

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ANDRÉ CRISTOFOLETI VENTURA

POTENCIAL DE USO DA *Crotalaria ochroleuca* PARA PRODUÇÃO DE FENO

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

ANDRÉ CHRISTOFOLETI VENTURA

POTENCIAL DE USO DA *Crotalaria ochroleuca* PARA PRODUÇÃO DE FENO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marcela Abbado Neres

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2021

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Ventura, André Christofoleti

POTENCIAL DE USO DA *Crotalaria ochroleuca* PARA PRODUÇÃO DE FENO / André Christofoleti Ventura; orientadora MARCELA ABBADO NERES. -- Marechal Cândido Rondon, 2021.

55 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2021.

1. altura residual de corte. 2. digestibilidade. 3. estádios fenológicos. 4. leguminosa. I. NERES, MARCELA ABBADO, orient. II. Título.

ANDRÉ CHRISTOFOLETI VENTURA

Potencial de uso da *Crotalaria ochroleuca* para produção de feno

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Ruminantes/Forragicultura”, APROVADO pela seguinte Banca Examinadora:

Orientadora / Presidente – Prof.^a Dr.^a Marcela Abbado Neres
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof. Dr. Mábio Silvan José da Silva
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Marechal Cândido Rondon, 6 de outubro de 2021.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Marcela Abbado Neres**, declaro como **ORIENTADORA** que presidi os trabalhos de defesa à distância, de forma síncrona e por videoconferência, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação do candidato **André Christofoleti Ventura**, aluno de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientadora**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que o candidato foi considerado **APROVADO** na banca realizada em 06/10/2021, com o trabalho intitulado **“Potencial de uso da *Crotalaria ochroleuca* para produção de feno”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Marcela Abbado Neres

Prof.^a Dr.^a Marcela Abbado Neres – ORIENTADORA/PRESIDENTE

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação do candidato **André Christofoleti Ventura**, aluno de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Interno**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que o candidato pode ser considerado **APROVADO** na banca realizada em 06/10/2021, com o trabalho intitulado "**Potencial de uso da *Crotalaria ochroleuca* para produção de feno**".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):


Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof. Dr. Mábio Silvan José da Silva**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação do candidato **André Christofoleti Ventura**, aluno de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que o candidato pode ser considerado APROVADO na banca realizada em 06/10/2021, com o trabalho intitulado "**Potencial de uso da *Crotalaria ochroleuca* para produção de feno**".

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

A aprovação está condicionada a completa adequação, quanto as sugestões realizadas/apontadas, quando julgadas pertinentes pela orientadora e acadêmico.

Prof. Dr. Mábio Silvan José da Silva

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pela oportunidade da formação em Mestre em Zootecnia e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em especial ao assistente Paulo Henrique Morsch, por não medir esforços em auxiliar os acadêmicos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – *Brasil* (CAPES), chamada pública nº 2019-01, processo nº 88882.431106, pela concessão da bolsa de estudos.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Marcela Abbado Neres, por toda paciência que teve comigo, pelos ensinamentos e apoio na condução dessa pesquisa.

Aos membros componentes da banca examinadora, pela avaliação do trabalho, sugestões e contribuições fornecidas.

A todos os colegas do Núcleo de Estudo em Feno e Pré-Secado - NEFEPS, por toda ajuda proporcionada, pelos momentos de descontração, estudo e troca de conhecimentos, em especial à Lurdes Silva, Leslei Caroline e Caroline Nath, que foram indispensáveis na condução do experimento.

À minha noiva, Karine Isabela Tenório, pelo companheirismo, amor, paciência e ajuda durante todo o mestrado, principalmente nessa reta final, por sempre me ouvir, não me deixar desistir e se esforçar tanto por mim.

Aos meus pais, Jonas Ventura da Silva e Regina Sobral Christofoleti, pela vida, cuidado e criação.

Aos meus irmãos, Bruno, Camila, Amanda e Isabella, pelas conversas, pelo amor, apoio e por tudo que fizeram e fazem por mim.

Aos meus sogros, Darci e Vera Tenório, que me adotaram num momento difícil, mesmo não sendo obrigação, e por serem atenciosos e cuidadosos comigo.

Aos amigos, Tânia Luiza Kohler, Cleison de Souza e Isabelle Nóia, pela amizade e auxílio durante o mestrado.

POTENCIAL DE USO DA *Crotalaria ochroleuca* PARA PRODUÇÃO DE FENO

Resumo – Este trabalho buscou avaliar o potencial de uso de *Crotalaria ochroleuca* como feno. Os tratamentos adotados foram: espaçamento entre linhas no momento do plantio (0,25 e 0,50 m) e duas alturas residuais de corte, realizado aos 82 DAE (0,20 e 0,30 m), com avaliações subdivididas no tempo (40, 54, 68 e 82 dias após a emergência – DAE) e cinco repetições cada. Os espaçamentos entre linhas foram alocados nas parcelas principais e nas sub parcelas as idades de avaliação das plantas. As variáveis analisadas foram: altura de planta, diâmetro de caule, produtividade de matéria verde e seca. Quanto às características bromatológicas, avaliou-se a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), celulose (CEL), hemicelulose (HEMI), proteína indigestível em detergente neutro (PIDN), proteína indigestível em detergente ácido (PIDA), digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN). As avaliações bromatológicas foram realizadas nas plantas com diferentes DAE e no feno. Houve interação do espaçamento entre linhas e idade das plantas para a variável diâmetro de caule, com os maiores valores no tratamento 50 cm aos 68 e 82 DAE. O maior espaçamento entre linhas proporcionou plantas 50% mais altas e com incremento na produção da MF na ordem de 17%. Não foi verificada diferença na composição bromatológica do feno, em função das alturas residuais e dos espaçamentos entre linhas, porém, o mesmo não ocorreu nas plantas, verificando-se maior teor de MS (g kg^{-1}), aos 40 DAE para o espaçamento de 0,25m (197 g kg^{-1}) e para o espaçamento de 0,5m a maior média foi observada aos 82 DAE ($195,33 \text{ g kg}^{-1}$). Os maiores teores médios de PB nas plantas foram observados aos 40 DAE ($233,49 \text{ g kg}^{-1}$ de MS). Nas demais idades, não houve diferença entre os teores de PB. Os teores de FDN e FDA aumentaram com o desenvolvimento da cultura, observando-se os maiores valores aos 82 DAE, com $538,42$ e $322,27 \text{ g kg}^{-1}$ de MS para FDN e FDA, respectivamente. De forma similar, as menores concentrações de LIG, CEL e HEMI foram constatadas nas plantas colhidas mais jovens (40 DAE), as quais apresentaram, respectivamente, médias de $145,53$; $312,73$ e $164,37 \text{ g kg}^{-1}$ de MS. Acompanhando os estádios fenológicos das plantas, os valores de PIDN e PIDA apresentaram suas menores concentrações na fase inicial do desenvolvimento, com valores de $229,8$ e $297,8 \text{ g kg}^{-1}$ de proteína, respectivamente. A DIVFDN apresentou redução conforme o crescimento das plantas, porém a menor média foi verificada nas plantas com 68 DAE ($470,17 \text{ g kg}^{-1}$ de MS). As variáveis DIVMS e DIVMO não apresentaram diferença em função das diferentes idades

de corte das plantas. Os espaçamentos entre linhas não apresentaram diferença entre si para nenhuma das variáveis bromatológicas nas plantas e no feno. A *Crotalaria ochroleuca* se mostrou produtiva mesmo quando em espaçamentos reduzidos, e os valores nutricionais foram semelhantes aos obtidos com espaçamentos maiores. A altura residual de corte não influenciou na qualidade do feno produzido a partir da *Crotalaria ochroleuca*. A idade da planta influenciou diretamente na qualidade do alimento volumoso, tanto nutricional quanto fisicamente, apresentando alterações consideráveis nos teores de proteína, fibras e digestibilidade das fibras. Considerando as características bromatológicas, o melhor momento para o corte da *C. ochroleuca* para a confecção de feno é aos 40 dias após a emergência.

Palavras-chave: altura residual de corte, digestibilidade, estádios fenológicos, leguminosa.

POTENTIAL USE OF *Crotalaria ochroleuca* FOR HAY PRODUCTION

Abstract – This work aimed to evaluate the potential use of *Crotalaria ochroleuca* as hay. The adopted treatments have been: spacing between rows at planting (0.25 and 0.50 m) and two residual cutting heights, performed at 82 DAE (0.20 and 0.30 m), with evaluations subdivided in time (40, 54, 68 and 82 days after emergence – DAE) and five repetitions each. The spacing between rows was allocated in the main plots and in the subplots the plant evaluation ages. The variables analyzed have been: plant height, stem diameter, green and dry matter yield. As for chemical characteristics, dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (LIG), cellulose (CEL), hemicellulose (HEMI) have been evaluated, indigestible protein in neutral detergent (NDIP), indigestible protein in acid detergent (ADIP), *in vitro* digestibility of organic matter (IVDOM), *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and *in vitro* digestibility of neutral detergent fiber (IVNDFD). The bromatological evaluations have been carried out on plants with different DAE and on hay. There has been an interaction between row spacing and plant age for the stem diameter variable, with the highest values in the 50 cm treatment at 68 and 82 DAE. The greater spacing between rows provided 50% taller plants and increased MF production in the order of 17%. There was no difference in the chemical composition of the hay, as a function of residual heights and spacing between rows, however, the same did not occur in the plants, with a higher DM content (g kg^{-1}), at 40 DAE for the spacing of 0.25m (197 g kg^{-1}) and for the 0.5m spacing the highest average was observed at 82 DAE (195.33 g kg^{-1}). The highest average levels of CP in the plants were observed at 40 DAE (233.49 g kg^{-1} DM). At other ages, there was no difference between CP contents. The NDF and ADF contents increased with the development of the culture, with the highest values being observed at 82 DAE, with 538.42 and 322.27 g kg^{-1} of DM for NDF and ADF, respectively. Similarly, the lowest concentrations of LIG, CEL and HEMI were found in the younger harvested plants (40 DAE), which presented, respectively, averages of 145.53 ; 312.73 and 164.37 g kg^{-1} MS. Following the phenological stages of the plants, the values of NDIP and ADIP presented their lowest concentrations in the initial phase of development, with values of 229.8 and 297.8 g kg^{-1} of protein, respectively. The IVNDFD showed a reduction according to the growth of the plants, but the lowest average was verified in plants with 68 DAE (470.17 g kg^{-1} of DM). The variables IVDMD and IVDOM did not differ as a function of the different cutting ages of the plants. The spacing between rows did not differ for any of the bromatological variables in plants and hay. *Crotalaria ochroleuca* proved to be productive

even with reduced spacing, and nutritional values were similar to those obtained with larger spacing. The residual cutting height has not influenced the quality of the hay produced from *Crotalaria ochroleuca*. Plant age directly influenced the quality of forage food, both nutritionally and physically, with considerable changes in protein, fiber and fiber digestibility. Considering the chemical characteristics, the most appropriate to cut *C. ochroleuca* for making hay is 40 days after emergence.

Keywords: residual cutting height, digestibility, phenological stages, legume.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2.	Página
Figura 1. Curva de secagem de plantas forrageiras em condições uniformes	20
CAPÍTULO 3.	Página
Figura 1. Altura de plantas (cm) em dois espaçamentos de semeadura nas diferentes idades avaliadas (DAE).	35
Figura 2. Produtividade de massa fresca ($t\ ha^{-1}$) da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura em função das idades avaliadas (DAE).	37
Figura 3. Produtividade de massa seca ($t\ ha^{-1}$) da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura em função das idades avaliadas (DAE).	38
Figura 4. Proteína bruta ($g\ kg^{-1}\ MS$) da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura nas diferentes idades avaliadas (DAE).	41
Figura 5. Proteína bruta ($t\ ha^{-1}$) da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura nas diferentes idades avaliadas (DAE).	41
Figura 6. Fibra em detergente neutro ($g\ kg^{-1}$) da <i>C. ochroleuca</i> em diferentes espaçamentos entre linhas e nas diferentes idades avaliadas.	42
Figura 7. Fibra em detergente ácido da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos entre linhas e nas diferentes idades avaliadas.	43
Figura 8. Lignina na <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas.	44
Figura 9. Celulose da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas.	44
Figura 10. Hemicelulose da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas.	45
Figura 11. Proteína indigestível em detergente neutro da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas.	46
Figura 12. Proteína indigestível em detergente ácido (PIDA) na <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas.	46
Figura 13. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca (DIVMS) da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas.	47
Figura 14. Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria orgânica (DIVMO) na <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas.	47
Figura 15. Digestibilidade <i>in vitro</i> da fibra em detergente neutro (DIVFDN) da <i>C. ochroleuca</i> em dois espaçamentos de semeadura nas diferentes idades avaliadas (DAE).	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de solo realizada antes da semeadura da <i>Crotalaria ochroleuca</i>	32
Tabela 2. Diâmetro de caule (mm) da <i>Crotalaria ochroleuca</i> em função do espaçamento entre linhas (cm) e idade das plantas (dae).	36
Tabela 3. Altura de planta (cm) e produção de massa fresca ($t\ ha^{-1}$) da <i>Crotalaria ochroleuca</i> em diferentes espaçamentos entre linhas de semeadura.....	36
Tabela 4. Matéria seca ($g\ kg^{-1}$) da <i>Crotalaria ochroleuca</i> em função do espaçamento entre linhas (cm) e idade das plantas (dae).....	39
Tabela 5. Composição bromatológica da <i>Crotalaria ochroleuca</i> , semeada em diferentes espaçamentos entre linhas.	40
Tabela 6. Composição bromatológica da <i>Crotalaria ochroleuca</i> , semeada em diferentes espaçamentos entre linhas.	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Estacionalidade da produção forrageira tropical no Brasil.....	17
2.2 Conservação de forragens.....	18
2.3 Processo de fenação.....	19
2.4 Produção feno de leguminosas.....	21
2.5 <i>Crotalaria ochroleuca</i> – potencial de fenação.....	23
2.6 Referências bibliográficas.....	25
3 ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E FENOLOGIA IMPACTAM NA PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRICIONAL DA FORRAGEM E FENO DE <i>Crotalaria ochroleuca</i>	29
3.1 Introdução.....	31
3.2 Material e métodos.....	32
3.3 Resultados e discussão.....	35
3.4 Conclusão.....	50
3.5 Referências bibliográficas.....	51

1. INTRODUÇÃO

A manutenção da disponibilidade de forragem de alta qualidade no ano pode ser um gargalo para a produção animal brasileira, devido às variações de precipitação pluviométrica, temperatura e qualidade de luz durante o ano que interferem no desenvolvimento das forrageiras tropicais. Em regiões tropicais e subtropicais, o clima é marcado por estações bem definidas, onde nos meses mais quentes há maior regularidade de chuvas em relação aos meses mais frios.

Na produção animal brasileira, a estacionalidade da produção forrageira é o principal desafio. O manejo a pasto utilizado no país é baseado em gramíneas tropicais, que apresentam produção sazonal, relacionada principalmente a fatores ambientais, como o regime hídrico, luminosidade e temperatura (NERES et al., 2021; TEIXEIRA et al. 2011). Neste contexto, tornam-se importantes as técnicas de conservação de forragem, que visam manter a qualidade do alimento para ser oferecido aos animais em épocas de escassez ou em sistemas de confinamento.

Forragens conservadas na forma de feno demoraram mais para se difundirem no Brasil, principalmente devido algumas barreiras, tais como o alto custo de produção, dependência do clima e preço dos implementos necessários (SUNAHARA et al., 2017). Segundo Domingues (2009), as principais vantagens do feno são a facilidade de manuseio e a disponibilidade no mercado físico.

No Brasil, as gramíneas são forrageiras mais utilizadas para a fenação. Dentre elas, destacam-se as cultivares do gênero *Cynodon* com: Tifton 85 e Jiggs e, em menor escala, Vaquero e Coastcross, devido à fácil propagação e produção de biomassa (NERES et al., 2021). O uso de leguminosas para a fenação, no Brasil, ainda é incipiente e, dentre elas, a alfafa é a mais utilizada. Seu manejo possui algumas peculiaridades, como corte com segadora condicionadora, exposição da forragem ao sol até a perda de 50% do peso, e o material cortado passa por secagem a sombra (DOMINGUES, 2009).

A produção de outras leguminosas para uso na alimentação animal no Brasil ainda não é bem consolidada, devido à dificuldade de manejo, baixa resistência ao pisoteio e poucas pesquisas relacionadas à sua conservação, porém, seu uso apresenta vantagens como o alto teor proteico, o qual pode reduzir custos com suplementação (NI et al., 2017; JAHANZAD et al., 2016). A *Crotalaria ochroleuca*, geralmente utilizada para controle de nematóides e adubação verde, é uma das espécies que apresentam possibilidade de uso na alimentação

animal, assim como o feijão guandu, o amendoim forrageiro, a leucena e os estilozantes (DE SÁ et al., 2017; ARCANJO, 2016; VALLE et al., 2009). Porém, se destinada a fenação, as leguminosas passam por grandes perdas durante o processo de corte e secagem, principalmente relacionadas à morfologia da planta, que apresenta perda de folhas e resistência a desidratação (ROTZ, 1995; McDONALD; CLARK, 1987).

A hipótese desta pesquisa é amenizar o déficit alimentar dos animais durante as épocas onde há escassez de forragem, com um produto excedente da rotação de culturas atualmente utilizado para controle de fitonematóides e adubação verde.

Objetivou-se estudar os efeitos de diferentes densidades de semeadura sob as características agronômicas e bromatológicas da *Crotalaria ochroleuca*, ao longo do desenvolvimento da cultura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estacionalidade da produção forrageira tropical no Brasil

O Brasil apresenta o segundo maior rebanho bovino do mundo, é o principal exportador e o segundo maior produtor dessa carne, sendo seus sistemas de produção baseados majoritariamente em pastagens (IBGE, 2019; SILVA et al., 2017). De acordo com o último censo agropecuário, a área total de pastagens em estabelecimentos rurais no Brasil no ano de 2017 era de aproximadamente 165 milhões de hectares, correspondendo à 19,4% do território nacional (ABIEC, 2021).

A produção animal em sistema extensivo torna a atividade pecuária bastante econômica, pois, reduz os gastos com fornecimento de alimento concentrados aos animais. Entretanto, as exigências nutricionais dos animais são constantes, enquanto a oferta e a qualidade da forragem são sazonais (MARTHA Jr. et al., 2012). Esta estacionalidade das forragens é definida pela alternância de produtividade entre os períodos onde as forrageiras apresentam crescimento vigoroso (primavera-verão) e aqueles em que o crescimento é reduzido (outono-inverno) (SANTANA et al., 2014). A estacionalidade está relacionada às oscilações climáticas, principalmente precipitação pluviométrica, temperatura e luminosidade, que se tornam desfavoráveis ao desenvolvimento das forrageiras em determinadas épocas do ano (TEIXEIRA et al., 2011).

Regiões tropicais, como a maioria do Brasil central, possuem épocas de seca e de chuvas bem definidas e a inconstância na oferta de forragens ao longo do ano representa grande desafio ao pecuarista. A produtividade forrageira oscila em alta e baixa oferta, isto pode ocasionar ganho de peso na época das chuvas e a perda de parte desse peso na época seca, o que eleva a idade de abate dos animais (KOKNAROGLU; HOFFMAN, 2020).

Para amenizar os efeitos da sazonalidade forrageira na nutrição dos animais, algumas técnicas de conservação têm sido utilizadas para armazenar alimentos e atender as exigências nutricionais dos animais durante o ano todo, aumentando a produtividade (MADZONGA e MOGOTSI, 2014). A conservação de forragens é uma prática cada vez mais comum entre os sistemas intensivos e semiextensivos de produção, principalmente quando o pasto não é capaz de suprir e fornecer os nutrientes em qualidade e quantidade suficientes (FERNANDES et al.,

2016). A ensilagem e a fenação são as estratégias mais utilizadas, que possibilitam compensar a queda na produtividade forrageira na estação seca (RIGUEIRA et al., 2017). Não adotar essas técnicas alternativas resulta em menor produtividade animal, altas taxas de mortalidade, baixos níveis de fecundidade e natalidade (SUKHADIYA et al. 2019), resultando em perdas econômicas diretas. Além disso, aumenta a degradação das pastagens, devido à carga excessiva de animais (super-pastejo), que expõe e compacta o solo durante o período de escassez de forragens (CARVALHO et al., 2017).

2.2 Conservação de forragens

O objetivo principal das técnicas de conservação de forrageiras é a preservação dos nutrientes da planta, podendo ser armazenada por longos períodos, e suprir a exigência nutricional dos animais durante a entressafra forrageira (DANTAS; NEGRÃO, 2010; McDONALD et al., 1991). A adoção destas técnicas está sendo cada vez mais empregada pelos pecuaristas, pois atende a demanda crescente de volumosos.

As duas técnicas de conservação mais utilizadas e estudadas são a ensilagem e a fenação. O processo de ensilagem consiste em picar o material a ser conservado, que deve ter características favoráveis a fermentação, compactar o material ensilado e cobrir, para fornecer o ambiente ideal para fermentação anaeróbica. É desejável que ocorra a fermentação láctica do material, que reduz o pH, conservando o material ensilado (CÂNDIDO; FURTADO, 2020).

Já a fenação é uma importante prática de manejo de forrageiras, pois permite uma melhor exploração da forrageira, mantendo sua qualidade conservada. Consiste na desidratação do material, a ponto que este possa ser compactado e enfardado, para ser oferecido aos animais por longos períodos (RAMOS et al., 2020). Com isso, a fenação torna-se uma alternativa viável para se resolver a problemática da escassez de alimentos (DANTAS; NEGRÃO, 2010).

Em países tropicais, onde a estacionalidade da produção de forragem é um dos grandes entraves produtivos da pecuária, o feno e a silagem produzidos no período chuvoso pode assegurar alimento para os animais durante a estiagem. O uso em sistemas intensivos de criação, a utilização de material conservado, seja feno ou ensilagem, é fornecido aos animais ao longo do ano, como parte representativa da dieta.

2.3 Processo de fenação

A capacidade de suporte das pastagens possibilita níveis de produtividade razoáveis no período das águas. Porém, durante a seca, esses níveis de produção tendem a reduzir, em razão da baixa disponibilidade de pasto. Como consequência, o pecuarista se vê forçado a reduzir a taxa de lotação animal durante o período seco, a fim de equilibrar o suprimento de forragem com a demanda de alimento pelo rebanho, ou empregar alguma medida de suplementação volumosa ou concentrada (DE MATOS, 2018).

Neste contexto, a produção de forragens conservadas através do processo de fenação é uma condição benéfica, permitindo um manejo equilibrado, com uso de suprimento de nutrientes de boa qualidade e com maior estabilidade durante todo o ano (MEINERZ et al., 2015).

A planta cortada para a fenação apresenta em sua estrutura de 75 a 80% de água e, durante as fases de desidratação, deve chegar ao final do processo com umidade abaixo de 15% (NERES et al., 2021; RAMOS et al., 2020). A curva de secagem das plantas forrageiras apresenta formato tipicamente exponencial (Figura 01), ou seja, cada unidade adicional de perda de água, requer maior tempo. O período de secagem pode ser dividido em três fases diferentes em relação à duração, taxa de perda de água e resistência à desidratação (McDONALD; CLARK, 1987; COLLINS; COBLENTZ, 2007).

Durante a primeira etapa os estômatos da planta ainda estão abertos, permitindo uma grande perda de água em curto período, perdendo em torno de 20 a 30% de água (CALIXTO JUNIOR et al., 2012), por isso, nessa etapa manter as plantas espalhadas no campo facilita o processo de perda de água. Nesse contexto, prioriza-se que seja realizado o corte nas horas mais quentes do dia e que no primeiro dia as condições climáticas sejam de baixa umidade (abaixo de 50%), elevada temperatura e velocidade do vento (RAMOS et al., 2020).

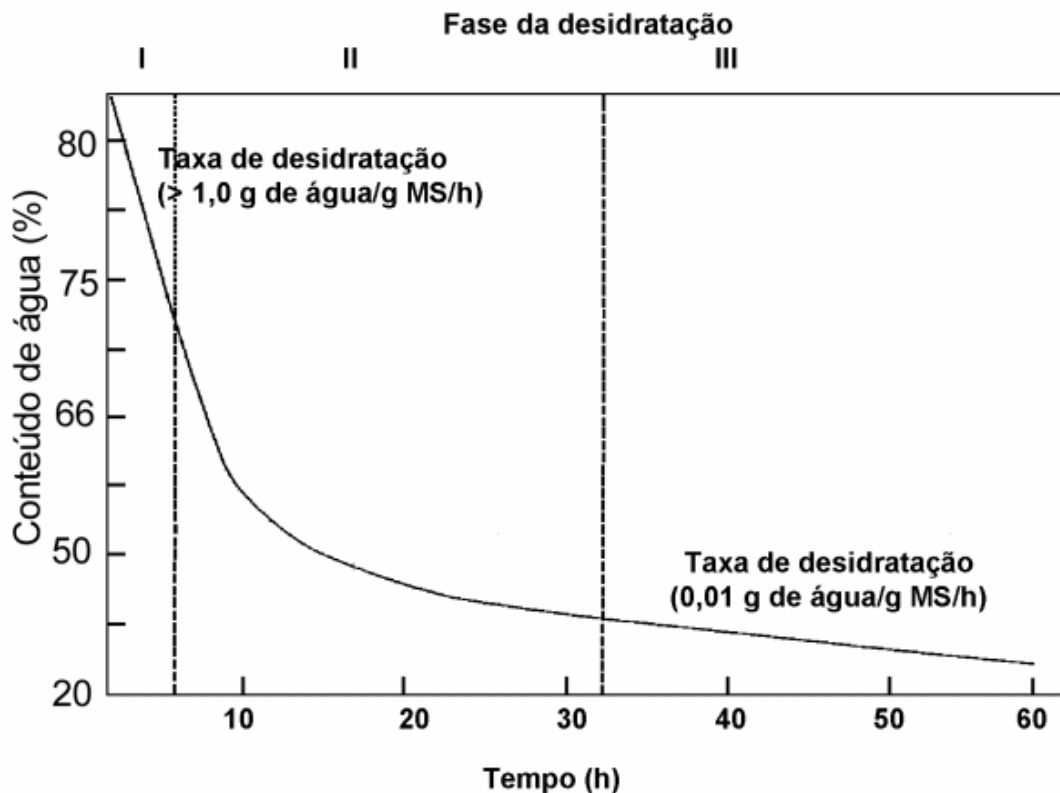


Figura 1. Curva de secagem de plantas forrageiras em condições uniformes.

Fonte: Jones e Harris, 1979

A segunda fase é a de maior duração e envolve evaporação cuticular de água. Os estômatos se fecham, dificultando a perda de água, logo, a duração desta etapa é influenciada pelas características da cutícula, estrutura das folhas e da planta (HARRIS; TULLBERG, 1980). Quando a planta atinge 45% de MS, a perda de água remanescente torna-se difícil, e na fase final de secagem a água está firmemente aderida ao material da planta (McDONALD; CLARK, 1987).

Na fase final, em função da plasmólise, a membrana celular perde sua permeabilidade seletiva, e a perda de água é novamente acelerada, chegando aos 15% de umidade (HARRIS; TULLBERG, 1980). Essa fase é a mais crítica do processo, sendo menos influenciada pelo manejo e mais sensível às condições climáticas do que nas etapas anteriores, principalmente quanto à umidade relativa do ar e a ocorrência de precipitação sobre o feno nessa fase eleva perdas de nutrientes por meio da lixiviação (RAMOS et al. 2020).

A qualidade do feno está diretamente relacionada à concentração de nutrientes na planta, no momento do corte, que pode ser mensurada visualmente, pela coloração e quantidade de folhas presentes, e através de análises químico-bromatológicas, detectando os

valores nutricionais (COSTA; RESENDE, 2021). Um feno de boa qualidade deve apresentar características nutricionais que o favoreçam na oferta para os animais, para isso, é necessário utilizar plantas com alto valor nutritivo e com características adequadas para fenação (CÂNDIDO et al., 2008).

As características desejáveis de uma planta para produção de feno levam em consideração alguns fatores intrínsecos, como uma boa quantidade de folhas e composição bromatológica, boa massa foliar, diâmetro de caule reduzido, com maior quantidade de entrenós, que garantam grande quantidade de folhas (KÖPP, 2013). Essas características garantem facilidade de desidratação após o corte, possibilitando a conservação do valor nutritivo da forragem. Além disso, deve ter grande capacidade de produção de biomassa e resistência a cortes frequentes, importantes fatores a serem levados em consideração na escolha da forrageira a ser utilizada (JOBIM et al., 2007).

2.4 Produção feno de leguminosas

O uso de leguminosas na alimentação animal apresenta características vantajosas, visto que a planta inteira apresenta alto teor de proteína bruta, além da possibilidade de cultivo em todo o território brasileiro, podendo ser utilizada como fonte de proteína, reduzindo os custos com suplementação proteica (NI et al., 2017; JAHANZAD et al., 2016).

As leguminosas podem ser fornecidas aos animais por pastagem direta, corte e transporte, ou armazenadas e conservadas como feno ou silagem, porém, a suscetibilidade ao pisoteio e altas perdas de matéria seca (MS) durante a produção do feno tornam uso de leguminosas forrageiras como alimento uma técnica que necessita de mais pesquisas para sua consolidação (CASTRO-MONTOYA, et al., 2020; PHELAN et al., 2015).

A taxa de desidratação da forragem durante a fenação é altamente influenciada pela morfologia da planta, seja pelo tipo de folha, caule e hábito de crescimento. As diferentes morfologias de caule das leguminosas podem afetar tanto a mecanização quanto a taxa de perda de água, e principalmente o teor de fibras da leguminosa.

As leguminosas podem ter hábitos de crescimento diferentes, podendo ser herbáceas, arbustivas ou arbóreas, com características mais lenhosas. Os caules mais espessos dificultam o corte e a desidratação equilibrada de caule/folhas, devido à dificuldade de perda de água no

caule, por este ser um tecido de sustentação, muito lignificado (BAYÃO et al., 2016). Essa diferença na velocidade de desidratação entre os caules e folhas, pode causar grandes perdas na qualidade do feno, quando o caule atinge o ponto de desidratação ideal, as folhas, que é a parte mais nutritiva da planta, já estará quebradiça e propensas a queda (ZONTA e ZONTA, 2012).

Para auxiliar no processo de perda de água equilibrado entre folhas e caule, pode-se utilizar um recurso mecânico: a condicionadora, que promove injúrias no caule, rompendo algumas estruturas da parede celular e facilitando a evaporação da água. Segundo Rotz e Muck (1994), o uso de segadeiras condicionadoras pode reduzir 50% do tempo de secagem das plantas forrageiras, devido ao aumento da perda de água pelo caule.

Independente da morfologia, as leguminosas tendem a perder mais folhas durante o processo de secagem e na mecanização do feno, comparada as gramíneas (ROTZ, 1995), logo, ocorrem maiores perdas na qualidade do material seco em comparação com o material verde. É importante escolher plantas com maior proporção de folhas, visto que as perdas no processo são dependentes da morfologia da planta, principalmente de sua proporção de folhas (ROTZ, 1995). Conseqüentemente as perdas por revolvimento com ancinho chegam à ordem de 35% para leguminosas, enquanto variam de 1 a 3% para gramíneas. (McDONALD; CLARK, 1987).

Apesar de apresentar perdas no processo de fenação, algumas leguminosas, por serem mais conhecidas e domesticadas a mais tempo, apresentam maior utilização. A alfafa é a leguminosa forrageira mais utilizada para fenação no Brasil. Apesar disso, a flora brasileira apresenta outras leguminosas forrageiras tropicais com alto potencial para utilização em pastejo e fenação, e apresentam a vantagem de já serem naturalizadas e amplamente cultivadas, como o *Arachis pintoii* (amendoim forrageiro), *Cajanus cajan* (feijão guandu), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Stylosanthes spp.* (estilosantes) e a *Crotalaria L.* (DE SÁ et al., 2017; ARCANJO, 2016; VALLE et al., 2009). Essas leguminosas, além de resistentes e adaptadas ao clima tropical, toleram bem solos mais pobres, com alta acidez e baixa fertilidade.

A fenação de leguminosas ainda é um método de conservação restrito devido às perdas no manejo. Porém, por serem importantes fontes proteicas, as leguminosas exercem um papel importante no sucesso do sistema de produção. Segundo Evangelista (2013), o feno produzido com leguminosas é sensivelmente superior ao produzido a partir de gramíneas.

2.5 *Crotalaria ochroleuca* – potencial de fenação

É possível ferrar todo tipo de forrageira utilizada na alimentação animal, bastando utilizar métodos e equipamentos adequados ao processamento dessas plantas, embora devamos reconhecer que algumas espécies forrageiras apresentem maior facilidade no manejo, principalmente no que diz respeito à sua capacidade de velocidade na desidratação, atingindo o ponto de feno mais adequado durante o processo da fenação (WROBEL et al., 2017).

Considerando os aspectos nutricionais e de desenvolvimento das plantas forrageiras para produção de feno, o uso de leguminosas forrageiras, torna possível oferecer uma nova alternativa e de melhor qualidade na dieta dos animais durante períodos de escassez (CÂMARA et al., 2015). Dentre as leguminosas tropicais adaptadas, com possibilidade de uso na fenação, podemos citar o gênero *Crotalaria L.*

A *Crotalaria L.* é um gênero botânico pertencente à família das *Fabaceae*, que está inserido na tribo *Crotalarieae* (GARCIA et al., 2013). As espécies desse gênero caracterizam-se por apresentarem porte herbáceo ou arbustivo, e são encontradas em diferentes condições ambientais, como áreas próximas aos rios, em morros litorâneos, nas restingas, em orlas de florestas, em campos e cerrados. Além disso, são plantas oportunistas e muito comuns como sendo invasoras (LEWIS et al., 2005).

Diversos são os usos citados para as espécies de *Crotalaria*, como plantas de cobertura verde, que vêm ganhando espaço na agricultura, com potencial de cobertura do solo, fixadora de nitrogênio e auxiliar no controle de plantas daninhas (INOUE et al., 2012). As leguminosas no geral possuem uma grande importância na fixação de nitrogênio atmosférico no solo, pois são capazes de manter relações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio (TAIZ et al., 2017).

Dentre as espécies de *Crotalaria* destacamos a variedade da *Crotalaria ochroleuca*, que, segundo Leandro & Asmus (2015), pode ser utilizada em sistemas de rotação de culturas com a cultura da soja a fim de controlar fitonematóides na região do cerrado. Em um experimento realizado em solo infestado por nematóides, Amorim et al. (2019) observaram a redução populacional de nematoides em raízes de soja após o cultivo da *Crotalaria ochroleuca*, quando comparada as raízes de soja após o cultivo do milho. Da mesma forma

Barbosa et al. (2020) observaram que a *Crotalaria ochroleuca* cultivada em sucessão à soja na entressafra ou segunda safra contribuiu para reduzir a densidade populacional do nematóide de lesão radicular (*Pratylenchus brachyurus*). Wang et al. (2003) observaram diminuição de plantas daninhas durante as culturas dos cereais após a utilização de *Crotalaria* como cobertura.

A *Crotalaria ochroleuca* é uma planta anual, que apresenta seu crescimento de forma arbustivo ereto, podendo atingir de 1,5 a 2,0 metros de altura durante seu desenvolvimento. Apresenta grande proporção de caule na composição da biomassa e folhas estreitas, maior ramificação e ciclo mais longo, o que pode ser mais interessante para uma planta cultivada na entressafra (GARCIA; STAUT, 2018; DA SILVA et al., 2016). Foi introduzida na região dos Cerrados no Brasil, devido à possibilidade de se desenvolver em solos quimicamente “pobres” e com baixos teores de matéria orgânica (AMABILE et al., 2000), favorecendo assim seu uso na produção.

Essa variedade apresenta potencial de produção de biomassa alto, 7 toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$) de matéria seca, podendo atingir valores de até $17\ t/ha^{-1}$, quando não passa por restrição hídrica (GARCIA; STAUT, 2018; AMABILE et al., 2000). É uma cultivar denominada comum, a sua época de semeadura geralmente se enquadra entre os meses de outubro a novembro, podendo ser semeada até após o fim da colheita da safra (soja). Segundo Garcia & Staut (2018), após o início do florescimento, a *Crotalaria ochroleuca* apresenta crescimento mais acentuado após o início do florescimento em comparação as demais espécies de *Crotalaria*, favorecendo semeaduras mais tardias e com grande acúmulo de biomassa.

A principal característica da *Crotalaria ochroleuca* é a rusticidade, com raízes capazes de romper as camadas adensadas de solos compactados, o que faz dela uma planta resistente ao estresse hídrico em regiões de secas, característica vantajosa para a utilização no período seco. A *Crotalaria ochroleuca* apresenta uma alta quantidade de biomassa produzida e fixação de nitrogênio, sendo também recomendada para recuperação da capacidade produtiva dos solos (SANTOS et al., 2010; INOUE et al., 2012). As características bromatológicas da *Crotalaria ochroleuca* são pouco estudadas, evidenciando a necessidade de pesquisa em relação a sua utilização na alimentação animal. Por serem relacionada a fatores antinutricionais, como a monocrotalina, as espécies de crotalária não são comumente utilizadas na alimentação animal, no entanto, não há evidências da presença deste alcaloide pirrolizidínico na *Crotalaria ochroleuca* (MARTINS et al., 2015; EXPÓSITO, 2020).

2.6 Referências bibliográficas

- ABIEC. (2021). **Beef Report: perfil da pecuária no Brasil**. Associação Brasileira Das Industrias Exportadoras de Carne (ABIEC). Disponível em: <<http://abiec.com.br/en/publicacoes/beef-report-2021-2/>>
- AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; DE CARVALHO, A.M. Responses of green manures to different sowing dates and spacings in the Cerrados region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.
- AMORIM, D.J.; DA COSTA FERREIRA, A.G.; FIGUEIRINHA, K.T.; et al. Management alternatives for *Pratylenchus brachyurus* in soybean crop. *Journal of Agricultural Science*, v.11, n.4, p.333-340, 2019.
- ARCANJO, A.H.M. **Desidratação e perdas de nutrientes no processo de fenação de leguminosas forrageiras tropicais**. 2016. 50 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- BARBOSA, I.R.; SANTANA, R.S.; MAUAD, M.; et al. Dry matter production and nitrogen, phosphorus and potassium uptake in *Crotalaria juncea* and *Crotalaria spectabilis*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.50, 2020.
- BAYÃO, G.F.V.; EDVAN, R.L.; CARNEIRO, M.S.S.; et al. Desidratação e composição química do feno de *Leucena* (*Leucena leucocephala*) e *Gliricidia* (*Gliricidia sepium*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n.3, p. 365-373, 2016.
- CALIXTO JUNIOR, M.; JOBIM, C.C.; CECATO, U. et al. Curva de desidratação e composição químico-bromatológica do feno de grama-estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) em função do teor de umidade no enfiamento. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p.2411-2422, 2012.
- CÂMARA, C.S.; ALVES, A.A.; MOREIRA FILHO, M. A.; et al. Diets containing leucaena or estilosantes hay in lactating mixed-breed Anglo-Nubian goats. **Revista Ciência Agrônômica**, v.46, n.2, p.443-450, 2015.
- CÂNDIDO, M.D.; CUTRIM, J.A.A.; SILVA, R.G.; et al. Técnicas de fenação para a produção de leite. **Seminário nordestino de pecuária-pecnordeste**, Universidade Federal do Ceará - UFC, 2008, p.261-298.
- CÂNDIDO, M.J.D.; FURTADO, R.N. Estoque de forragem para a seca: produção e utilização da silagem. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020. 194p.
- CARVALHO, W.T.V.; MINIGHIN, D.C.; GONÇALVES, L.C.; et al. Pastagens degradadas e técnicas de recuperação: Revisão. *Pubvet*, v.11, n.10, p.1036-1045, 2017.
- CASTRO-MONTOYA, J.M.; DICKHOEFER, U. The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: A systematic review. **Animal Feed Science and Technology**, v.269, p.114641, 2020.
- COLLINS, M.; COBLENTZ, W.K. Post-harvest physiology. **Forages: The science of grassland agriculture**, v.6, p.583-599, 2007.
- COSTA, J.L.; RESENDE, H. **Qualidade do feno**. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia8/AG01/arvore/AG01_330_21720039_2414.html>. Acesso em: 03/08/2021.
- DA SILVA, A.G.; DE AZEREDO, G.A.; DE SOUZA, V.C. et al. Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.2, p.49-54, 2016.
- DANTAS, C.C.O.; NEGRÃO, F.M. Fenação e ensilagem de plantas forrageiras. *Pubvet*, v.4, p.974-979, 2010.

- DE MATOS, M.D. Valor nutricional do feno de soja em diferentes estádios de maturação. **Nucleus Animalium**, v.10, n.1, p.87-96, 2018.
- DE SÁ, F. A.; DE JESUS GOMES, T. G.; EDVAN, R. L.; et al. Fenação de leguminosas tropicais como alternativa para aumentar a segurança alimentar do rebanho. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.18, n.2, p.1-15, 2017.
- DOMINGUES, J. L. Uso de volumosos conservados na alimentação de equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.259-269, 2009.
- EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. Produção de feno. **Informe Agropecuário**, v.34, n.277, p.43-52, 2013.
- EXPÓSITO, L.O.; LOIOLA, G.H.; NUNES, E.D.O.; et al. Controle potencial de nematóide de cisto com espécies de crotalaria não associado à monocrotalina. In: SANTOS, C.C. **Resultados econômicos e de sustentabilidade nos sistemas nas ciências agrárias**. Ponta Grossa: Athena, 2020. p.221-230.
- FERNANDES, G.F.; EVANGELISTA, A.F.; BORGES, L. Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. **Revista Eletrônica Nutri Time**, v.13, n.3, p.4652-4656. 2016.
- GARCIA, J.M.; KAWAKITA, K.; MIOTTO, S.T.S.; et al. The genus *Crotalaria* L.(Leguminosae, Faboideae, Crotalarieae) in the Upper Paraná River Floodplain, Brazil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.11, n.2, p.209-226. 2013.
- GARCIA, R.A.; STAUT, L.A. Como inserir crotalaria em sistemas de produção de grãos. **Circular Técnica**, v. 44, 2018.
- HARRIS, C.E.; TULLBERG, J.N. Pathways of water loss from legumes and grass cut for conservation. **Grass and Forage Sciences**, v.35, n.1, p.1-11, 1980.
- IBGE. Produção Pecuária municipal, Rio de Janeiro, v.47, p.1-8, 2019. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=784> > . Acesso em 07/06/2021 11:15.
- INOUE, M.H.; DUARTE, J.C.B.; MENDES, K.F.; et al. Eficácia de herbicidas aplicados em plantas adultas de *Crotalaria spectabilis* e *Crotalaria ochroleuca*. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.2, p.148-158. 2012.
- JAHANZAD, E.; SADEGHPOUR, A.; HASHEMI, M.; et al. Silage fermentation profile, chemical composition and economic evaluation of millet and soya bean grown in monocultures and as intercrops. **Grass and forage science**, v.71, n.4, p.584-594, 2016.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.
- JONES, L.; HARRIS, C.E. Plant and swath limits to drying. In: FORAGE CONSERVATION IN THE 80'S. OCCASIONAL SYMPOSIUM. 11. British Grasslands Society, London, 1979.
- KOKNAROGLU, H.; HOFFMAN, M.P. Season affects energy input/output ratio in beef cattle production. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v.7, n.4, p.149-154. 2020.
- KOPP, M.M. Construindo um ideótipo de gramínea para produção de feno. **Embrapa Pecuária Sul-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2013. p.249-257.
- LEANDRO, H.M.; ASMUS, G.L. Crop rotation and crop sequences for the management of the reniform nematode in area of soybean production. **Ciência Rural**, v.45, n.6, p.945-951. 2015.
- LEWIS, G.P.; SCHRIRE, B.; MACHINDER, B.; et al. Legumes of the world. Kew: **Royal Botanic Gardens**. p.577, 2005.

- MADZONGA, Z.; MOGOTSI, K. Production, harvest and conservation of Lablab purpureus (L.) sweet forage in semi-arid livestock regions: the case of east central Botswana. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v.24, n.4, p.1085-1090, 2014.
- MARTHA JR, G.B.; ALVES, E.; CONTINI, E. Land-saving approaches and beef production growth in Brazil. **Agricultural Systems**, v.110, p.173-177, 2012.
- MARTINS, C.H.; CUNHA, B.P.; SOLFERINI, V.N.; et al. Feeding on host plants with different concentrations and structures of pyrrolizidine alkaloids impacts the chemical-defense effectiveness of a specialist herbivore. **PloS one**, v.10, n.10, p.e0141480, 2015.
- McDONALD, A.D.; CLARK, E.A. Water and quality loss during field drying of hay. **Advances in agronomy**, v.41, p.407-437, 1987.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. New York: Chalcombe Publications, 1991. 339p.
- MEINERZ, G.R.; OLIVO, C.J.; NÖRNBERG, J.L.; et al. Utilização da biomassa remanescente de pastagens de estação fria para produção de forragem conservada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.5, p.1390-1398, 2015.
- NERES, M.A.; NATH, C.D.; HOPPEN, S.M. Expansion of hay production and marketing in Brazil. **Heliyon**, v.7, n.4, p.e06787, 2021.
- NI, K.; WANG, F.; ZHU, B.; et al. Effects of lactic acid bacteria and molasses additives on the microbial community and fermentation quality of soybean silage. **Bioresource Technology**, v.238, p.706-715, 2017.
- PHELAN, P.; MOLONEY, A.P.; MCGEOUGH, E.J.; et al. Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.34, n.1-3, p.281-326, 2015.
- RAMOS, A.F.; SALMAN, A.K.D.; DO RÊGO, A.C. et al. **Pecuária leiteira na Amazônia**. Rondônia: Embrapa. 2020. 25p.
- RIGUEIRA, J.P.S.; MONÇÃO, F.P.; DE SALES, E.C.J.; et al. Níveis de glicerina bruta na ensilagem de capim Tifton 85 (*Cynodon dactylon*): perfil fermentativo e valor nutricional. **Revista de Ciências Agrárias**, v.40, n.3, p.655-663, 2017.
- ROTZ, C.A. Field curing of forages. **Post-Harvest Physiology and Preservation of Forages**, v.22, p.39-66, 1995.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: FAHEY JUNIOR, G.C. **Forage quality, evaluation and utilization**. p. 828-868, 1994.
- SANTANA, S.S.; FONSECA, D.M.; SANTOS, M.E.R et al. Initial height of pasture deferred and utilized in winter and tillering dynamics of signal grass during the following spring. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.36, n.1, p.17-23, 2014.
- SANTOS, P.A.; DA SILVA, A.F.; DE CARVALHO, M.A.C.; et al. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.123-134, 2010.
- SILVA, R.O.; BARIONI, L.G.; HALL, J.J.; et al. Sustainable intensification of Brazilian livestock production through optimized pasture restoration. **Agricultural systems**, v.153, p.201-211. 2017.
- SUKHADIYA, M.L.; THAKUR, N.S.; GUNAGA, R.P.; et al. *Melia dubia* Cav. drupe pulp: a new alternate livestock feed resource. **Range Management and Agroforestry**. v.40, n.2, p.299-305, 2019.
- SUNAHARA, S.M.M.; NERES, M.A.; SARTO, J.R.W.; et al. Nutritional value of tifton 85 bermudagrass at two cutting heights and different times of storage. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.4, p.2129-2140, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Artmed Editora. 2017. 848p.

- TEIXEIRA, F.A.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V.; et al. Produção anual e qualidade de pastagem de *Brachiaria decumbens* diferida e estratégias de adubação nitrogenada. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.33, n.3, p. 241-248, 2011.
- VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Ceres**, v.56, n.4, p.460-472, 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**, v.35, n.3, p.294,2003.
- WROBEL, F.L.; NEUMANN, M.; LEÃO, G.F.M.; et al. Productive and nutritional characteristics of wheat hay cultivated in two nitrogen fertilization levels and harvest stages. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.3, p.725-732, 2017.
- ZONTA, A.; ZONTA, M.C.M. Técnica da produção de feno. **Pesquisa & Tecnologia**. v.9, n.2, p.3, 2012.

3 ESPAÇAMENTO DE PLANTIO E FENOLOGIA IMPACTAM NA PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRICIONAL DA FORRAGEM E FENO DE *Crotalaria ochroleuca*

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da forragem de *C. ochroleuca*, semeada com dois espaçamentos entre linhas, em diferentes estádios de desenvolvimento. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas no tempo. Nas parcelas principais foram alocados os dois espaçamentos entre linhas (0,25 e 0,5 m) e nas sub parcelas as idades amostrais das plantas (40, 54, 68 e 82 DAE). Após os 82 DAE as plantas foram cortadas para confecção de feno em duas alturas residuais de corte (0,20 e 0,30 m). Foram avaliados no desenvolvimento das plantas: altura de planta (AP), diâmetro de caule (DC), produção de massa fresca (PMF), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, celulose, hemicelulose, proteína indigestível em detergente neutro, proteína indigestível em detergente ácido, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (DIVFDN). As plantas cultivadas com espaçamento de 0,50 m entre linhas apresentaram altura de plantas, diâmetro de caule e produção de massa fresca maiores que as plantas com espaçamento entre linhas de 0,25m, em todas as idades avaliadas. Na composição bromatológica, houve interação entre DAE e espaçamento entre linhas para a concentração de MS. Nas plantas mais jovens, o espaçamento de 0,25 m apresentou valores semelhantes ao espaçamento 0,50m aos 82 dias. Para PB as melhores médias foram observadas aos 40 dias, para ambos os espaçamentos. A DIVFDN reduziu conforme o crescimento das plantas enquanto a DIVMS e DIVMO não foram influenciados. As demais características bromatológicas aumentaram em decorrência do avanço da idade das plantas. As características bromatológicas das plantas e do feno não foram influenciadas pelo espaçamento entre linhas. A *C. ochroleuca* foi produtiva, e os valores nutricionais não diferiram nos dois espaçamentos. A idade da planta influenciou no valor nutricional da forragem. Considerando as características bromatológicas, o melhor momento para o corte e fenação da *C. ochroleuca* é aos 40 dias após a emergência.

Palavras-chave: altura residual de corte, fenação, feno de leguminosa, valor nutritivo.

PLANTING SPACING AND PHENOLOGY IMPACT ON PRODUCTIVITY AND NUTRITIONAL VALUE OF FORAGE AND HAY of *Crotalaria ochroleuca*

Abstract – The aim of this work has been to evaluate the quality of *C. ochroleuca* forage, sown with two spacings between rows, at different stages of development. The experimental design was in randomized blocks, with split plots over time. In the main plots the two spacings between lines (0.25 and 0.5 m) were allocated and in the subplots the sample ages of the plants (40, 54, 68 and 82 DAE). After 82 DAE, the plants were cut to make hay at two residual cutting heights (0.20 and 0.30 m). The following were evaluated for plant development: plant height (HP), stem diameter (SD), fresh mass yield (FM), dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, cellulose, hemicellulose, indigestible protein in neutral detergent, indigestible protein in acid detergent, in vitro digestibility of organic matter (IVDOM), dry matter (IVDMD) and neutral detergent fiber (IVNDFD). Plants cultivated with a spacing of 0.50 m between rows showed higher plant height, stem diameter and fresh mass production than plants with a spacing of 0.25 m between rows, at all ages evaluated. In the chemical composition, there was an interaction between DAE and spacing between lines for DM concentration. In younger plants, the spacing of 0.25 m showed similar values to the spacing of 0.50 m at 82 days. For CP, the best means were observed at 40 days, for both spacings. IVNDFD reduced according to plant growth while IVDMD and IVDOM were not influenced. The other bromatological characteristics increased as a result of the advance of plant age. The bromatological characteristics of plants and hay have not been influenced by row spacing. *C. ochroleuca* was productive, and nutritional values did not differ in the two spacings. The age of the plant influenced the nutritional value of the forage. Considering the bromatological characteristics, the most appropriate time for cutting and haying of *C. ochroleuca* is 40 days after emergence.

Keywords: residual cutting height, haymaking, legume hay, nutritive value.

3.1 Introdução

A rotação de culturas usando plantas antagônicas tem sido uma importante ferramenta para a manutenção e redução das populações de nematóides que afetam principalmente a cultura da soja, reduzindo também danos econômicos (SANTOS et al., 2014). O gênero *Crotalaria*, que pertence à família *Fabaceae*, possui ação nematicida natural devido à produção de alcalóides pirrolizidínicos, como a monocrotalina, que protegem as plantas de pragas e doenças, e podem ser fatores antinutricionais para a utilização como volumoso (SILVA-LÓPEZ; PACHECO, 2010; WANG et al., 2002).

A *Crotalaria ochroleuca* é uma leguminosa anual, apresentando melhores condições de plantio no período primavera/verão. Por possuir sistema radicular profundo e bem desenvolvido, também tem boa atuação na descompactação das camadas adensadas do solo. A produção de biomassa pode atingir de 7 toneladas por hectare ($t\ ha^{-1}$) de matéria seca, até 17 $t\ ha^{-1}$, quando não é submetida a restrição hídrica, proporcionando grande quantidade de matéria orgânica no solo quando utilizada com a finalidade de adubação verde (GARCIA; STAUT, 2018; AMABILE et al., 2000). Por controlar as espécies de nematóide de maior incidência nos solos do Brasil, a *Crotalaria ochroleuca* é uma das espécies mais utilizadas (MIAMOTO et al., 2016).

O valor nutricional do feno de *Crotalaria ochroleuca*, confeccionado com plantas em estágio fenológico anterior a floração, foi relatado por Sarwatt (1990). O autor observou valores de 81,2% para matéria seca (MS) e 30,5% para proteína bruta (PB), demonstrando um alto potencial para a nutrição animal. Porém, ainda são encontrados poucos artigos científicos recentes relacionados à qualidade nutricional e utilização de algumas espécies de *Crotalaria spp.* devido à presença de fatores antinutricionais na maioria das espécies do gênero. No entanto, Martins et al (2015) e Expósito (2020) não encontraram evidências da presença de monocrotalina na *Crotalaria ochroleuca*.

A hipótese desta pesquisa é que o feno produzido a partir da *Crotalaria ochroleuca* pode amenizar o déficit alimentar dos animais durante as épocas onde há escassez de forragem, além de utilizar um produto excedente da rotação de culturas atualmente utilizado para controle de fitonematóides e adubação verde.

Objetivou-se estudar os efeitos de diferentes densidades de semeadura sob as características agrônômicas e bromatológicas da *Crotalaria ochroleuca*, ao longo do

desenvolvimento da cultura e a qualidade bromatológica do feno produzido a partir da forrageira em diferentes alturas residuais de corte.

3.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental “Antônio Carlos Santos Pessoa”, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste – Campus Marechal Cândido Rondon, localizado no município de Marechal Cândido Rondon – PR, com latitude local de 24°31’52,00” Sul, longitude de 54°01’11,80” Oeste e altitude de 427m. O clima é classificado como Cfa de acordo com a Köppen e Geiger, a temperatura média anual é de 20,1 °C, e pluviosidade de 1.656 mm (MAACK, 1981).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, sendo utilizados dois tratamentos, com parcelas subdivididas no tempo. Nas parcelas principais, foram alocados os dois espaçamentos entre linhas (0,25 e 0,50m), e nas sub parcelas a idade das plantas (40, 54, 68 e 82 dias após a emergência), com 4 repetições. Para o feno foi utilizado um modelo fatorial 2x2, onde foram avaliados os dois espaçamentos entre linhas (0,25 e 0,50 m) e duas alturas residuais de corte (0,20 e 0,30m), o corte para a confecção do feno foi realizado aos 82 DAE (início do florescimento). A área experimental utilizada tinha 800 m², divididos em 4 parcelas de 200 m².

A área experimental utilizada foi cultivada anteriormente com milho para ensilagem. Antes da implantação da cultura, realizou-se a amostragem do solo e análise deste, obtendo-se os seguintes dados:

Tabela 1. Análise de solo realizado antes da sementeira de *Crotalaria ochroleuca*

pH (CaCl ²)	P mg.dm ⁻³	M.O. g.dm ⁻³	CTC	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	H+Al	Al ³⁺	V%	Al%
					cmolc.dm ⁻³						
4,72	22,67	22,90	10,60	0,16	2,81	2,86	5,83	4,76	0,27	55,03	4,84

Para implantação da *Crotalaria ochroleuca*, foram utilizados 10 kg ha⁻¹ de sementes (Piraí Sementes®), com valor cultural de 63,75%, nas áreas com espaçamento entre linhas de 0,50 m e 20 kg ha⁻¹ nas áreas com espaçamento entre as linhas de 0,25 m, sendo distribuídas 40 sementes por metro linear em ambos os espaçamentos. A sementeira foi realizada no dia 09 de novembro de 2018, com uma sementeira para sistema de plantio direto, com caixa para sementes pequenas. Não foi utilizada adubação na condução da cultura.

Após o 40º dia após a emergência da cultura, foram realizadas avaliações morfológicas de altura de planta (cm), diâmetro de caule (mm), em intervalos regulares de 14 dias até os 82 DAE. Para estas avaliações foram selecionadas aleatoriamente 10 plantas por parcela e realizadas aferições de: altura de plantas (cm), tomada do nível do solo até o último nó com trifólio completamente aberto, e diâmetro de caule (mm), mensurado na altura de 5 cm acima do nível do solo, com auxílio de paquímetro digital.

As coletas de amostras para análises bromatológicas das forragens foram realizadas quando as plantas estavam com 40, 54, 68 e 82 DAE. Nestes momentos, utilizando-se de quadrado metálico (0,25 m²) foram realizados cortes de quatro quadros/amostras por parcela, as quais foram pesadas para determinação da massa fresca de forragem e, após, encaminhadas para o laboratório, para avaliação do teor de MS e estimativa de produtividade de massa seca da forragem.

As amostras das forragens coletadas foram acondicionadas em sacos de papel, identificados e submetidos a pré secagem em estufa de circulação forçada à 55°C por 72 horas. Após a secagem as amostras foram moídas em moinho tipo Willey, com peneiras com 1 mm de crivo, e armazenadas para posteriores análises da composição químico-bromatológica.

Aos 82 DAE, no estágio vegetativo, a crotalária foi cortada em duas alturas residuais de corte (20 cm e 30 cm), utilizando uma segadeira condicionadora com batedores de dedos livres, e o material permaneceu no campo até atingir umidade aproximada a 15%. O material foi recolhido de forma manual, para evitar a perda das folhas durante o processo e foi acondicionado em sacos de tecido, armazenado em galpão coberto, e monitorado sua temperatura e umidade.

O material enfardado foi moído em moinho tipo Willey, com peneira de 1mm de crivo, e após foram retiradas quatro amostras de cada fardo para posteriores análises laboratoriais.

As amostras das forragens e dos fenos foram analisadas quanto aos teores de matéria seca definitiva (MS) e proteína bruta (PB), segundo a AOAC (1990). A fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e lignina (LIG) foram analisadas conforme proposição de Van Soest et al. (1991) e os teores de celulose (CEL) e hemicelulose (HEM) conforme Silva & Queiroz (2006).

A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi realizada segundo a técnica descrita por Tilley & Terry (1963), adaptada ao rúmen artificial (incubadora *in vitro* TE – 150

Tecnal®), conforme Holden (1999). A digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) foi determinada através da queima em mufla do resíduo do material incubado obtido após o término das análises de DIVMS, sendo seu resultado expresso através do cálculo da diferença entre os resíduos de incubação e as cinzas. Para a determinação da digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), adotou-se a metodologia descrita por Goering & Van Soest (1975), com incubação das amostras por 48 horas a 39°C, posteriormente submetendo-as a análise de FDN.

Os dados foram submetidos à teste de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e, após retirada de outliers, passaram por análise de variância pelo procedimento GLM do SAS® versão *Student*. Os dados da avaliação agrônômica da cultura passaram por análise de acordo com o modelo a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + \varepsilon_{ik} + D_j + ED_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

na qual Y_{ijk} é o valor observado para a variável resposta; μ é a média de todas as observações; E_i e o efeito do espaçamento entre linhas, ε_{ik} é o erro aleatório associado ao espaçamento entre linhas/parcelas; D_j é o efeito da idade das plantas (dias após a emergência); ED_{ij} é o efeito da interação do espaçamento entre linhas com idade das plantas e ε_{ijk} é o erro aleatório associado as idades da plantas/subparcelas.

Quando significativo para a comparação do fator espaçamento, foi utilizado o teste F e para a comparação entre as diferentes idades foi utilizado o teste de Tukey, ambos a 5% de probabilidade. Quando encontrado efeito apenas para a idade, os dados foram submetidos à análise de regressão.

Para a avaliação da composição bromatológica do feno, seguiu-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + C_j + EC_{ij} + BL_k + \varepsilon_{ijk}$$

na qual Y_{ijk} é o valor observado para a variável resposta; μ é a média de todas as observações; E_i e o efeito do espaçamento entre linhas; C_j é o efeito da altura residual de corte; EC_{ij} é o efeito da interação do espaçamento entre linhas com altura residual de corte; BL_k é o efeito do bloco e ε_{ijk} é o erro residual aleatório.

3.3 Resultados e discussão

A altura de plantas apresentou um efeito linear ($P < 0,05$) em função da idade das plantas (Figura 1), com a maior altura encontrada nas plantas com 82 DAE (198,05 cm). Foi observada diferença na altura de plantas entre os espaçamentos entre linhas. As plantas semeadas com espaçamento de 0,50 m entre linhas apresentaram altura 17,99% maior que as plantas com espaçamentos entre linhas de 0,25 m (Tabela 2).

Esses valores podem ser relacionados ao aumento na competição intraespecífica, devido à diminuição no espaçamento entre linhas e o aumento na população de plantas. As plantas nessas condições competem por espaço, água, luz e nutrientes, além de provocar mudanças fisiológicas nas plantas, como uma menor altura, redução na ramificação e caules mais finos (PETTER et al. 2016; ARGENTA et al., 2001). De modo similar, Cruz et al. (2016) em experimento realizado com soja, encontraram alterações na arquitetura das plantas associadas ao arranjo espacial, onde o aumento da população de plantas reduziu a altura da lavoura. Srisaikham et al. (2019) que relataram que a altura média em plantas inteiras de forragens leguminosas (alfafa (*Medicago sativa*) e Estilosantes (*Stylosanthes hamata* cv. Verano e *Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra stylo), aumentaram com aumento nas idades de corte.

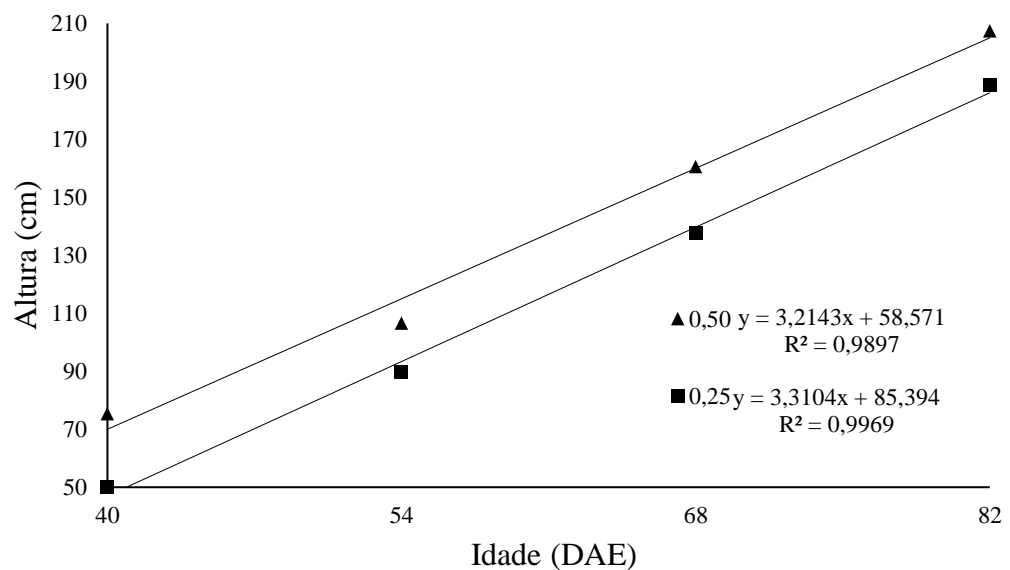


Figura 1. Altura de plantas (cm) em dois espaçamentos de semeadura nas diferentes idades avaliadas (DAE).

O diâmetro de caule (mm) da *Crotalaria ochroleuca* foi afetado em função do espaçamento entre plantas e da quantidade de dias após emergências, com interação ($P=0,008$) entre os tratamentos (Tabela 2). Observou-se que, independentemente do espaçamento, ocorreu aumento no diâmetro de caule com o avanço na idade das plantas. Porém, nas plantas com espaçamento entre linhas de 0,5 m o diâmetro de caule foi, em média, 55,72% maior que nas sementes com espaçamento de 0,25 m.

Tabela 2. Diâmetro de caule (mm) da *Crotalaria ochroleuca* em função do espaçamento entre linhas (cm) e dias após emergência (DAE)

Espaçamento (cm)	Dias Após Emergência (DAE)				P Valor
	40	54	68	82	
50	8,30aC	12,42aB	18,60aA	18,44aA	<,0001
25	4,58bC	9,49bB	8,93bB	14,09bA	<,0001
P Valor	0,0078	0,0321	<,0001	0,0023	

Médias seguidas de letras distintas, minúscula na coluna, diferem entre si pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

Segundo Rocha et al. (2018) as plantas sofrem alterações morfológicas e fisiológicas de acordo com o espaçamento entre linhas de semeadura, este comportamento ocorre em função do aumento da competição intraespecífica devido ao aumento do adensamento. De acordo com Jobim et al (2001) o diâmetro de caule é uma característica importante no processo de fenação, sendo negativamente relacionado com a taxa de desidratação do feno.

Balbinot Junior et al. (2015) encontraram redução no diâmetro da haste principal e do número de ramos por planta, em virtude da redução do espaçamento entre linhas em plantas de soja. Este padrão frente ao aumento da densidade de plantas também foi constatado por Martins et al. (1999) e por Procópio et al. (2013).

Não houve interação ($P>0,05$) entre espaçamento e idade (DAE) para as variáveis altura de planta e produção de massa fresca (Tabela 3).

Tabela 3. Altura de planta (cm) e produção de massa fresca ($t\ ha^{-1}$) da *Crotalaria ochroleuca* em diferentes espaçamentos entre linhas de semeadura

	Espaçamentos(cm)		EPM	P valor
	25	50		
ALT	116,53	137,50	8,596	<,0001
PMF	39,03	58,78	5,593	<,0001

ALT – altura de planta (cm); PMF – produção de massa fresca ($t\ ha^{-1}$). Médias diferem entre si pelo teste F ($P\leq 0,05$).

Segundo Martins et al. (1999), quando ocorre maior competição entre as plantas, há menor disponibilidade de fotoassimilados para o crescimento vegetativo na forma de

ramificações, pois são destinados preferencialmente para o crescimento da haste principal. Devido à menor ramificação das plantas em competição, houve uma menor produção de massa fresca.

Na produção de massa fresca (Figura 2) os dados foram melhor representados pelo modelo de regressão quadrática, sendo as maiores produções observadas aos 82 DAE. Houve diferença entre os espaçamentos aos 54 e 82 dias ($P < 0,05$). No espaçamento de 0,50 m foi observada uma produção 50,6% maior em relação ao espaçamento 0,25 m. Este comportamento pode estar correlacionado aos demais fatores morfológicos avaliados. Mkiwa et al., (1990) observaram que a produção de massa fresca da *C. ochroleuca* aumentou de 58 kg ha⁻¹ após duas semanas para 3528 kg ha⁻¹ após 16 semanas.

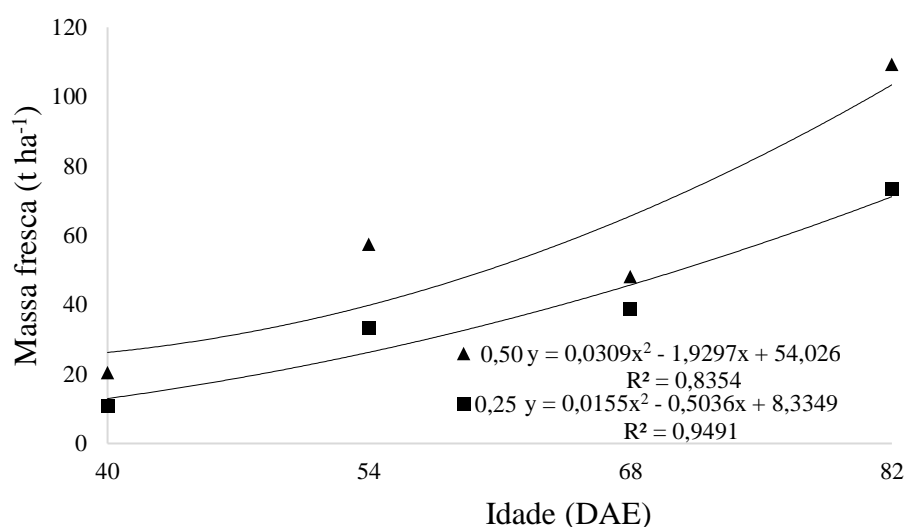


Figura 2. Produtividade de massa fresca (t ha⁻¹) da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de sementeira em função das idades avaliadas (DAE).

Não foi observada diferença na produção de MS da *C. ochroleuca* para os espaçamentos aos 40 e 68 DAE, enquanto que aos 54 e 82 dias, o espaçamento de 0,5 m apresentou maior produção de MS. O aumento na população de plantas no espaçamento 0,25 m e baixa competição intraespecífica podem ter afetado essa variável. No estágio final do desenvolvimento vegetativo, as plantas semeadas com espaçamento entre linhas de 0,50 m apresentaram um aumento acentuado na produção de MS.

A redução de espaçamento de sementeira da *Crotalaria sp.* pode ser uma boa alternativa para controle de plantas daninhas, além de aumentar a produção de fitomassa, devido ao melhor arranjo de plantas e diminuição da competição por luminosidade (Garcia e

Staut, 2018). Neste trabalho, esse comportamento não foi observado, pois a redução do espaçamento de semeadura estava aliada ao dobro de plantas utilizadas, o que aumentou a competição ao invés de melhorar o arranjo.

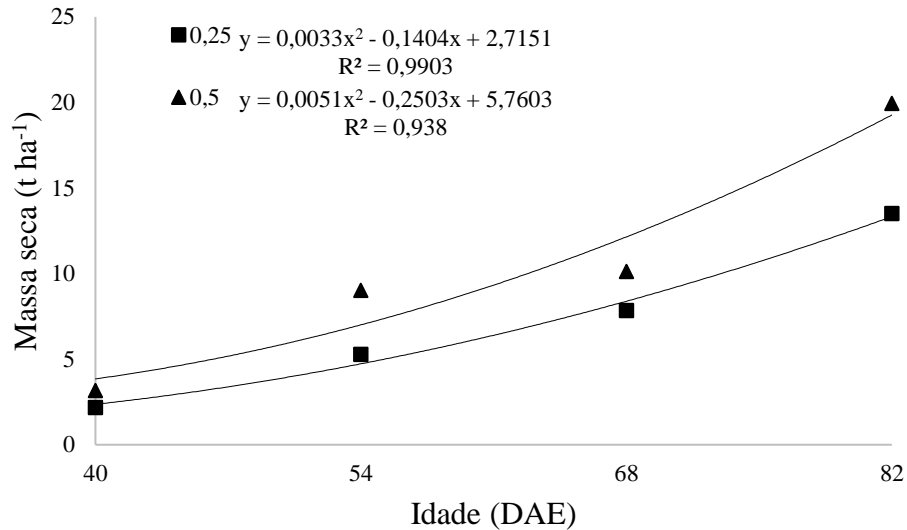


Figura 3. Produtividade de massa seca (t ha⁻¹) da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura em função das idades avaliadas (DAE)

Garcia e Staut (2018), em trabalho realizado com épocas de semeadura e espaçamentos entre linhas, observaram que a *C. ochroleuca*, bem como a *C. juncea* e *C. spectabilis*, possuem um potencial de produção de MS superior quando semeadas na entressafra e com espaçamentos entre linhas reduzidos. Srisaikhram and Lounglawan (2018) observaram um rendimento de MS no corte de crotalária aumentou de acordo com o avanço da idade de corte, de 876 kg MS ha⁻¹ corte⁻¹ aos 35 dias de idade a 4.533 kg MS ha⁻¹ corte⁻¹ aos 55 dias de idade.

Na composição bromatológica da *Crotalária ochroleuca* em diferentes idades (Tabela 5) foi observada interação (P<,0001), para a variável matéria seca. No desdobramento da interação (Tabela 4), quando avaliado o espaçamento de 0,25 m entre linhas, houve diferença no teor de matéria seca, a idade de 40 dias após a emergência apresentou a maior quantidade (197 g kg⁻¹), na ordem de 4,46%, 10,82% e 28,45% maior que aos 68 dias, 82 e 54 dias, respectivamente. Para o espaçamento de 0,5 m, as idades de 68 e 82 dias não diferiram entre si (196,56 e 195,33 g kg⁻¹), com valores médios de 30,22% maiores em relação aos 40 dias e 31,36% em relação aos 54 dias.

Aos 40 e 54 dias, o espaçamento de 0,25 m apresentou as melhores médias de concentração de MS, porém com o avanço da idade, as plantas apresentaram melhor

concentração no espaçamento de 0,5 m. As demais variáveis avaliadas não apresentaram interação ($P>0,05$) entre o espaçamento e a idade (Tabela 4).

No espaçamento de 0,25 m observou-se que, as plantas apresentaram teor de matéria seca maior que o espaçamento de 0,5 m até os 54 dias após a emergência. Nas idades de 68 e 82 dias após a emergência o espaçamento de 0,5 m se mostrou superior no teor de matéria seca.

O espaçamento entre linhas é determinante para que a cultura se desenvolva, e quando reduzido, causa mudanças fisiológicas e morfológicas nas plantas, ocasionando modificações no surgimento e senescência dos órgãos vegetais e influenciando diretamente no rendimento de matéria seca (ROCHA et al., 2018). Neste trabalho, o maior teor de matéria seca no espaçamento reduzido, quando avaliadas as plantas mais jovens, pode ser explicado pelo porte da planta ainda não influenciar na competição intraespecífica. Quando estas foram crescendo, a maior densidade de plantas na área com espaçamento de 0,25 m afetou o teor de MS, pois o porte da planta já influenciava no sombreamento e competição por luz.

Mkiwa et al., (1990), em um estudo na Tanzânia que investigou o valor nutritivo e a produção de *Crotalaria ochroleuca*, colhida em diferentes estágios de crescimento, verificaram que a produção de MS e MO foram maiores nas plantas mais velhas. Srisaikham et al. (2019) observaram aumento no rendimento (peso total por área), peso fresco por planta e MS em plantas inteiras de forragens leguminosas (alfafa e duas cultivares de estilosantes) conforme as aumentaram as idades de corte.

Tabela 4. Teor de matéria seca (g kg^{-1}) da *Crotalaria ochroleuca* em função dos espaçamentos entre linhas (cm) e idade das plantas (DAE)

Espaçamento (cm)	DAE (dias)				P Valor
	40	54	68	82	
25	197,00aA	153,36dA	188,59bB	177,76cB	<,0001
50	150,47cB	149,16dB	196,56aA	195,33bA	<,0001
P Valor	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	

DAE: dias após a emergência. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste F. Médias seguidas de letras distintas minúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P\leq 0,05$).

O espaçamento entre linhas não afetou a composição bromatológica da *Crotalaria ochroleuca* (Tabela 4). Porém, os valores de PB, FDN, FDA, LIG, CEL, HEMI, PIDN, PIDA e DIVFDN foram alterados ($P<0,05$) em função do avanço na idade das plantas (Figura 03 a Figura 13).

Tabela 5. Composição bromatológica da *Crotalaria ochroleuca*, semeada em diferentes espaçamentos entre linhas

	Espaçamentos		EPM	P valor
	25	50		
PB ²	198,82	206,66	4,52	0,280
FDN ²	504,38	507,25	9,93	0,820
FDA ²	298,66	304,02	6,44	0,558
LIG ²	180,30	177,31	4,91	0,726
CEL ²	335,53	361,37	8,21	0,662
HEMI ²	205,72	203,23	4,91	0,726
PIDN ³	291,11	287,53	12,22	0,876
PIDA ³	429,68	421,17	19,55	0,808
DIVMS ¹	664,71	663,73	7,68	0,945
DIVMO ¹	683,03	673,49	7,77	0,571
DIVFDN ¹	491,16	508,79	11,14	0,471

¹g kg⁻¹; ²g kg⁻¹ MS; ³g kg⁻¹ PB; MS – Matéria seca; PB – Proteína bruta; PIDN – Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA – Proteína insolúvel em detergente ácido; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA – Fibra em detergente ácido; LIG - Lignina; CEL – Celulose; HEMI – Hemicelulose; DIVMO – Digestibilidade *In vitro* da matéria orgânica; DIVMS – Digestibilidade *In vitro* da matéria seca; DIVFDN – Digestibilidade *In vitro* da fibra em detergente neutro. Médias seguidas de letras distintas, diferem entre si pelo teste F (P≤0,05).

Para a proteína bruta foram encontradas as maiores médias aos 40 dias após a emergência, sendo 17,5%, 27,02% e 19,31% maior em relação as idades de 54, 68 e 82 dias, respectivamente (Figura 4). Antoniel et al. (2016), relataram que a idade das plantas influencia no teor de proteína bruta das mesmas, reduzindo conforme o desenvolvimento fenológico. Este comportamento pode estar associado ao aumento da proporção de caule conforme o crescimento das plantas. Srisaikham e Lounglawan (2020) observaram diminuição dos teores de PB na *C. juncea*, conforme o avanço da idade da planta, de 22,21% aos 30 dias de idade, reduzindo para 18,82% aos 50 dias de idade, quando cortadas a 30 cm do solo.

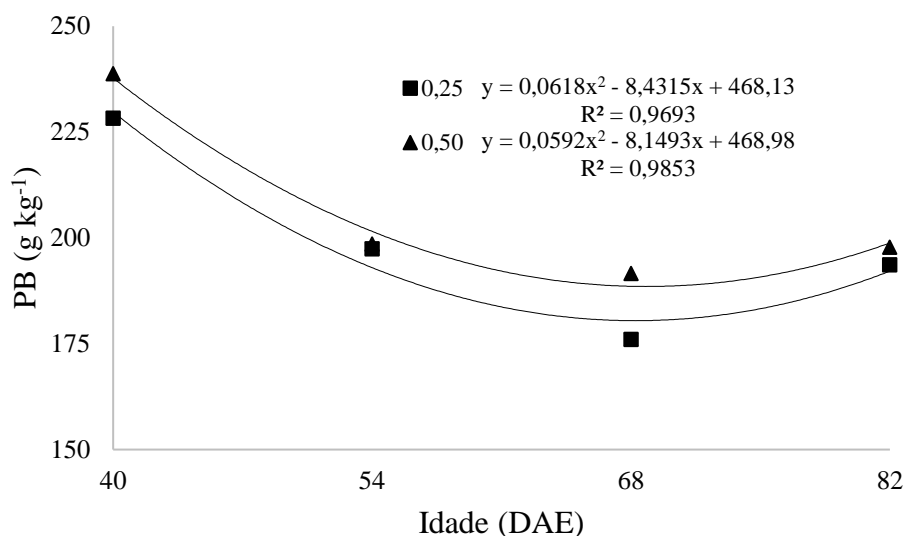


Figura 4. Teores de proteína bruta (g kg⁻¹ MS) da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura nas diferentes idades avaliadas (DAE).

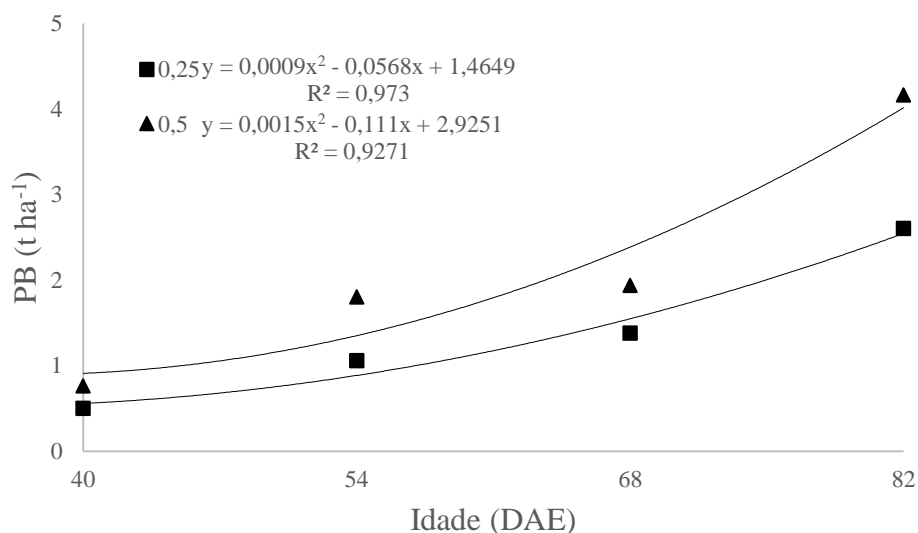


Figura 5. Proteína bruta (t ha⁻¹) da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura nas diferentes idades avaliadas (DAE).

A variável FDN apresentou um efeito quadrático conforme o avanço da idade das plantas, sendo encontrada aos 68 dias a maior concentração de FDN (Figura 6) nas plantas (547,01 g kg⁻¹), e, voltando a reduzir aos 82 dias (538,42 g kg⁻¹). A média aos 54 dias (511,35 g kg⁻¹) não diferiu aos 82 dias. Aos 40 dias, observou-se que a média foi 16,59%, 22,03% e 20,78%, menor que aos 54, 68 e 82 dias, respectivamente. Mertens (1997) sugere que o consumo de FDN mantenha-se próximo ao valor de 12,0 ± 1,0 g/kg de peso vivo (PV), logo, não é possível mensurar uma quantidade ideal de FDN na forragem, visto que esta é apenas

uma parte da dieta total dos ruminantes, e toda a dieta deve ser levada em consideração. Segundo o NRC (2001), o teor de FDN de alfafa chega a 43,1%. Neres et al., (2010) observou que o número de revolvimentos durante a secagem do feno de alfafa afeta o teor de FDN durante o armazenamento, aumentando de 45,71% no momento do enfardamento para 61,21% após 60 dias de armazenamento.

A concentração de fibras no volumoso é vista como um índice negativo, já que é inversamente proporcional ao teor de energia e consumo, porém, na dieta de animais ruminantes a fibra é necessária para um funcionamento e metabolismo normal do rúmen (Conte et al., 2018). Dietas com alto teor de FDN apresentam uma limitação física no consumo, devido à baixa capacidade de digestão das fibras e enchimento do trato digestivo (DE OLIVEIRA, 2017). Após meta-análise com dados de 53 estudos com vacas em lactação e 126 estudos com bovinos confinados em crescimento e terminação, Detmann et al. (2014) concluíram que a ingestão voluntária de MS reduziu linearmente de acordo com o aumento da fração FDN na dieta.

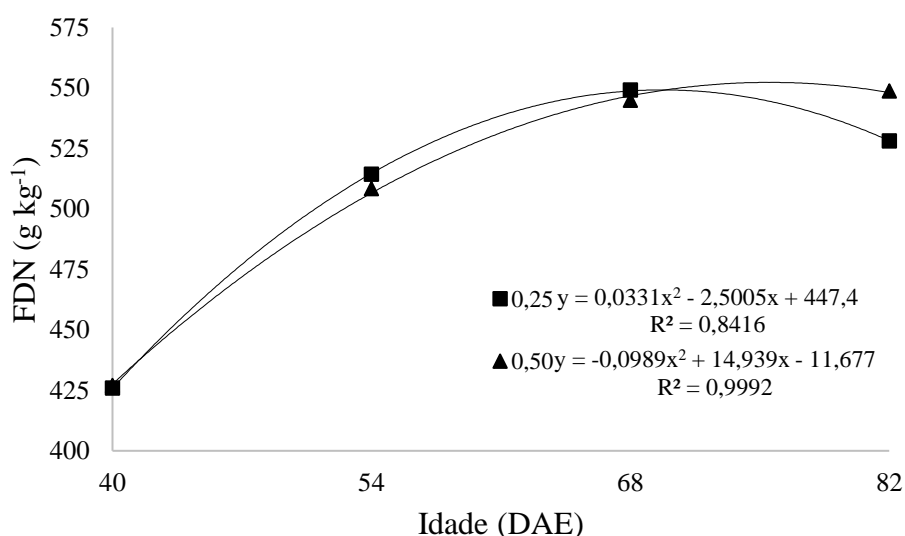


Figura 6. Teores de fibra em detergente neutro (g kg^{-1}) da *C. ochroleuca* em diferentes espaçamentos entre linhas e nas diferentes idades avaliadas (DAE).

A variável FDA se comportou de maneira semelhante ao FDN (Figura 7), apresentando aumento nas idades mais avançadas, sendo 15,31%, 21,57% e 22,94% maiores aos 54, 68 e 82 dias, respectivamente, em relação aos 40 dias ($262,13 \text{ g kg}^{-1}$). Esse aumento é explicado pela maior concentração de fibra nos caules das leguminosas (MORAES et al., 2013), sendo essa concentração intensificada em estágios fenológicos mais avançados. Ou

seja, na idade de 40 dias após a emergência a cultura apresentava menor quantidade de tecidos fibrosos e, com o desenvolvimento das plantas, a proporção de tecidos fibrosos foi modificada, aumentando para suportar seu peso e porte. Van Soest (1994) indica que teores de FDA acima de 300 g kg^{-1} já podem interferir no consumo dos animais, em função da diminuição digestibilidade.

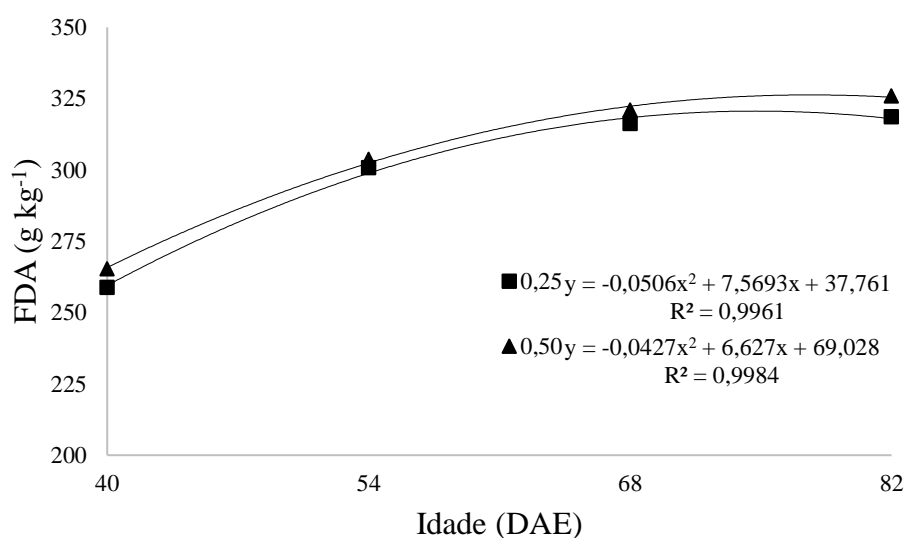


Figura 7. Teores de fibra em detergente ácido da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos entre linhas e nas diferentes idades avaliadas.

Para lignina (Figura 8), celulose (Figura 9) e hemicelulose (Figura 10), o modelo de regressão quadrática foi o que melhor se ajustou aos dados. Para LIG os maiores valores foram encontrados aos 54 e 68 dias ($194,78$ e $199,83 \text{ g kg}^{-1}$), sendo $11,24\%$ e $14,13\%$, respectivamente, maior que a média aos 82 dias ($175,09 \text{ g kg}^{-1}$). A menor concentração de lignina foi observada aos 40 dias ($145,53 \text{ g kg}^{-1}$). Quanto as concentrações de CEL, observaram-se maiores médias aos 54 e 82 dias ($380,51$ e $386,32 \text{ g kg}^{-1}$), valores estes maiores em $21,67\%$ e $23,53\%$, respectivamente, em relação à média observada aos 40 dias e $9,89\%$ e $11,57\%$, respectivamente, maior que aos 68 dias. Na variável HEMI a maior média foi observada aos 68 dias, com $38,9\%$, $9,2\%$ e $5,63\%$ superior aos 40, 54 e 82 dias, respectivamente.

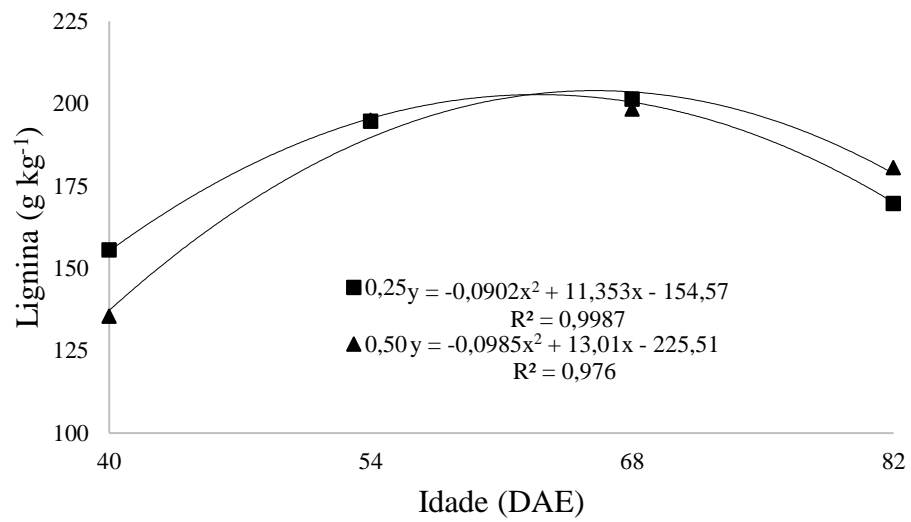


Figura 8. Teores de lignina na *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas (DAE).

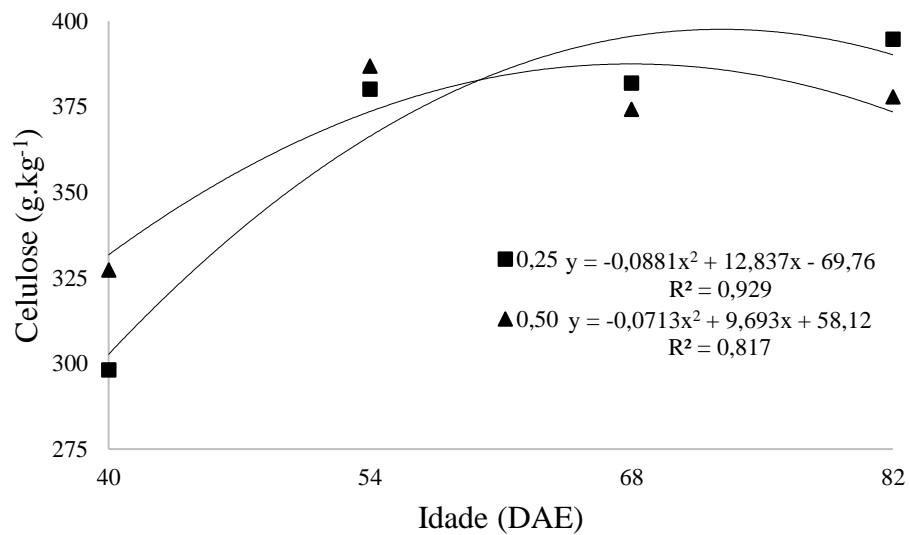


Figura 9. Teores de celulose da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas (DAE).

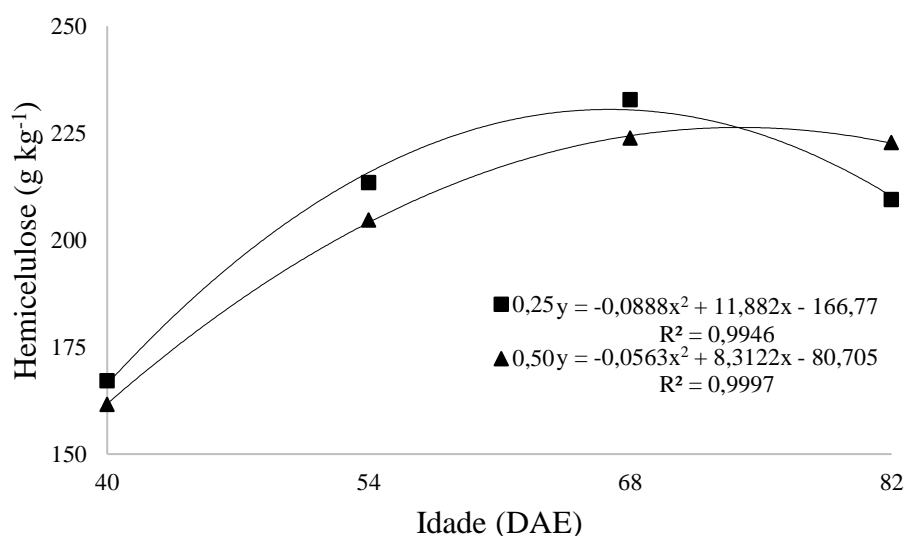


Figura 10. Teores de hemicelulose da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas (DAE).

Todos os valores de lignina observados neste trabalho são superiores aos teores desejáveis (<50g kg⁻¹ MS) em alimentos volumosos (ANDRADE JÚNIOR et al., 2014), e podem levar a menor ingestão do alimento conservado. Isso pode estar ligado a arquitetura da planta forrageira utilizada na pesquisa. O caule é composto basicamente de paredes celulares primárias e secundárias, tendo em sua composição celulose, hemicelulose e lignina. As paredes secundárias, que conferem rigidez e resistência as plantas, são compostas por altas quantidades de lignina, que proporciona aos vegetais o reforço estrutural necessário para crescerem verticalmente (TAIZ et al., 2017).

A *Crotalaria ochroleuca* é uma leguminosa que apresenta grande proporção de caule na composição da biomassa (GARCIA; STAUT, 2018; DA SILVA et al., 2016). Srisaikhram e Lounglawan (2020) observaram que o avanço da idade de *C. juncea* afeta no teor de lignina do material cortado a 30 cm do solo, aumentando de 48 kg ha⁻¹ aos 30 dias para 534 kg ha⁻¹ aos 50 dias de idade.

Para a variável PIDN (Figura 10) foram encontradas as maiores médias entre os 68 e 82 dias (335,93 e 309,31 g kg⁻¹), porém não diferiu estatisticamente da concentração aos 54 DAE. Aos 40 dias foi observada média 31,59% e 25,7% menor que aos 68 e 82 dias, respectivamente, e também não diferiu da média aos 54 dias.

Os valores de PIDA não diferiram entre si aos 54, 68 e 82 DAE (Figura 11) (457,54, 492,52 e 454,05 g kg⁻¹), foram observadas médias 53,64%, 65,38% e 52,46%, respectivamente, maiores que aos 40 dias (297,80 g kg⁻¹). Este resultado pode ser relacionado

ao desenvolvimento, principalmente do caule da planta no período e a redução da relação folha/caule, como descrito por Van Soest (1983) e Wilkins (1969).

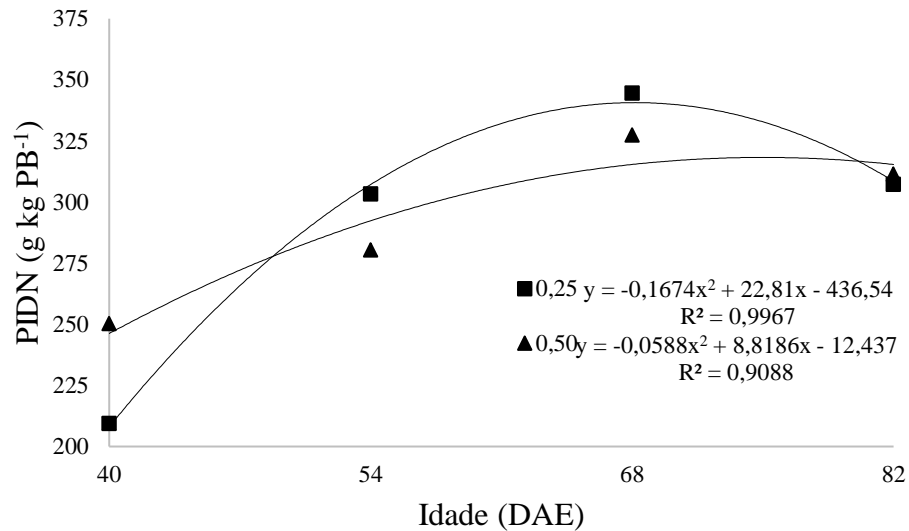


Figura 11. Teores de proteína indigestível em detergente neutro da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas (DAE).

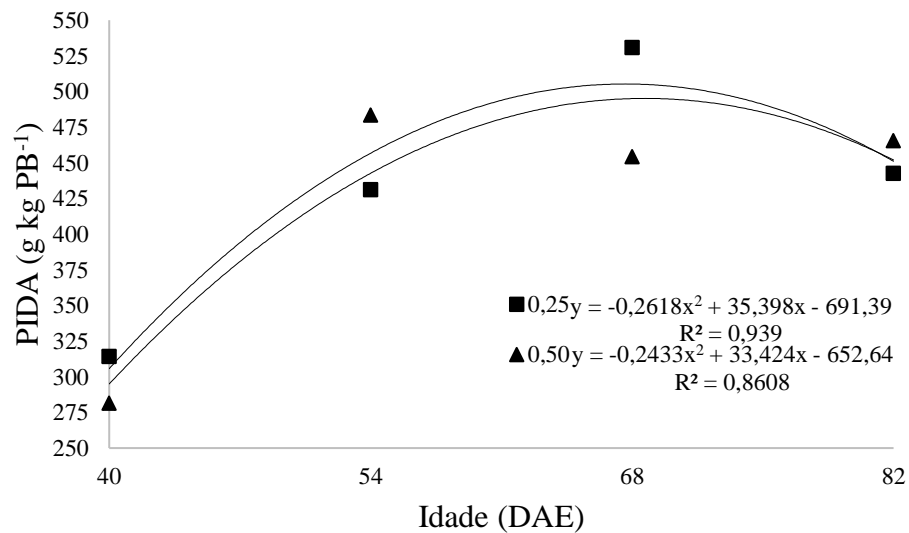


Figura 12. Teores de proteína indigestível em detergente ácido (PIDA) na *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas (DAE).

Para as variáveis DIVMS (Figura 13) e DIVMO (Figura 14) não foram encontradas diferenças entre as idades das plantas, porém, o comportamento da curva no gráfico, demonstra uma tendência em reduzir a digestibilidade com o avanço da idade. Arias et al

2003 obtiveram 41,8% de digestibilidade *in vitro* da matéria seca, avaliando a espécie de *Crotalaria longirostrata*.

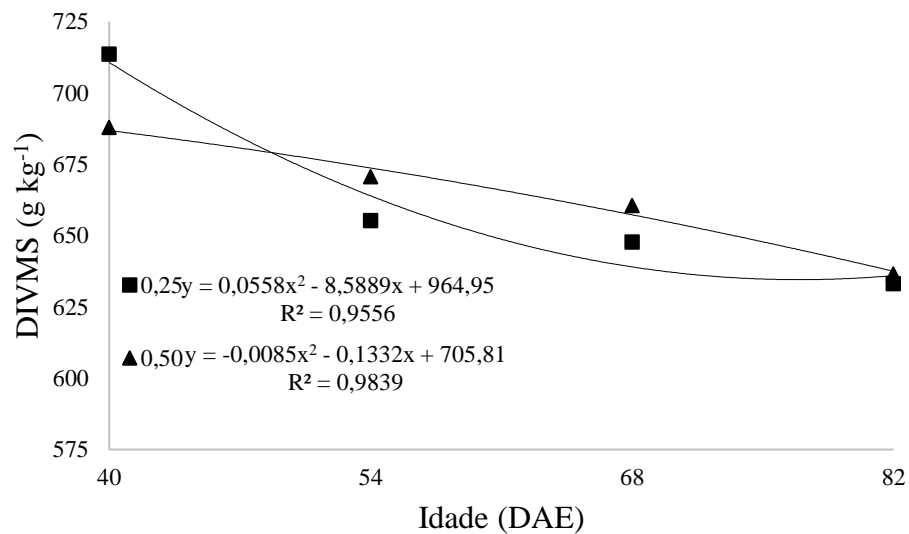


Figura 13. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas (DAE).

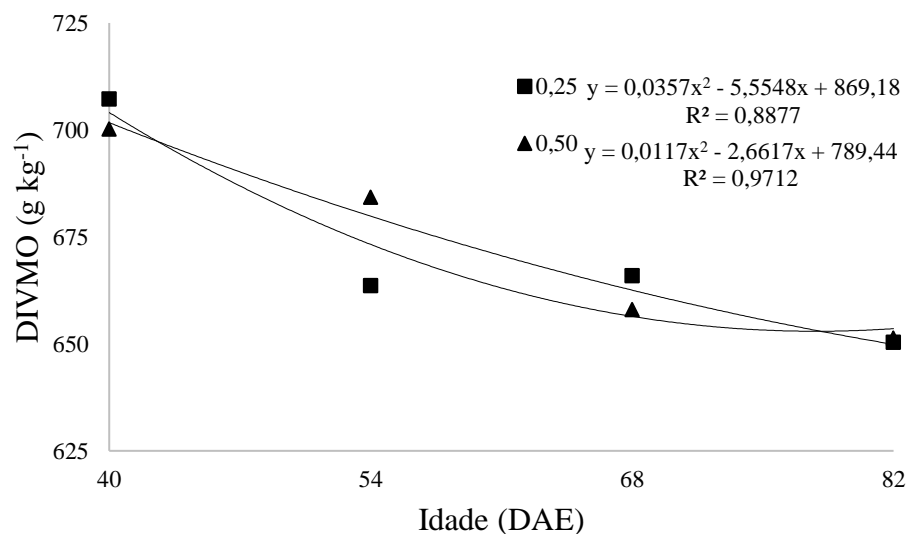


Figura 14. Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) na *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura e nas diferentes idades avaliadas.

Para a variável DIVFDN (Figura 15) a maior média foi observada aos 40 dias, com valores de 10,83%, 16,23% e 11,5% maior que aos 54, 68 e 82 dias, respectivamente. A média aos 54 dias não diferiu estatisticamente das demais. O teor de FDN e FDA dos alimentos são parâmetros muito importantes que afetam a digestibilidade e o consumo de

alimentos pelos ruminantes (ERTEKIN; KIZILSMSEK, 2020). Observando os resultados de fibras presentes nas plantas, pode-se correlacionar a maior quantidade de FDN e o aumento significativo de lignina (não digestível) nas idades mais avançadas da planta com a redução na DIVFDN. Para a confecção de feno no fim do ciclo vegetativo, a *C. ochroleuca* apresentou alto teor e baixa digestibilidade de FDN, o que influencia negativamente no consumo pelos animais.

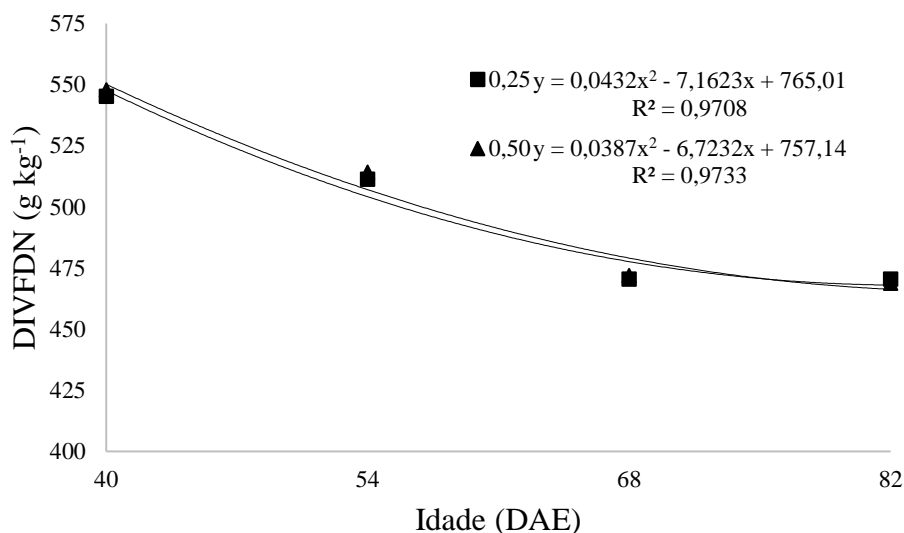


Figura 15. Digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN) da *C. ochroleuca* em dois espaçamentos de semeadura nas diferentes idades avaliadas (DAE).

Srisaikhram e Lounglawan (2020), observaram que a inclusão de até 75% de *Crotalaria juncea* na dieta de bovinos não afetou a digestibilidade da MS, PB, FDN e FDA.

Com relação à composição bromatológica do feno (Tabela 6), não foram observadas interações entre os fatores altura de corte e espaçamento, para nenhuma das variáveis avaliadas. Não houve influência da altura de corte e espaçamento sobre o valor nutricional do feno armazenado.

Segundo Von Pinho et al. (2006) a elevação da altura de corte reduz significativamente as porcentagens da fração caule na MS, no entanto, Pereira (1985), definiu que, para leguminosas perenes com a finalidade de corte (fenação, ensilagem ou trituração imediata), há necessidade de máxima produção de massa vegetal com caules relativamente finos. Neste experimento, não foi encontrada diferença na composição bromatológica do feno cortado em diferentes alturas, porém, cortes em altura residual maior tendem a melhorar a

relação folha:caule e facilitar o manejo da forrageira (PADILLA et al., 2014; CAVALI; VALENTIM, 2002).

Quando comparados à composição bromatológica da *C. ochroleuca* no momento do corte (aos 82 dias) e o feno após 30 dias de armazenagem, observa-se que a houve redução nas concentrações de proteína bruta em função da fenação. Isso pode ser explicado devido a maior perda de folhas das leguminosas durante o processo de fenação (ROTZ, 1995; McDONALD; CLARK, 1987).

Neres et al., (2010) observaram que o revolvimento também afeta o teor de proteína bruta do feno. Os autores, analisando feno de alfafa com e sem revolvimento de material observaram uma diminuição do teor de PB durante o período de armazenagem (23,99% no momento do enfardamento vs 19,6% após 60 dias de armazenamento) quando o material era revolvido duas vezes durante a secagem, redução essa justificada pela queda das folhas. O método de secagem utilizado na presente pesquisa foi ao sol e com revolvimento, o que pode ter aumentado a queda de folhas e, conseqüentemente, perda de qualidade do feno em comparação a massa verde.

Tabela 6. Composição químico-bromatológica do feno *Crotalaria ochroleuca*, semeada em diferentes espaçamentos entre linhas e submetidas a diferentes alturas de corte

	Altura (cm)		Espaçamento (cm)		EPM	P valor [§]		
	20	30	25	50		A	E	A*E
MS ¹	857,53	855,02	857,25	855,30	7,86	0,535	0,629	0,897
PB ²	121,55	138,16	127,22	132,49	30,16	0,292	0,733	0,659
PIDN ³	241,08	299,82	295,69	245,20	65,95	0,100	0,152	0,561
PIDA ³	236,28	236,93	239,07	234,68	32,93	0,972	0,802	0,633
FDN ²	625,13	599,53	595,75	628,90	50,74	0,333	0,216	0,952
FDA ²	449,59	444,08	443,61	450,06	48,73	0,825	0,796	0,989
LIG ²	147,24	148,24	145,50	149,76	18,86	0,920	0,665	0,768
CEL ²	467,71	447,85	457,70	457,87	47,25	0,417	0,994	0,716
HEMI ²	175,55	155,44	152,14	178,85	83,79	0,640	0,536	0,978
DIVMO ¹	541,69	543,19	544,29	540,59	37,38	0,937	0,846	0,974
DIVMS ¹	554,66	555,55	554,99	555,22	37,54	0,963	0,990	0,928
DIVFDN ¹	404,55	418,42	426,33	396,64	59,28	0,648	0,336	0,990

¹g kg⁻¹; ²g kg⁻¹ MS; ³g kg⁻¹ PB; [§]A – Efeito da altura; E – Efeito do espaçamento; A*E – Efeito da interação entre altura e espaçamento. MS – Matéria seca; PB – Proteína bruta; PIDN – Proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA – Proteína insolúvel em detergente ácido; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA – Fibra em detergente ácido; LIG - Lignina; CEL – Celulose; HEMI – Hemicelulose; DIVMO – Digestibilidade *In vitro* da matéria orgânica; DIVMS – Digestibilidade *In vitro* da matéria seca; DIVFDN – Digestibilidade *In vitro* da fibra em detergente neutro.

3.4 Conclusão

Considerando as características agronômicas, a *Crotalaria ochroleuca* apresenta plasticidade morfológica em relação a densidade de semeadura, se mostrando produtiva mesmo quando em competição por espaçamentos reduzidos.

Considerando as características bromatológicas, o melhor momento para o corte e confecção de feno é aos 40 dias após a emergência, quando apresentam elevado teor de matéria seca e menor teor de fibras indigestíveis.

A altura residual de corte não influenciou na qualidade do feno produzido a partir da *Crotalaria ochroleuca* aos 82 dias de idade.

3.5 Referências bibliográficas

- AMABILE, R.F.; FANCELLI, A.L.; DE CARVALHO, A.M. Responses of green manures to different sowing dates and spacings in the Cerrados region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 47-54, 2000.
- ANDRADE JÚNIOR, V.C.; PEREIRA, R.C.; DORNAS, M.F.S. et al. Silage production, chemical composition and fermentative capacity of wilted sweet potato vines. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.1, p.91-97, 2014.
- ANTONIEL, L.S.; DO PRADO, G.; ROCHA, T.; et al. Irrigação no teor de proteína bruta de duas espécies de pastagens. **Irriga**, v.1, n.1, p.248-248, 2016.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: Análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001.
- ARIAS, L., LOSADA, H., RENDÓN, A., et al. Evaluation of Chipilín (*Crotalaria longirostrata*) as a forage resource for ruminant feeding in the tropical areas of Mexico. **Livestock Research for Rural Development**, v.15, n.30, p.1-9, 2003.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 15.ed. Arlington: Kenneth Helrich, 1990. 1298p.
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.D.O.; DEBIASI, H.; et al. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2015.
- CAVALI, J.; VALENTIM, J. F. Produção de matéria seca de amendoim forrageiro sob diferentes alturas e intervalos de corte. In: **Embrapa Acre-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. IN: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2002, Rio Branco, AC. Anais... Rio Branco, 2002.
- CONTE, G.; CIAMPOLINI, R.; CASSANDRO, M.; et al. Feeding and nutrition management of heat-stressed dairy ruminants. **Italian Journal of Animal Science**, v.17, n.3, p.604-620, 2018.
- CRUZ, S.C.S.; JUNIOR, D.G.S.; DOS SANTOS, D.M.A.; et al. Cultivo de soja sob diferentes densidades de semeadura e arranjos espaciais. **Journal of Neotropical Agriculture**, v.3, n.1, p.1-6, 2016.
- DA SILVA, A.G.; DE AZEREDO, G.A.; DE SOUZA, V.C. et al. Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.2, p.49-54, 2016.
- DE OLIVEIRA, B.C.; DE OLIVEIRA CAETANO, G.A.; JÚNIOR, M.B.C.; et al. Mecanismos reguladores de consumo em bovinos de corte. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.14, n.4, p.6066-6075, 2017.
- DETMANN, E.; GIONBELLI, M. P.; HUHTANEN, P. A meta-analytical evaluation of the regulation of voluntary intake in cattle fed tropical forage-based diets, **Journal of Animal Science**, v.92, n.10, p.4632-4641, 2014.
- ERTEKIN, İ.; KIZILŞİMŞEK, M. Effects of lactic acid bacteria inoculation in pre-harvesting period on fermentation and feed quality properties of alfalfa silage. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v.33, n.2, p.245, 2020.
- EXPÓSITO, L.O.; LOIOLA, G.H.; NUNES, E.D.O.; et al. Controle potencial de nematóide de cisto com espécies de crotalaria não associado à monocrotalina. In: SANTOS, C.C. **Resultados econômicos e de sustentabilidade nos sistemas nas ciências agrárias**. Ponta Grossa: Athena, 2020. p.221-230.

- GARCIA, R.A.; STAUT, L.A. Como inserir crotalária em sistemas de produção de grãos. **Circular Técnica**, v. 44, 2018.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis**. Washington: United States Department of Agriculture. 1975. 20p.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.8, p.1791-1794, 1999.
- JOBIM, C.C.; LOMBARD, L.; GONÇALVES, G.D.; CECATO, U.; et al. Desidratação de cultivares de *Cynodon* sp. durante o processo de fenação. **Acta Scientiarum**, v.23, n.4, p.795-799, 2001.
- MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná, 2.ed. **José Olympio**. Rio de Janeiro. 1981.
- MARTINS, C.H.; CUNHA, B.P.; SOLFERINI, V.N.; et al. Feeding on host plants with different concentrations and structures of pyrrolizidine alkaloids impacts the chemical-defense effectiveness of a specialist herbivore. **PloS one**, v.10, n.10, p.e0141480, 2015.
- MARTINS, M.C.; CÂMARA, G.M.S.; PEIXOTO, C.P. et al. Épocas de semeadura, densidades de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia agrícola**, v.56, p.851-858, 1999.
- McDONALD, A.D.; CLARK, E.A. Water and quality loss during field drying of hay. **Advances in agronomy**, v.41, p.407-437, 1987.
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997
- MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463– 1481, 1997.
- MIAMOTO, A.; DIAS-ARIEIRA, C.R.; CARDOSO, M.R; et al. Penetration and Reproduction of *Meloidogyne javanica* on Leguminous Crops. **Journal of Phytopathology** v.164, n.11-12, p.890-895, 2016.
- MKIWA, F.E.J.; SARWATT, S.V.; LWOGA A.B.; DZOWELA, B.H. Nutritive value of *Crotalaria ochroleuca*: I chemical composition and in vitro dry matter digestibility at different stages of growth. In: UTILIZATION OF RESEARCH RESULTS ON FORAGE AND AGRICULTURAL BYPRODUCT MATERIALS AS ANIMAL FEED RESOURCES IN AFRICA. PROCEEDINGS OF THE FIRST JOINT WORKSHOP HELD IN LILONGWE, 1988, Malawi. International Livestock Centre for Africa: Addis Ababa, Ethiopia, 1990.
- MORAES, S.D. DE; JOBIM, C.C.; SILVA, M.S. DA; et al. Production and chemical composition of hybrid sorghum and corn for silage. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, p.624-634, 2013.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington:National Academic Press. 2001. 381p.
- NERES, M.A.; CASTAGNARA, D.D.; MESQUITA, E.E.; et al. Produção de feno de alfafa sob diferentes métodos de desidratação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1676-1683, 2010.
- PADILLA, C.; FRAGA, N.; SCULL, I.'; et al. Efecto de la altura de corte en indicadores de la producción de forraje de *Moringa oleifera* vc. Plain. v.48, n.4, p.405-409, 2014.
- PEREIRA, J. O feijão guandu: uma opção para a agropecuária brasileira. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1985. 27p. (Embrapa-CPAC. Circular técnica, 20).

- PETTER, F.A.; SILVA, J.A.D.; ZUFFO, A.M.; et al. Elevada densidade de semeadura aumenta a produtividade da soja? Respostas da radiação fotossinteticamente ativa. **Bragantia**, v.75, p.173-183, 2016.
- PROCÓPIO, S.O.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; DEBIASI, H.; et al. Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciências Agrárias**, v.56, n.4, p.319-325, 2013.
- ROCHA, B.G.; AMARO, H.T.; PORTO, E.M.; et al. Sistema de semeadura cruzada na cultura da soja: avanços e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.2, p.376-384, 2018.
- ROTZ, C. A. Field curing of forages. In: MOORE, K. J.; KRAL, D. M.; VINEY, M. K. (Eds). **Post-harvest physiology and preservation of forages**. Madison, Wisconsin USA: American Society of Agronomy, 1995, p.39-66.
- SANTOS, H.P D.; FONTANELI, R S.; PIRES, J.; et al. Rendimento de grãos e características agrônômicas de soja em função de sistemas de rotação de culturas. **Bragantia**, v.73, p.263-273, 2014.
- SARWATT, S.V. Feed intake, growth rate and digestibility coefficients of growing sheep fed hay supplemented with *Crotalaria ochroleuca*. **Animal Feed Science and Technology**, v.28, n.1-2, p.51-59, 1990.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.Ed. Viçosa: UFV, 2006. 235p.
- SILVA-LÓPEZ, R.E.D.; PACHECO, J.D.S. Genus *Crotalaria* L. (Leguminosae). **Revista Fitos**, v.5, n.3, p.43-52, 2010.
- SRISAIKHAM, S.; AUBONPHAP, S.; KUNPRASERT, S.; et al. Study of cutting age on yield of forage legumes 3 types in Sakaeo province during dry season. IN: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TROPICAL ANIMAL SCIENCE AND PRODUCTION. 2. 2019, Nakhon Ratchasima: Suranaree University of Technology Press, 2019, p.49-52.
- SRISAIKHAM, S.; LOUNGLAWAN, P. Effect of cutting age and cutting height on production and nutritive value of sunnhemp (*Crotalaria juncea*) harvest in Nakhon Ratchasima, Thailand. In: ASIA SYMPOSIUM ON QUALITY MANAGEMENT IN POSTHARVEST SYSTEMS. 4., 2017, Jeonju, National Institute of Hort.and Herbal Science, 2017, p.29-34.
- SRISAIKHAM, S.; LOUNGLAWAN, P. Utilization of sunnhemp meal in beef cattle diet supplemented with urea-treated rice straw. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**, v.19, p.879-899, 2020.
- SRISAIKHAM, S.; LOUNGLAWAN, P. Utilization of sunnhemp meal in beef cattle diet supplemented with urea-treated rice straw. **Chiang Mai University Journal of Natural Sciences**, v.19, p.879-899, 2020.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I.M.; et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Artmed Editora. 2017. 848p.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society*, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.Ed. Corvallis: O & B Books, 1983. 344p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2.ed. Ithaca and London: Cornell University Press. 1994. 463p.

- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VON PINHO, R.G.; DE VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D.; et al. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v.5, n.02, 2006.
- WANG, K.H.; SIPES, B.S.; SCHMITT, D.P. Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. **Nematropica**, p.35-58, 2002.
- WILKINS, R.J. The potential digestibility of cellulose in forage and feces. **The Journal of Agricultural Science**, v.73, n.1, p.57-64, 1969.