
**COMPOSIÇÃO
BROMATOLÓGICA DE
(CROTALARIA SSP) E
DETERMINAÇÃO DO
NITROGÊNIO ORGÂNICO
TOTAL PELO MÉTODO
KJELDHAL**

**BROMATOLOGICAL COMPOSITION OF (CROTALARIA SSP) AND
DETERMINATION OF TOTAL ORGANIC NITROGEN BY THE KJELDAHL
METHOD**

Ciências Exatas e da Terra • 16/01/2026

REGISTRO DOI: [10.5281/zenodo.18272862](https://doi.org/10.5281/zenodo.18272862)

Francisco José Mininel¹

Silvana Márcia Ximenes Mininel²

RESUMO

Objetivou-se estudar a composição bromatológica de *Crotalaria* spp. por meio da análise de matéria seca, cinzas, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, extrato etéreo e proteína bruta. *Crotalaria* spp. refere-se a um gênero de leguminosas (família Fabaceae) que inclui diversas espécies, amplamente utilizadas na agricultura, principalmente como plantas de cobertura e para adubação verde. A falta de informações sobre a composição bromatológica desta variedade de leguminosa, bem como o seu potencial uso como alimentos para animais de criação, fomentou a necessidade de realizar esta pesquisa. A planta apresentou teores de proteína bruta e energia satisfatórios com valores de 21,68% e 4,18% respectivamente, demonstrou também ser uma boa fonte de fibras com teores de FDN e FDA de 38,88% e 25,32% respectivamente.

Palavras-chave: *Crotalaria* spp. Composição bromatológica. Proteína bruta.

ABSTRACT

The objective was to study the bromatological composition of *Crotalaria* spp. through the analysis of dry matter, ash, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, ether extract, and crude protein. *Crotalaria* spp. refers to a genus of legumes (family Fabaceae) that includes several species, widely used in agriculture, mainly as cover crops and for green manure. The lack of information on the bromatological composition of this variety of legume, as well as its potential use as feed for livestock, fostered the need to carry out this research. The plant presented satisfactory crude protein and energy contents with values of 21.68% and 4.18%, respectively, and also proved to be a good source of fiber with NDF and ADF contents of 38.88% and 25.32%, respectively.

Keywords: *Crotalaria* ssp. Bromatological composition. Crude protein.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de leguminosas segundo Steinwandter *et al.* (2009) contribui para estender e equilibrar a produção de forragem ao longo do ano e a sua utilização em consórcio com gramíneas além do aporte adicional de nitrogênio resultam no aumento da qualidade da palha, favorecimento dos processos de mineralização, prolongamento de sua capacidade produtiva e aumento da capacidade de suporte. Segundo Barcelos *et al.* (2008) as leguminosas por meio da fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico e a sua contribuição na produção animal, são essenciais para incrementar a produtividade, e tornam-se um caminho para a sustentabilidade de sistemas agrícolas e pecuários. *Crotalaria spp.* é um gênero de plantas com mais de 700 espécies, conhecido como cascavel ou chocalho devido às suas vagens que produzem um som característico quando as sementes secas se soltam. As principais espécies são usadas na agricultura como adubo verde para melhorar a fertilidade do solo e combater nematoides, mas a planta também possui um papel na atração de libélulas predadoras do mosquito da dengue (Figura 1). É importante notar que algumas espécies de *Crotalaria* são tóxicas para o gado, especialmente as sementes, e a contaminação de rações é um risco.

A *Crotalaria* é uma leguminosa amplamente utilizada para adubação verde. Suas raízes ajudam a descompactar o solo, e ela fixa nitrogênio, enriquecendo o solo com nutrientes. É eficaz na redução de populações de nematoides no solo, melhorando a saúde do solo para culturas posteriores.

A planta é comumente chamada de cascavel, devido ao som de chocalho produzido pelas vagens secas. As flores geralmente possuem cor amarela vibrante. As vagens são infladas, com sementes que se soltam e chacoalham quando secas. O seu crescimento é rápido e com boa adaptação a solos pobres em diferentes condições.

O gênero *Crotalaria* possui em torno de 600 espécies e é encontrado na África, Índia, México e Brasil. Extratos vegetais são utilizados há milênios em diversas aplicações, entre as quais destacam-se seu uso medicinal, como inseticidas naturais, antifúngicos e antioxidantes dentre outros.



Figura 1. Aspecto geral da espécie *Crotalaria* ssp.

Fonte: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0907>

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A utilização de leguminosas como adubos verdes é uma importante alternativa para suprir o crescimento da demanda por fertilizantes orgânicos, que ocorre, atualmente, no país. Para isto, é necessário identificar espécies para adubação verde que possam produzir grande quantidade de massa, com grande incorporação de N fixado biologicamente. Essas espécies devem, ainda, ser de fácil cultivo e se integrarem facilmente a diversos sistemas de produção agropecuária.

A crotalária é uma leguminosa tropical comumente utilizada como cultura de cobertura ou adubação verde, pelo benefício que causa ao solo. Wang *et al.* (2003) observaram que a incorporação de palha de crotalária aumentou o número de nematoides bacteriófagos, onívoros e predadores, principalmente em solos com baixos teores de matéria orgânica, aumentando a tolerância das plantas aos nematoides parasitas.

Originária da Índia e do Paquistão, a crotalária é uma leguminosa de crescimento rápido, principalmente em condições de alta temperatura, sendo uma excelente cultura para adubação verde. Esta espécie é preferida por aumentar a qualidade do solo, por sua habilidade em adicionar rapidamente N e matéria orgânica ao solo. Esta leguminosa desenvolve-se melhor em pH entre 5,0 e 7,0, tolerando pH acima de 8,4. É naturalmente adaptada ao calor e às áreas semiáridas, sendo resistente à seca. Deve receber, no mínimo, 25 mm de água por semana para um crescimento ótimo, não tolerando encharcamento (VALENZUELA & SMITH, 2002).

Seu principal uso é no controle de nematoides do solo, mas ela também se destaca na **fixação biológica de nitrogênio** (Figura 2). Na prática, isso significa que ela captura o nitrogênio do ar e o fixa no solo, reduzindo sua necessidade de aplicar adubos nitrogenados na cultura principal. Seu ciclo completo dura entre 170 e 180 dias.

Mecanismo de Fixação de Nitrogênio

O processo envolve os seguintes passos:

1. **Associação Simbiótica:** A crotalária, sendo uma planta leguminosa, estabelece uma relação de benefício mútuo com bactérias fixadoras de nitrogênio, geralmente dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, que vivem no solo.
2. **Formação de Nódulos:** As bactérias penetram nas raízes da planta através dos pelos radiculares e induzem a formação de estruturas especializadas, assemelhadas a pequenas bolhas ou nódulos radiculares.
3. **Conversão do Nitrogênio Atmosférico:** Dentro desses nódulos, as bactérias capturam o nitrogênio atmosférico (N_2) — que compõe cerca de 78% do ar, mas é inerte e não pode ser absorvido diretamente pela maioria das plantas — e o convertem em amônia (NH_3).
4. **Atividade Enzimática:** Essa conversão é catalisada por um complexo enzimático chamado **nitrogenase**, que funciona em condições anaeróbicas (sem oxigênio) e consome muita energia (ATP).

5. **Assimilação pela Planta:** A amônia (ou suas formas assimiláveis, como NH_4^+ ou NO_3^-) é então utilizada pela crotalária para sintetizar aminoácidos e outras moléculas orgânicas essenciais ao seu crescimento.

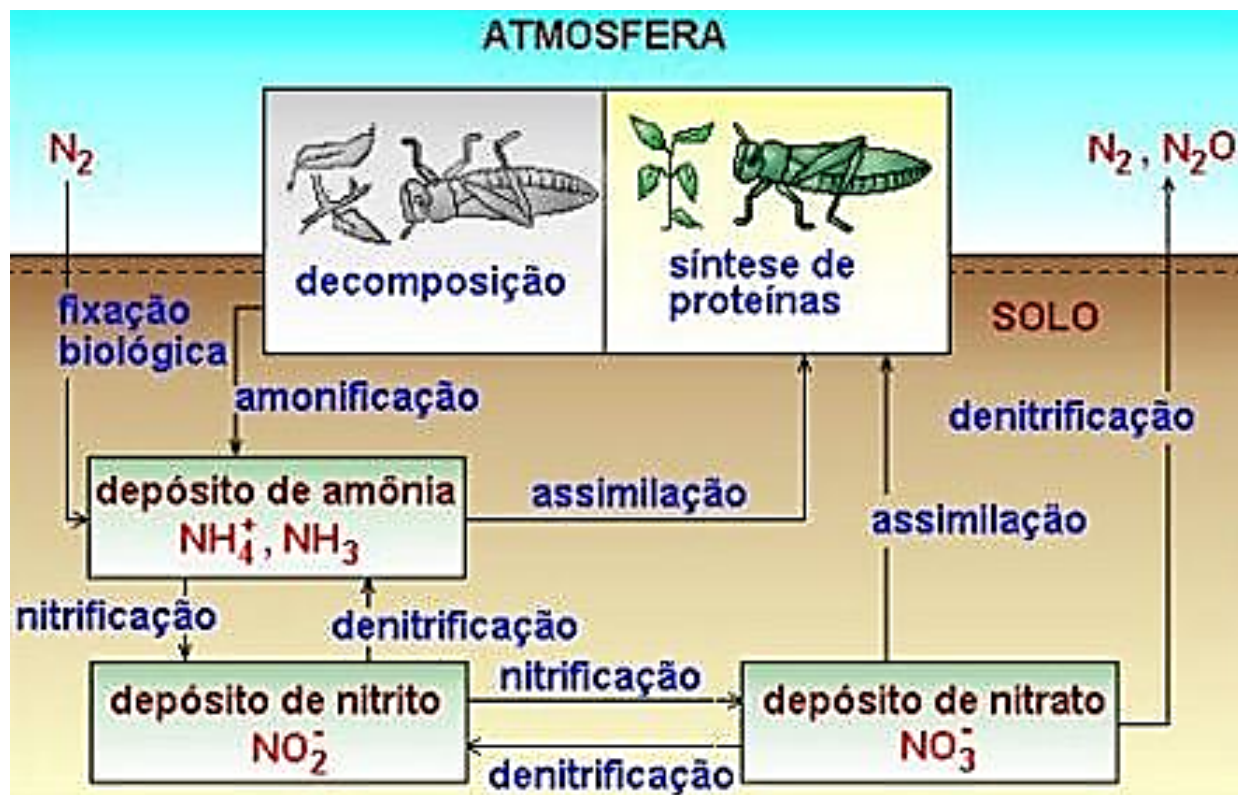


Figura 2. As diferentes etapas do ciclo do nitrogênio.

Fonte: <https://www.coladaweb.com/biologia/bioquimica/ciclo-do-nitrogenio>

3. METODOLOGIA

As atividades foram desenvolvidas em uma turma do 4º Período do curso de Engenharia Química da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis-SP, utilizando uma abordagem quantitativa e qualitativa. A amostra foi composta por 16 estudantes.

As análises foram conduzidas no Laboratório de Química (LAQUIM) da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis-SP (UB). A amostra foi coletada no setor de pastagens da universidade, em seguida submetidas a uma pré-secagem em estufa de circulação forçada a 60°C durante 72 horas (ASA), após o processo de pré-

secagem o material foi triturado em moinho com peneira crivada de 1,5 mm e posto em uma estufa a 105°C no período de 24 horas (ASE). A porcentagem de matéria seca (MS) foi determinada por meio de cálculo utilizando ASA e ASE, essa porcentagem de MS serviu de base para as demais variantes analisadas. Para determinação de matéria mineral utilizou-se o método gravimétrico que consistiu em levar a amostra à mufla para ser queimada a 600°C durante 4 horas, com a finalidade de eliminar toda a Matéria Orgânica (MO), restando apenas o valor de cinzas. Subtraindo o valor das cinzas pelo peso da amostra antes da mufla obteve-se o valor da matéria orgânica. Também foram feitas análises de fibra em detergente neutro (FDN) e detergente ácido (FDA) pelo método descrito por Van Soest *et al.* (1991). Por meio do método de Kjeldhal determinou-se o N orgânico total (PB). O Extrato etéreo (EE) foi obtido a partir da extração de gordura da amostra com éter de petróleo. Todas as análises foram feitas em duplicata e os dados em peso (g) foram quantificados e convertidos em porcentagem pela utilização do programa Microsoft Excel e de cálculos específicos, sendo apresentados na Tabela 1 (ARAÚJO, 1999).

O método de Kjeldahl é um procedimento analítico para determinar a quantidade de nitrogênio em uma amostra, principalmente orgânico, e é amplamente usado para estimar indiretamente o teor de proteína em alimentos. O processo envolve três etapas principais: digestão ácida, destilação e titulação, convertendo o nitrogênio em amônia e, por fim, quantificando-a. As etapas método de Kjeldahl são:

- **Digestão:** A amostra é aquecida com ácido sulfúrico concentrado e um catalisador. Isso converte todo o nitrogênio orgânico em sulfato de amônio.

- **Destilação:** A solução é alcalinizada com hidróxido de sódio, liberando a amônia (NH_3) gasosa. A amônia é então destilada e absorvida em uma solução de ácido bórico, onde se forma o íon amônio (NH_4^+).
- **Titulação:** A quantidade de amônio na solução de ácido bórico é determinada por titulação com uma solução ácida (como ácido sulfúrico) ou outra técnica analítica, permitindo o cálculo do teor de nitrogênio.

Após a titulação, o teor de nitrogênio é calculado. Para obter o teor de proteína, o valor do nitrogênio é multiplicado por um fator de conversão. Esse fator é geralmente 6,25 para a maioria dos alimentos (16% de nitrogênio na proteína), mas pode variar para outras fontes, como proteínas vegetais de soja e milho, para as quais o fator é 5,75.

O método Kjeldahl envolve 3 etapas, conforme demonstrado na Figura 3.

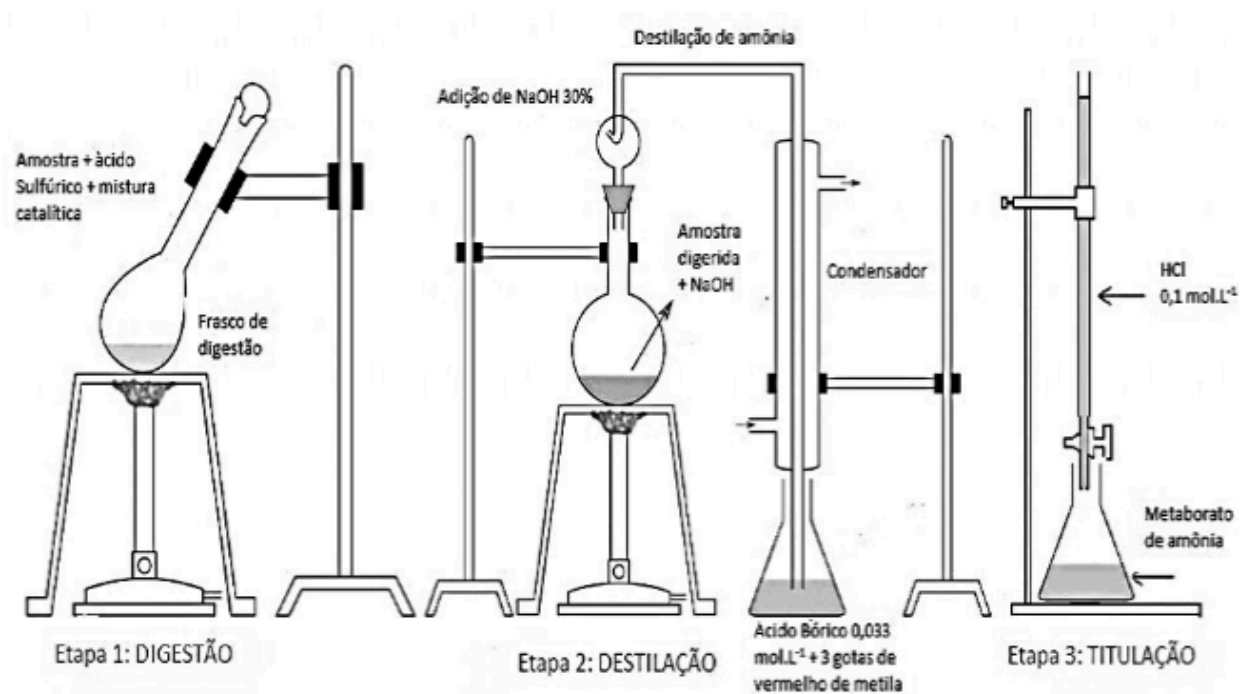


Figura 3. Esquema do método de Kjeldahl para determinação de nitrogênio.

Fonte: Araújo, 2019.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1. mostra os resultados obtidos nas análises realizadas.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica de <i>Crotalaria</i> ssp.	
Parâmetro avaliado	Média (%)
Matéria Seca	22,10%
Cinzas	7,84%
Matéria Orgânica	92,44%
FDN	38,88%
FDA	25,32%
Extrato Etéreo	4,18%
Proteína Bruta	21,68%

Os resultados demonstram assim o teor razoável de MS de *Crotalaria* ssp., esses dados podem variar de acordo com a época do ano em que foi coletado o material e a região da coleta. Com relação aos dados de cinzas a *Crotalaria* ssp. apresentou 7,84%. O teor de 7,84% de cinzas em uma espécie de *Crotalaria* é um valor que indica o **conteúdo total de minerais** na matéria seca da planta e é considerado um teor **normal ou médio** para a maioria das forrageiras e leguminosas tropicais. As cinzas representam a matéria inorgânica (minerais como cálcio, fósforo, potássio, magnésio, etc.) que permanece após a queima completa do material vegetal. Um teor de 7,84% sugere uma presença adequada de minerais essenciais para o crescimento da planta e, potencialmente, para a nutrição animal (se a espécie em questão não for tóxica). Em forrageiras, teores de cinzas nessa faixa são típicos e esperados.

Leguminosas, em geral, tendem a ter mais micronutrientes do que gramíneas, devido à maior proporção de folhas. Espécies de *Crotalaria* utilizadas especificamente para a produção de fibras de alta qualidade (como para papel de cigarro) geralmente possuem um teor de cinzas muito baixo, pois um teor alto de minerais pode prejudicar o processo industrial. O valor de 7,84% é, portanto, indicativo de uma planta com características de forragem ou adubo verde, e não de fibra industrial. O nível de cinzas também reflete a capacidade da planta de extrair nutrientes do solo. Um teor nessa faixa indica que a planta está absorvendo os minerais disponíveis no solo de forma eficiente. Embora o teor de cinzas indique um bom perfil mineral, é crucial lembrar que muitas espécies de *Crotalaria* contêm **alcaloides pirrolizidínicos** (Figura 4), que são tóxicos para o fígado de animais (especialmente cavalos e bovinos, se consumidas em exclusividade).

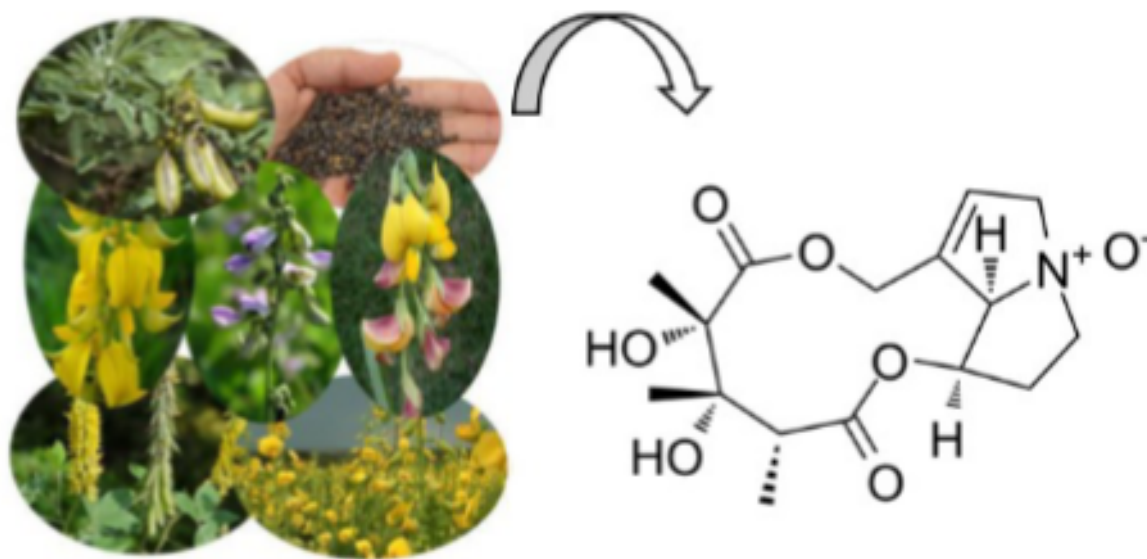


Figura 4. Estrutura química de um alcaloide pirrolizidínico (monocrotalina).

Fonte: <https://www.glpbio.com/sp/gc36647.html>

A importância do teor de cinzas de 7,84% deve ser avaliada no contexto do uso pretendido. É um teor excelente, indicando um bom retorno de nutrientes para o solo. O teor é normal, mas a espécie específica deve ser certificada como segura para consumo

animal ou usada apenas em misturas controladas, para evitar intoxicação.

Crotalaria ssp. também apresentou razoável teor de proteína bruta 21,68%. Dessa forma, o teor de proteína bruta (PB) de 21,68% na *Crotalaria* é **altamente significativo**, pois indica um **excelente valor nutricional** para uso na alimentação animal, especialmente como forragem ou suplemento proteico. A proteína é um macronutriente essencial para o crescimento, manutenção e reparação dos tecidos corporais, bem como para a produção de anticorpos. Para ruminantes, o alto teor de N é crucial para a síntese de proteína microbiana no rúmen. O valor de 21,68% é considerado alto para uma forragem. Pastagens tropicais geralmente apresentam teores médios de PB mais baixos, muitas vezes abaixo de 10%, especialmente em estádios avançados de maturação. Esse teor elevado faz da *Crotalaria* uma valiosa fonte de proteína, melhorando a qualidade geral da dieta quando comparada ou misturada a gramíneas. O uso de forrageiras com alto teor proteico, como a *Crotalaria* (especialmente espécies seguras como a *C. ochroleuca*), pode reduzir a necessidade de suplementos proteicos comerciais, tornando a produção animal mais sustentável e economicamente viável. Como leguminosa, a *Crotalaria* também fixa nitrogênio atmosférico no solo, o que beneficia as culturas consorciadas ou subsequentes (adubação verde) e contribui para a reciclagem de nutrientes no sistema agrícola. Embora o teor proteico seja excelente, é fundamental considerar que algumas espécies de *Crotalaria* contêm alcaloides tóxicos (pirrolizidínicos) que podem ser prejudiciais ao fígado de animais, mesmo após a secagem (feno). A espécie *Crotalaria ochroleuca* é geralmente considerada atóxica ou de toxicidade muito baixa e segura para alimentação animal em proporções adequadas, mas nunca deve ser

a única fonte de alimento. A *Crotalaria spectabilis*, por outro lado, é altamente tóxica.

Partindo para a parte fibrosa encontrou-se em *Crotalaria ssp.* teores de FDN 38,88% e FDA 25,32%. Os parâmetros da parte fibrosa (FDN e FDA) em *Crotalaria ssp.* são cruciais para determinar o seu valor nutricional e potencial de uso na alimentação animal, especialmente para ruminantes. Os teores de FDN (38,88%) e FDA (25,32%) indicam qualidade da Forragem e estes valores são considerados baixos em comparação com muitas forragens, o que é um indicativo de alta qualidade nutricional. Baixos teores de fibra geralmente estão associados a uma maior proporção de componentes digestíveis na planta.

O Papel de Cada Parâmetro

- **FDN (Fibra em Detergente Neutro) - 38,88%:**

- Representa a **parede celular total** (celulose, hemicelulose e lignina).
- Está relacionada ao **consumo de matéria seca** pelo animal: quanto menor o teor de FDN, maior o consumo potencial de alimento, pois a forragem ocupa menos espaço no rúmen e é processada mais rapidamente.
- Valores de FDN abaixo de 45% são frequentemente considerados ideais para silagens de alta qualidade, indicando que este material tem grande potencial de consumo.

- **FDA (Fibra em Detergente Ácido) - 25,32%:**

- Representa a porção **menos digestível** da parede celular, composta principalmente por celulose e lignina.
- Está inversamente relacionada à **digestibilidade da matéria seca**: quanto menor o teor de FDA, maior a digestibilidade e o aproveitamento da energia da forragem pelos microrganismos do rúmen.
- Um valor de FDA baixo como 25,32% sugere uma **alta digestibilidade** para a *Crotalaria ssp.* em questão.

Os teores de FDN (38,88%) e FDA (25,32%) encontrados na *Crotalaria ssp.* sugerem que este material possui excelente valor nutricional para ruminantes. A baixa proporção de fibra indica que ela é altamente digestível e pode ser consumida em maiores quantidades pelos animais, proporcionando um bom desempenho animal em termos de crescimento ou produção de leite. No entanto, é fundamental considerar também a potencial presença de compostos tóxicos (alcaloides pirrolizidínicos) que podem ocorrer em algumas espécies de *Crotalaria*, o que limita seu uso extensivo como forragem principal sem processamento adequado ou sem a identificação exata da espécie não tóxica.

Tratando da parte energética *Crotalaria ssp.* se destacou diante da leguminosa kudzu tropical que quando comparados os valores extrato etéreo (EE) correspondente a 4,18%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados encontrados conclui-se que a leguminosa *Crotalaria ssp.* apresenta valores nutricionais significativos, sendo superior em proteína e cinzas a outras

leguminosas comumente utilizadas em consórcio com gramíneas para a alimentação animal. Isto demonstra que *Crotalaria ssp.* tem um grande potencial para ser utilizada como opção para esta finalidade, no entanto ainda são necessários estudos sobre a sua digestibilidade nas diferentes espécies animais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Júlio. **Química de alimentos** - Teoria e Prática, Editora UFV, 1999.

ARAÚJO, Matheus Antônio. Revisão bibliográfica: avaliação do método de Kjeldahl na determinação de nitrogênio e sua aplicação na análise foliar, 2019.

BARCELLOS, A.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G.B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia** [On-line], vol.37, n.spe, p. 51-67, 2008.

STEINWANDTER, E.; OLIVO, C.J.; DOS SANTOS, J.C.; DE ARAÚJO, T.L.R.; AGUIRRE, P.F.; DIEHL, M.S. Produção de forragem em pastagens consorciadas com diferentes leguminosas sob pastejo rotacionado leguminosas sob pastejo rotacionado. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 131-137, 2009.

WANG K.H, MCSORLEY R & GALLAHER, R.N. Effect of *Crotalaria juncea* amendment on nematode communities in soil with different agricultural histories. **Journal of Nematology**, 35:294-301, 2003.

VALENZUELA, H.; SMITH J. 'Tropic sun' sunnhemp. Hawaii: Cooperative Extension Service, College of Tropical Agriculture and Human Resources. 3p. (**Sustainable Agriculture Green Manure Crops**, August 2002, SA-GM-11), 2002.

¹ Docente do Curso Superior de Engenharia Química da Universidade Brasil, *Campus* de Fernandópolis-SP. Doutor em Química pelo Instituto de Química (UNESP- *Campus de Araraquara-SP*). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Docente do Curso Superior de Engenharia Química da Universidade Brasil, *Campus* de Fernandópolis-SP. Mestre em Química (PPGQUIM/UNESP-Araraquara-SP). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)