2012).

Para a determinação da matéria seca utilizando forno de micro-ondas, adotou-se metodologia adaptada de protocolos experimentais descritos na literatura. Amostras de aproximadamente 100 g foram pesadas e submetidas à secagem em micro-ondas, com ciclos sucessivos de aquecimento de curta duração (inicialmente 3 a 5 minutos, seguidos de intervalos de aproximadamente 1 a 2 minutos), realizando-se pesagens intermediárias até estabilização do peso. Para evitar a carbonização das amostras, foi adicionado um recipiente contendo água no interior do equipamento durante o processo de secagem. O procedimento foi repetido até que a variação entre pesagens consecutivas fosse mínima, indicando remoção da umidade (Lacerda et al., 2009; Griggs, 2005).

A metodologia utilizando airfryer foi conduzida como alternativa de secagem por circulação de ar quente, conforme abordagens recentes propostas na literatura. Amostras previamente pesadas foram distribuídas em bandejas perfuradas e submetidas à secagem contínua em airfryer a temperatura de aproximadamente 120 °C, por um período de 25 a 30 minutos, sem necessidade de interrupções para pesagens intermediárias. Ao final do processo, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas para cálculo do teor de matéria seca. Esse método destaca-se pela simplicidade operacional, rapidez e menor risco de carbonização, sendo considerado uma alternativa promissora para uso em condições de campo (Nogueira et al., 2021).

Os dados de matéria seca (MS) foram coletados em percentual (%) para cada combinação de alimento e metodologia, conforme apresentado na Tabela 1. O delineamento experimental pode ser classificado como um delineamento inteiramente casualizado, onde a análise estatística foi empregada para determinar se as médias dos grupos experimentais apresentavam diferenças significativas.

Tabela 1: Análise de Matéria Seca (MS) por metodologia

Metodologia	Média de MS (%)	Desvio Padrão de MS (%)
Estufa	41,53	26,68
Micro-ondas	38,90	26,39
Airfryer	40,44	24,31

A análise estatística teve como objetivo principal verificar se existiam diferenças significativas entre as médias de matéria seca (MS) das três metodologias de análise. Para isso, foi utilizada a Análise de Variância (ANOVA) de um fator. A ANOVA é um teste paramétrico adequado para comparar as médias de três ou mais grupos independentes. A análise foi conduzida para um nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$).

Hipóteses Estatísticas:

- Hipótese Nula (H_0): Não há diferença estatisticamente significativa entre as médias de matéria seca das metodologias (ou seja, $\mu_{\text{Estufa}} = \mu_{\text{Micro}} = \mu_{\text{Airfryer}}$).

- Hipótese Alternativa (H_1): Pelo menos uma das médias é estatisticamente diferente das demais.

A ANOVA particiona a variabilidade total dos dados em componentes atribuídos a diferentes fontes. A variabilidade total de uma observação (Y_{ij}) é descrita pela seguinte equação linear:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Onde:

- Y_{ij} = é a i-ésima observação no j-ésimo tratamento (metodologia de análise).
- μ = é a média geral de todas as observações.
- τ_j = é o efeito do j-ésimo tratamento (a diferença entre a média do j-ésimo grupo e a média geral).
- ϵ_{ij} = é o erro aleatório associado à i-ésima observação no j-ésimo tratamento.

A ANOVA calcula a soma dos quadrados total (SST), a soma dos quadrados do tratamento (SSTr) e a soma dos quadrados do erro (SSE). O teste F é a razão entre o quadrado médio do tratamento (MSTr) e o quadrado médio do erro (MSE), utilizado para testar a hipótese nula.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise estatística das médias de matéria seca (MS) entre as três metodologias podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2: A análise das médias de matéria seca (MS, %) na comparação entre as metodologias de determinação por estufa, micro-ondas e airfryer

Fonte de Variação	Graus de Liberdade (GL)	Soma dos Quadrados (SQ)	Quadrado Médio (QM)	Estatística F	Valor p
Entre Metodologias	2	34,786	17,393	0,024	0,976
Dentro dos Grupos	27	19473,189	721,229	-	-
Total	29	19507,975	-	-	-

Nota: As somas de quadrados (SQ) e as estatísticas F e p-valor da tabela acima correspondem aos resultados da análise da ANOVA de um fator.

A análise estatística dos dados, conduzida por meio da Análise de Variância (ANOVA) de um fator, revelou que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias de matéria seca (MS) obtidas pelas três metodologias de análise (Estufa, Micro-ondas e Airfryer).

O resultado central dessa análise é o valor p, que foi de 0,976. A metodologia científica determina que, para um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), a hipótese nula de que não há diferença entre as médias deve ser rejeitada apenas se o valor p for menor que 0.05. No presente caso, o valor p obtido é significativamente superior ao nível de significância, o que nos leva a não rejeitar a hipótese nula.

As diferenças numéricas observadas entre as médias das metodologias — com a Estufa apresentando uma média de 41,53%, o Micro-ondas 38,90% e a Airfryer 40,44% — são muito pequenas em comparação com a variabilidade inerente aos próprios dados. Em outras palavras, essas variações podem ser atribuídas ao acaso e não a um efeito real e consistente das metodologias de secagem.

A alta variabilidade dos resultados, refletida nos desvios padrão consideráveis para cada metodologia (Estufa: 26,68; Microondas: 26,39; Airfryer: 24,31), sugere que as diferenças entre os alimentos são muito mais pronunciadas do que as diferenças causadas pelos métodos de análise. Essa variabilidade inter-amostras "diluiu" qualquer potencial efeito dos métodos, tornando as pequenas diferenças entre as médias estatisticamente irrelevantes.

A ausência de uma diferença estatística significativa tem implicações importantes e práticas para o estudo. Ela sugere que as metodologias de Micro-ondas e Airfryer, apesar de serem alternativas de secagem mais rápidas e acessíveis, podem ser consideradas estatisticamente equivalentes ao método padrão da Estufa para a determinação de matéria seca neste conjunto de amostras.

Apesar da não significância geral da ANOVA, análises complementares foram conduzidas utilizando o Teste t de Student para comparações pareadas, com o intuito de verificar a consistência dos resultados (Tabela 3).

Tabela 3: Comparação pareada entre metodologias de determinação da matéria seca (%) por teste t de Student (valores médios, estatística t e p-valor)

Comparação	Média 1	Média 2	Estatística t	Valor p
Estufa vs Micro	41,527	38,902	0,213	0,834
Estufa vs Airfryer	41,527	40,438	0,093	0,927
Micro vs Airfryer	38,902	40,438	-0,129	0,899

Apesar da Análise de Variância (ANOVA) principal já ter indicado a ausência de diferenças estatisticamente significativas entre as três metodologias, análises complementares, realizadas através de Testes t de Student pareados, foram conduzidas para aprofundar a investigação. Em um cenário ideal, testes post-hoc são aplicados somente após uma ANOVA com resultado significativo, para identificar quais pares de grupos são, de fato, diferentes. No entanto, sua aplicação neste contexto serve para corroborar e fortalecer a conclusão da ANOVA, analisando cada par de metodologias separadamente.

Comparação entre os métodos Estufa e Micro-ondas: a análise comparativa entre as médias de matéria seca (MS) obtidas pelos métodos Estufa e Micro-ondas revelou um valor p de 0,834. Dado que este valor é substancialmente superior ao nível de significância de 0,05, não há base estatística para inferir uma diferença entre os dois métodos. A diferença numérica observada entre as médias (41,53% para Estufa e 38,90% para Micro-ondas) é pequena e pode ser considerada uma variação aleatória, não atribuível ao método de análise em si.

Comparação entre os métodos Estufa e Airfryer: o teste t de Student para os métodos Estufa e Airfryer resultou em um valor p de 0,927. Assim como na comparação anterior, este valor é muito maior que 0,05. A alta probabilidade de que a diferença observada entre as médias (41,53% para Estufa e 40,44% para Airfryer) tenha ocorrido por acaso reforça a conclusão de que os dois métodos são estatisticamente equivalentes.

Comparação entre os métodos Micro-ondas e Airfryer: a última comparação, entre o Micro-ondas e a Airfryer, produziu um valor p de 0,899. Novamente, a ausência de significância estatística é clara, indicando que a pequena variação entre suas médias não é significativa. Isso demonstra a consistência entre os dois métodos de secagem rápida, sugerindo que eles produzem resultados comparáveis,

Os resultados obtidos neste estudo demonstram elevada concordância entre as metodologias avaliadas, uma vez que as médias de matéria seca (MS) foram de 41,53% para estufa, 38,90% para micro-ondas e 40,44% para airfryer, com diferença máxima absoluta de apenas 2,63 pontos percentuais entre os métodos. Essa variação é considerada baixa e está dentro da faixa reportada na literatura. Lacerda et al. (2009), ao compararem estufa e micro-ondas para determinação de MS em forragens, observaram diferenças inferiores a 3 pontos percentuais, sem significância estatística, resultados muito próximos aos verificados no presente estudo. De forma semelhante, Bueno et al. (2017) relataram variações entre métodos de secagem na ordem de 1 a 5 pontos percentuais, dependendo do tipo de volumoso avaliado, reforçando que pequenas discrepâncias são esperadas e não comprometem a estimativa prática da MS.

A ausência de diferença estatística significativa entre os métodos ($p = 0,976$) também pode ser interpretada à luz da elevada variabilidade observada nos dados, com desvios padrão de 26,68% (estufa), 26,39% (micro-ondas) e 24,31% (airfryer). Esses valores indicam coeficientes de variação elevados, o que sugere grande heterogeneidade entre as amostras analisadas. Segundo Van Soest (1994), variações dessa magnitude são comuns em alimentos volumosos, especialmente quando provenientes de diferentes espécies, estádios de maturidade ou condições de manejo, podendo facilmente superar as variações introduzidas por métodos analíticos. Assim, a diferença entre métodos (máximo de 2,63 pontos percentuais) representa menos de 10% da variabilidade total observada, evidenciando que o efeito do método é biologicamente irrelevante frente à variabilidade intrínseca dos alimentos.

No que se refere ao desempenho específico dos métodos alternativos, o micro-ondas apresentou valor médio 6,3% inferior ao da estufa (38,90 vs 41,53%), enquanto a airfryer apresentou diferença ainda menor, de aproximadamente 2,6% inferior ao método padrão. Esses resultados são consistentes com a literatura, que indica leve tendência de subestimação da MS por métodos rápidos, possivelmente associada à retenção residual de umidade ou diferenças na dinâmica de secagem (Bueno et al., 2017). No entanto, tais diferenças permanecem dentro de limites aceitáveis para uso prático. Nogueira et al. (2021), avaliando o uso de airfryer para silagem de milho, também observaram alta concordância com o método de estufa, com necessidade apenas de ajustes por equações de regressão, o que reforça a aplicabilidade dessa tecnologia.

Do ponto de vista aplicado, diferenças inferiores a 3 pontos percentuais na MS são consideradas operacionalmente aceitáveis em sistemas de produção de ruminantes, uma vez que erros dessa magnitude têm impacto limitado sobre o balanceamento de dietas

quando comparados a outros fatores, como variação no consumo voluntário ou na qualidade da forragem (NRC, 2001). Dessa forma, os resultados deste estudo indicam que tanto o micro-ondas quanto a airfryer podem ser utilizados com segurança para estimativas rápidas de MS em condições de campo, permitindo tomadas de decisão mais ágeis sem prejuízo significativo à precisão dos dados.

A determinação do teor de matéria seca (MS) é um parâmetro essencial para a produção de alimentos conservados, monitoramento de pastagens e formulação de dietas em sistemas de produção animal. Embora o método de estufa de ventilação forçada seja considerado padrão de referência devido à sua precisão, sua aplicação em condições de campo é limitada pelo tempo de análise, custo e necessidade de infraestrutura laboratorial. Nesse contexto, a busca por metodologias alternativas tem impulsionado o uso de equipamentos como o micro-ondas e a airfryer, os quais, no presente estudo, demonstraram equivalência estatística em relação ao método convencional, não apresentando diferenças significativas na determinação da MS.

O uso do micro-ondas, apesar de seu baixo custo e ampla disponibilidade, apresentou limitações operacionais relevantes. A necessidade de pesagens intermitentes (a cada aproximadamente 1 minuto e 30 segundos), aliada à variabilidade de potência entre equipamentos, dificulta a padronização do método. Além disso, a utilização de um recipiente com água para evitar a carbonização da amostra aumenta a complexidade operacional, exigindo trocas frequentes de água aquecida e o uso de recipientes resistentes ao choque térmico. Mesmo com esses cuidados, foram observados episódios de carbonização, especialmente em amostras de feno e, em menor grau, de silagem (Figuras 1 e 2), o que pode levar à superestimativa do teor de matéria seca. Esse conjunto de fatores torna o método mais suscetível a erros experimentais, sobretudo em condições de campo e sem padronização rigorosa.

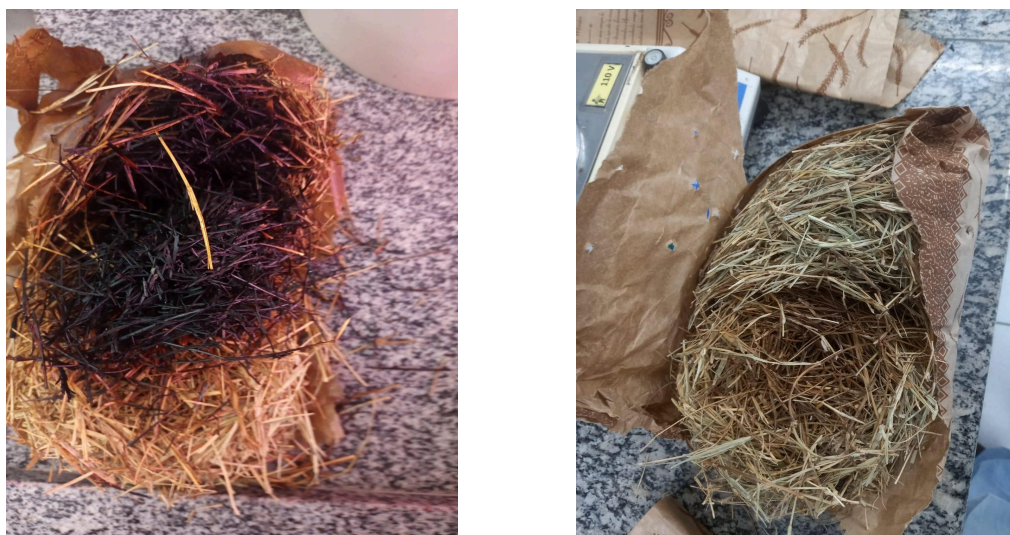


Figura 1: Efeito do micro-ondas sobre o feno de tifton (*Cynodon* sp.). Pode ser observado diferentes graus de carbonização pelas dificuldades operacionais durante a prática de estimativa de matéria seca no equipamento, em especial os constantes acionamentos do equipamento. Fonte: arquivo pessoal.



Figura 2: Carbonização leve provocada pelo micro-ondas sobre silagem de milho (*Zea mays* sp.) durante a estimativa da matéria seca. Fonte: arquivo pessoal.

Em contraste, a airfryer destacou-se como a metodologia mais adequada para uso em campo, em função de sua simplicidade operacional, baixo custo, portabilidade e maior padronização do processo de secagem. O protocolo adotado, com secagem contínua por 25 a 30 minutos a 121 °C, mostrou-se eficiente e de fácil execução, reduzindo significativamente a necessidade de manipulação das amostras. Durante os ensaios, não foram observados eventos de carbonização, evidenciando maior estabilidade térmica do processo em comparação ao micro-ondas. Esses resultados indicam que a airfryer apresenta elevado potencial como ferramenta prática e confiável para determinação da matéria seca em condições de campo, conciliando rapidez, segurança operacional e consistência dos resultados.

4. CONCLUSÕES

Com base nos dados apresentados, a análise estatística demonstrou que não há diferença significativa entre as médias de matéria seca (MS) obtidas pelos métodos de estufa, micro-ondas e Airfryer. O valor p de 0,976, superior ao nível de significância de 0,05, indica que as pequenas variações numéricas entre as médias (41,53% para a estufa, 38,90% para o micro-ondas e 40,44% para a Airfryer) são atribuídas à variabilidade natural dos dados, e não a um efeito real das metodologias de secagem. Testes complementares de correlação, como o Teste t de Student pareado, reforçaram essa conclusão, mostrando a ausência de diferenças estatísticas entre os pares de métodos.

Dessa forma, o estudo valida a Airfryer e o micro-ondas como alternativas viáveis para a determinação da MS, apresentando resultados estatisticamente equivalentes ao método padrão da estufa. No entanto, a análise subjetiva da metodologia aponta que, entre os dois métodos alternativos, a Airfryer é a mais indicada para uso em campo devido à sua praticidade, design compacto, baixo custo e facilidade de operação. O micro-ondas, por sua vez, demonstrou maior complexidade de padronização, suscetibilidade à carbonização das amostras, possível quebra dos copos na renovação da água e maior margem de erro devido à necessidade de pesagens intermitentes. Em contraste, a Airfryer apresentou um processo de secagem mais simples e contínuo, sem ocorrência de carbonização, o que contribuiu para a padronização e confiabilidade dos resultados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. *Official Methods of Analysis*. 13. ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1980.

BUENO, A. V. I.; SANTOS, G. T.; CECATO, U. et al. Métodos de determinação da matéria seca e composição química de volumosos. *Ciência Animal Brasileira*. v.18, p.1-8, 2017.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. et al. *Métodos para análise de alimentos*. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 350 p.

DOWNING, T.; GAMROTH, M.; PETERS, A.; CHAMBERLAIN, A.-M. *What are your forages worth?* Oregon State University Extension Service, 2013 (revisado em 2024). Disponível na World Wide Web no endereço [https://catalog.extension.oregonstate.edu/pnw259]. Acesso em Março/2026.

GRANADOS NIÑO, J. A.; MOLANO, J. C.; BARRAGÁN HERNÁNDEZ, W. A.; BARAHONA ROSALES, R. Importância da determinação da matéria seca na avaliação de alimentos para ruminantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. v.34, n.3, p.1–12, 2021.

GRIGGS, T. C. *Determining forage dry matter concentration with a microwave oven*. Dept. of Plants, Soils & Biometeorology, Utah State University, 2005. 2p.

LACERDA, M. J. R.; FREITAS, K. R.; SILVA, J. W. Determinação da matéria seca de forrageiras pelos métodos de micro-ondas e convencional. *Bioscience Journal*. v.25, n.3, p.14–20, 2009.

MEDEIROS, S. R.; MARINO, C. T. *Valor nutricional dos alimentos na nutrição de ruminantes e sua determinação*. In: MEDEIROS, S. R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). *Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações*. Brasília: Embrapa, p.107–118, 2015.

NOGUEIRA, R. B.; SILVA, L. M.; SOUZA, M. A. et al. Uma nova equação para predição do teor de matéria seca em silagem de milho utilizando air fryer. *Sinapse Múltipla*. v.10, n.2, p.45–53, 2021.

NRC. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

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

VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.