

ALBERT JOSÉ DOS ANJOS

**BIOMASSA DE FORRAGEM E DE RAIZES, GASES DE EFEITO ESTUFA E  
ESTOQUE DE CARBONO EM PASTAGEM DE CAPIM-BRAQUIÁRIA EM  
MONOCULTIVO OU CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Karina Guimarães Ribeiro

Coorientador: Odilon Gomes Pereira

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

A599b  
2022

Anjos, Albert José dos, 1985-

Biomassa de forragem e de raízes, gases de efeito estufa e  
estoque de carbono em pastagem de capim-braquiária em  
monocultivo ou consorciado com amendoim forrageiro / Albert  
José dos Anjos. – Viçosa, MG, 2022.

1 tese eletrônica (105 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Karina Guimarães Ribeiro.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Zootecnia, 2022.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.027>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Forragem. 2. Biomassa vegetal. 3. Solos - Teor de  
compostos orgânicos. 4. Braquiária decumbens. 5. Amendoim.  
6. Gases do efeito estufa. I. Ribeiro, Karina Guimarães, 1967-.  
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.

CDD 22. ed. 633.2

Bibliotecário(a) responsável: Euzébio Luiz Pinto CRB-6/3317


ALBERT JOSÉ DOS ANJOS

**BIOMASSA DE FORRAGEM E DE RAIZES, GASES DE EFEITO ESTUFA E ESTOQUE DE CARBONO EM PASTAGEM DE CAPIM-BRAQUIÁRIA EM MONOCULTIVO OU CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 19 de julho de 2022

Assentimento:

Documento assinado digitalmente  
 ALBERT JOSE DOS ANJOS  
Data: 12/01/2024 10:35:23-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Albert José dos Anjos  
Autor

Documento assinado digitalmente  
 KARINA GUIMARAES RIBEIRO  
Data: 05/12/2023 08:13:41-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Karina Guimarães Ribeiro  
Orientadora

*Dedico este trabalho a memória de  
minha querida Mãe, ao meu querido Pai, a  
minha esposa e as minhas filhas, maiores  
incentivadores da minha formação  
profissional e humanística.*

## AGRADECIMENTO

A Deus por se fazer presente em cada segundo da minha vida.

A meu pai José Divino por apoiar meus passos e me mostrar a essência da vida. A “memória” da minha mãe Carmen, principal incentivadora desta etapa antes de sua partida, por todo amor e força concedidos mesmo diante da barreira física imposta entre o céu e a terra. Ao meu irmão Adalton, que desde criança fostes exemplo para o estudo e persistência.

A minha esposa Ariana por todo amor, cuidado, companheirismo, e por sempre apoiar minhas decisões. As minhas filhas Isis e Ane, forças que motivam minha busca incessante pelo conhecimento e crescimento profissional. Amo muito vocês...

Aos colegas de Pós-graduação do laboratório de Forragicultura e Pastagens: Cássia Freitas, Carla Chaves, Danielle Coutinho, Tâmara Chagas, Wagner Silva, Alberto Mácedo, Felipe, Iana Mara, Vanessa, Marielle, João Paulo, Gabriella e Hosnerson pela convivência durante este período.

Aos estagiários Tarcis Raymundi, Glauber Macedo, Bruno Bernardino, Havyner Paixão, Carolina Pires, Rafael Lelis, Kayke Fagundes, Thais Ozório, Marina Ladeira, Victor Pitta, Lara Lorrayne, Santiago Sales, Lucas Silva, Thierre Siman, Arthur Abreu, Emerson Saraiva, Kamila Moreira, Alicia Ruiz e Jaina por toda ajuda na execução deste trabalho, sem vocês nada disso teria sido possível.

A minha orientadora Professora Dra. Karina Guimarães Ribeiro por desde o mestrado ter acreditado em meu potencial, suas palavras foram força nos momentos de cansaço e desânimo. Ao meu coorientador Professor Dr. Odilon Pereira por sua amizade e contribuição na elaboração deste trabalho. Ao pesquisador da Embrapa Gado de Leite Dr. Carlos Augusto de Miranda Gomide, carinhosamente conhecido como Guto, pessoa de coração enorme, com quem pude aprender grandemente desde a época de mestrado. Ao Dr. José Carlos Batista Dubeux Júnior, por sua ajuda e atenção nos momentos de dúvida, e ao Professor Dr. Valdson José da Silva, por todas as sugestões e enorme contribuição para a versão final deste trabalho.

De forma especial gostaria de agradecer “*In memoriam*” ao amigo e ex-professor do Departamento de Zootecnia da UFV, Fabyano Fonseca e Silva (Bya) por todo apoio durante o período de graduação, mestrado e doutorado. De você guardarei para sempre os ensinamentos, humildade, bondade e disposição em ajudar ao próximo. Aos professores Dilermando Miranda da Fonseca, Rasmão Garcia e Fernanda Chizzotti, autoridades da área de Forragicultura e Pastagens, que tiveram grande contribuição na minha formação profissional e pessoal. Aos

professores do Departamento de Solos, Raphael Fernandes e Ivo Ribeiro, que também tiveram papel importante na execução deste trabalho.

Ao funcionário do Laboratório de Nutrição Animal Plínio (*In Memoriam*) por todo auxílio nas análises de Carbono e Nitrogênio. Aos técnicos do Laboratório de Isótopos Estáveis do Departamento de Solos da UFV, João Milagres e Humberto Teixeira pelo grande auxílio na realização das análises. Aos funcionários do DZO Zé Geraldo, Sr. Silvio, Zé Flávio, Wilmar e Divino por todo auxílio na execução das etapas de campo.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Aperfeiçoamento 001, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

## **BIOGRAFIA**

Albert José dos Anjos, filho de José Divino dos Anjos e Carmen das Graças dos Anjos (*In memorian*), nasceu em Perdões, Minas Gerais, no dia 14 de novembro de 1985. Em fevereiro de 2005, ingressou no Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí, atual Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG, no curso de Zootecnia, graduando-se Bacharel em Zootecnia em fevereiro de 2009. Em julho de 2012, obteve o Título de Mestre em Zootecnia, área de concentração Nutrição e Produção de Ruminantes, pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM. Em agosto de 2017, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa – UFV, desenvolvendo trabalhos na área de Forragicultura e Pastagens, vindo a defender sua Tese em julho de 2022.

## RESUMO

ANJOS, Albert José dos. D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2022. **Biomassa de forragem e de raízes, gases de efeito estufa e estoque de carbono em pastagem de capim-braquiária em monocultivo ou consorciado com amendoim forrageiro.** Orientadora: Karina Guimarães Ribeiro. Coorientador: Odilon Gomes Pereira.

A tese foi elaborada em quatro capítulos, que abordam estudos sobre as características produtivas e químicas da biomassa de forragem e de raízes, do fluxo de gases causadores de efeito estufa e do estoque de carbono nas frações da matéria orgânica do solo em pastos de capim-braquiária em monocultivo ou consorciado com amendoim forrageiro sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 50, 60, 70 e 80 cm). **Capítulo I.** Objetivou-se avaliar a biomassa, o acúmulo e a taxa de acúmulo de forragem e a composição química e botânica de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e em consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 50, 60, 70 e 80 cm), quatro a cinco anos após a implantação, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os pastos foram submetidos a lotação intermitente por ovelhas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. Verificou-se que a biomassa seca de gramínea foi influenciada pelos anos, enquanto a biomassa seca de leguminosa e a biomassa seca total de forragem foi afetada pelos sistemas e pelos anos, verificando-se maior biomassa seca de gramínea, de leguminosa e total no segundo ano. Todos os sistemas de consórcio apresentaram maior biomassa seca total em relação ao monocultivo (0). Observou-se efeito de sistemas sobre o percentual de leguminosa, com maior valor no espaçamento de 50 cm (36,3%) em relação ao de 60 cm (23,3%). O acúmulo de forragem foi influenciado pelos sistemas e pelos anos, todavia, a taxa de acúmulo foi afetada apenas pelos sistemas. O acúmulo de forragem nos espaçamentos de 40 e 70 cm foi 65 e 54% mais alto que no monocultivo. No segundo ano de avaliação, detectou-se acúmulo de forragem 30% maior que no primeiro ano. Dentro dos espaçamentos avaliados, as maiores taxas de acúmulo foram encontradas nos espaçamentos de 40 e 70 cm, com valores de 44,7 e 43,9 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS, respectivamente, em comparação aos 28,1 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS para o monocultivo. O teor de PB do capim-braquiária foi afetado pela interação sistemas e anos, enquanto os teores de PB do amendoim forrageiro foram afetados pelos anos. O amendoim forrageiro em consórcio com capim-braquiária propicia incrementos satisfatórios na biomassa, na taxa de acúmulo e na composição química da forragem, quatro a cinco anos após seu estabelecimento, independentemente do espaçamento entre linhas. O percentual de leguminosa

mantem-se dentro da faixa que propicia benefícios aos sistemas, variando de 23 a 36%, o que implica em pastos consorciados com mais altas concentrações de proteína bruta aos animais em pastejo. Devido aos benefícios quantitativos e qualitativos da inclusão do amendoim forrageiro em pastos de capim-braquiária, recomenda-se sua inclusão em sistemas com lotação intermitente para ovinos. **Capítulo II.** A decomposição de biomassa de raízes é de extrema importância para a ciclagem e liberação de nutrientes no solo em ecossistemas de pasto, sendo também relacionada ao ciclo de carbono. Objetivou-se avaliar a biomassa e a composição química de raízes de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo e consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 50, 60, 70 e 80 cm), quatro a cinco anos após a implantação, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os pastos foram submetidos a lotação intermitente por ovelhas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. A biomassa de raízes foi influenciada pela interação espaçamentos × anos, com menor valor para o monocultivo relativamente aos espaçamentos de 40, 50, 60 e 70 cm, no ano 2. As concentrações de lignina e de C foram influenciadas pelo ano, com valores de 153 e 115 g kg<sup>-1</sup> de MO, e, 277 e 139 g C kg<sup>-1</sup> de MO, com valores 25 e 50% maiores, respectivamente, no ano 1 em relação ao ano 2. A concentração de N foi influenciada pelo espaçamento, com maior concentração no espaçamento 70 cm e menor no monocultivo, e pelo ano, com redução de 45% do ano 1 para o ano 2. A relação lignina/NIDA e C/N foi influenciada pelos efeitos de espaçamentos e de anos, enquanto a relação lignina/N foi influenciada apenas pelos anos. A concentração de NIDA teve efeito da interação espaçamentos × anos, com os espaçamentos de 40 e 50 cm apresentando maiores concentrações no ano 1, enquanto o espaçamento 80 cm apresentou maior concentração no ano 2. Os conteúdos de C e N foram influenciados apenas pelos espaçamentos, com maior conteúdo de C no espaçamento de 50 cm (1.424 kg C ha<sup>-1</sup>), enquanto o maior conteúdo de N foi observado nos espaçamentos de 40 e 50 cm (122 e 138 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Recomenda-se que o amendoim forrageiro seja implantado nos espaçamentos entre linhas de 40 e 50 cm, visando o maior sequestro de C e conteúdo de N nas raízes, assim como a melhoria na reciclagem de nutrientes no solo. **Capítulo III.** Áreas de pasto produtivo, quando comparadas a áreas de pasto degradadas, e até mesmo em comparação a áreas de vegetação nativa, apresentam capacidade superior para estocar carbono no solo. Objetivou-se avaliar os efeitos do monocultivo e consórcio de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) sobre o estoque de carbono no solo avaliado em quatro sistemas, consistindo de pastos de capim-braquiária em monocultivo e consorciado com amendoim-forrageiro sob

diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 60 e 80 cm), durante dois anos. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os pastos foram submetidos a lotação intermitente por ovelhas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. A quantidade de C na matéria orgânica particulada (MOP), nas profundidades avaliadas de 0-5 e 0-10 cm, foi influenciada pelo fator ano, enquanto na profundidade de 5-10 cm foi afetada pela interação de anos e espaçamentos ( $p = 0.0333$ ), onde o acréscimo na quantidade de C na MOP variou de 0,2 (80 cm) a 1,84 (monocultivo)  $\text{Mg C ha}^{-1}$ . Entretanto, o C na MOAM não foi afetado por nenhum dos tratamentos. Do ano 1 para o ano 2, o acréscimo no total de C no solo foi de 2,37  $\text{Mg ha}^{-1}$ . Embora a inclusão do amendoim forrageiro não tenha demonstrado benefícios no estoque de C no solo, sugere-se que estudos de maior duração sejam efetuados visando melhor entender a relação entre o consórcio do capim-braquiária e o amendoim-forrageiro no sequestro de C no solo. **Capítulo IV.** A avaliação da emissão de gases causadores do efeito estufa em nível regional é amplamente necessária, pois as métricas utilizadas em relatórios oficiais de emissão são, em grande parte, oriundas de estimativas geradas em regiões extremamente diferentes. Objetivou-se avaliar o fluxo de carbono no solo em pastos de capim-braquiária em monocultivo e consorciado com amendoim forrageiro sobre o fluxo de carbono no solo. O fluxo de C-CO<sub>2</sub> e C-CH<sub>4</sub> no solo foram avaliados em três sistemas: pasto de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo, pasto de capim-braquiária consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), e, área de solo descoberto, sem a presença de biomassa vegetal (controle). O experimento teve duração de dois anos e foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições de área. Os pastos foram submetidos a lotação intermitente por ovelhas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. Verificou-se que o fluxo de C-CO<sub>2</sub> foi influenciado pelos sistemas ( $p > 0.0001$ ), pelos anos ( $p > 0.0001$ ) e pelas estações ( $p > 0.0001$ ). A menor emissão foi observada no solo descoberto (controle), não diferindo entre monocultivo e consorcio, enquanto no ano 1 o fluxo de C-CO<sub>2</sub> foi 47% superior ao ano 2, como consequência da maior temperatura de solo no ano 1. Entre as estações, a maior emissão de C-CO<sub>2</sub> foi observada no período chuvoso. Não foram observados efeitos de nenhum dos fatores estudados sobre o fluxo de C-CH<sub>4</sub> do solo. Embora a inclusão do amendoim forrageiro não tenha demonstrado efeitos na emissão de C no solo, sugere-se que estudos mais prolongados sejam efetuados visando melhor entender essa relação.

**Palavras-chave:** *Arachis pintoi*. Composição botânica. Fluxo. Matéria orgânica. Relação C/N

## ABSTRACT

ANJOS, Albert José dos. D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July de 2022. **Forage and root biomass, greenhouse gases and carbon stock in signalgrass pasture in monoculture or intercropped with forage peanuts.** Advisor: Karina Guimarães Ribeiro. Co-advisor: Odilon Gomes Pereira.

The PhD Dissertation was developed in four chapters, which cover studies on the productive and chemical characteristics of forage and root biomass, the flow of greenhouse gases and carbon stock in soil organic matter fractions in pastures signal-grass in monoculture or intercropped with forage peanuts under different spacing between planting rows (40, 50, 60, 70 and 80 cm). **Chapter I.** The objective was to evaluate the biomass, accumulation and accumulation rate of forage and the chemical and botanical composition of signal grass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) pastures in monoculture (0) and in intercropping with forage peanuts (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), under different spacing between planting rows (40, 50, 60, 70 and 80 cm), four to five years after implantation, in a randomized block design, with four replications. The pastures were subjected to intermittent stocking by sheep, with a pre-grazing height of 20 cm and a post-grazing height of 10 cm. It was found that the dry biomass of grass was influenced by the years, while the dry biomass of legumes and the total dry biomass of forage were affected by the systems and years, with greater dry biomass of grass, legumes and total in the second year. All intercropping systems showed higher total dry biomass compared to monoculture (0). An effect of systems on the percentage of legumes was observed, with a higher value at 50 cm spacing (36.3%) compared to 60 cm spacing (23.3%). Forage accumulation was influenced by systems and years, however, the accumulation rate was affected only by systems. Forage accumulation in 40 and 70 cm spacings was 65 and 54% higher than in monoculture. In the second year of evaluation, forage accumulation was detected 30% greater than in the first year. Within the spacings evaluated, the highest accumulation rates were found at spacings of 40 and 70 cm, with values of 44.7 and 43.9 kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> of DM, respectively, compared to 28.1 kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> DM for monoculture. The CP content of signal grass was affected by the interaction of systems and years, while the CP content of forage peanuts was affected by the years. Forage peanuts in intercropping with signal grass provide satisfactory increases in biomass, accumulation rate and chemical composition of the forage, four to five years after its establishment, regardless of row spacing. The percentage of legumes remains within the range that provides benefits to the systems, ranging from 23 to 36%, which implies intercropped pastures with higher concentrations of crude protein for grazing animals.

Due to the quantitative and qualitative benefits of including forage peanuts in signal grass pastures, its inclusion in systems with intermittent stocking for sheep is recommended. **Chapter II.** The decomposition of root biomass is extremely important for the cycling and release of nutrients into the soil in pasture ecosystems, and is also related to the carbon cycle. The objective was to evaluate the biomass and chemical composition of roots of signal grass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) in monoculture and intercropped with forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), under different spacing between planting rows (40, 50, 60, 70 and 80 cm), four to five years after implantation, in a randomized block design, with four replications. The pastures were subjected to intermittent stocking by sheep, with a pre-grazing height of 20 cm and a post-grazing height of 10 cm. Root biomass was influenced by the spacing  $\times$  years interaction, with a lower value for the monoculture compared to spacings of 40, 50, 60 and 70 cm, in year 2. Lignin and C concentrations were influenced by the year, with values of 153 and 115 g kg<sup>-1</sup> of OM, and 277 and 139 g C kg<sup>-1</sup> of OM, with values 25 and 50% higher, respectively, in year 1 in relation to year 2. The N concentration was influenced by spacing, with highest concentration in 70 cm spacing and lowest in monoculture, and by year, with a 45% reduction from year 1 to year 2. The lignin/NIDA and C/N ratio was influenced by the effects of spacing and years, while the Lignin/N ratio was influenced only by years. The NIDA concentration had the effect of the spacing  $\times$  years interaction, with the 40 and 50 cm spacing showing higher concentrations in year 1, while the 80 cm spacing showed higher concentration in year 2. The C and N contents were influenced only by the spacing, with the highest C content at 50 cm spacing (1,424 kg C ha<sup>-1</sup>), while the highest N content was observed at 40 and 50 cm spacings (122 and 138 kg N ha<sup>-1</sup>, respectively). It is recommended that forage peanuts be planted in row spacings of 40 and 50 cm, aiming at greater C sequestration and N content in the roots, as well as improving nutrient recycling in the soil. **Chapter III.** Areas of productive pasture, when compared to degraded pasture areas, and even compared to areas of native vegetation, have a superior capacity to store carbon in the soil. The objective was to evaluate the effects of monoculture and intercropping of signal grass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) and forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) on soil carbon stock evaluated in four systems, consisting of signal grass pastures in monoculture and intercropped with forage peanuts under different spacing between planting rows (40, 60 and 80 cm), for two years. The experiment was conducted in a randomized block design, with four replications. The pastures were subjected to intermittent stocking by sheep, with a pre-grazing height of 20 cm and a post-grazing height of 10 cm. The amount of C in particulate organic matter (MOP), at the evaluated depths of 0-5 and 0-10 cm, was influenced by the year factor, while at the depth of 5-10 cm it was affected

by the interaction of years and spacing ( $p = 0.0333$ ), where the increase in the amount of C in MOP varied from 0.2 (80 cm) to 1.84 (monoculture) Mg C ha<sup>-1</sup>. However, C in MOAM was not affected by any of the treatments. From year 1 to year 2, the increase in total C in the soil was 2.37 Mg ha<sup>-1</sup>. Although the inclusion of forage peanuts has not demonstrated benefits in the C stock in the soil, it is suggested that longer studies be carried out to better understand the relationship between the consortium of signal grass and forage peanuts in C sequestration in the soil. **Chapter IV.** The assessment of greenhouse gas emissions at a regional level is largely necessary, as the metrics used in official emission reports largely come from estimates generated in extremely different regions. The objective of this study was to evaluate soil carbon flux in signal grass pastures in monoculture and intercropped with forage peanuts on soil carbon flux. The flux of C-CO<sub>2</sub> and C-CH<sub>4</sub> in the soil were evaluated in three systems: signal grass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) pasture in monoculture, signal grass pasture intercropped with forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), and, area of bare soil, without the presence of plant biomass (control). The experiment lasted two years and was conducted in a randomized block design, with four area replications. The pastures were subjected to intermittent stocking by sheep, with a pre-grazing height of 20 cm and a post-grazing height of 10 cm. It was found that the C-CO<sub>2</sub> flow was influenced by the systems ( $p > 0.0001$ ), the years ( $p > 0.0001$ ) and the seasons ( $p > 0.0001$ ). The lowest emission was observed in bare soil (control), not differing between monoculture and intercropping, while in year 1 the C-CO<sub>2</sub> flux was 47% higher than in year 2, as a consequence of the higher soil temperature in year 1. Among the seasons, the highest C-CO<sub>2</sub> emission was observed in the rainy season. No effects of any of the factors studied were observed on soil C-CH<sub>4</sub> flux. Although the inclusion of forage peanuts has not demonstrated effects on C emissions in the soil, it is suggested that longer studies be carried out to better understand this relationship.

**Keywords:** *Arachis pintoi*. Botanical composition. Flow. Organic matter. C/N Ratio

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo I

	Página
Figura 1. Dados climáticos durante o período experimental, em Viçosa, MG, Brasil.....	29
Figura 2. Biomassa seca de gramínea em pastos de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm), e em dois anos de avaliação (b).....	34
Figura 3. Biomassa seca de leguminosa (BSL) e biomassa seca total (BST) em pastos de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm) .....	35
Figura 4. Percentual de gramínea e leguminosa em pastos de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60,70 e 80 cm) .....	36
Figura 5. Acúmulo de forragem em pasto de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm) (a), e em dois anos de avaliação (b).....	37
Figura 6. Taxa de acúmulo de forragem em pasto de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm) .....	38
Figura 7. Concentração de proteína bruta (PB) do capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em pastos de capim-braquiária em monocultivo (0) e consorciado com amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm) .....	39
Figura 8. Concentração de proteína bruta (PB) do amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte), consorciado com capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm) .....	40

### Capítulo II

	Página
Figura 1. Dados climáticos durante o período experimental, em Viçosa, MG, Brasil.....	53

Figura 2.	Biomassa de raízes em pasto de pastos de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm), durante dois anos.....	57
Figura 3.	Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) das raízes de pasto de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40,50,60,70 e 80 cm), durante dois anos.....	60
Figura 4.	Conteúdo de C (a) e N (b) na massa de raízes (kg ha <sup>-1</sup> ) em pasto de pasto de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm) .....	61

### Capítulo III

Figura 1.	Dados climáticos durante o período experimental, em Viçosa, MG, Brasil.....	Página 74
-----------	---	--------------

### Capítulo IV

Figura 1.	Dados climáticos durante o período experimental, em Viçosa, MG, Brasil.....	Página 90
Figura 2.	Fluxo médio de C-CO <sub>2</sub> (mg m <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> ) em sistemas de solo descoberto, solo sob monocultivo de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) e solo sob consorcio de capim-braquiária e amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) (a), em dois anos (b) e em duas estacoes do ano (c).....	95
Figura 3.	Fluxo médio de C-CH <sub>4</sub> (µg m <sup>2</sup> h <sup>-1</sup> ) em sistemas de solo descoberto, solo sob monocultivo de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) e solo sob consorcio de capim-braquiária e amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) (a), em dois anos (b) e duas estacoes do ano (c).....	97
Figura 4.	Teor de umidade do solo em sistemas de solo descoberto, solo sob monocultivo de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) e solo sob consórcio de capim-braquiária e amendoim forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) .....	99

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo I

	Página
Tabela 1. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2017.....	30
Tabela 2. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2018.....	31
Tabela 3. Composição química do capim-braquiária e do amendoim forrageiro, no pré-pastejo, em dois anos experimentais.....	41

### Capítulo II

	Página
Tabela 1. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2017.....	54
Tabela 2. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2018.....	54
Tabela 3. Composição química das raízes em pasto de pasto de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm), em dois anos.....	59

### Capítulo III

	Página
Tabela 1. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2017.....	75
Tabela 2. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2018.....	75
Tabela 3. Carbono na MOP (Mg ha <sup>-1</sup> ) em diferentes profundidades de solo em pasto de pastos de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 cm), durante dois anos.....	79
Tabela 4. Carbono na MOAM (Mg ha <sup>-1</sup> ) em diferentes profundidades de solo em pasto de pastos de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 cm), durante dois anos.....	80

Tabela 5.	Estoque total de Carbono no solo (Mg ha <sup>-1</sup> ) em diferentes profundidades de solo em pasto de pastos de capim-braquiária ( <i>Urochloa decumbens</i> cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro ( <i>Arachis pintoi</i> cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 cm), durante dois anos.....	81
-----------	--	----

#### **Capítulo IV**

	Página	
Tabela 1.	Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2017.....	91
Tabela 2.	Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2018.....	92

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23
CAPÍTULO I – BIOMASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PASTOS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA SOLTEIRO E CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO.....	25
1. Introdução.....	27
2. Material e métodos.....	28
2.1. Local experimental.....	28
2.2. Período experimental.....	28
2.3. Tratamentos e delineamento experimental.....	29
2.4. Estabelecimento e manejo.....	29
2.5. Manejo do pastejo.....	31
2.6. Biomassa de forragem e composição botânica.....	32
2.7. Acúmulo e taxa de acúmulo de forragem.....	32
2.8. Composição química.....	32
2.9. Análises estatísticas.....	33
3. Resultados.....	33
3.1. Biomassa de forragem no pré-pastejo.....	33
3.2. Composição botânica.....	36
3.3. Acúmulo de forragem.....	37
3.4. Taxa de acúmulo de forragem.....	37
3.5. Composição Química.....	38
4. Discussão.....	41
5. Conclusões.....	43
6. Referências Bibliográficas.....	44
CAPÍTULO II – BIOMASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE RAÍZES EM PASTO DE CAPIM-BRAQUIÁRIA SOLTEIRO E CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.....	48
1. Introdução.....	50
2. Material e métodos.....	52
2.1. Local experimental.....	52
2.2. Período experimental.....	52
2.3. Tratamentos e delineamento experimental.....	53

2.4. Estabelecimento e manejo.....	53
2.5. Manejo do pastejo.....	55
2.6. Densidade de solo.....	55
2.7. Biomassa total de raízes.....	56
2.8. Composição química da biomassa de raízes.....	56
2.9. Análises estatísticas.....	56
3. Resultados.....	57
3.1. Biomassa de raízes.....	57
3.2. Composição química.....	58
4. Discussão.....	62
5. Conclusões.....	65
6. Referências bibliográficas.....	65
<b>CAPÍTULO III - ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO SOB PASTOS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA EM MONOCULTIVO E CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO EM PASTEJO POR OVINOS.....</b>	<b>70</b>
1. Introdução.....	72
2. Material e métodos.....	73
2.1. Local, manejo e desenho experimental.....	73
2.2. Estoque de carbono e matéria orgânica no solo.....	76
2.3. Densidade do solo.....	77
2.4. Análises estatísticas.....	78
3. Resultados.....	78
3.2. Carbono na MOP e MOAM.....	78
3.3. Carbono Total.....	80
4. Discussão.....	81
5. Conclusões.....	82
6. Referências Bibliográficas.....	82
<b>CAPÍTULO IV - FLUXO DE CARBONO NO SOLO SOB PASTOS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA EM MONOCULTIVO E CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO EM PASTEJO POR OVINOS.....</b>	<b>87</b>
1. Introdução.....	89
2. Material e métodos.....	90
2.1. Local, manejo e desenho experimental.....	90
2.2. Coleta de GEE e mensurações.....	93

2.3 Umidade e temperatura do solo.....	94
2.4. Análises estatísticas.....	94
3. Resultados.....	94
3.1. Fluxo de C-CO <sub>2</sub> e C-CH <sub>4</sub> .....	94
3.2. Umidade e temperatura do solo.....	98
4. Discussão.....	100
5. Conclusões.....	102
6. Referências Bibliográficas.....	102

## INTRODUÇÃO GERAL

As áreas de pastagem desempenham importante papel na produção agropecuária brasileira, cobrindo uma grande proporção da superfície terrestre do território nacional. De acordo com levantamento recente, no Brasil são cultivados aproximadamente 154,7 milhões de hectares de pastagens artificiais, sendo que deste total 52,3% encontram-se em algum grau de degradação (Mapbiomas, 2021). Dentre os vários fatores responsáveis pela degradação desta extensa área, merece destaque o inadequado manejo da fertilidade do solo, com especial atenção para a adubação nitrogenada (N), cujo objetivo é a manutenção ou recuperação da produtividade da forrageira, durante as fases de utilização do pasto (Dias-Filho, 2011). A adubação nitrogenada é essencial para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal baseados na utilização de pastagens, sendo que, em sistemas extensivos, a quantidade de N sugerida para a adubação de pastagens é de 50 kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (Cantarutti et al., 1999).

O elevado preço de fertilizantes é uma das possíveis justificativas para sua baixa utilização, principalmente as fontes nitrogenadas, em solos sob pastagem. Conforme dados do Index Mundi (2023), no período de janeiro de 2013 a julho de 2022, o preço da tonelada de uréia teve aumento superior a 300%, passando de R\$ 772 para R\$ 3.230, por tonelada. De acordo com levantamento realizado pela International Fertilizer Industry Association, no ano de 2018, apenas 3% do total de fertilizantes nitrogenados comercializados no mundo foram destinados às áreas globais de pastagens, o que equivale a aplicação de apenas 6 kg de N/ha. No Brasil, a utilização de fertilizantes nitrogenados em áreas de pastagens apresenta comportamento semelhante ao observado a nível mundial, com apenas 3% do total de fertilizantes nitrogenados, comercializados neste mesmo ano, sendo destinados para fertilização das áreas de pastagens (IFIA, 2018).

Em termos ambientais, a prática de adubação de pastagens, via fertilização mineral, tem sido utilizada como uma importante estratégia conservacionista (Fonseca et al., 2011), uma vez que o sequestro de carbono (C) no solo em áreas de pastos é dependente do input de N no sistema, devido ao ciclo do N e C serem interligados (Oliveira et al., 2015; Urquiaga et al., 2010), fato que torna necessária a utilização de estratégias visando suprir a necessidade de N para o sistema solo-planta.

As leguminosas têm sido apresentadas como uma opção viável em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados em sistemas de pastagem, uma vez que são capazes de fixar biologicamente o nitrogênio atmosférico no solo. Conforme Cantarutti et al. (1999), a utilização

do consórcio entre gramínea e leguminosa apresenta maior viabilidade econômica do que o uso de adubos químicos, uma vez que a leguminosa pode fornecer entre 50 a 80 kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. Essa quantidade de N fixado biologicamente possibilitaria, nos dias atuais, uma economia variando de R\$ 356 a R\$ 572 ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Outras vantagens da utilização de leguminosas em consórcio com gramíneas em área de pasto incluem a melhoria da qualidade nutricional da dieta, melhoria da ciclagem de nutrientes e aumento da produtividade do pasto (Dubeux & Sollenberger, 2019). Além disso, as leguminosas também contribuem para o aumento da diversidade funcional da pastagem em situações de consórcio (Andrade; Ferreira & Casagrande, 2015), fornecendo dessa forma inúmeros benefícios ecossistêmicos para a sociedade (Sollenberger, 2015).

Enquanto os ganhos em conhecimento relativos a forrageiras tropicais aumentaram nos últimos tempos, o conhecimento relativo às leguminosas forrageiras e ou pastos consorciados se mantiveram estagnados até a década de 90. Com exceção do gênero *Arachis*, que tem despertado o interesse de pesquisadores mais recentemente, as demais leguminosas acabam sendo pouco estudadas. A maior preferência do *Arachis pintoi* em relação às demais leguminosas é condicionada a sua tolerância ao pastejo, devido à grande quantidade de pontos de crescimento e meristemas mais protegidos da remoção, o que permite uma velocidade de recuperação maior quando desfolhado (Da Silva, 2008).

O potencial de FBN do amendoim forrageiro em áreas de pastagem de coastcross-1 [*Cynodon dactylon* (L.) Pers] consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas y Gregori cv. Amarillo), para o desempenho animal de novilhas, foi estudado por Paris et al. (2009). Os animais foram distribuídos em áreas de consórcio submetidas a doses de adubo nitrogenado (0, 100 e 200 kg de N ha<sup>-1</sup>), e em área de monocultivo de coastcross-1 que recebeu 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. Não foram observadas diferenças na taxa de lotação (4,04 e 4,37 UA ha<sup>-1</sup>), ganho médio diário (0,38 e 0,42 kg animal dia) e ganho animal por área (1.053 e 1.094 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) entre os pastos consorciados com doses 0 e 100 kg/ha de N. Esses dados são interessantes, uma vez que evidenciam o efeito da leguminosa na FBN, todavia, a baixa participação do *Arachis pintoi* na pastagem consorciada e sem adubo nitrogenado (aproximadamente 10% da massa seca total) pode ter subestimado o real potencial da leguminosa em comparação com o monocultivo recebendo 100 kg de N ha<sup>-1</sup>. De acordo com Cadish; Schunke & Giller (1994), a participação da leguminosa em pastagens tropicais deve variar de 20 a 45%, com o objetivo de FBN em níveis satisfatórios e melhoria do valor nutritivo da dieta. Assim, quando comparados à aplicação de baixas doses de N, pastos consorciados

podem ser altamente viáveis, principalmente em situações de extrativismo, como é o caso de grande parte das áreas de pastos brasileiros.

É crescente a preocupação, por parte da população mundial, com relação à emissão de gases causadores do efeito estufa, tais como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Carvalho et al., 2010) e suas consequências para o aquecimento global. De acordo com o IPCC 2014, as emissões antropogênicas de  $\text{CO}_2$  para atmosfera, entre 1750 e 2011, foram de cerca de 2040 bilhões de toneladas, sendo que, deste total, 40% (880 bilhões de toneladas) permaneceram na atmosfera, 30% foram armazenados na terra (solo e plantas) e 30% armazenados no oceano. Na atividade pecuária, a emissão de  $\text{CO}_2$  pode acontecer através de dois processos biológicos. No primeiro, também denominado de processo respiratório heterotrófico, a emissão é oriunda da decomposição de resíduos orgânicos, por sua vez, no segundo, a respiração é oriunda da atividade de organismos presentes no solo ou então da respiração do sistema radicular das plantas, sendo denominado de processo respiratório autotrófico (Carvalho et al., 2010). A emissão de  $\text{CH}_4$  está relacionada diretamente à produção animal, e, indiretamente, à excreção/deposição de dejetos animais, como também à dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de pastagem (Tonato et al., 2013).

Várias tecnologias podem auxiliar na redução da emissão de gases de efeito estufa, fato que, em se tratando de políticas de governança, permitem adequar os sistemas produtivos às questões ambientais, sem, contudo, comprometer os aspectos econômicos inerentes à atividade pecuária (Reis et al., 2012). Entretanto, os entendimentos do processo de emissão, assim como sua quantificação, são fundamentais para estabelecer a real participação dos sistemas de produção animal no processo de aquecimento global, possibilitando a definição de formas efetivas de mitigação (Tonato et al., 2013).

Estudos envolvendo a consorciação entre gramíneas e leguminosas, principalmente com o amendoim forrageiro, tem despertado grande interesse por parte das pesquisas. Entretanto, a maior parte desses estudos tiveram como objetivo a utilização de estratégias do manejo do pastejo e seus reflexos sobre as características do pasto, excluindo-se na maior parte das vezes a avaliação de aspectos relacionados ao sequestro de carbono e emissão de gases de efeito estufa. A hipótese neste estudo é que, em pastos consorciados sob diferentes espaçamentos de implantação do amendoim forrageiro, ocorra, além da melhoria qualitativa e quantitativa da forragem, outros benefícios ao sistema, como o aumento no sequestro de carbono nas raízes e no solo, e diminuição na emissão de gases de efeito estufa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, C. M. S. Estratégias de Manejo do Pastejo para Pastos Consorciados nos Trópicos. In: Gonçalves, R. C.; Oliveira, L. C. (Eds.). . **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2009. p. 163–180.
- Andrade, C. M. S., Ferreira, A. S., Casagrande, D. R. Sistemas de Produção, Intensificação e Sustentabilidade da Produção Animal - Anais do 27º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. In: Silva, S. C.; Pedreira, C. G. S.; Moura, J. C. DE (Eds.). . **Sistemas de Produção, Intensificação e Sustentabilidade da Produção Animal - Anais do 27º Simpósio sobre Manejo da Pastagem**. Piracicaba - SP: FEALQ, 2015. p. 113–151.
- Cadish, G., Schunke, R. M., Giller, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mistured on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, v. 28, p. 43–52, 1994.
- Cantarutti, R. B., Martins, C. E., Carvalho, M. M., Fonseca, D. M., Arruda, M. L., Vilela, H., & Oliveira, F. T. T. (1999). Pastagens. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (Eds.). . **RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES EM MINAS GERAIS 5a APROXIMAÇÃO**. 1. ed. Viçosa, Minas Gerais: SCBS p. 359.
- Carvalho, J. L. N., Avanzi, J. C., Silva, Marx Leandro N., Mello, C. R., & Cerri, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, 2010, p. 277-289.
- Casagrande, D. R. Manejo do pastejo em pastos consorciados de gramíneas e leguminosas forrageiras. In: RIBEIRO, O. G. P. et al. (Eds.). . **VIII Simpósio sobre Manejo estratégico da Pastagem**. Viçosa, Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa, 2016. p. 37–54.
- Da Silva, S. C. Desafios e perspectivas para a pesquisa e uso de leguminosas em pastagens tropicais: uma reflexão. In: ZOOTECNIA, N. DE (Ed.). . **II ENCONTRO TÉCNICO SOBRE LEGUMINOSAS**. II ed. Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, 2008. p. 163–168.
- Dangal, S. R. S., Tian, H., Xu, R., Chang, J., Canadell, J., Ciais, P., Pan, S., Yang, J., & Zhang, B. Global Nitrous Oxide Emissions From Pasturelands and Rangelands: Magnitude, Spatiotemporal Patterns, and Attribution. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 33, n. 2, p. 200–222, 2019. <https://doi.org/10.1029/2018GB006091>
- Dias Filho, M. B. Degradação de pastagens: processos, causa e estratégias de recuperação. 4ª ed. rev., atual. e ampl. Belém, PA. Ed. do Autor, 2011.
- Dubeux, J. C. B., & Sollenberger, L. E. Nutrient cycling in grazed pastures. In: Monte Rouquette, J.; Aiken, G. (Eds.). . **Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures**. [s.l.] Academic Press, 2019. p. 59–75.
- Fonseca, D. M., Martuscello, J. A., & Santos, M. E. R. Adubação de pastagens: inovações e perspectivas. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Zootecnia: Inovações tecnológicas e

mercado consumidor. Maceió, 2011, p. 1-13.

Index Mundi. Uréia Preço Mensal - Real brasileiro por tonelada. **Index Mundi Web Site, 2023.** Disponível em: <https://www.indexmundi.com/pt/pre%E7os-de-mercado/?mercadoria=ureia&meses=120&moeda=brl>. Acesso em: 07 de Fev. 2023.

IFA. 2022. Fertilizer use by crop and country for the 2017-2018 period. International Fertilizer Association (IFA), Paris, France; Available at <https://www.ifastat.org/consumption/fertilizeruse-by-crop>.

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Relatório de síntese. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [Equipe de redação básica, R.K. Pachauri e L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151 pp.

Mapbiomas, 2021. Projeto MapBiomas – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra do Brasil - Coleção 6. Disponível em: [https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact\\_Sheet\\_PASTAGEM\\_13.10.2021\\_ok\\_ALTA.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_PASTAGEM_13.10.2021_ok_ALTA.pdf) Acesso em: 28 de Mar. 2023.

Oliveira, P. P. A. et al. Emissões de GEE e amônia em sistemas pastoris : mitigação e boas práticas de. In: **Sistemas de Produção, Intensificação e Sustentabilidade da Produção Animal - Anais do 27º Simpósio sobre Manejo da Pastagem**. [s.l: s.n.].

Paris, W., Cecato, U., Branco, A. F., Barbero, L. M., & Galbeiro, S. Produção de novilhas de corte em pastagem de Coastcross-1 consorciada com Arachis pintoi com e sem adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 122–129, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100016>

Reis, R. A., Ruggieri, A C., Oliveira, A. A., Azenha, M. V., & Brito, L. F. O pasto como mitigador de emissão de gases efeito estufa. In: Zootec 2012. XXII Congresso Brasileiro de Zootecnia, 2012, Cuiabá. Anais do XXII Congresso Brasileiro de Zootecnia. Cuaibá: Universidade Federal de Mato Grosso, 2012. v. 1. p. 1-29.

Sollenberger, L. E. Challenges, Opportunities, and Applications of Grazing Research. **Crop Science**, v. 55, p. 2540–2549, 2015. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.02.0070>

Spain, J. M. O uso de leguminosas herbáceas nas pastagens tropicais. In: Peixoto, A. M.; Moura, J. C.; Faria, V. P. (Eds.). . **Plantas forrageiras de pastagens**. Piracicaba, SP: FEALQ, 1995. p. 275–299.

Tonato, F., Muniz, A. W., Barioni, L. G., & Freua, M. C. Balanço de carbono em sistemas de produção de bovinos nos trópicos. In: II Simpósio Matogrossense de bovinocultura de corte, 2013, Cuiabá. Anais do II Simpósio Matogrossense de bovinocultura de corte, 2013. p. 69-106.

Urquiaga, S., Alves, B. J. R., Jantalia, C. P., & Boddey, R. M. Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: uma análise crítica. **Informações Agronomicas**, n. 130, p. 12–21, 2010.

## CAPÍTULO I – BIOMASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE PASTOS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA SOLTEIRO E CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO

**Resumo:** Objetivou-se avaliar a biomassa, o acúmulo e a taxa de acúmulo de forragem e a composição química e botânica de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e em consórcio com amendoim forrageiro (*Arachis pintoii* cv. Belmonte), sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 50, 60, 70 e 80 cm), quatro a cinco anos após a implantação, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os pastos foram submetidos a lotação intermitente por ovelhas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. Verificou-se que a biomassa seca de gramínea foi influenciada pelos anos, enquanto que a biomassa seca de leguminosa e a biomassa seca total de forragem foi afetada pelos sistemas e pelos anos, verificando-se maior biomassa seca de gramínea, de leguminosa e total no segundo ano. Todos os sistemas de consórcio apresentaram maior biomassa seca total em relação ao monocultivo (0). Observou-se efeito de sistemas sobre o percentual de leguminosa, com maior valor no espaçamento de 50 cm (36,3%) em relação ao de 60 cm (23,3%). O acúmulo de forragem foi influenciado pelos sistemas e pelos anos, todavia, a taxa de acúmulo foi afetada apenas pelos sistemas. O acúmulo de forragem nos espaçamentos de 40 e 70 cm foi 65 e 54% mais alto que no monocultivo. No segundo ano de avaliação, detectou-se acúmulo de forragem 30% maior que no primeiro ano. Dentro dos espaçamentos avaliados, as maiores taxas de acúmulo foram encontradas nos espaçamentos de 40 e 70 cm, com valores de 44,7 e 43,9 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS, respectivamente, em comparação aos 28,1 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS para o monocultivo. O teor de PB do capim-braquiária foi afetado pela interação sistemas e anos, enquanto os teores de PB do amendoim forrageiro foram afetados pelos anos. O amendoim forrageiro em consórcio com capim-braquiária propicia incrementos satisfatórios na biomassa, na taxa de acúmulo e na composição química da forragem, quatro a cinco anos após seu estabelecimento, independentemente do espaçamento entre linhas. O percentual de leguminosa mantém-se dentro da faixa que propicia benefícios aos sistemas, variando de 23 a 36%, o que implica em pastos consorciados com mais altas concentrações de proteína bruta aos animais em pastejo. Devido aos benefícios quantitativos e qualitativos da inclusão do amendoim forrageiro em pastos de capim-braquiária, recomenda-se sua inclusão em sistemas com lotação intermitente para ovinos.

**Palavras-chave:** Acúmulo de forragem. Composição botânica. Proteína bruta. Taxa de acúmulo de forragem.

**Abstract:** The objective was to evaluate the biomass, accumulation and accumulation rate of forage and the chemical and botanical composition of signal grass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) pastures in monoculture (0) and in intercropping with forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), under different spacing between planting rows (40, 50, 60, 70 and 80 cm), four to five years after implantation, in a randomized block design, with four replications. The pastures were subjected to intermittent stocking by sheep, with a pre-grazing height of 20 cm and a post-grazing height of 10 cm. It was found that the dry biomass of grass was influenced by the years, while the dry biomass of legumes and the total dry biomass of forage were affected by the systems and years, with a higher dry biomass of grass, legumes and total in the second year. All intercropping systems showed higher total dry biomass compared to monoculture (0). An effect of systems on the percentage of legumes was observed, with a higher value at 50 cm spacing (36.3%) compared to 60 cm spacing (23.3%). Forage accumulation was influenced by systems and years, however, the accumulation rate was affected only by systems. Forage accumulation in 40 and 70 cm spacings was 65 and 54% higher than in monoculture. In the second year of evaluation, forage accumulation was detected 30% greater than in the first year. Within the spacings evaluated, the highest accumulation rates were found at spacings of 40 and 70 cm, with values of 44.7 and 43.9 kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> of DM, respectively, compared to 28.1 kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup> DM for monoculture. The CP content of signal grass was affected by the interaction of systems and years, while the CP content of forage peanuts was affected by the years. Forage peanuts in intercropping with signal grass provide satisfactory increases in biomass, accumulation rate and chemical composition of the forage, four to five years after its establishment, regardless of row spacing. The percentage of legumes remains within the range that provides benefits to the systems, ranging from 23 to 36%, which implies intercropped pastures with higher concentrations of crude protein for grazing animals. Due to the quantitative and qualitative benefits of including forage peanuts in signal grass pastures, its inclusion in systems with intermittent stocking for sheep is recommended.

**Keywords:** Forage accumulation. Botanical composition. Crude protein. Forage accumulation rate.

## 1. Introdução

Apesar da fixação biológica de nitrogênio (FBN) ser uma das mais relevantes características no uso de leguminosas forrageiras consorciadas com gramíneas, uma vez que pode contribuir para redução nos custos com a fertilização nitrogenada, outros benefícios como a melhoria da qualidade nutricional da dieta, melhoria da ciclagem de nutrientes e aumento da produtividade do pasto não devem ser omitidos (Dubeux Jr. & Sollenberger, 2020). Além disso, a inclusão de leguminosas forrageiras em sistemas de monocultura contribui para o aumento da diversidade funcional da pastagem (Andrade et al., 2015), o que também tem ocasionado efeito positivo na produtividade de forragem em áreas de pasto não fertilizados (Jing et al., 2017).

Devido sua forma de propagação vegetativa (estolões) e presença de pontos de crescimento próximo ao solo, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*) apresenta grande potencial de compatibilidade para consorciação com gramíneas em áreas de pastagem (Boddey et al., 2020). Não obstante, o capim-braquiária (*Urochloa decumbens*, syn. *Brachiaria decumbens*), uma das espécies mais difundidas e conhecidas em territórios tropicais (Valle et al., 2010), é altamente versátil e rústica, com tolerância a solos ácidos e de baixa fertilidade, apresentando, ainda, grande facilidade de manejo (Paciullo & Gomide, 2016).

Embora trabalhos relacionados a estratégias de manejo do pastejo para pastos consorciados de amendoim forrageiro e gramíneas do gênero *Urochloa* tenham aumentado nos últimos anos, contribuindo de forma decisiva para garantia da persistência e participação da leguminosa em quantidades satisfatórias no dossel (Homem et al., 2019; Pereira et al., 2017; Tamele et al., 2017), ainda são inexistentes trabalhos com o objetivo de avaliar o reflexo de diferentes estratégias de implantação do amendoim forrageiro no comportamento produtivo da gramínea e leguminosa ao longo do tempo. Além do mais, a maior parte dos trabalhos com a consorciação entre o amendoim forrageiro e os capins do gênero *Urochloa* publicados nos últimos anos foram desenvolvidos com a *Urochloa brizantha* (Andrade et al., 2012a, 2012b; Gomes et al., 2018; Homem et al., 2019, 2021; Pereira et al., 2017; Tamele et al., 2017), sendo praticamente ausente trabalhos com consórcios de amendoim forrageiro com *Urochloa decumbens*.

Avaliando estratégias de implantação de amendoim forrageiro em pastos de *Urochloa brizantha*, Alencar et al. (2018) observaram que a competição com a gramínea decresceu a densidade de plantas e a cobertura de solo pelo amendoim forrageiro, atribuindo este comportamento a maior eficiência fotossintética da gramínea forrageira e ao lento crescimento

da leguminosa em comparação à gramínea, durante o estabelecimento. Diante deste fato, a utilização de espaçamentos mais adensados para a implantação da leguminosa pode propiciar maior competitividade para o estabelecimento do sistema de consorcio entre gramíneas e leguminosas, garantindo a manutenção da leguminosa dentro da faixa adequada para a melhoria do valor nutritivo da forragem e para a fixação biológica de nitrogênio.

No presente estudo, objetivou-se determinar o efeito de diferentes espaçamentos entre linhas de plantio de amendoim forrageiro em consorcio com capim-braquiária sobre biomassa, acúmulo e taxa de acúmulo de forragem, composição química e botânica dos pastos e persistência do amendoim forrageiro, quatro a cinco anos após a implantação do consorcio.

A hipótese é que o espaçamento de plantio de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (40, 50, 60, 70 e 80 cm) consorciado com capim-braquiaria (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) continua exercendo efeito nas características produtivas de forragem e na composição química e botânica dos pastos, após quatro a cinco anos da implantação, em relação ao monocultivo de capim-braquiária.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Local experimental**

O experimento foi conduzido em área pertencente a UEPE-Ovinocultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizado no município de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, no Brasil. O município está situado a aproximadamente 20°45' de latitude sul, 42°52' de longitude oeste, a uma altitude de 663 metros, com temperatura média anual de 19 °C, e médias mínima e máxima de 15 e 22 °C, respectivamente. O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo Köppen, definido como clima subtropical, com período seco e chuvoso bem definidos. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Dos Santos et al., 2018) e apresenta topografia plana.

### **2.2. Período experimental**

O período experimental foi compreendido entre os meses de novembro de 2017 a abril de 2019, sendo dividido em ano 1 (novembro de 2017 a abril de 2018) e ano 2 (novembro de 2018 a abril de 2019). Os dados climáticos, durante o período experimental, foram registrados

na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, a 8 km da área experimental. A temperatura média e a precipitação pluviométrica durante o período experimental são apresentados na Figura 1.

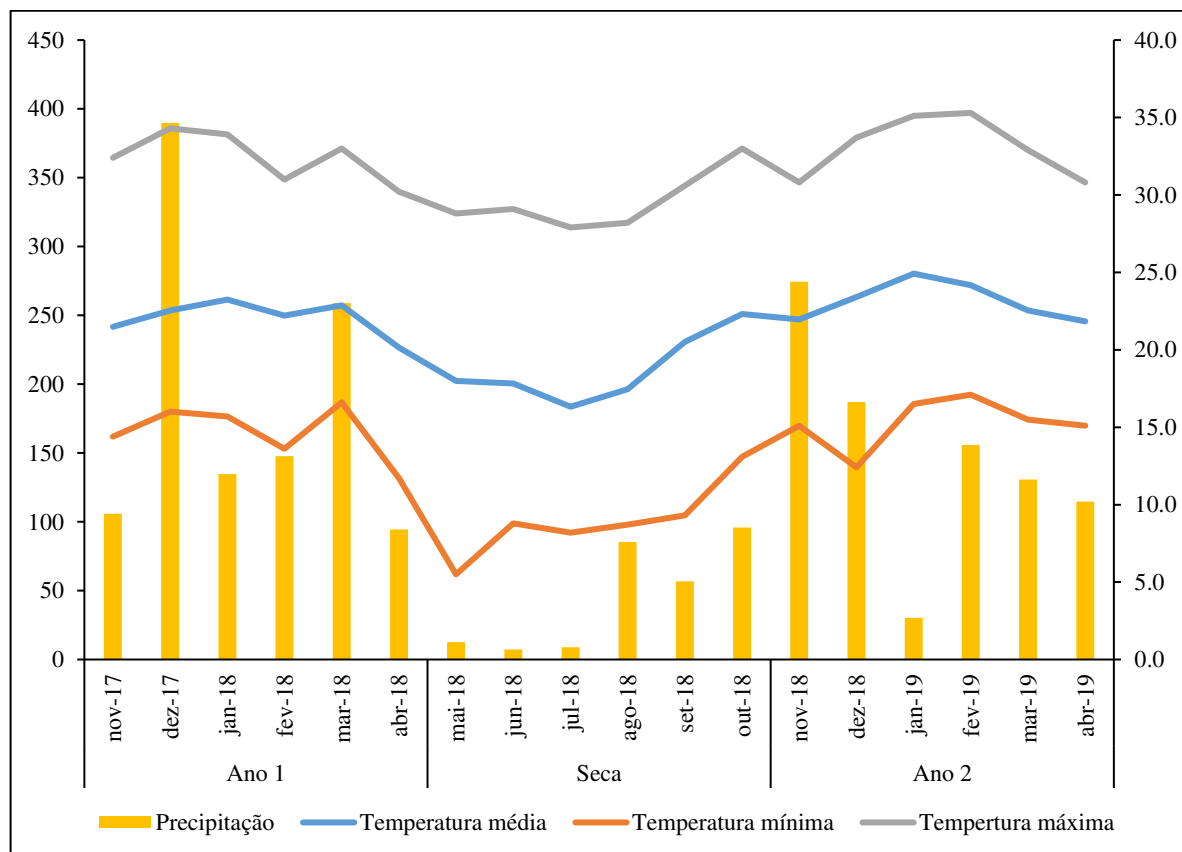


Figura 1. Dados climáticos durante o período experimental, em Viçosa, MG, Brasil.

### 2.3. Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliados seis sistemas que consistiram de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo e consorciados com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40; 50; 60; 70 e 80 cm). O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com seis sistemas e quatro repetições de área, durante dois anos experimentais.

### 2.4. Estabelecimento e manejo

A área experimental foi implantada em dezembro de 2013 e desde então vinha sendo utilizada em experimentos de pesquisa, sob pastejo de ovinos (Freitas, 2015; Cardoso, 2019).

Em setembro de 2017, amostras de solo foram coletadas nos pastos em monocultivo e consórcio, na profundidade de 0-0,10 m, com o auxílio de um trado tipo sonda. Essas amostras foram agrupadas em quatro amostras compostas, de acordo com os blocos experimentais, e os resultados das análises químicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2017.

Bloco	pH	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		mg L <sup>-1</sup>
B1	6,0	17,8	145	3,1	0,8	0,0	4,3	4,3	7,4	58	0,0	19,4
B2	5,3	5,9	75	1,8	0,5	0,3	2,5	2,8	7,6	33	11,0	18,8
B3	5,8	37,2	240	3,1	0,9	0,0	4,6	4,6	8,9	52	0,0	26,5
B4	5,7	6,6	120	2,6	0,6	0,0	3,5	3,5	7,0	50	0,0	20,5

B1, B2, B3 e B4: blocos 1, 2, 3 e 4 respectivamente; pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> – Relação 1;2,5; P-K – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg – Extrator KCl-1 mol/L; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m – Índice de saturação de alumínio; P-rem – Fósforo remanescente.

De acordo com os resultados da análise de solo e as recomendações propostas por Cantarutti et al. (1999), foram aplicados 175 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 76%), apenas no bloco 2, em 24/10/2017. A adubação fosfatada foi realizada somente nos blocos 2 e 4, aplicando-se de 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, via superfosfato simples, no dia 21/12/2017.

Em agosto de 2018, outra amostragem de solo foi executada e os resultados da análise química estão registrados na Tabela 2. Foram aplicados 514 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 76%), apenas no bloco 2, no dia 27/08/2018. Adubação fosfatada foi efetuada em novembro/2018, nos blocos 1, 2 e 4, com doses de 20, 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, utilizando-se como fonte o superfosfato simples. No bloco 2, também foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Tabela 2. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm de profundidade, no ano de 2018.

Bloco	pH	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				%		mg L <sup>-1</sup>	
B1	5,7	12,3	98	2,63	0,61	0,0	3,55	3,55	6,85	51,8	0,0	19,8
B2	5,1	5,3	38	1,58	0,45	0,3	2,18	2,48	7,48	29,1	12,1	16,8
B3	5,8	47,7	124	3,53	0,82	0,0	4,71	4,71	8,71	54,1	0,0	26,4
B4	5,9	8,2	105	2,60	0,59	0,0	3,50	3,50	6,10	57,4	0,0	19,8

B1, B2, B3 e B4: blocos 1, 2, 3 e 4 respectivamente; pH em água, KCl e CaCl<sub>2</sub> – Relação 1;2,5; P-K – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg – Extrator KCl-1 mol/L; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m – Índice de saturação de alumínio; P-rem – Fósforo remanescente.

## 2.5. Manejo do pastejo

Em novembro de 2017, durante o início do período experimental, os pastos foram submetidos ao pastejo de uniformização, visando atingir a meta de altura pós-pastejo de 10 cm. Nos pastejos subsequentes, os animais entravam nos piquetes, com dimensões de 12 x 6 m, quando a altura do dossel forrageiro atingia 20 cm (altura de pré-pastejo) e deixavam os mesmos quando a altura atingia 10 cm (pós-pastejo). Esse mesmo procedimento também foi adotado em novembro de 2018, uma vez que o excesso de material morto remanescente no dossel, durante a época seca do ano, poderia resultar em dificuldades para a manutenção das condições experimentais preconizadas.

Para o pastejo, foi adotada a técnica de mob-stocking (Allen et al., 2011), utilizando-se ovelhas mestiças da raça Santa Inês e Dorper, com peso corporal  $50 \pm 5$  kg, as quais foram mantidas em jejum de sólidos por 12 horas, antes da entrada nos piquetes. Foram utilizados oito animais por piquete, os quais permaneciam em pastejo por um período de aproximadamente oito horas. Os animais tinham livre acesso à água, sendo esta fornecida em bebedouros instalados dentro de cada piquete. Todo o manejo dos animais foi feito de acordo com o Comitê de Ética em Estudo com Animais de Produção da UFV, sob o protocolo nº 032/2015.

A altura do dossel forrageiro, para a determinação do momento de entrada dos animais no piquete, foi monitorada semanalmente, com auxílio de régua graduada, na qual uma lâmina radiográfica, medindo 20 x 30 cm (LxC), com um orifício na sua porção central, foi acoplada. A altura do dossel correspondia ao local onde a lâmina radiográfica era contida pela forragem, sendo que a altura média foi resultante de um total de 20 medidas realizadas dentro de cada piquete. Para determinação do momento de retirada dos animais do piquete, seguiu-se o mesmo

protocolo de medida de alturas, sendo estas efetuadas durante o período em que os animais estavam em pastejo.

## **2.6. Biomassa de forragem e composição botânica**

Amostras de forragem, na condição de pré-pastejo e pós-pastejo, foram colhidas em dois pontos representativos da altura média e cobertura de forragem do dossel, em todos os ciclos de pastejo. Para tal, utilizou-se uma moldura circular, com diâmetro de 0,25 m<sup>2</sup>, e todo material contido dentro desta área foi cortado rente ao solo, com auxílio de uma tesoura de poda. O material colhido foi levado para laboratório, submetido à pesagem e posteriormente separado em sub-amostras de gramínea e leguminosa, que foram pré-secas em estufa com circulação forçada de ar (55° C) até massa constante, moídas em moinho do tipo Wiley (model 4, Philadelphia, PA, USA), em peneira de 1 mm, e levadas a estufa a 105° C, para realização da secagem definitiva e correção da matéria seca (método 930.15; AOAC, 2005).

Com base nestes resultados, foram calculadas a biomassa seca total de forragem, biomassa seca de gramínea, biomassa seca de leguminosa (kg ha<sup>-1</sup>) e determinada a composição botânica.

## **2.7. Acúmulo e taxa de acúmulo de forragem**

Para cálculo do acúmulo de forragem (kg/ha), a biomassa de forragem na condição de pré-pastejo foi subtraída da biomassa de forragem na condição de pós-pastejo do ciclo anterior, sendo ambas colhidas ao nível do solo. Para a determinação da taxa de acúmulo (kg/ha/dia), o acúmulo de forragem foi dividido pelo período necessário (em dias) para o dossel atingir a altura de pré-pastejo (20 cm).

## **2.8. Composição química**

Para determinação da composição química da forragem, amostras foram colhidas em janeiro de 2018 e de 2019, caracterizando os anos experimentais 1 e 2. Essas amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar (55° C) até massa constante, moídas em moinho do tipo Wiley (model 4, Philadelphia, PA, USA), em peneira de 1 mm, e submetidas as análises de matéria seca (MS) (método 930.15; AOAC, 2005), matéria mineral (MM) e matéria orgânica (métodos 942.05; AOAC, 2005), proteína bruta (PB) (método 976.05; AOAC, 2005) e fibra

em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína ( $\text{FDN}_{\text{cp}}$ ) (Licitra et al., 1996; Mertens, 2002).

## **2.9. Análises estatísticas**

Os dados foram analisados com PROC MIXED do SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA) com medidas repetidas no tempo e usando o método de máxima verossimilhança restrita (REML), para cada ano (ano 1 e ano 2). Os sistemas, os anos e a interação sistemas  $\times$  anos foram considerados como efeitos fixos. As repetições (blocos) foram consideradas como efeito aleatório. O efeito de ano foi considerado como medidas repetidas no tempo. As medias afetadas pelos sistemas foram comparados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), enquanto, para as afetadas pelos anos, utilizou-se o PDIFF pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

## **3. Resultados**

### **3.1. Biomassa de forragem no pré-pastejo**

Observou-se efeito da interação sistemas  $\times$  anos ( $p=0.0429$ ) para biomassa seca de gramínea (BSG) (Figura 2). Não se observou diferença entre os diferentes sistemas dentro do ano 1 e ano 2 (Figura 2a). Entretanto, na comparação entre os anos, observou-se que com exceção do monocultivo (0) e do espaçamento 80 cm, todos os demais espaçamentos apresentaram aumento na massa seca de forragem do ano 1 para o ano 2 (Figura 2b).

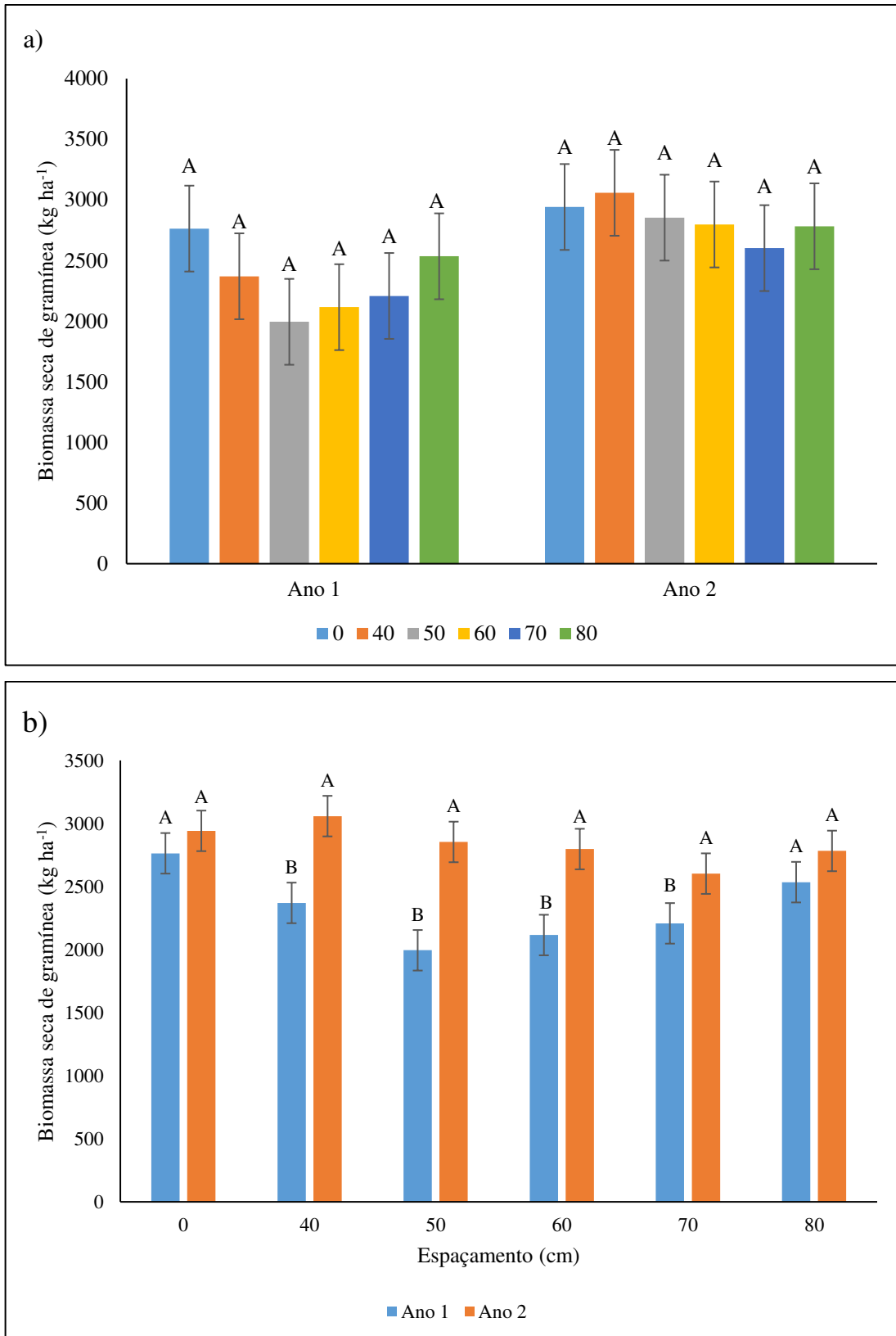


Figura 2. Biomassa seca de gramínea em pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm), e em dois anos

de avaliação (b). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, nos espaçamentos, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ), e nos anos, pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

Para biomassa seca de leguminosa (BSL), observou-se efeitos de sistemas ( $p < 0,001$ ) e de anos ( $p = 0,0352$ ). Com exceção do monocultivo, nos demais sistemas não foram observadas diferenças muito acentuadas na biomassa seca de leguminosa (Figura 3). Maior biomassa de leguminosa foi observada no ano 2 (1.136,2 kg ha<sup>-1</sup> de MS), em relação ao ano 1 (861,7 kg ha<sup>-1</sup> MS).

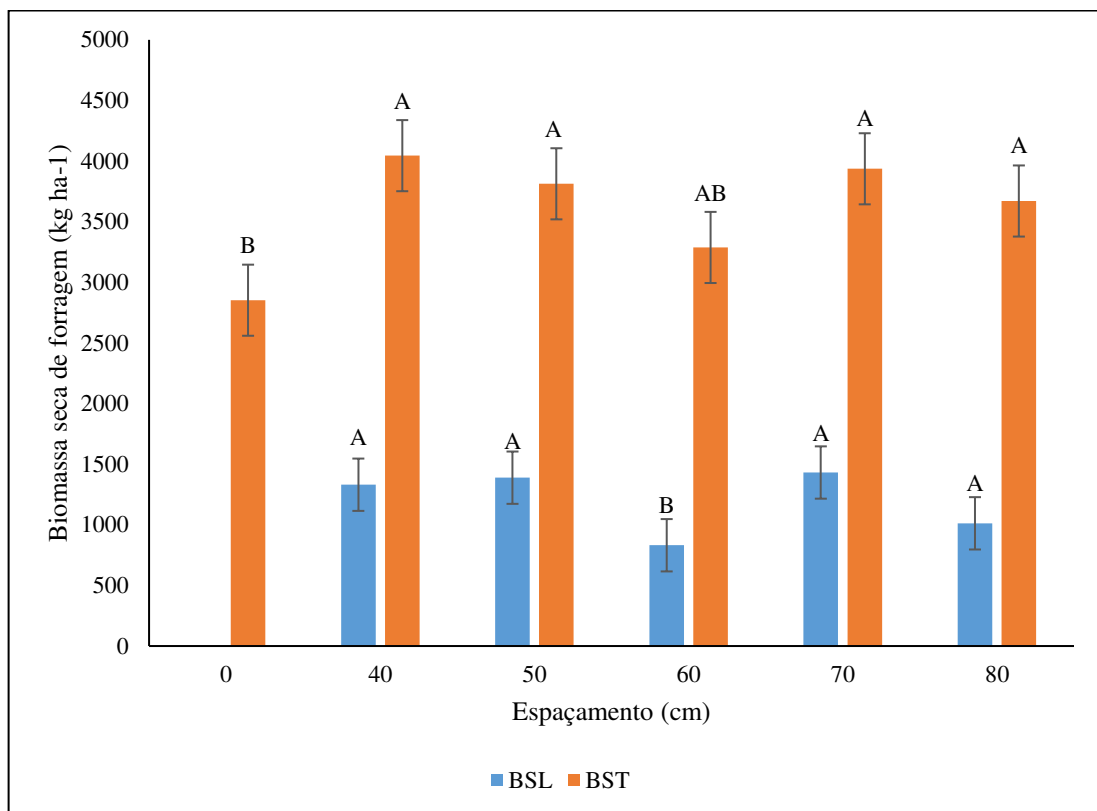


Figura 3. Biomassa seca de leguminosa (BSL) e biomassa seca total (BST) em pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, nos espaçamentos, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

A biomassa seca total também foi afetada por sistemas ( $p = 0,0001$ ) e por anos ( $p < 0,0001$ ), verificando-se maiores produtividades nos espaçamentos 40 cm, 50, 70 e 80 cm,

em comparação ao monocultivo (Figura 3), além de maior massa seca total no ano 2 em relação ao ano 1 (3975,5 vs 3192,8 kg ha<sup>-1</sup> de MS).

### 3.2. Composição botânica

Houve efeito de sistemas sobre o percentual de leguminosa ( $p < 0,0001$ ) (Figura 4), sendo registrado maior percentual de amendoim forrageiro nos consórcios com espaçamentos de 50 e 70 cm, em relação ao de 60 cm. Não houve efeito de ano para o percentual de leguminosa, com valor médio de 25,5% de leguminosa.

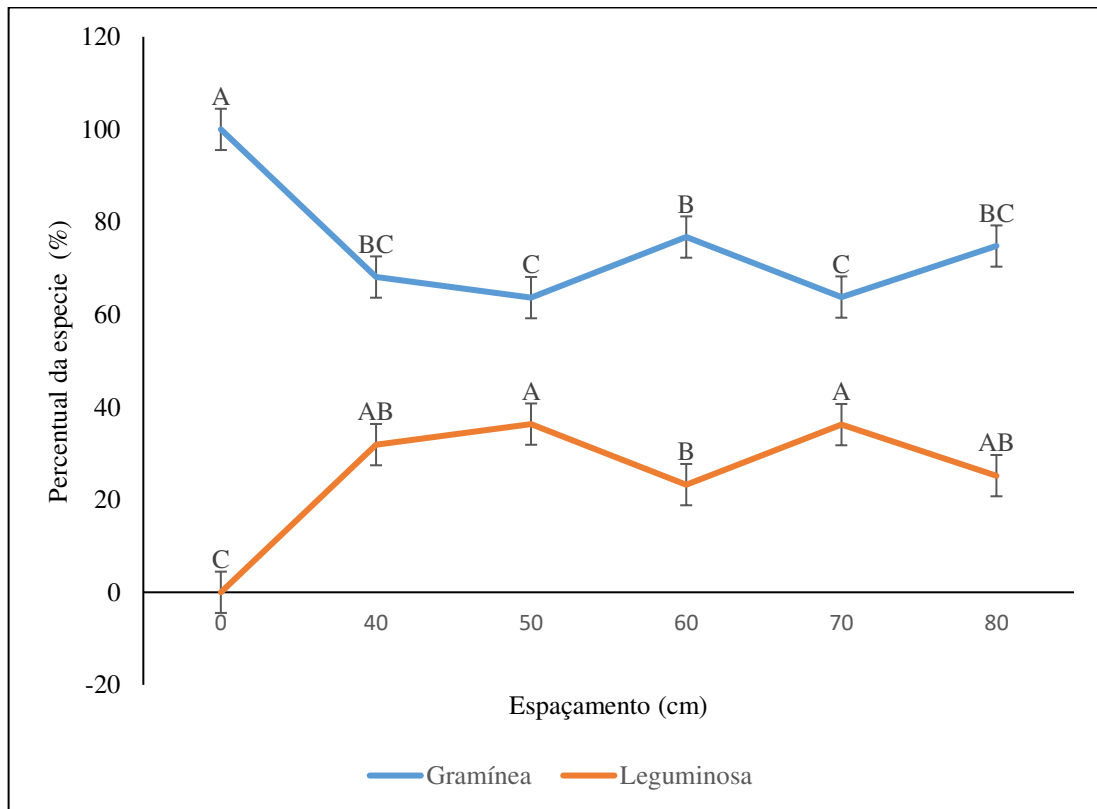


Figura 4. Percentual de gramínea e leguminosa em pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm). Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada espécie, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

### 3.3. Acúmulo de forragem

Para o acúmulo de forragem, foi observado efeito de sistemas ( $p=0,0128$ ) e de ano ( $p=0,0015$ ). O acúmulo de forragem no espaçamento de 40 cm foi 65% mais alto do que no monocultivo, sendo que somente o espaçamento de 60 cm não apresentou acúmulo mais alto em relação ao monocultivo (Figura 5). O acúmulo de forragem no primeiro e segundo ano foi 1534,4 e 1.988,6 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Houve aumento de 30% no acúmulo de forragem do primeiro para o segundo ano.

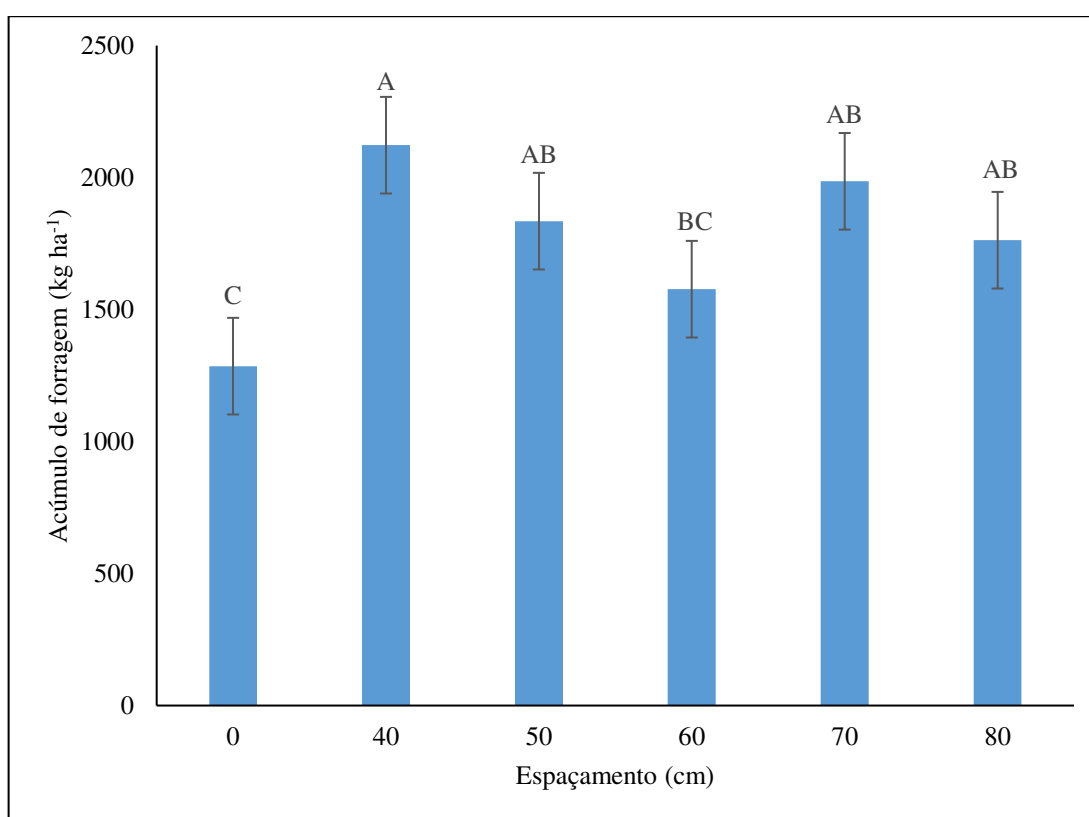


Figura 5. Acúmulo de forragem em pasto de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

### 3.4. Taxa de acúmulo de forragem

Foi observado efeito de sistemas ( $p=0,0352$ ) sobre a taxa de acúmulo de forragem (Figura 6). A taxa de acúmulo foi superior nos pastos consorciados em relação ao monocultivo,

e apresentaram valores semelhantes de taxa de acúmulo. A taxa de acúmulo média obtida nos consorcio foi, em média, 45% mais alta do que a taxa de acúmulo no monocultivo, que foi de 28,1 kg ha<sup>-1</sup> de MS. Não se observou efeito de ano na taxa acúmulo de forragem, ficando o acúmulo médio em 38,8 kg ha<sup>-1</sup> de MS.

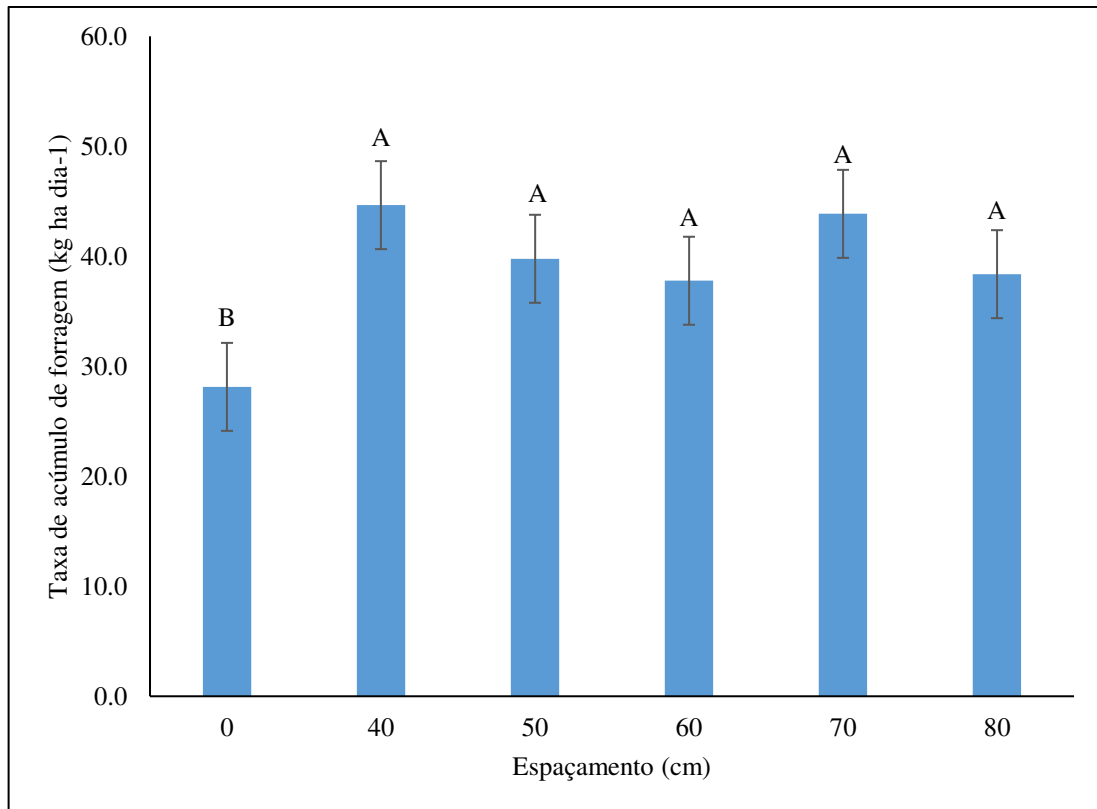


Figura 6. Taxa de acúmulo de forragem em pasto de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

### 3.5. Composição Química

Houve efeito da interação sistemas × anos ( $p=0,0063$ ) para a concentração de PB no capim-braquiária. No ano 1, o maior conteúdo de PB foi observado no espaçamento 80 cm, enquanto menor conteúdo foi observado no monocultivo e no espaçamento de 40 cm (Figura 7). No ano 2 não foi observada diferença no conteúdo de PB em nenhum dos espaçamentos avaliados. Com exceção do espaçamento 40 cm, todos os demais espaçamentos apresentaram redução no conteúdo de PB do primeiro para o segundo ano de estudo.

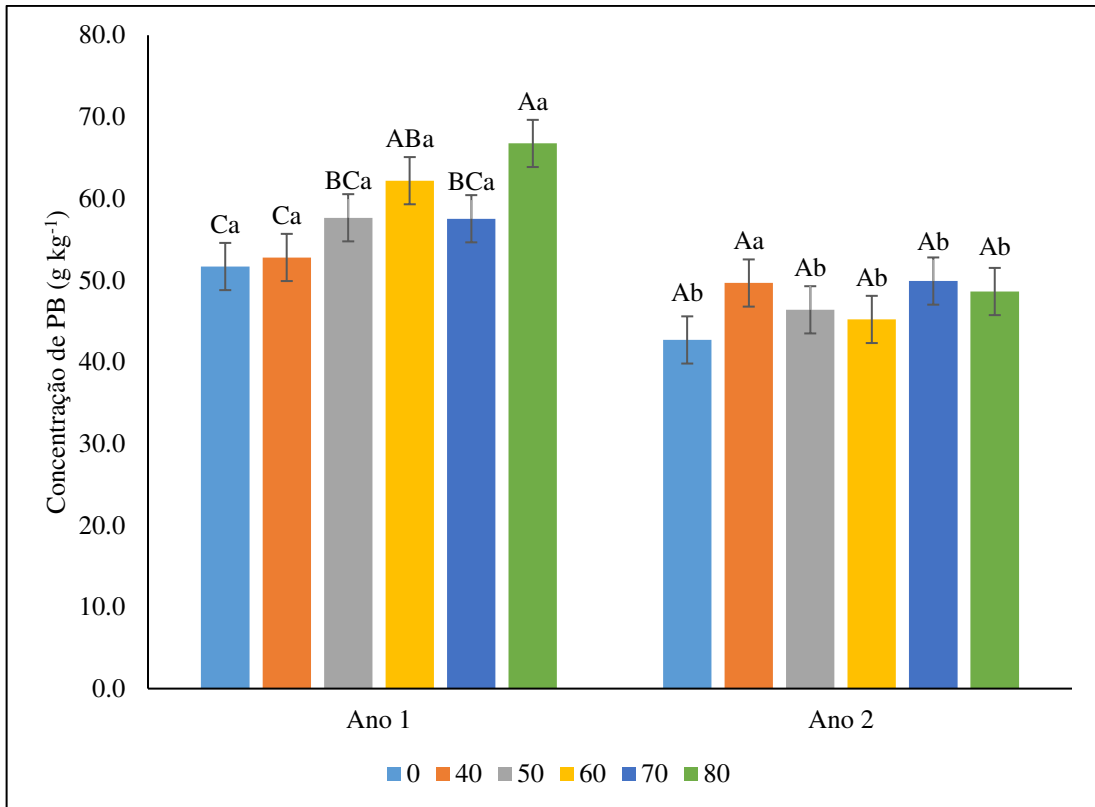


Figura 7. Concentração de proteína bruta (PB) do capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em pastos de capim-braquiária em monocultivo (0) e consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm). Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si, nos espaçamentos, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ), enquanto médias seguidas pela mesma letra minúscula, nos anos, não diferem de si pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

Diferentemente do que ocorreu com o capim-braquiária, o conteúdo de PB do amendoim forrageiro foi afetado apenas pelo fator ano ( $p=0.0119$ ). Do ano 1 para o ano 2 ocorreu redução no conteúdo de PB da leguminosa (Figura 8).

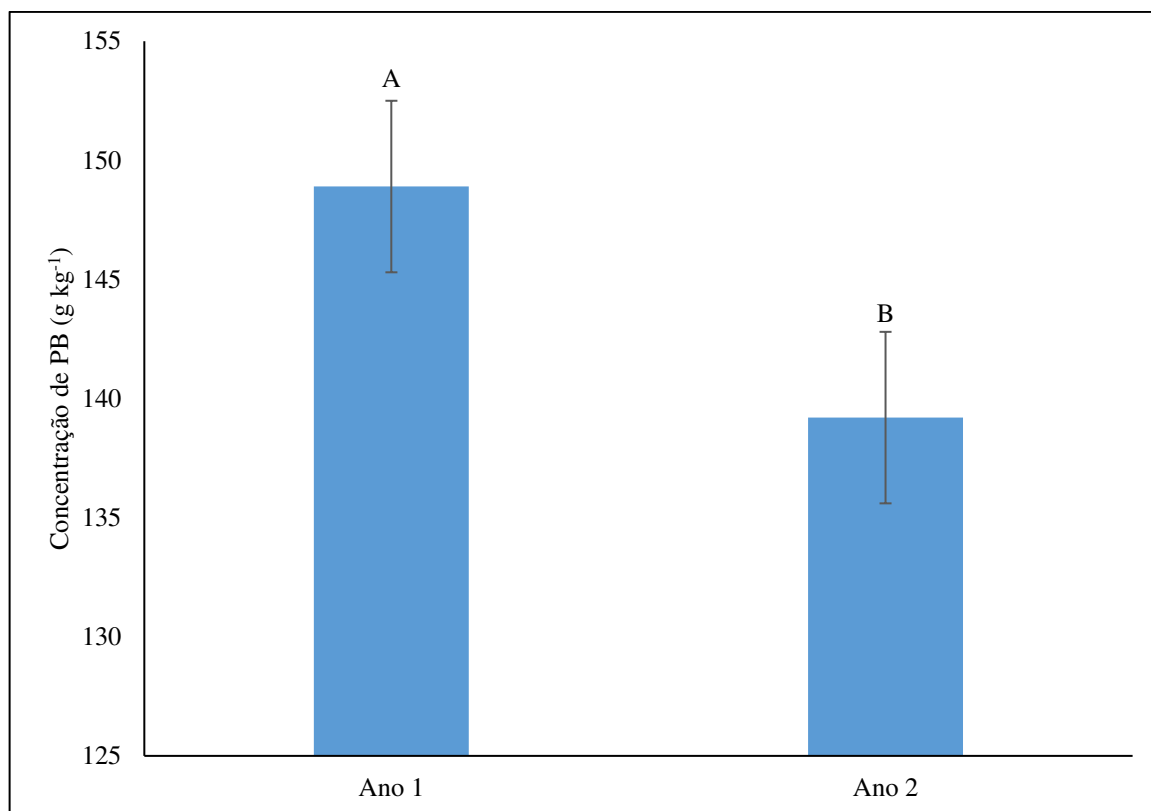


Figura 8. Concentração de proteína bruta (PB) do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), consorciado com capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm). Médias seguidas pela mesma não diferem de si pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

Não foram observados efeitos de sistema para as concentrações de MS no capim-braquiária e no amendoim forrageiro, com valor médios de 269,3 e 202,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Observou-se efeito de ano ( $P < 0,0001$ ) para as concentrações de MS, tanto no capim-braquiária quanto no amendoim forrageiro (Tabela 3). As concentrações de FDNcp não foram afetadas ( $p > 0,05$ ) pelos tratamentos estudados, encontrando-se média geral de 675,5 e 303,6 g kg<sup>-1</sup>, para capim-braquiária e amendoim forrageiro.

Tabela 3. Composição química do capim-braquiária e do amendoim forrageiro, no pré-pastejo, em dois anos experimentais

Ano	Capim-braquiária (g kg <sup>-1</sup> )	
	MS	FDN <sub>CP</sub>
1	238,7B	678,3A
2	299,9A	672,7A
EPM	9,52	8,96
Amendoim forrageiro (g kg <sup>-1</sup> )		
1	152,4B	303,5A
2	184,2A	303,8A
EPM	8,49	13,72

MS: matéria seca; MM; matéria mineral; PB: proteína bruta; FDN<sub>CP</sub>: fibra em detergente neutro corrigida quanto a presença de cinzas e proteínas residuais; EPM: Erro Padrão da Média. Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

#### 4. Discussão

No presente estudo, observou-se maior BST na grande maioria dos pastos consorciados, em relação ao monocultivo. Por sua vez, a BSG não sofreu alteração com os espaçamentos avaliados. Entretanto, ao se avaliar a BSL entre os espaçamentos, observou-se que o espaçamento 60 cm apresentou menor BSL em relação aos demais espaçamentos, que pode ser atribuída à menor participação percentual de leguminosa neste espaçamento. Já Longhini et al. (2021) não observaram diferença na biomassa total de forragem de pastos de capim-marandu solteiro e consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) (4.400 vs. 3.940 kg ha<sup>-1</sup> de MS, respectivamente). Entretanto, o percentual de leguminosa relatado pelos autores foi de apenas 10% da biomassa de forragem, fato que pode justificar a ausência de benefícios da leguminosa na fixação biológica de nitrogênio e no consequente desenvolvimento do pasto.

Avaliando estratégias para implantação de amendoim forrageiro em pastos de capim-marandu, Alencar et al. (2018) também não constataram efeito da inclusão da leguminosa sobre a produção de biomassa seca da gramínea, embora a participação da leguminosa na biomassa total de forragem tenha sido de apenas 9%. Homem et al. (2021) também reportaram pouca

influência da leguminosa sobre a biomassa de gramínea, ressaltando, por outro lado, seu reflexo sobre a biomassa total de forragem, corroborando os resultados observados no nosso estudo.

A variação da participação da leguminosa forrageira na BST, de 26% (60 cm) a 36% (40 cm), evidencia o benefício do uso do amendoim forrageiro em sistemas de consórcio, uma vez que, mesmo sob os mais amplos espaçamentos de implantação, a participação da leguminosa forrageira na BST manteve-se dentro da faixa de 20 a 45%, proposta por Cadish et al. (1994) para satisfatória FBN e para melhoria do valor nutritivo da forragem ingerida por animais em pastejo. Em pastos de capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) com participação de apenas 10% de amendoim-forrageiro, valores de FBN de 15,5 kg ha<sup>-1</sup> de N foram relatados na literatura (Longhini et al., 2021), muito aquém dos 38,4 a 83,3 kg ha<sup>-1</sup> de N, observados por Menezes (2017), em pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) com percentual de amendoim-forrageiro variando de 39 a 52%.

Embora a adoção de espaçamentos de plantio mais adensados sejam importantes no início do processo de estabelecimento do amendoim forrageiro, uma vez que a maior eficiência na fixação de C pela gramínea (C4) em relação a leguminosa (C3) reduz a cobertura de solo pela leguminosa (Alencar et al., 2018), ao longo do tempo, a manutenção do dossel forrageiro em alturas mais baixas, como as do presente estudo, apresenta maior efetividade no estímulo participativo do amendoim forrageiro no dossel, possibilitando o aumento da biomassa de leguminosa, segundo Homem et al. (2019). Entretanto, é importante mencionar que, em determinados sistemas e condições de pastejo, a manutenção do dossel sob alturas reduzidas pode comprometer a estabilidade do consórcio, ocasionando maior participação da leguminosa no dossel, com valores que podem variar de 45 a 60% (Tamele et al., 2017).

Em consequência da mais alta quantidade de biomassa seca, também foram observados maior acúmulo e taxa de acúmulo na grande maioria dos pastos consorciados, em relação ao pasto em monocultivo. Valores de taxa de acúmulo variando de 13,8 a 59,3 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS foram relatados por Braga et al. (2009), em pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo, submetidos à desfolhação, por bovinos, ao atingirem 95% da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, o que equivaleu à altura de entrada de 18 cm, deixando-se altura de resíduo de 10 cm, destacando-se que a taxa de acúmulo de 28,1 kg ha<sup>-1</sup> obtida com o monocultivo, no presente estudo, encontra-se dentro da faixa obtida por esses autores, cujas alturas de pré e pós-pastejo foram semelhantes. No caso de pasto exclusivo de amendoim forrageiro, Menezes et al. (2012) obtiveram taxas de acúmulo de 11,1 a 56,2 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de MS, com o valor médio obtido no presente estudo (40,9 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) dentro desta faixa.

O decréscimo no conteúdo de PB, para ambas as espécies forrageiras, do primeiro para o segundo ano, foi mais impactante, tanto quantitativa quanto qualitativamente para o capim-braquiária, com valor muito aquém do mínimo exigido de proteína bruta para sustentar a manutenção do peso corporal de ruminantes. No trabalho de Freitas (2015), conduzido no estabelecimento dessas espécies forrageiras nessa mesma área experimental, em 2013, os pastos de capim-braquiária apresentavam teor de proteína bruta de 11,5%. Este resultado demonstra que a ausência de fonte nitrogenada ocasiona acentuada redução nos teores proteicos do capim-braquiária em monocultivo ao longo dos anos. Nos pastos consorciados, o elevado teor de proteína bruta do amendoim forrageiro exerce um efeito compensatório na dieta total para o animal em pastejo.

Esses resultados demonstram que o amendoim forrageiro não teve influência sobre o conteúdo de PB da gramínea, corroborando informações descritas por Olivo et al., (2017), que ao avaliarem os teores de PB do capim-elefante em mistura com espécies forrageiras, não observaram efeito da inclusão do amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) no teor de PB da gramínea, no período de primavera-verão.

Para amendoim forrageiro cv. Belmonte, em monocultivo, com base na média de três anos, Fernandes et al. (2017) encontraram conteúdo de PB de 174 g/kg, valor 22% superior ao do presente estudo. Todavia, independentemente deste resultado, a inclusão de leguminosas forrageiras em sistemas de pastejo resultam na melhoria do valor nutritivo da forragem, ocasionando maior taxa de ingestão de forragem por animais em pastejo (Olivo et al., 2017).

Assim, espera-se que pastos consorciados apresentem mais alta biomassa de forragem e taxa de acúmulo, favorecendo o aumento na capacidade de suporte do pasto e resultando em maior produtividade por animal e por área, principalmente na época seca do ano.

## **5. Conclusões**

O amendoim forrageiro em consorcio com capim-braquiária propicia incrementos satisfatórios na biomassa, na taxa de acúmulo e na composição química da forragem, quatro a cinco anos após seu estabelecimento, independentemente do espaçamento entre linhas.

O percentual de leguminosa mantém-se dentro da faixa que propicia benefícios aos sistemas, variando de 23 a 36%, o que implica em pastos consorciados com mais altas concentrações de proteína bruta aos animais em pastejo.

Devido aos benefícios quantitativos e qualitativos da inclusão do amendoim forrageiro em pastos de capim-braquiária, recomenda-se sua inclusão em sistemas com lotação intermitente para ovinos.

## 6. Referências Bibliográficas

- Alencar, N. M., Vendramini, J. M. B., dos Santos, A. C., Silveira, M. L., Dubeux Jr., J. C. B., Sousa, L. F. & Neiva, J. N. M. (2018). Herbage characteristics of pintoï peanut and paslisadegrass established as monoculture or mixed swards. **Crop Science**, v. 58, n. 5, p. 2131–2137. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0538>
- Allen, V. G., Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X. , ... and Sanderson, M. (2011). et al. Grass and Forage Science An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2–28, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- Andrade, C. M. S. (2009). Estratégias de Manejo do Pastejo para Pastos Consorciados nos Trópicos. In: Gonçalves, R. C.; Oliveira, L. C. (Eds.). . **Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do Sudoeste da Amazônia**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, p. 163–180.
- Andrade, C. M. S., Garcia, R., Valentim, J. F., & Pereira, O. G. (2012a). Dynamics of sward condition and botanical composition in mixed pastures of marandugrass, forage peanut and tropical kudzu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 501–211. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300005>.
- Andrade, C. M. S., Garcia, R., Valentim, J. F., & Pereira, O. G. (2012b). Productivity, utilization efficiency and sward targets for mixed pastures of marandugrass, forage peanut and tropical kudzu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 3, p. 512–520, 2012b. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000300006>
- Andrade, C. M. S., Ferreira, A. S., & Casagrande, D. R. (2015). Sistemas de Produção, Intensificação e Sustentabilidade da Produção Animal - Anais do 27º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. In: Silva, S. C.; Pedreira, C. G. S.; Moura, J. C. DE (Eds.). . **Sistemas de Produção, Intensificação e Sustentabilidade da Produção Animal - Anais do 27º Simpósio sobre Manejo da Pastagem**. Piracicaba - SP: FEALQ. p. 113–151.
- AOAC. (2005). **Official Methods of Analysis. The Association of Official Analytical Chemists**. Arlington, Virginia, USA.
- Boddey, R. M., Casagrande, D. R., Homem, B. G. C., & Alves, B. J. R. (2020). Forage legumes in grass pastures in tropical Brazil and likely impacts on greenhouse gas emissions: A review. **Grass and Forage Science**, n. July, p. 1–15. <https://doi.org/10.1111/gfs.12498>
- Braga, G. J., Portela, J. N., Pedreira, C. G. S., Leite, V. B. O. & Oliveira, E. O. (2009). Herbage yield in Signalgrass pastures as affected by grazing management. **South African Journal of Animal Sciences**, v. 39, n. SUPPL. 1, p. 130–132.

- Cadish, G., Schunke, R. M., & Giller, K. E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mistured on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, v. 28, p. 43–52, 1994.
- Cantarutti, R. B., Martins, C. E., Carvalho, M. M., Fonseca, D. M., Arruda, M. L., Vilela, H., & Oliveira, F. T. T. (1999). Pastagens. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (Eds.). . **RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES EM MINAS GERAIS 5a APROXIMAÇÃO**. 1. ed. Viçosa, Minas Gerais: SCBS p. 359.
- Dos Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C, Oliveira, V. A., Lumbrreras, J. F., Coelho, M. R., ... & Cunha, T. J. F. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. ed. Brasília, DF: Embrapa.
- Fernandes, F. D., Ramos, A. K. B., Carvalho, M. A., Maciel, G. A., Assis, G. M. L., & Braga, G. J. (2017). Forage yield and nutritive value of *Arachis* spp. genotypes in the Brazilian savanna. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais**, v. 5, n. 1, p. 19–28. [https://doi.org/10.17138/tgft\(5\)19-28](https://doi.org/10.17138/tgft(5)19-28)
- Fioreli, A. B., Ziech, M. F., Fluck, A. C., Geresi, J. C., Col, D., Berns, L., ... and Costa, O. A. D. (2018) Valor nutritivo de pastagens do gênero *Cynodon* consorciadas com amendoim forrageiro. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 6, p. 1970–1978. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-10048>
- Gomes, F. K., Oliveira, M. D. B. L., Homem, B. G. C., Boddey, R. M., Bernardes, T. F., Gionbelli, M. P., Lara, M. A. S., & Daniel R Casagrande, D. R. (2018). Effects of grazing management in brachiaria grass-forage peanut pastures on canopy structure and forage intake 1. **Journal Animal Science**, v. 96, p. 3837–3849. <https://doi.org/10.1093/jas/sky236>
- Homem, B. G. C., Rosa, A. D., Ferreira, I. M., Cruvinel, I. A. F., Lara, M. A. S., Bernardes, T. F., & Casagrande, D. R. (2019). Increasing the population of forage peanut in a mixed pasture by controlling the canopy height. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 3, p. 571–575. <https://doi.org/10.1111/gfs.12436>
- Homem, B. G. C., Lima, I. B. G., Spasiani, P. P., Ferreira, I. M., Boddey, R. M., Bernardes, T. F., Dubeux Jr., J. C. B., & Casagrande D. R. (2021). Palisadegrass pastures with or without nitrogen or mixed with forage peanut grazed to a similar target canopy height. 1. Effects on herbage mass, canopy structure and forage nutritive value. **Grass and Forage Science**, v. 76, n. 3, p. 400–412. <https://doi.org/10.1111/gfs.12532>
- Jing, J., Karen Søgaard, K., Cong, W. F. & Eriksen, J. (2017). Species diversity effects on productivity, persistence and quality of multispecies swards in a four-year experiment. **PLoS ONE**, v. 12, n. 1. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169208>
- Licitra, G., Hernandez, T. M., & Soest, P. J. Van. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347–358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)

- Longhini, V. Z., Cardoso, A. S., Berça, A. S., Boddey, R. M., Reis, R. A., Dubeux Jr., J. C. B., & Ruggieri, A. C. (2021). Could forage peanut in low proportion replace N fertilizer in livestock systems? **PLoS ONE**, v. 16, n. 3 March, p. 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247931>
- Lopes, C. M., Paciullo, D. S. C., Araujo, S. A. C., Gomide, C. A. M., Morenz, M. J. F., & Vilela, S. D. J. (2017). Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 225–233. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9201>
- Menezes, A. P. M., Assis, G. M. L., Mataveli, M., Silva, H. S. F., Azevedo, J. M. A., & Mendonça, M. S. (2012). Genetic divergence between genotypes of forage peanut in relation to agronomic and chemical traits. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 7, p. 1608–1617, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000700008>
- Menezes, R. C. **Intensidades de pastejo e espaçamentos de plantio de amendoim forrageiro em consórcio com capim-braquiária**. 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2017.
- Mertens, D. R. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC international**, v. 85, n. 6, p. 1271–1240, 2002.
- Olivo, C. J., Diehl, M. S., Agnolim, C. A., Bratz, V. F., Aguirre, P. F., & Sauter, C. P. (2017). Sistemas forrageiros consorciados com leguminosas sob pastej com vacas em lactação. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 19–26. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i1.32300>
- Paciullo, D. S. C., & Gomide, C. A. M. (2016). As contribuições de Brachiaria e Panicum para a pecuária leiteira. In: VILELA, D. et al. (Eds.). **Pecuária de Leite no Brasil : Cenários e Avanços Tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 167–186.
- Pedreira, C. G. S., Braga, G. J., & Portela, J. N. (2017). Herbage accumulation, plant-part composition and nutritive value on grazed signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures in response to stubble height and rest period based on canopy light interception. **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 1, p. 62–73. <https://doi.org/10.1071/CP16333>
- Pereira, J. C., Gomes, F. K., Oliveira, M. D. B. L., Lara, M. A. S., Bernardes, T. F., & Casagrande, D. R. (2017). Characteristics of mixed pastures of brachiaria grass and forage peanut Defoliation management affects morphogenetic and structural characteristics of mixed pastures of brachiaria grass and forage peanut. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 34, n. 1, p. 13–19. <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1315960>
- Tamele, O. H., Lopes de Sá, O. A. A., Bernardes, T. F., Lara, M. A. S., & Casagrande, D. R. (2017). Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 2, p. 522–531. <https://doi.org/10.1111/gfs.12332>
- Valle, C. B. et al. Gênero *Brachiaria*. In: Fonseca, D. M. Da & Martuscello, J. A. (Eds.).

**Plantas Forrageiras.** Viçosa, Minas Gerais: Editora UFV, 2010. p. 30–77.

Ziech, M. F., Olivo, C. J., Ziech, A. R. D., Paris, W., Agnolin, C. A., & Meinerz, G. R. (2015). Valor nutritivo de pastagens de *Cynodon* consorciadas com amendoim forrageiro no sudoeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 37, n. 3, p. 243–249. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i3.26872>

## CAPÍTULO II - BIOMASSA E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE RAÍZES EM PASTOS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA SOLTEIRO E CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO EM DIFERENTES ESPAÇAMENTOS

**Resumo:** Objetivou-se avaliar a biomassa e a composição química de raízes de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo e consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 50, 60, 70 e 80 cm), quatro a cinco anos após a implantação, em delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os pastos foram submetidos a lotação intermitente por ovelhas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. A biomassa de raízes foi influenciada pela interação espaçamentos  $\times$  anos, com menor valor para o monocultivo relativamente aos espaçamentos de 40, 50, 60 e 70 cm, no ano 2. As concentrações de lignina e de C foram influenciadas pelo ano, com valores de 153 e 115 g kg<sup>-1</sup> de MO, e, 277 e 139 g C kg<sup>-1</sup> de MO, com valores 25 e 50% maiores, respectivamente, no ano 1 em relação ao ano 2. A concentração de N foi influenciada pelo espaçamento, com maior concentração no espaçamento 70 cm e menor no monocultivo, e pelo ano, com redução de 45% do ano 1 para o ano 2. A relação lignina/NIDA e C/N foi influenciada pelos efeitos de espaçamentos e de anos, enquanto a relação lignina/N foi influenciada apenas pelos anos. A concentração de NIDA teve efeito da interação espaçamentos  $\times$  anos, com os espaçamentos de 40 e 50 cm apresentando maiores concentrações no ano 1, enquanto o espaçamento 80 cm apresentou maior concentração no ano 2. Os conteúdos de C e N foram influenciados apenas pelos espaçamentos, com maior conteúdo de C no espaçamento de 50 cm (1.424 kg C ha<sup>-1</sup>), enquanto o maior conteúdo de N foi observado nos espaçamentos de 40 e 50 cm (122 e 138 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Recomenda-se que o amendoim forrageiro seja implantado nos espaçamentos entre linhas de 40 e 50 cm, visando o maior sequestro de C e conteúdo de N nas raízes, assim como a melhoria na reciclagem de nutrientes no solo.

**Palavras-chave:** Conteúdo. Carbono. Nitrogênio, Relação lignina/N. Relação C/N

**Abstract:** The objective was to evaluate the biomass and chemical composition of roots of signal grass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) pastures in monoculture and intercropped with forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), under different spacing between planting rows (40, 50, 60, 70 and 80 cm), four to five years after implantation, in a randomized block design, with four replications. The pastures were subjected to intermittent stocking by sheep, with a pre-grazing height of 20 cm and a post-grazing height of 10 cm. Root biomass was influenced by the spacing  $\times$  years interaction, with a lower value for the monoculture compared to spacings of 40, 50, 60 and 70 cm, in year 2. Lignin and C concentrations were influenced by the year, with values of 153 and 115 g kg<sup>-1</sup> of OM, and 277 and 139 g C kg<sup>-1</sup> of OM, with values 25 and 50% higher, respectively, in year 1 in relation to year 2. The N concentration was influenced by spacing, with highest concentration in 70 cm spacing and lowest in monoculture, and by year, with a 45% reduction from year 1 to year 2. The lignin/NIDA and C/N ratio was influenced by the effects of spacing and years, while the Lignin/N ratio was influenced only by years. The NIDA concentration had the effect of the spacing  $\times$  years interaction, with the 40 and 50 cm spacing showing higher concentrations in year 1, while the 80 cm spacing showed higher concentration in year 2. The C and N contents were influenced only by the spacing, with the highest C content at 50 cm spacing (1,424 kg C ha<sup>-1</sup>), while the highest N content was observed at 40 and 50 cm spacings (122 and 138 kg N ha<sup>-1</sup>, respectively). It is recommended that forage peanuts be planted in row spacings of 40 and 50 cm, aiming at greater C sequestration and N content in the roots, as well as improving nutrient recycling in the soil.

**Keywords:** Content. Carbon. Nitrogen, Lignin/N ratio. C/N ratio

## 1. Introdução

A área coberta por pastos no território brasileiro é estimada em 192 milhões de hectares (Faostat, 2020). Atualmente, a maior parte desta área é composta por pastos cultivados, principalmente por gramíneas do gênero *Urochloa* (sin. *Brachiaria*). Embora a área de pastagens com algum grau de degradação tenha reduzido substancialmente de 2000-2020, passando de 118,8 para 89 milhões de hectares de pastagens (Lapig, 2022) estratégias de manejo visando otimizar o uso das áreas já recuperadas, assim como recuperar novas áreas são de extrema importância para garantia da sustentabilidade do sistema, uma vez que o alto índice de áreas degradadas é resultado de falhas de manejo impostas aos sistemas de produção adotado pela pecuária nacional ao longo dos tempos (Hungria et al., 2016). Dentre essas falhas, aquelas relacionadas a não reposição de nutrientes via fertilização merecem especial atenção, uma vez que a cultura extrativista é notoriamente presente em sistemas de produção a pasto.

Uma das formas para recuperação de áreas de pasto degradado é por meio da adubação nitrogenada (Santos & Fonseca, 2016), entretanto, questões econômicas podem limitar a sua utilização. Todavia, em sistemas extensivos, a utilização do consórcio entre gramínea e leguminosa é a técnica mais viável em substituição à adubação nitrogenada, haja visto que a leguminosa nessas condições pode suprir entre 50 a 80 kg de N ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (Cantarutti et al., 1999).

Em sistemas extensivos de produção a pasto, a ciclagem de nutrientes também é uma das alternativas para garantir o fornecimento de nutrientes em quantidades suficientes para sustentar o crescimento da planta (Dubeux Jr. & Sollenberger, 2019). Nesse sentido, a decomposição de biomassa de raízes é de extrema importância para a ciclagem e liberação de nutrientes no solo em ecossistemas de pasto, sendo também relacionada ao ciclo de carbono (Silva et al., 2019). Não obstante, o sequestro de C no solo em áreas de pasto necessita do suprimento de N no sistema solo-planta, uma vez que o ciclo do N e C são interligados (Oliveira et al., 2015; Urquiaga et al., 2010).

O total de nitrogênio abaixo do nível do solo em pastos consorciados é característica primordial para o processo de ciclagem de nutrientes, já que sua adição ao sistema leva a redução da relação carbono/nitrogênio (C/N) e, conseqüentemente, ao favorecimento da decomposição e mineralização dos tecidos (Santos et al., 2019; Sollenberger et al., 2014; Vendramini et al., 2014). Ademais, fatores relativos à composição química da biomassa radicular, tais como concentração de carbono, lignina, relação lignina/N e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), também interferem na ciclagem de nutrientes do solo (Urquiaga

et al., 1998; Vendramini et al., 2014). Portanto, no caso de tecidos de maior recalcitrância, como os radiculares, os produtos oriundos do processo de decomposição apresentam maior tempo de permanência no solo, mesmo quando a intensidade de decomposição é semelhante à de outros tecidos da planta (Rasse et al., 2005).

Embora muito se discuta sobre aspectos relativos às características químicas inerentes a massa de raízes e seus reflexos sobre o sequestro de C no solo, Sokol et al. (2019) demonstraram que a massa de raízes vivas é de 2 a 13 vezes mais eficiente do que a liteira em reter carbono orgânico no solo (COS), evidenciando a importância do crescimento da massa de raízes na formação do estoque de carbono orgânico do solo. A maior capacidade de produção de biomassa de raízes em áreas de pastagens pode propiciar um estoque de C 400-600% superior ao observado em áreas de cultura agrícola (Beniston et al., 2014). Essa evidenciada superioridade em sequestrar C na biomassa de raízes confere destacado papel às áreas de pastagens para o controle das emissões de gases de efeito estufa.

Apesar das limitações relativas ao uso de leguminosas forrageiras em consórcio, em território sul-americano, o amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) tem demonstrado ser bastante promissor para a consorciação com gramíneas forrageiras (Pereira et al., 2017; Tamele et al., 2017). O *Arachis pintoi* tem expressiva vantagem em relação às demais leguminosas, devido sua elevada tolerância ao pastejo, pois possui alta quantidade de pontos de crescimento com localização próxima ao solo, dificultando sua decapitação durante o pastejo, o que permite uma superior velocidade de recuperação, após desfolhação (Da Silva, 2008). Nesse sentido, consórcios harmônicos entre cultivares de *Urochloa* e o amendoim forrageiro tem evidenciado, ao longo do tempo, um padrão comportamental estável, em termos proporcionais, ao se mensurar a participação da leguminosa no dossel forrageiro (Tamele et al., 2017). No entanto, a ausência de trabalhos com a avaliação de raízes é uma limitação ou entrave para o entendimento de questões relativas à ciclagem de nutrientes e ao sequestro de carbono no solo em pastos consorciados.

O objetivo com o presente estudo foi avaliar o efeito de diferentes espaçamentos de plantio de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) consorciado com capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em comparação à monocultura desta gramínea, na biomassa e na composição química de raízes, quatro a cinco anos após o estabelecimento da pastagem. A hipótese é que a redução nos espaçamentos de implantação da leguminosa forrageira resulte em maior biomassa de raízes, como maior conteúdo de C e N, evidenciando melhores condições para sequestro de C e ciclagem de nutrientes.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Local experimental**

O experimento foi conduzido em área pertencente ao Setor de Ovinocultura da Universidade Federal de Viçosa, localizado no município de Viçosa, Zona da Mata de Minas Gerais, no Brasil. O município está situado a aproximadamente 20°45' de latitude sul, 42°52' de longitude oeste, a uma altitude de 663 metros, com temperatura média anual de 19 °C, e médias mínima e máxima de 15 e 22 °C, respectivamente. O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo Köppen, definido como clima subtropical, com período seco e chuvoso bem definidos. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Dos Santos et al., 2018) e apresenta topografia plana.

### **2.2. Período experimental**

O período experimental foi compreendido entre os meses de novembro de 2017 a outubro de 2019, caracterizando dois anos experimentais. Os dados climáticos, durante o período experimental, foram registrados na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, localizado a 8 km da área experimental. As médias de temperaturas média, máxima e mínima diária foram 20,4; 31,0 e 14,4 °C, para o período de novembro de 2017 a outubro de 2018 (ano 1), e de 21,0; 32,4 e 12,1 °C, de novembro de 2018 a outubro de 2019 (ano 2). A precipitação pluviométrica acumulada foi de 1.399 mm, no ano 1, e 1.183 mm, no ano 2 (Figura 1).

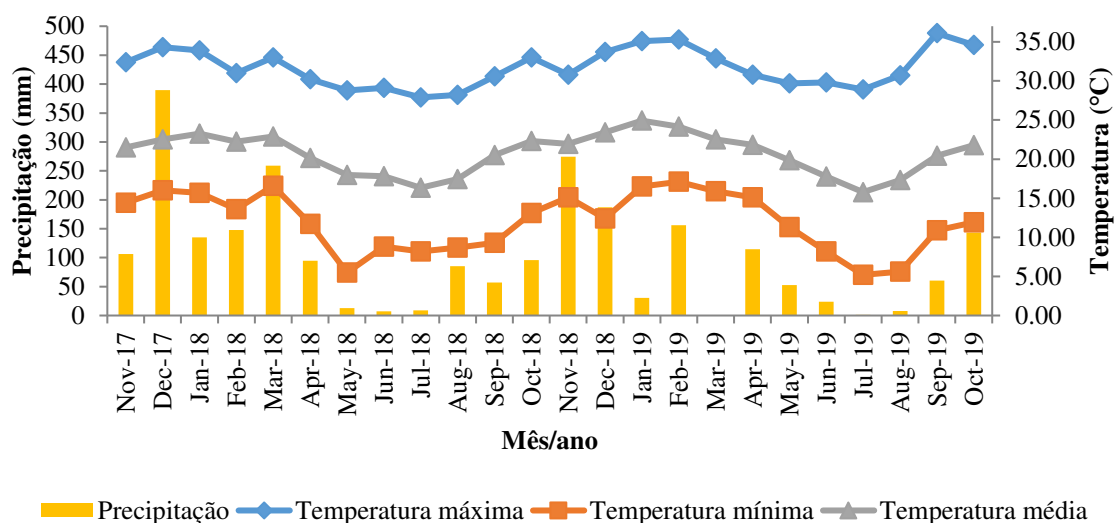


Figura 1. Dados climáticos durante o período experimental, em Viçosa, MG, Brasil.

### 2.3. Tratamentos e delineamento experimental

Foram avaliados seis tratamentos, consistindo de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40; 50; 60; 70 e 80 cm), em dois anos experimentais. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições de área, em dois anos.

### 2.4. Estabelecimento e manejo

A área experimental foi implantada em dezembro de 2013 e desde então vinha sendo utilizada em experimentos com pastejo de ovinos. O tamanho de cada unidade experimental (piquete) era de 12 x 6 m (72 m<sup>2</sup>).

Em setembro de 2017, amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-0,10 m, com o auxílio de um trado tipo sonda. Essas amostras foram agrupadas em quatro amostras compostas, de acordo com os blocos experimentais das quais faziam parte, e identificadas em B1, B2, B3 e B4. As análises químicas do solo são apresentadas na Tabela 1. De acordo com os resultados da análise de solo e as recomendações propostas por Cantarutti et al. (1999), foram aplicados 175 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 76%), apenas no bloco 2, em 24/10/2017. A adubação fosfatada foi realizada somente nos blocos 2 e 4, aplicando-se doses de 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, via superfosfato simples, respectivamente, no dia 21/12/2017.

Tabela 1. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-0,10 m de profundidade no ano de 2017.

Bloco	pH	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		mg L <sup>-1</sup>
B1	6,0	17,8	145	3,1	0,8	0,0	4,3	4,3	7,4	58	0,0	19,4
B2	5,3	5,9	75	1,8	0,5	0,3	2,5	2,8	7,6	33	11,0	18,8
B3	5,8	37,2	240	3,1	0,9	0,0	4,6	4,6	8,9	52	0,0	26,5
B4	5,7	6,6	120	2,6	0,6	0,0	3,5	3,5	7,0	50	0,0	20,5

pH em água, KCl e CaC<sub>2</sub> – Relação 1;2,5; P-K – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg – Extrator KCl-1 mol/L; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m – Índice de saturação de alumínio; P-rem – Fósforo remanescente.

Em agosto de 2018, outras amostras de solo foram coletadas e as doses de insumos aplicadas conforme os resultados (Tabela 2). Foram aplicados 514 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 76%), apenas no bloco 2, no dia 27/08/2018. A adubação fosfatada foi realizada nos blocos 1, 2 e 4, em 13/11/2018, aplicando-se doses de 20, 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, via superfosfato simples, respectivamente. No bloco 2, também foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, via cloreto de potássio.

Tabela 2. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-0,10 m de profundidade no ano de 2018.

Bloco	pH	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		mg L <sup>-1</sup>
B1	5,7	12,3	98	2,63	0,61	0,0	3,55	3,55	6,85	51,8	0,0	19,8
B2	5,1	5,3	38	1,58	0,45	0,3	2,18	2,48	7,48	29,1	12,1	16,8
B3	5,8	47,7	124	3,53	0,82	0,0	4,71	4,71	8,71	54,1	0,0	26,4
B4	5,9	8,2	105	2,60	0,59	0,0	3,50	3,50	6,10	57,4	0,0	19,8

pH em água, KCl e CaC<sub>2</sub> – Relação 1;2,5; P-K – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg – Extrator KCl-1 mol/L; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m – Índice de saturação de alumínio; P-rem – Fósforo remanescente.

## 2.5. Manejo do pastejo

Em novembro de 2017, durante o início do período experimental, os pastos foram submetidos a um pastejo de uniformização, visando atingir a meta de altura pós-pastejo de 0,10 m, a partir de quando os animais entravam nos piquetes sempre que a altura do dossel forrageiro atingisse 0,20 m, na condição de pré-pastejo. Esse mesmo procedimento foi adotado em novembro de 2018, uma vez que o excesso de material morto remanescente no dossel, durante a época seca do ano, poderia resultar em dificuldades para a manutenção das condições experimentais preconizadas.

Para o pastejo, foi adotada a técnica de *mob-stocking* (Allen et al., 2011), utilizando-se ovelhas mestiças da raça Santa Inês e Dorper, com peso corporal  $50 \pm 5$  kg, as quais foram mantidas em jejum de sólidos 12 horas antes da entrada nos piquetes. Foram utilizados oito animais por piquete, os quais permaneciam em pastejo por um período de aproximadamente oito horas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. Os animais tinham livre acesso à água, sendo esta fornecida em recipientes instalados dentro de cada piquete. Todo o manejo dos animais foi feito de acordo com o Comitê de Ética em Estudo com Animais de Produção da UFV, sob o protocolo nº 032/2015.

A altura do dossel forrageiro, para a determinação do momento de entrada dos animais no piquete, foi monitorada semanalmente, com o auxílio de uma régua graduada, na qual uma lâmina radiográfica, medindo 0,20 x 0,30 m (LxC), com um orifício na sua porção central, foi acoplada. A altura do dossel correspondia ao local onde a lâmina radiográfica era contida pela forragem, sendo que a altura média foi resultante de um total de 20 medidas realizadas dentro de cada piquete. Para determinação do momento de retirada dos animais do piquete, seguiu-se o mesmo protocolo de medidas, sendo estas efetuadas durante o período em que os animais estavam em pastejo.

## 2.6. Densidade de solo

Para determinação da massa de raízes e do estoque de C e de N no solo, amostragens de solo para determinação da densidade foram realizadas, em cada piquete, em maio de 2019. A densidade de solo foi mensurada através do método do anel volumétrico, onde amostras indeformadas foram coletadas nas profundidades de 0-5; 5-10 e 10-20 cm (Embrapa, 1997). A densidade de solo, na profundidade de 0-20 cm variou de 1,10 a  $1,47 \text{ g cm}^{-3}$ .

## 2.7. Biomassa total de raízes

Com o auxílio de um cilindro de 10,8 cm de diâmetro, amostras de solo até 0,20 m de profundidade foram coletadas em três pontos diferentes, dentro de cada piquete, em maio de 2018 e maio de 2019. Essas amostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 55 °C, por 72 horas, e posteriormente lavadas com água corrente, em uma peneira de 850 µm, para remoção de solo e outros materiais, exceto raízes, segundo metodologia proposta por Santos et al. (2018). A biomassa de raízes retida na peneira foi novamente levada para estufa de circulação forçada de ar a 55 °C, por 72 h, sendo posteriormente pesada. A biomassa de raízes por hectare, na profundidade de 0-0,20 m, foi mensurada com base na densidade do solo e expressa na base de matéria orgânica, uma vez que a contaminação com resíduos de solo poderia comprometer os resultados.

## 2.8. Composição química da biomassa de raízes

A biomassas de raízes oriundas de cada unidade experimental foi moída em moinho do tipo Willey Mill (model 4, Philadelphia, PA, USA), a 1 mm, e posteriormente submetidas à análise química, incluindo nitrogênio (N), carbono (C), lignina e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). As concentrações de C e N foram efetuadas através do analisador elementar (vario EL III C/H/N/O/S Elemental Analyzer), enquanto as análises de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e lignina foram efetuadas segundo metodologia do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal (INCT-CA), descritas em Detmann et al. (2012). Com base na concentração de C e N ( $\text{g kg}^{-1}$  de MO), o conteúdo total de C e N ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) oriundo da massa de raízes foi obtido pela multiplicação do referido elemento pela biomassa de raízes ( $\text{kg de MO ha}^{-1}$ ), em cada tratamento.

## 2.9. Análises estatísticas

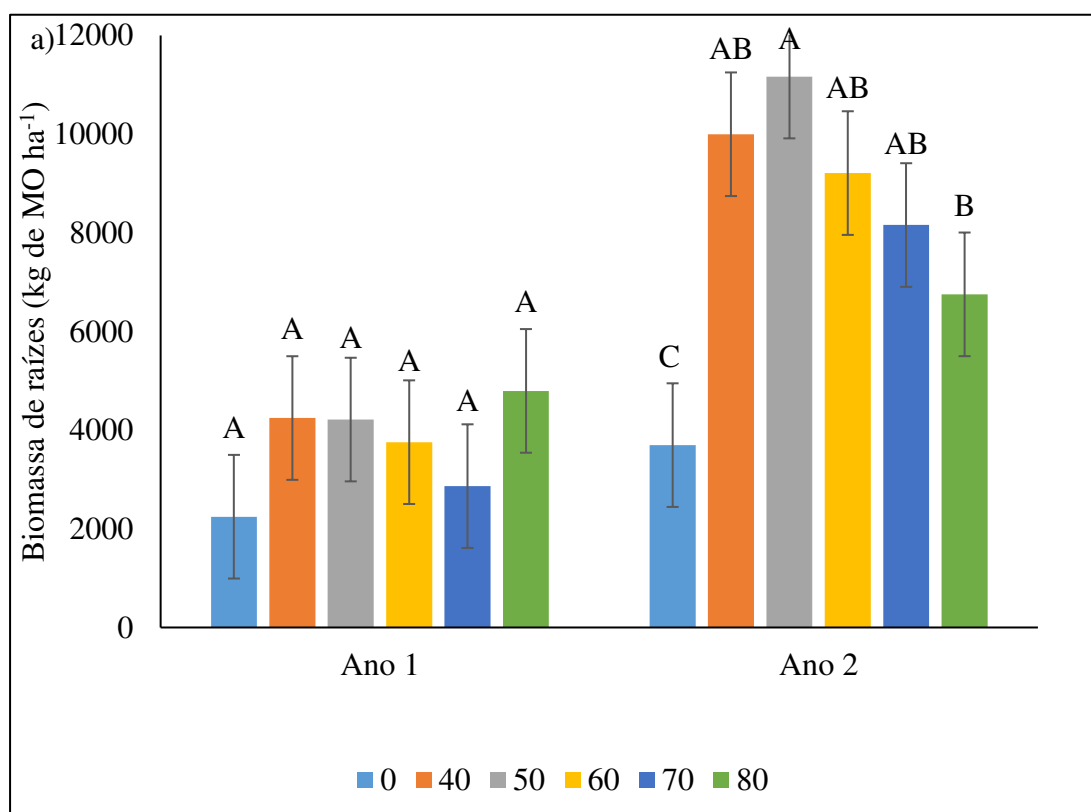
Os dados foram analisados com PROC MIXED do SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA) com medidas repetidas no tempo e usando o método de máxima verossimilhança restrita (REML), para cada período (ano 1 e ano 2). Os espaçamentos, os anos e a interação espaçamentos  $\times$  anos foram considerados como efeitos fixos. As repetições (blocos) foram consideradas como efeitos aleatórios. O efeito de ano foi analisado como medidas repetidas no

tempo. Os espaçamentos foram comparados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), enquanto para anos utilizou-se PDIFF pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

### 3. Resultados

#### 3.1. Biomassa de raízes

Houve efeito da interação espaçamentos  $\times$  anos ( $p = 0,0257$ , erro padrão = 1218) sobre a biomassa de raízes (Figura 2). Não houve diferença para biomassa de raízes em nenhum dos espaçamentos avaliados, durante o ano 1 (Figura 2a) cujos valores variaram de 2245 (monocultivo) a 4795 kg (80 cm). Todavia, no ano 2, foi registrada menor biomassa de raízes (3696 kg) no monocultivo. Com exceção do monocultivo e do espaçamento de 80 cm, todos os demais espaçamentos proporcionaram acréscimo na biomassa de raízes, do ano 1 para o ano 2 (Figura 2b).



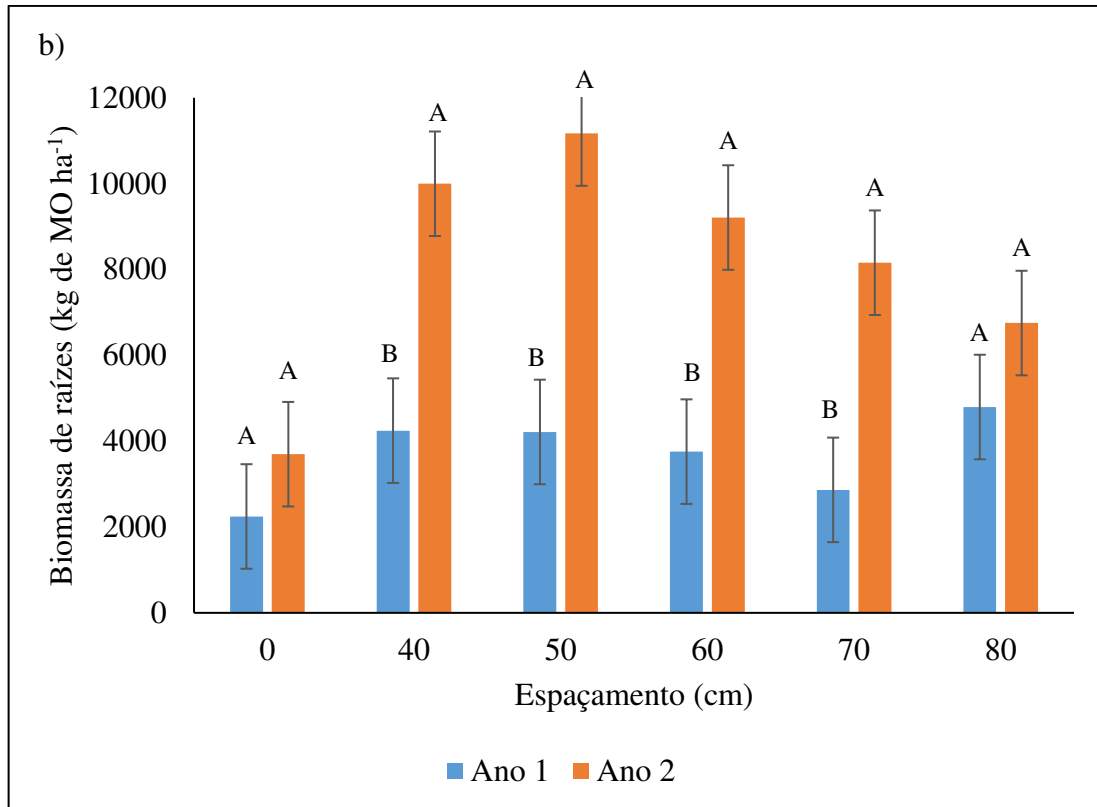


Figura 2. Biomassa de raízes em pasto de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm), durante dois anos. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula, entre espaçamentos, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

### 3.2. Composição química

Observou-se efeito de ano ( $p = 0.0014$ , erro padrão = 8,21) sobre a concentração de lignina nas amostras de raízes, registrando-se maior valor observado no primeiro ano (Tabela 3), enquanto este componente não foi afetado por espaçamento, registrando-se valor médio de  $134 \text{ g kg}^{-1}$  de MO.

Tabela 3. Composição química das raízes em pasto de pasto de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm), em dois anos.

Espaçamento	Lignina	C	N	Lignina/NIDA	Lignina/N	C/N
	g kg <sup>-1</sup> de MO					
0	165	193	14,1B	90,7A	13,0	13,6A
40	135	210	20,0AB	50,9B	9,15	10,5B
50	119	217	20,4AB	46,2 B	6,41	10,6B
60	132	170	16,3AB	67,2 AB	9,54	10,4B
70	113	260	21,3A	51,7B	5,41	12,2AB
80	138	198	14,9AB	49,2B	11,2	13,2A
Média	134	204	-	-	9,11	-
EPM	22,6	31,5	3,0	7,06	3,2	0,61
ANO						
1	153A	277A	23,1A	51,8B	8,0B	12,2A
2	115B	139B	12,6B	66,8A	10,3A	10,9B
EPM	10,0	20,9	1,4	8,11	1,07	0,29

Médias seguidas pelas mesmas letras, entre espaçamentos, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey, enquanto a comparação entre anos, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste t de Student.

Não houve efeito de espaçamento sobre a concentração de C na massa de raízes (Tabela 3), cuja média obtida foi 204 g kg<sup>-1</sup> de MO. Houve efeito de ano ( $p < 0.0001$ , erro padrão = 13,9) para concentração de C, que foi reduzida em 50%, do ano 1 para o ano de 2.

A concentração de N foi influenciada por espaçamentos ( $p = 0.0396$ , erro padrão = 1,76) e anos ( $p > 0.0001$ , erro padrão = 1,10) registrando-se maior valor no espaçamento de 70 cm comparado ao monocultivo (Tabela 3). Do ano 1 para o ano 2, a redução na concentração de N foi de aproximadamente 45%.

A relação lignina/NIDA (Tabela 3) foi afetada por espaçamentos ( $p = 0.0006$ , erro padrão = 7,06) e anos ( $p = 0.0137$ , erro padrão = 8,11). Dentre os espaçamentos, o monocultivo apresentou maior relação lignina/NIDA em relação aos demais sistemas, sem diferir do espaçamento de 60 cm. No ano 2, verificou-se relação lignina/NIDA 22% superior ao ano 1.

A relação lignina/N (Tabela 3) foi influenciada apenas pelo fator ano ( $p = 0.0479$ , erro padrão = 1,07), com o maior valor no ano 2. Para os diferentes espaçamentos, a relação média lignina/N foi de 9,11.

A relação C/N (Tabela 3) foi afetada pelos espaçamentos ( $p=0.0002$ , erro padrão = 0,61) e anos ( $p = 0.0121$ , erro padrão = 0,29). O monocultivo e espaçamento de 80 cm apresentaram mais alta relação C/N, em relação aos espaçamentos 40, 50 e 60 cm. Verificou-se maior relação C/N no ano 1.

Houve efeito da interação espaçamentos  $\times$  anos sobre o teor de NIDA ( $p = 0.0929$ , erro padrão = 0,37) (Figura 3). No ano 1, os espaçamentos entre linhas de 40 e 50 cm apresentaram maiores concentrações de NIDA, em relação ao monocultivo. Nos espaçamentos 60, 70 e 80, os valores foram intermediários, não diferindo dos demais. No ano 2, a maior concentração de NIDA foi obtida no espaçamento de 80 cm, em relação ao de 70 cm. Exceto no monocultivo, onde a concentração de NIDA permaneceu constante do ano 1 para o ano 2, nos demais espaçamentos entre linhas a concentração de NIDA reduziu do ano 1 para o ano 2.

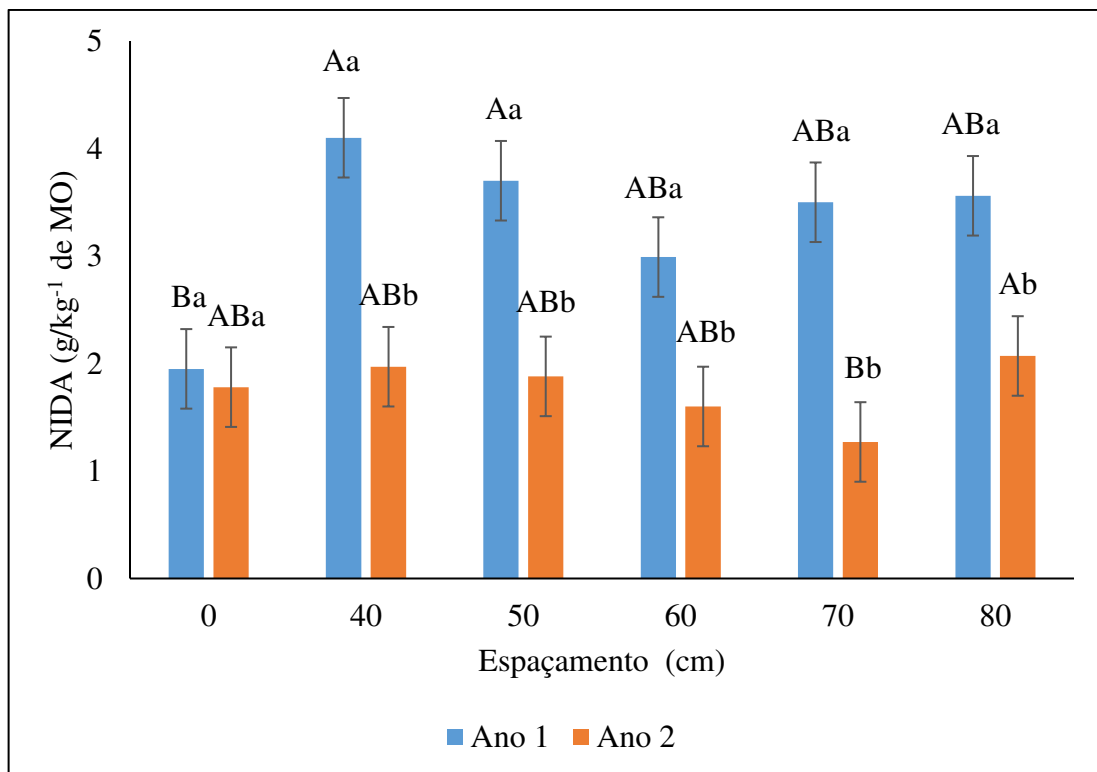
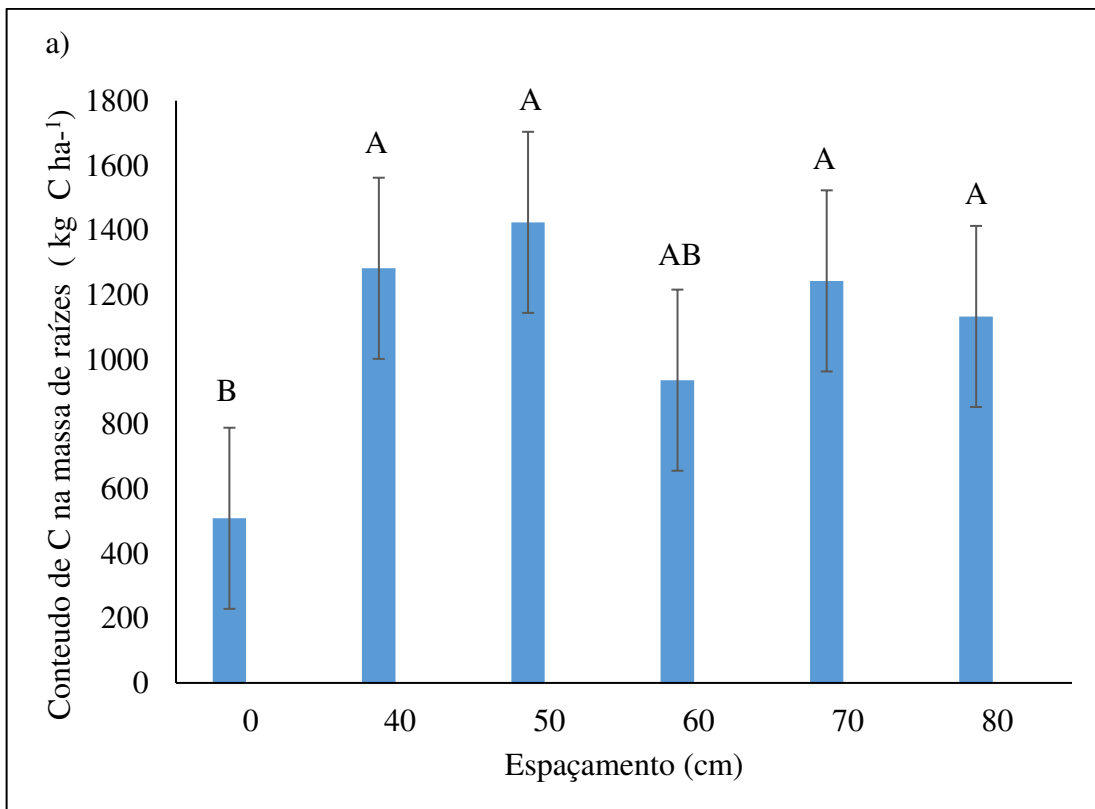


Figura 3. Nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) das raízes de pasto de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40,50,60,70 e 80 cm), durante dois anos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não

diferem entre si, nos espaçamentos, pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ), enquanto médias seguidas pela mesma letra minúscula, nos anos, não diferem de si pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

Tanto o conteúdo de C ( $p = 0.0603$ , erro padrão = 280), quanto o de N ( $p = 0.0152$ , erro padrão = 24,12) foram afetados apenas pelos espaçamentos (Figura 4a e 4b). Foi observado maior conteúdo de C estocado na biomassa de raízes nos espaçamentos de 40, 50, 70 e 80 cm comparado ao monocultivo (1.282, 1.424, 1.243 e 1.133 vs. 509 kg C ha<sup>-1</sup>). O conteúdo de N estocado na biomassa de raízes foi maior nos espaçamentos de 40 e 50 cm (122 e 138 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente) em relação ao monocultivo (38,9 kg N ha<sup>-1</sup>).



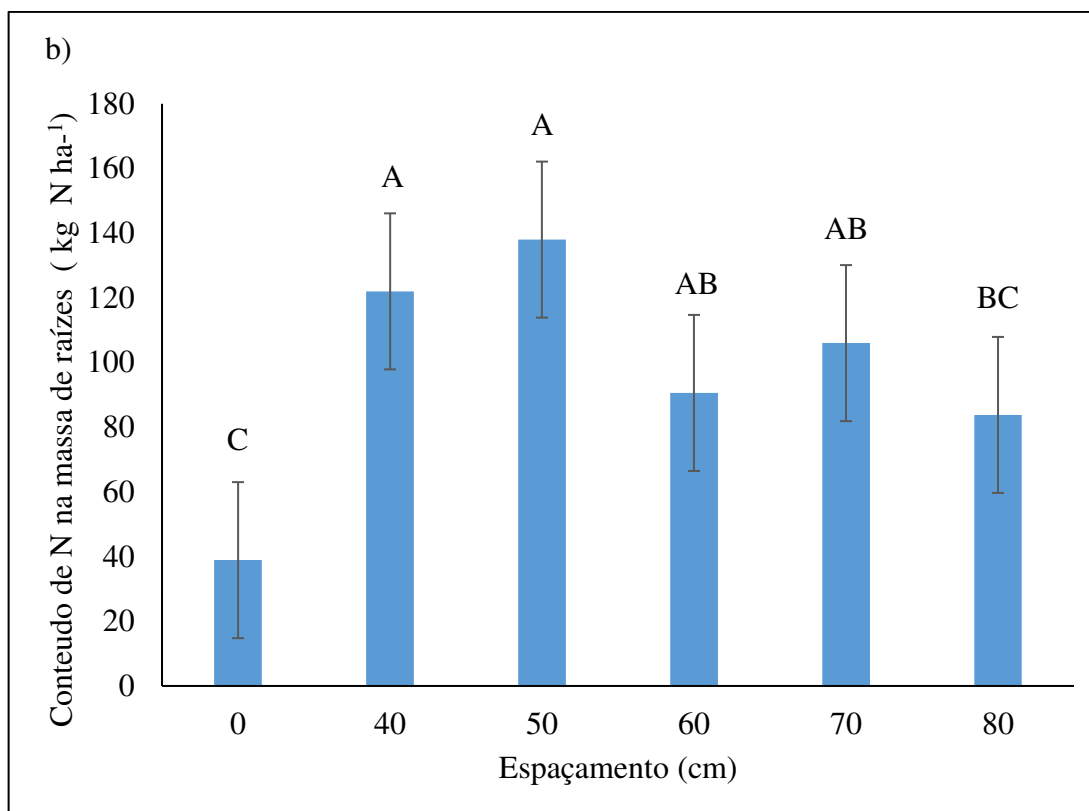


Figura 4. Conteúdo de C (a) e N (b) na massa de raízes (kg ha<sup>-1</sup>) em pasto de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 50, 60, 70 e 80 cm). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

#### 4. Discussão

O consórcio de amendoim forrageiro e capim-braquiária propiciou aumento na biomassa de raízes, com a leguminosa implantada nos espaçamentos entre linhas de 40 a 80 cm. Esses resultados indicam que o espaçamento de implantação da leguminosa forrageira pode exercer efeito sobre o comportamento da biomassa de raízes. A diferença entre biomassa de raízes em pastagens consorciadas de gramínea e leguminosa e pastagens em monocultivo está relacionada ao nicho de complementariedade ocasionado pelo aumento na diversidade de espécies (Mcnally et al., 2015). Apesar da interação positiva entre gramínea e leguminosa observada neste estudo, Santos et al. (2018), avaliando o consórcio de cultivares de *Arachis repens* com cultivares de *Paspalum notatum* e suas monoculturas, não observaram diferença na biomassa de raízes nos pastos consorciados em comparação à monocultura da gramínea,

entretanto, ao se comparar o consórcio com a monocultura da leguminosa, essa diferença foi evidente, com maior biomassa de raízes nos pastos consorciados.

Dentre os benefícios ocasionados pela inclusão da leguminosa em pastos exclusivos de gramíneas, cita-se, além da FBN, a transferência de  $N_2$  advinda da decomposição de folhas e raízes de leguminosas (Santos et al., 2018). Além disso, no caso de pastos consorciados, diferenças morfológicas em órgãos, como as raízes, podem propiciar à leguminosa maior capacidade exploratória para aquisição de nutrientes e água, uma vez que raízes de leguminosas perenes (ex. *Arachis pintoi*) podem penetrar mais profundamente no perfil do solo (Muir et al., 2011).

As raízes se configuram como um potencial sumidouro de carbono em solos sob pastagem (Wilson et al., 2018). Conforme Kohler et al. (2020) existe uma correlação positiva entre o C das raízes e o carbono orgânico do solo (COS), o que evidencia que as raízes também exercem importância no sequestro de C no solo. Os resultados do nosso estudo evidenciam que, o estreitamento do espaçamento entre linhas de plantio da leguminosa consorciada com a gramínea, pode ser uma estratégia interessante para aumentar o conteúdo de C armazenado no solo na forma de raízes, haja visto que, no espaçamento de 50 cm, este foi 180% superior ao observado no monocultivo, conferindo ao consorcio um grande papel nas estratégias de sequestro de C. No entanto, Santos et al. (2018) não observaram efeito da estratégia de consorcio comparado às monoculturas de *Paspalum notatum* e de *Arachis glabrata*, quanto ao conteúdo de C armazenado no solo através das raízes.

Em pastos consorciados, o total de N abaixo do solo é de extrema importância para a ciclagem de nutrientes, uma vez que o N fixado biologicamente decresce a relação C/N, facilitando a decomposição de tecidos de raízes e liteira (Santos et al., 2018), o que contribui para maior mineralização de N no solo nessas situações (Fornara & Tilman, 2012). O conteúdo de N nas raízes de leguminosas forrageiras, como o *Arachis glabrata*, pode variar de 11,0 a 20,1 g kg<sup>-1</sup> (Dubeux Jr. et al., 2017), enquanto que em monocultivo de *Paspalum notatum* foi encontrado valor entre 4 e 9 g N kg<sup>-1</sup>, e, em pastos consorciados dessas duas espécies, o conteúdo de N variou de 5 a 9 g kg<sup>-1</sup> (Santos et al., 2018). Os valores observados, no presente estudo, superam os valores obtidos nesses outros estudos, em 56%, para o pasto de gramínea em monocultivo (14,1 g kg<sup>-1</sup>), a até 136%, para os pastos consorciados (21,3 g kg<sup>-1</sup>, 70 cm).

Constata-se que, de modo geral, os pastos consorciados proporcionaram maior biomassa de raízes, com mais alto conteúdo de C e N e mais baixa relação C/N, contribuindo mais efetivamente com o sequestro de C e a reciclagem de nitrogênio. Fornara & Tilman (2012) também observaram que o sequestro de C no solo foi positivamente relacionado à biomassa de

raízes em áreas de pradarias, porém, negativamente relacionado à relação C/N da mesma. Em situações de menor relação C/N na massa de raiz, também poderá ocorrer aumento na eficiência de uso do C microbiano e da taxa de sequestro por unidade de C que entra no solo (Poeplau et al., 2018), resultando em aumento de sequestro de C nos minerais do solo (Fornara & Tilman, 2012).

O efeito positivo do aumento da proporção de leguminosas na decomposição da massa de raízes tem sido mencionado na literatura e condicionado principalmente à redução da relação C/N (Chen et al., 2017), importante indicador da ciclagem de nutrientes (Laliberté et al., 2012). Desta forma, a menor concentração de N observada no monocultivo, é um dos principais fatores limitantes à ciclagem de nutrientes em sistemas extensivos, uma vez que raízes com maior concentração de N podem aumentar a liberação deste mineral, através do aumento da taxa de decomposição dos tecidos das raízes, contribuindo para o crescimento da plantas forrageiras (Silva et al., 2015; Santos et al., 2018).

Outro fator que merece destaque, sobre a inclusão de leguminosas em áreas de pasto, é em relação à maximização da atividade de enzimas, como a  $\beta$ -1,4 glucosidase (BG), que apresenta atividade maximizada em condições de grande disponibilidade de N, ocasionando maior efetividade no sequestro de C no solo (Cenini et al., 2015). Conforme Turner et al. (2002), a BG tem ação específica sobre a celulose, atuando na sua degradação, fato que torna esta enzima fator de monitoramento na qualidade biológica do solo.

Ao se avaliar a relação lignina/NIDA e C/N, verifica-se que os espaçamentos entre linhas de 40 e 50 cm proporcionaram os menores valores. Esses resultados são muito interessantes, pois segundo Silva et al. (2015), além da maior concentração de N, a menor concentração de lignina, juntamente com a reduzida relação lignina/N e lignina/NIDA, podem contribuir para maximização da taxa de decomposição das raízes. Em trabalhos realizados com capim *Paspalum notatum* Flügge, em monocultivo, adubado com 50 kg de N ha<sup>-1</sup> ou na ausência de adubação, e consorciado com *Arachis glabrata*, a proporção de leguminosa explicou a maior taxa de variação na decomposição de tecidos de serrapileira, com valores variando de 75 a 93% (Kohmann et al., 2018), evidenciando sua importância para o processo de ciclagem de nutrientes em pastagens manejadas de forma extensiva. De fato, a baixa qualidade da serrapilheira em pastagens tropicais, compostas em sua maioria por gramíneas, tem sido mencionada como uma das possíveis causas da degradação de pastagens (Vendramini et al., 2014).

A concentração de NIDA está relacionada à quantidade de N insolúvel presente na biomassa de raízes. No ano 1, a maior quantidade de N indisponível para o processo de ciclagem

de nutrientes, em raízes obtidas com os espaçamentos entre linhas de 40 e 50 cm, parece não ter sido suficiente para comprometer a relação lignina/NIDA nesses espaçamentos, garantindo boa condição para ciclagem de nutrientes. Além disso, nesses espaçamentos observaram-se mais altas concentrações de N e mais baixa relação C/N, fatores que favorecem a decomposição de raízes pelos microrganismos do solo. Esses resultados demonstram que compostos isolados não devem ser levados em consideração na avaliação das características relacionadas a ciclagem de nutrientes, uma vez que outros compostos como N, lignina, relação lignina/N e C/N são importantes parâmetros utilizados na avaliação do potencial de ciclagem de nutrientes de plantas forrageiras (Kohmann et al., 2020).

## 5. Conclusões

O consórcio de amendoim forrageiro e capim-braquiária constitui importante estratégia para melhoria das condições para ciclagem de nitrogênio em sistemas extensivos de produção animal a pasto em monocultivo de gramínea. Menor relação lignina/NIDA e relação C/N, assim como maior estoque de C e N, ocorrem na biomassa de raízes com menor espaçamento, em relação ao monocultivo do capim-braquiária. Recomenda-se a implantação de amendoim forrageiro em espaçamentos entre linhas de 40 ou 50 cm, com objetivo de promover maior sequestro de C e conteúdo de N nas raízes, assim como melhorar a ciclagem de nitrogênio no solo.

## 5. Referências bibliográficas

- Beniston, J. W., Du Pont, S. T., Glover, J. D., Lal, R., & Dungait, J. A. J. (2014). Soil organic carbon dynamics 75 years after land-use change in perennial grassland and annual wheat agricultural systems. **Biogeochemistry**, v. 120, n. 1–3, p. 37–49. <https://doi.org/10.1007/s10533-014-9980-3>
- Cantarutti, R. B., Martins, C. E., Carvalho, M. M., Fonseca, D. M., Arruda, M. L., Vilela, H., & Oliveira, F. T. T. (1999). Pastagens. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (Eds.). **RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES EM MINAS GERAIS 5a APROXIMAÇÃO**. 1. ed. Viçosa, Minas Gerais: SCBS p. 359.
- Cenini, V. L., Fornara, D., McMullan, G., Ternan, N., Lajtha, K., & Crawley, M. J. (2015). Chronic nitrogen fertilization and carbon sequestration in grassland soils: evidence of a microbial enzyme link. **Biogeochemistry**, v. 126, n. 3, p. 301–313. <https://doi.org/10.1007/s10533-015-0157-5>

- Chen, H., Mommer, L., van Ruijven, J., Kroon, H., Fischer, C., Gessler, A., Hildebrandt, A., Scherer-Lorenzen, M., Wirth, C., & Weigelt, A. (2017). Plant species richness negatively affects root decomposition in grasslands. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 1, p. 209–218. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12650>
- Da Silva, S. C. (2008). Desafios e perspectivas para a pesquisa e uso de leguminosas em pastagens tropicais: uma reflexão. In: ZOOTECCNIA, N. DE (Ed.). . **II ENCONTRO TÉCNICO SOBRE LEGUMINOSAS**. II ed. Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, 2008. p. 163–168.
- Dos Santos, C. A., Rezende, C. P., Érika Pinheiro, E. F. M., Pereira, J. M., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., Boddey, R. M. (2019). Changes in soil carbon stocks after land-use change from native vegetation to pastures in the Atlantic forest region of Brazil. **Geoderma**, v. 337, n. January 2018, p. 394–401. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.045>
- Dos Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C, Oliveira, V. A., Lumbrreras, J. F., Coelho, M. R., ... & Cunha, T. J. F. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. ed. Brasília, DF: Embrapa.
- Dubeux Jr., J. C. B., & SOLLENBERGER, L. E. (2019). Nutrient cycling in grazed pastures. In: MONTE ROUQUETTE, J.; AIKEN, G. (Eds.). . **Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures**. [s.l.] Academic Press, 2019. p. 59–75.
- Dubeux Jr., J. C. B., Blount, A. R. S., Mackowiak, C., Santos, E. R. S., Pereira Neto, J. D., Riveros, U., Garcia, L., Jaramillo, D. M., & Ruiz-Moreno, M. (2017). Biological N<sub>2</sub> fixation, belowground responses, and forage potential of rhizoma peanut cultivars. **Crop Science**, v. 57, n. 2, p. 1027–1038. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.09.0810>
- Embrapa. (1997). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- Faostat, 2020. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/en>>. Acesso em: 30 mar. 2020.
- Fornara, D. A., Wasson, E. A., Christie, P., & Watson, C. J. (2016). Long-term nutrient fertilization and the carbon balance of permanent grassland: Any evidence for sustainable intensification? **Biogeosciences**, v. 13, n. 17, p. 4975–4984. <https://doi.org/10.5194/bg-13-4975-2016>,
- Fornara, D. A., & Tilman, D. (2012). Soil carbon sequestration in prairie grasslands increased by chronic nitrogen addition. **Ecology**, v. 93, n. 9, p. 2030–2036. <https://doi.org/10.1890/12-0292.1>
- Hungria, M., Antonio, M. A., & Araujo, R. S. (2016). Inoculation of *Brachiaria* spp . with the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*: An environment-friendly component in the reclamation of degraded pastures in the tropics. “**Agriculture, Ecosystems and Environment**”, v. 221, p. 125–131.

<https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.01.024>

- Kohler, C., Morvan-Bertrand, A., Cliquet, J. B., Klumpp, K., & Lemauviel-Lavenant, S. (2020). Tradeoff between the conservation of soil C stocks and vegetation productivity in temperate grasslands. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 18. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071024>
- Kohmann, M. M., Sollenberger, L. E., Dubeux Jr., J. C. B., Silveira, M. L., Moreno, L. S. B., Silva, L. S., & Aryal, P. (2018). Nitrogen fertilization and proportion of legume affect litter decomposition and nutrient return in grass pastures. **Crop Science**, v. 58, n. 5, p. 2138–2148. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0028>
- Kohmann, M. M., Silveira, M. L., Brandani, C. B., Aukema, K. (2020). Belowground biomass decomposition is driven by chemical composition in subtropical pastures and native rangelands. **Agrosystems, Geosciences and Environment**, v. 3, n. 1, p. 1–11. <https://doi.org/10.1002/agg2.20076>
- Lapig (2022). Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. Dados Mapeamento da Qualidade de Pastagem Brasileira entre 2000 e 2020. Disponível em: <<https://atlasdaspastagens.ufg.br/assets/hotsite/documents/metodos/pt/Qualidade%20de%20Pastagem.pdf>>. Acesso em 27 de julho de 2022.
- Laliberté, E., Turner, B. L., Costes, T., Pearse, S. J., Wyrwoll, K. H., Zemunik, G., & Lambers, H. (2012). Experimental assessment of nutrient limitation along a 2-million-year dune chronosequence in the south-western Australia biodiversity hotspot. **Journal of Ecology**, v. 100, n. 3, p. 631–642. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2012.01962.x>
- McNally, S. R., Laughlin, D. C., Rutledge, S., Dodd, M. B., Six, J., & Schipper, L. A. (2015). Root carbon inputs under moderately diverse sward and conventional ryegrass-clover pasture: implications for soil carbon sequestration. **Plant and Soil**, v. 392, n. 1–2, p. 289–299, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2463-z>
- Muir, J. P., Pitman, W. D., Foster, J. L. (2011). Sustainable, low-input, warm-season, grass-legume grassland mixtures: Mission (nearly) impossible? **Grass and Forage Science**, v. 66, n. 3, p. 301–315. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2011.00806.x>
- Oliveira, P. P. A., Rodrigues, P. H. M., A., M., Lemes, A. P. ; Sakamoto, L. S. , C., R. R. , & P., M. F. F. M. (2015). Emissões de GEEs e amônia em sistemas pastoris: mitigação e boas práticas de manejo. **In: 27 Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 2015, Piracicaba. Sistemas de Produção, Intensificação e Sustentabilidade na Produção Animal**. Piracicaba: FEALQ, 2015. v. 1. p. 179-222.
- Pereira, J. C., Gomes, F. K., Oliveira, M. D. B. L., Lara, M. A. S., Bernardes, T. F., & Casagrande, D. R. (2017). Characteristics of mixed pastures of brachiaria grass and forage peanut Defoliation management affects morphogenetic and structural characteristics of mixed pastures of brachiaria grass and forage peanut. **African Journal of Range & Forage Science**, v. 34, n. 1, p. 13–19. <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1315960>
- Poeplau, C., Zopf, D., Greiner, B., Geerts, R., Korvaar, H., Thumm, U., Don, A., Heidkamp, A., & Flessa, H. (2018). Why does mineral fertilization increase soil carbon stocks in

- temperate grasslands? **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 265, n. June, p. 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.003>
- Prommer, J., Walker, T. W. N., Wanek, W., Braun, J., Zezula, D., Hu, Y., Hofhansl, F., & Richter, A. (2020). Increased microbial growth, biomass, and turnover drive soil organic carbon accumulation at higher plant diversity. **Global Change Biology**, v. 26, n. 2, p. 669–681. <https://doi.org/10.1111/gcb.14777>
- Rasse, D. P., Rumpel, C., & Dignac, M. F. (2005). Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. **Plant and Soil**, v. 269, n. 1–2, p. 341–356. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-0907-y>
- Santos, E. R. S., Dubeux Jr., J. C. B., Mackowiak, C., Blount, A., Sollenberger, L. E., DiLorenzo, N., Jaramillo, D., Garcia, L., & Pereira-Neto, J. D. (2018). Root-rhizome mass and chemical composition of bahiagrass and rhizoma peanut monocultures compared with their binary mixtures. **Crop Science**, v. 58, n. 2, p. 955–963. <https://doi.org/10.2135/cropsci2017.09.0522>
- Santos, M. E., & Fonseca, D. M. (2016). **Adubação de pastagens em sistemas de produção animal**. Viçosa, Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa.
- Da Silva, H. M. S., Dubeux Jr., J. C. B., Silveira, M. L., Freitas, E. V., Santos, M. V. F., Lira, M. A. (2015). Stocking Rate and Nitrogen Fertilization Affect Root Decomposition of Elephantgrass. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 4, p. 1331–1338. <https://doi.org/10.2134/agronj14.0618>
- Da Silva, H. M. S., Dubeux Jr., J. C. B., Silveira, M. L., Santos, M. V. F., Freitas, E. V., & Lira, M. A. (2019). Root Decomposition of Grazed Signalgrass in Response to Stocking and Nitrogen Fertilization Rates. **Crop Science**, v. 8, n. april, p. 811–818. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.08.0523>
- Sokol, N. W., Kuebbing, S. E., Karlsen-Ayala, E., & Bradford, M. K. (2019) Evidence for the primacy of living root inputs, not root or shoot litter, in forming soil organic carbon. **New Phytologist**, v. 221, n. 1, p. 233–246. <https://doi.org/10.1111/nph.15361>
- Sollenberger, L. E., Dubeux JR., J. C. B., & Muir, J. P. Establishment and management of legume-grass pastures. In: Pereira, O. G. et al. (Eds.). . **VII Simpósio sobre Manejo Estartégico da Pastagem. V Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo**. Viçosa, Minas Gerais: [s.n.]. p. 135–177.
- Tamele, O. H., Sá, O. A. A. L., Bernardes, T. F., Lara, M. A. S., & Casagrande, D. R. (2017). Optimal defoliation management of brachiaria grass–forage peanut for balanced pasture establishment. **Grass and Forage Science**, v. 73, n. 2, p. 522–531. <https://doi.org/10.1111/gfs.12332>
- Turner, B. L., Hopkins, D. W., Haygart, P. M., & Ostle, N. (2002).  $\beta$ -Glucosidase activity in pasture soils. *Applied Soil Ecology*, v. 20, n. 2, p. 157–162. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00020-3](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00020-3)
- Urquiaga, S., Cadisch, G., Alves, B. J. R., Boddey, R. M., & Giller, K. E. (1998). Influence of

decomposition of roots of tropical forage species on the availability of soil nitrogen. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, n. 14, p. 2099–2106. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(98\)00086-8](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(98)00086-8)

Urquiaga, S., Alves, B. J. R., Jantalia, C. P., & Boddey, R. M. (2010). Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: uma análise crítica. **Informações Agronomicas**, n. 130, p. 12–21.

Vendramini, J. M. B., Dubeux Jr., J. C. B., & Silveira, M. L. (2014). Nutrient cycling in tropical pasture ecosystems. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 308–315.

Wilson, C. H., Strickland, S., Hutchings, J. A., Bianchi, T. S., & Flory, S. L. (2018). Grazing enhances belowground carbon allocation, microbial biomass, and soil carbon in a subtropical grassland. **Global Change Biology**, v. 24, n. 7, p. 2997–3009. <https://doi.org/10.1111/gcb.14070>

### **CAPÍTULO III - ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO SOB PASTOS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA EM MONOCULTIVO E CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO EM PASTEJO POR OVINOS**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar os efeitos do monocultivo e consórcio de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) sobre o estoque de carbono no solo avaliado em quatro sistemas, consistindo de pastos de capim-braquiária em monocultivo e consorciado com amendoim-forrageiro sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 60 e 80 cm), durante dois anos. O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os pastos foram submetidos a lotação intermitente por ovelhas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. A quantidade de C na matéria orgânica particulada (MOP), nas profundidades avaliadas de 0-5 e 0-10 cm, foi influenciada pelo fator ano, enquanto na profundidade de 5-10 cm foi afetada pela interação de anos e espaçamentos ( $p = 0.0333$ ), onde o acréscimo na quantidade de C na MOP variou de 0,2 (80 cm) a 1,84 (monocultivo) Mg C ha<sup>-1</sup>. Entretanto, o C na MOAM não foi afetado por nenhum dos tratamentos. Do ano 1 para o ano 2, o acréscimo no total de C no solo foi de 2,37 Mg ha<sup>-1</sup>. Embora a inclusão do amendoim forrageiro não tenha demonstrado benefícios no estoque de C no solo, sugere-se que estudos de maior duração sejam efetuados visando melhor entender a relação entre o consórcio do capim-braquiária e o amendoim-forrageiro no sequestro de C no solo.

**Palavras-chave:** *Arachis pintoi*. Matéria orgânica particulada. Matéria orgânica associada a mineral.

**Abstract:** The objective was to evaluate the effects of monoculture and intercropping of signal grass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) and forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) on soil carbon stock evaluated in four systems, consisting of grass pastures -brachiaria in monoculture and intercropped with forage peanuts under different spacing between planting rows (40, 60 and 80 cm), for two years. The experiment was conducted in a randomized block design, with four replications. The pastures were subjected to intermittent stocking by sheep, with a pre-grazing height of 20 cm and a post-grazing height of 10 cm. The amount of C in particulate organic matter (MOP), at the evaluated depths of 0-5 and 0-10 cm, was influenced by the year factor, while at the depth of 5-10 cm it was affected by the interaction of years and spacing ( $p = 0.0333$ ), where the increase in the amount of C in MOP varied from 0.2 (80 cm) to 1.84 (monoculture) Mg C ha<sup>-1</sup>. However, C in MOAM was not affected by any of the treatments. From year 1 to year 2, the increase in total C in the soil was 2.37 Mg ha<sup>-1</sup>. Although the inclusion of forage peanuts has not demonstrated benefits in the C stock in the soil, it is suggested that longer studies be carried out to better understand the relationship between the consortium of signal grass and forage peanuts in C sequestration in the soil.

**Keywords:** *Arachis pintoi*. Particulate organic matter, Mineral-associated organic matter.

## 1. Introdução

As emissões de gases causadores de efeito estufa no Brasil atingiram 1927.7 Mt CO<sub>2</sub> eq. no ano de 2015. A agricultura e pecuária foram responsáveis por 22% deste total, o que equivale a emissão de 425.5 Mt CO<sub>2</sub>. Dentre as áreas da agricultura e pecuária, as emissões podem ser classificadas de forma decrescente: fermentação entérica, 240.0 Mt CO<sub>2</sub> eq.; solos, 152.05 Mt CO<sub>2</sub> eq.; manejo de dejetos, 18.9 Mt CO<sub>2</sub> eq.; cultivo de arroz, 10.0 Mt CO<sub>2</sub> eq., e, queima de resíduos agrícolas, 4.4 Mt CO<sub>2</sub> eq. (Azevedo et al., 2018).

Entretanto, apesar de toda essa problemática as atividades pecuárias apresentam importante papel para a economia brasileira, sendo importante fonte de geração de renda, além logicamente de garantir a segurança de milhões de pessoas não somente no Brasil, mas no mundo todo. No Brasil as áreas de pastagens recobrem aproximadamente 18,72% de todo território nacional, com um total de 159 milhões de hectares, dos quais 64 milhões em algum estágio do processo degradativo (Lapig, 2021).

Diante de tanta expressividade, existe uma grande preocupação com estas áreas, principalmente com relação ao potencial das mesmas na retenção e/ou sequestro de carbono (C) no solo (Damian et al., 2023; Locatelli et al. 2022). Isso, porque pastagens bem manejadas podem atuar como dreno de carbono no solo, quando comparadas a pastagens em degradação ou até mesmo vegetação nativa, conforme evidenciado por Oliveira et al. (2022). Esses autores observaram que em um período de 30 anos, na camada de 0-30 cm de profundidade do solo, as pastagens submetidas a adequadas práticas de manejo podem aumentar o estoque de C no solo numa amplitude de 8-15%, enquanto pastagens degradadas podem apresentar uma redução percentual de 10%.

Em trabalho recente de revisão de literatura, Silva et al. (2022) concluíram que a consorciação entre gramínea e leguminosa, assim como a fertilização nitrogenada parecem ser a estratégia mais efetiva para aumentar o sequestro de carbono (C) no solo em área de pastagens.

A fertilização nitrogenada pode propiciar vários benefícios não somente ao componente solo, mas também aos componentes planta-animal, porém sua utilização tem sido irrisória em áreas de pastagens, principalmente em razão do seu elevado custo. Apesar das recorrentes quedas observadas no custo da tonelada de uréia, principal fonte nitrogenada utilizada na adubação de pastagens, em níveis históricos seu custo ainda se mantém elevado, com valor próximo a US\$ 380,00/tonelada (Index Mundi, 2023). Esse elevado valor pode justificar os dados apresentados pela International Fertilizer Industry Association, no ano de 2018, onde é

demonstrado que do total de fertilizantes nitrogenados comercializados no mundo, apenas 3% foram destinados a fertilização das áreas globais de pastagens, o que equivale a utilização de apenas 6 kg de N/ha (IFA, 2018), muito aquém da quantidade mínima necessária para a manutenção das espécies forrageiras.

Os benefícios da inclusão de leguminosas forrageiras também foram evidenciados por Stahl et al. (2017), em áreas de pasto da América do Sul, onde a diversificação de espécies forrageiras por meio da inclusão de plantas C3, incluindo leguminosas, influenciaram positivamente o estoque de C no solo, em pastagens tropicais implantadas há mais de 24 anos. A justificativa para tal benefício é que a incorporação da leguminosa no sistema pode levar ao aumento da produtividade de biomassa, tanto acima quanto abaixo da superfície do solo (Ver 1º e 2º Capítulo), fato que além de poder promover a maior incorporação de serrapilheira no solo pode aumentar a eficiência do processo de ciclagem de nutrientes (Menezes, 2017), aumentando consequentemente o acúmulo de C no solo.

Embora a utilização de leguminosas em consorciação com gramíneas seja benéfica, são escassos os estudos que tiveram como objetivos avaliar as questões relativas ao estoque de C no solo em áreas de pasto consorciado. Objetivou-se com o presente estudo, avaliar os efeitos de pastos de capim-braquiária em monocultivo e consorciado com amendoim forrageiro estabelecido em diferentes espaçamentos sobre o estoque de carbono no solo. A hipótese neste estudo é que o pasto consorciado estoca maior quantidade de carbono no solo em comparação ao pasto com gramínea em monocultivo.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Local, manejo, tratamentos e desenho experimental**

O experimento foi conduzido em área pertencente a UEPE-Ovinocultura, do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. O município está situado a 20°45' de latitude sul, 42°52' de longitude oeste, a uma altitude de 663 metros, com temperatura média anual de 19 °C, e médias mínima e máxima de 15 e 22 °C, respectivamente. O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo Köppen, definido como clima subtropical, com período seco e chuvoso bem definidos. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Dos Santos et al., 2018) e apresenta topografia plana.

Os dados climáticos, para o período experimental foram registrados na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, localizada a 8 km da área experimental (Figura 1).

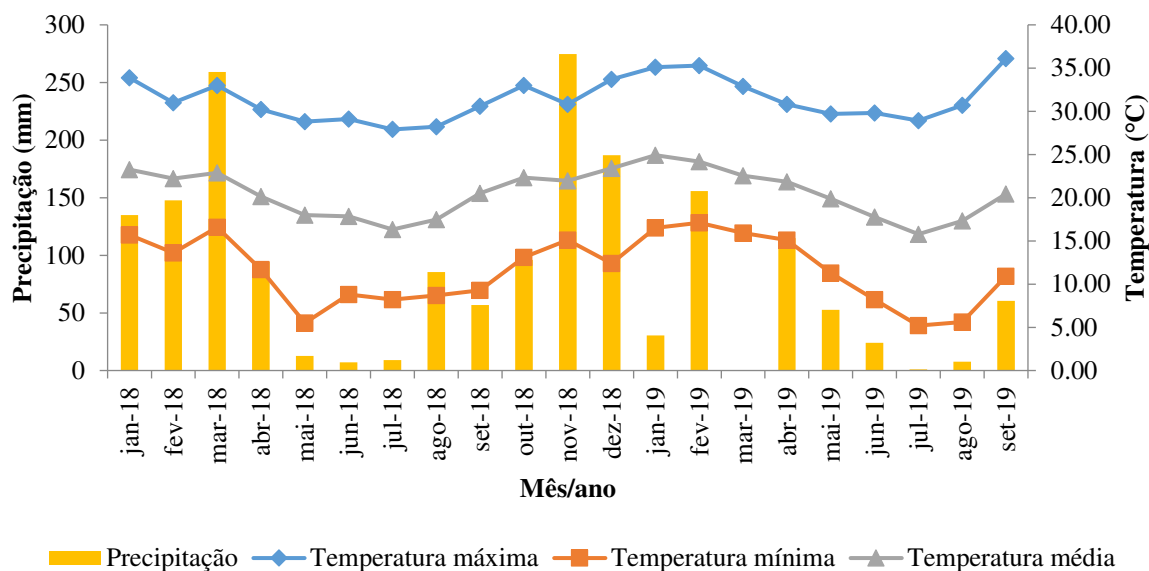


Figura 1. Dados climáticos durante o período experimental, em Viçosa, MG, Brasil.

O período experimental foi compreendido entre os meses de janeiro de 2018 a setembro de 2019, em dois anos experimentais. A precipitação pluviométrica acumulada e as médias das temperaturas média, máxima e mínima foram de 807 mm, 19,9, 30,3 e 10,9 °C, de janeiro de 2018 a setembro de 2018 (ano I); 1.004 mm, 21,0, 32,2 e 10,2 °C, de abril a setembro de 2018 (ano II).

A área experimental foi implantada em dezembro de 2013 e desde então vinha sendo utilizada em experimentos sob pastejo com ovinos. Em setembro de 2017, antes do início das atividades experimentais, foram coletadas amostras de solo nos piquetes no monocultivo e nos consórcios, a uma profundidade de 0-10 cm, com auxílio de um trado tipo sonda. Essas amostras foram agrupadas em quatro amostras compostas, de acordo com os blocos experimentais das quais faziam parte, e identificadas como B1, B2, B3 e B4. As análises químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm no ano de 2017.

Bloco	pH	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		mg L <sup>-1</sup>
B1	6,0	17,8	145	3,1	0,8	0,0	4,3	4,3	7,4	58	0,0	19,4
B2	5,3	5,9	75	1,8	0,5	0,3	2,5	2,8	7,6	33	11,0	18,8
B3	5,8	37,2	240	3,1	0,9	0,0	4,6	4,6	8,9	52	0,0	26,5
B4	5,7	6,6	120	2,6	0,6	0,0	3,5	3,5	7,0	50	0,0	20,5

B1, B2, B3 e B4: blocos 1, 2, 3 e 4 respectivamente; pH em água, KCl e CaC<sub>2</sub> – Relação 1;2,5; P-K – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg – Extrator KCl-1 mol/L; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m – Índice de saturação de alumínio; P-rem – Fósforo remanescente.

De acordo com os resultados da análise de solo e as recomendações propostas por Cantarutti et al. (1999), foram aplicados 175 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 76%), apenas no bloco 2, em 24/10/2017. A adubação fosfatada foi realizada em 21/12/2017, somente nos blocos 2 e 4, aplicando-se 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, usando superfosfato simples.

Em agosto de 2018, outras amostras de solo foram coletadas e as doses de insumos aplicadas conforme os resultados (Tabela 2). Foram aplicados 514 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 76%), apenas no bloco 2, em 27/08/2018. A adubação fosfatada, nos blocos 1 e 2, foi efetuada em 13/11/2018, e, no bloco 4, em 26/11/2018, sendo aplicadas doses de 20, 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, utilizando-se como fonte o superfosfato simples. No bloco 2, também foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, usando o cloreto de potássio.

Tabela 2. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm no ano de 2018.

Boloco	pH	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		mg L <sup>-1</sup>
B1	5,7	12,3	98	2,6	0,61	0,0	3,5	3,5	6,8	51,8	0,0	19,8
B2	5,1	5,3	38	1,6	0,45	0,3	2,2	2,5	7,5	29,1	12,1	16,8
B3	5,8	47,7	124	3,5	0,82	0,0	4,7	4,7	8,7	54,1	0,0	26,4
B4	5,9	8,2	105	2,6	0,59	0,0	3,5	3,5	6,1	57,4	0,0	19,8

B1, B2, B3 e B4: blocos 1, 2, 3 e 4 respectivamente; pH em água, KCl e CaC<sub>2</sub> – Relação 1;2,5; P-K – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg – Extrator KCl-1 mol/L; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m – Índice de saturação de alumínio; P-rem – Fósforo remanescente.

Em novembro de 2017, antes do início do período experimental, os pastos foram submetidos ao pastejo de uniformização, visando atingir a meta de altura pós-pastejo de 10 cm. Quando a altura do dossel forrageiro atingia 20 cm, condição de pré-pastejo, os animais eram colocados nos piquetes. Esse mesmo procedimento foi adotado em novembro de 2018, uma vez que o excesso de material morto remanescente no dossel, durante a época seca do ano, poderia resultar em dificuldades para a manutenção das condições experimentais preconizadas.

Foi adotado a técnica de mob-stocking (Allen et al., 2011), utilizando-se ovelhas mestiças da raça Santa Inês e Dorper, com peso corporal  $50 \pm 5$  kg, as quais foram mantidas em jejum de sólidos por 12 horas, antes da entrada nos piquetes. Foram utilizados oito animais por piquete (6m x 12 m), os quais permaneciam em pastejo por um período de aproximadamente 8h, até atingir a altura de 10 cm. Os animais tinham livre acesso a água, fornecida em recipientes instalados em cada piquete. O experimento foi devidamente aprovado pelo comitê de ética e uso de animais da UFV e registrado sob o número 032/2015.

A altura do dossel forrageiro, para a determinação do momento de entrada dos animais nos piquetes, foi monitorada semanalmente, com o auxílio de uma régua graduada, na qual uma lâmina radiográfica, medindo 20 x 30 cm (LxC), com um orifício na sua porção central, foi acoplada. A altura do dossel correspondia ao local onde a lâmina radiográfica era contida pela forragem, sendo que a altura média foi resultante de um total de 20 medidas realizadas dentro de cada piquete. Para determinação do momento de retirada dos animais do piquete, usou-se o mesmo protocolo de medidas, as quais foram efetuadas durante o período em que os animais estavam em pastejo.

Foram estudados quatro sistemas, consistindo de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 60 e 80 cm). O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições de área.

## **2.2. Estoque de carbono e matéria orgânica no solo**

O estoque de C no solo foi avaliado nos quatro sistemas, pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) sob diferentes espaçamentos entre linhas de plantio (40, 60 e 80 cm), em dois anos. Os resultados de C-MOP foram analisados nas camadas de 0-5 cm (ensaio

1) e de 5-10 cm (ensaio 2). Os resultados de C-total foram analisados nas camadas de 0-10 cm (ensaio 3).

Para determinação do estoque de carbono no solo, foram coletadas cinco amostras de solo por unidade experimental (piquete), as quais constituíram uma amostra composta por camada, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, nos meses de setembro de 2018 e 2019. Essas amostras foram levadas ao Laboratório de Forragicultura, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, passadas em peneira de 2 mm, e posteriormente secas ao ar.

A matéria orgânica do solo (MOS) foi separada fisicamente para determinação da matéria orgânica particulada (MOP) e matéria orgânica aderida aos minerais (MOAM), conforme metodologia de Chambardella & Elliott (1992). Posteriormente as frações da matéria orgânica do solo (MOP e MOAM) foram moídas em moinho de bola, e submetidas a análise.

A concentração de carbono (C) nas frações da matéria orgânica do solo (MOP e MOAM) foram determinadas, utilizando-se o analisador Vario EL III (Elementar Equipamentos, Langenselbol, Alemanha), conforme a metodologia Dumas (AOAC 968.06; Windham, 1998). O carbono (C) orgânico associado ao material retido na peneira de 53 µm, correspondeu ao C-MOP, e, o material que passou pela peneira, correspondeu ao C-MOAM, que é a fração associada a fração mineral + silte.

O estoque de C na MOS (MOP e MOAM) foi calculado através da equação (1), adaptada de Ussiri et al. (2006).

$$y = \frac{X}{10^3} * Ds * e * \frac{10^4 m^2}{ha} * f \quad (2)$$

Onde,  $y$  = estoque de C no solo ( $Mg\ ha^{-1}$ );  $X$  = concentração de C ( $g\ kg^{-1}$ );  $Ds$  = densidade de solo ( $Mg\ m^{-3}$ );  $e$  = espessura da camada considerada (m); e  $f$  se refere a proporção de MOP e MOAM na massa de solo

### 2.3. Densidade do solo

Para determinação do estoque de C e de N no solo, foram realizadas amostragens de solo para determinação da densidade, em cada unidade experimental, em maio de 2019. A densidade de solo foi mensurada através do método do anel volumétrico, onde amostras indeformadas foram coletadas nas profundidades de 0-5; 5-10 e 0-10 cm (EMBRAPA, 1997). A densidade de solo, na profundidade de 0-20 cm variou de 1,10 a 1,47  $g\ cm^{-3}$ .

## 2.4. Análises estatísticas

Os dados de C na MOP e C na MOAM, analisados na camada de 0-5 cm e na camada de 5-10 cm, e de C Total, analisado na camada de 0-10 cm, foram analisados utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA) com medidas repetidas no tempo (anos 1 e 2) e usando o método de máxima verossimilhança restrita (REML). Os espaçamentos, os anos e a interação espaçamento  $\times$  ano foram considerados como efeitos fixos. As repetições (blocos) foram consideradas como efeito aleatório. Os espaçamentos foram comparados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), enquanto os anos utilizou-se PDIFF pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

## 3. Resultados

### 3.1. Carbono na MOP e MOAM

O conteúdo de C na MOP, na profundidade de 0-5 cm, foi influenciada apenas pelo fator ano ( $p = 0.0110$ ), não se constatando efeito de espaçamento ( $p = 0.8358$ ) (Tabela 4). Verificou-se acréscimo de 0,7 Mg de C na MOP (5,3 vezes mais), do ano 1 para ano 2, variando de 0,17 a 0,91 Mg ha<sup>-1</sup>.

Na profundidade de 5-10 cm, o conteúdo de C na MOP foi afetada pela interação anos e espaçamentos ( $p = 0.0333$ ) (Tabela 4). Detectou-se maior conteúdo de C na MOP em relação aos demais sistemas apenas no espaçamento de 40 cm, no primeiro ano. O C na MOP na profundidade de 5-10 cm aumentou de 1,55 para 2,60 Mg há<sup>-1</sup>, do ano 1 para o ano 2 ( $p < 0.0001$ ).

O conteúdo total de C na MOP na profundidade de 0-10 cm também não foi afetado pelos espaçamentos ( $p = 0.8613$ ), sendo constatado efeito apenas de ano ( $p < 0.0001$ ). O aumento no estoque de C na MOP foi de 1,74 Mg ha<sup>-1</sup> (1,3 vezes), do ano 1 para o ano 2, variando de 5,11 para 6,85 Mg C ha<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Conteúdo de carbono na MOP ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em diferentes profundidades de solo em pasto de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 cm), durante dois anos.

Espaçamento	Ano 1	Ano 2	EPM
	0-5 cm de profundidade		
0	3,44	4,35	0,51
40	3,53	4,28	
60	3,18	4,15	
80	4,05	4,22	
Média	3,55 b	4,25 a	0,23
	5-10 cm de profundidade		
0	1,35 Bb	2,87 Aa	0,26
40	1,95 Ab	2,35 Aa	
60	1,60 Bb	2,45 Aa	
80	1,32 Bb	2,71 Aa	
Média	1,55	2,60	0,34
	0-10 cm de profundidade		
0	4,79	7,22	0,56
40	5,48	6,64	
60	4,78	6,6	
80	5,37	6,93	
Média	5,11 b	6,85 a	0,27

Letra minúscula comparam anos e maiúscula comparam espaçamentos conforme teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

O C na MOAM não foi influenciado pelos espaçamentos em nenhuma das profundidades analisadas, verificando-se medias gerais de  $13,04 \text{ Mg ha}^{-1}$ , na camada de 0-5 cm,  $9,70 \text{ Mg ha}^{-1}$ , na camada de 5-10 cm, e  $22,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ , na camada de 0-10 cm.

**Tabela 4.** Carbono na MOAM ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) em diferentes profundidades de solo em pasto de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo (0) e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 cm), durante dois anos.

Espaçamento	Ano 1	Ano 2	EPM
	0-5 cm de profundidade		
0	13,48	14,47	0,58
40	12,90	13,11	
60	12,43	12,54	
80	12,16	13,29	
Média	12,74	13,35	0,28
	5-10 cm de profundidade		
0	10,12	8,28	0,80
40	9,52	10,41	
60	9,30	10,11	
80	9,83	10,03	
Média	9,69	9,71	0,38
	0-10 cm de profundidade		
0	21,60	22,75	0,94
40	22,43	23,52	
60	21,73	22,65	
80	21,99	23,32	
Média	22,44	23,06	0,46

Média seguidas pela mesma letra dentro de ano não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

### 3.2. Carbono Total (C na MOAM + C na MOP)

O estoque total de carbono no solo não foi afetado pelos espaçamentos ( $p = 0.6074$ ), sendo influenciado apenas pelos anos ( $p = 0.0007$ ) (Tabela 6). O estoque de C no ano 1 foi de  $27,54 \text{ Mg ha}^{-1}$ , aumentando para  $29,91 \text{ Mg ha}^{-1}$ , no ano 2, ou seja, um acréscimo de  $2,37 \text{ Mg C ha}^{-1}$  ano (1,08 vezes mais).

**Tabela 5.** Estoque total de Carbono ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) 0-10 cm de profundidade de solo em pasto de pastos de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo e consorciado com amendoim-forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) em diferentes espaçamentos entre linhas (40, 60 e 80 cm), durante dois anos.

Espaçamento	Ano 1	Ano 2	EPM
	0-10 cm de profundidade		
0	28,39	29,98	1,03
40	27,91	30,16	
60	26,52	29,25	
80	27,37	30,25	
Média	27,54 B	29,91 A	0,45

Média seguidas pela mesma letra dentro de ano não diferem entre si pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ ).

#### 4. Discussão

A quantidade de C na MOP observada nos solos com os diferentes sistemas estudados é próxima à reportada por Santos et al. (2019), para pastos de *Arachis glabrata* e *Paspalum notatum* em monocultivo e em consórcio, na profundidade de 0-15 cm, com valores variando de 4,0 a 5,1  $\text{Mg C ha}^{-1}$ . Porém, a quantidade de C na MOAM, no presente estudo, foi duas vezes superior à relatada por esses autores, que observaram estoque de C na MOAM variando de 8,8 a 11,1  $\text{Mg ha}^{-1}$ . A principal justificativa para essa amplitude de valores ocorre principalmente pela diferença nos teores de argila observados nos diferentes locais, uma vez que os solos da região da Florida, EUA, possuem baixo teor de argila quando comparados aos da região de Viçosa, Zona da Mata. Independentemente de não existir diferença entre C na MOAM, entre os espaçamentos avaliados, estes resultados são interessantes, uma vez que a MOAM representa a parte mais estável do material orgânico do solo, contribuindo para a permanência de C no solo (Bayer et al., 2006).

Os dados aqui apresentados não demonstraram as vantagens do consórcio em comparação aos pastos de monocultura de capim-braquiária, na capacidade de aumento do sequestro de C no solo e, ou, na redução das perdas de C orgânico, conforme demonstraram os trabalhos de Prommer et al. (2020). Entretanto, é importante salientar que o curto período de

tempo em que os dados foram avaliados podem ter subestimado os reais benefícios da leguminosa para tal processo, haja vista que a área vinha sendo estudada há apenas quatro anos.

Em pastagens de clima temperado, Li et al. (2016) observaram efeito positivo da introdução de leguminosas na biomassa e no estoque de C no solo, evidenciando o potencial da leguminosa dentro da comunidade de plantas para mitigar o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico. Em regiões áridas e semiáridas, pastagens compostas por leguminosas possuem eficiência de sequestro de carbono orgânico no solo duas vezes maior do que pastagens compostas por gramíneas, com taxa de acúmulo médio de 0,64 Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Liu et al., 2017).

## 6. Conclusões

Embora o estoque de carbono no solo tenha sido similar entre o monocultivo de capim-braquiária e o consorcio de capim-braquiária e amendoim forrageiro, a quantidade de C na matéria orgânica particulada, bem como o estoque total de C aumentaram do primeiro para o segundo ano, principalmente na camada de 0-5 cm. Sugere-se que estudos de maior tempo sejam realizados, visando o benefício dos consórcios a prazo mais longo, comparativamente ao monocultivo de gramínea.

## 4. Referências Bibliográficas

- Allen, V. G. Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., & Sanderson M. (2011). Grass and Forage Science An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- Alves, B. J. R., Smith, K. A., Flores, R. A., Cardoso, A. S., Oliveira, W. R. D., Jantalia, C. P., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. (2012). Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N<sub>2</sub>O flux from soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 46, p. 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.022>
- AOAC (2005). Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, Method 935.14 and 992.24.
- Arneeth, A., Sitch, S., Pongratz, J., Stocker, B. D., Ciais, P., Poulter, B., Bayer, A. D., Bondeau, A., L. Calle, L., Chini, L. P., Gasser, T., Fader, M., Friedlingstein, P., Kato, E., Li, W., Lindeskog, M., Nabe, J. E. M. S., Pugh, T. A., Robertson, E., Viogy, N., Yue, C. & Zaehle, S. (2017). Historical carbon dioxide emissions caused by land-use changes are possibly larger than assumed. **Nature Geoscience**, v. 10, n. 2, p. 79–84, 2017.

<https://doi.org/10.1038/ngeo2882>

- Braz, S. P., Urquiaga, S., Alves, B. J. R., Jantalia, C. P., Guimarães, A. P., Santos, C. A., Santos, S. C., Pinheiro, E. F. M., & Boddey, R. M. (2013). Soil Carbon Stocks under Productive and Degraded Brachiaria Pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 3, p. 914–928. <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0269>
- Chambardella, C. A., & Elliott, E. T. Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 3, p. 777–783, 1992. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x>
- Cantarutti, R. B., Martins, C. E., Carvalho, M. M., Fonseca, D. M., Arruda, M. L., Vilela, H., & Oliveira, F. T. T. (1999). Pastagens. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (Eds.). . **RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES EM MINAS GERAIS 5a APROXIMAÇÃO**. 1. ed. Viçosa, Minas Gerais: SCBS p. 359.
- Cardoso, A. da S., Brito, L. F., Januszkiewicz, E. R., Morgado, E. S., Barbero, R. P., Koscheck, J. F. W., Reis, R. A. & Ruggieri, A. C. (2017). Impact of Grazing Intensity and Seasons on Greenhouse Gas Emissions in Tropical Grassland. **Ecosystems**, v. 20, n. 4, p. 845–859. <https://doi.org/10.1007/s10021-016-0065-0>
- Cardoso, A. da S., Junqueira, J. B., Reis, R. A., & Ruggieri, A. C. (2020). How do greenhouse gas emissions vary with biofertilizer type and soil temperature and moisture in a tropical grassland? **Pedosphere**, v. 30, n. 5, p. 607–617. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60025-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60025-X)
- Cong, W. F., Van Ruijven, J., Mommer, L., De Deyn, G. B., Berendse, F., & Hoffland, E. (2014). Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 5, p. 1163–1170. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12280>
- Damian, J. M., Matos, E., Pedreira, B. C., Carvalho, P. C. F., Premazzi, L.M., Cerri, C. E. P. Intensification and diversification of pasturelands in Brazil: Patterns and driving factors in the soil carbon stocks. **Catena**, v. 220, p. 106750, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106750>
- De Azevedo, T. R., Brandão Junior, A., Cremer, M. S., Piatto, M., Tsai, D. S., Barreto, P., Martins, H., Sales, M. Galuchi, T., Rodrigues, A., Morgado, R., Ferreira, A. L., Barcellos e Silva, F., Viscondi, G. F., Santos, K. C., Cunha, K. B., Manetti, A., Coluna, I. M. E., Albuquerque, I. R., Watanabe Junior, S., Leite, C., & Kishinami, R. (2018). SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 180045. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.45>
- De Sant-anna, S. A. C., Jantalia, C. P., Sá, J. M., Vilela, L., Marchão, R. L., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p. 101–120, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9812-z>

- Dos Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumbreiras, J. F., Coelho, M. R., ... & Cunha, T. J. F. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. ed. Brasília, DF: Embrapa.
- Dubeux Jr., J. C. B. & Sollenberger, L. E. Nutrient cycling in grazed pastures. In: MONTE ROUQUETTE, J.; AIKEN, G. (Eds.). . **Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures**. [s.l.] Academic Press, 2019. p. 59–75.
- Dutaur, L. & Verchot, L. V. A global inventory of the soil CH<sub>4</sub> sink. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 21, n. 4, p. 1–9, 2007. <https://doi.org/10.1029/2006GB002734>
- Embrapa. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- Figueiredo, E. B., Panosso, A. R., Bordonal, R. O., Teixeira, D. B., Berchielli, T. T., Scala Jr., N. L. SOIL CO<sub>2</sub> – C EMISSIONS AND CORRELATIONS WITH SOIL PROPERTIES IN DEGRADED AND MANAGED PASTURES IN SOUTHERN BRAZIL. **Land Degradation & Development**, v. 28, p. 1263–1273, 2017. <https://doi.org/10.1002/ldr.2524>
- Index Mundi. Uréia Preço Mensal - E.U dolares por tonelada métrica. **Index Mundi Web Site, 2023**. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/pt/pre%E7os-de-mercado/?mercadoria=ureia&meses=360> Acesso em: 23 de Nov. 2023.
- IFA. 2022. Fertilizer use by crop and country for the 2017-2018 period. International Fertilizer Association (IFA), Paris, France; Available at <https://www.ifastat.org/consumption/fertilizeruse-by-crop>
- Lapig. Atlas das Pastagens Brasileiras, 2021. Disponível em: <<https://pastagem.org/atlas/map>>. Acesso em: 30 out 2023.
- Li, L. J., Yang You, M., Shi, H. A., Ding, X. L., Qiao, Y. F., Han, X. Z. Soil CO<sub>2</sub> emissions from a cultivated Mollisol: Effects of organic amendments, soil temperature, and moisture. **European Journal of Soil Biology**, v. 55, p. 83–90, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.12.009>
- Li, Q., Yu, P., Li, G., & Zhou, D. Grass-legume ratio can change soil carbon and nitrogen storage in a temperate steppe grassland. **Soil and Tillage Research**, v. 157, p. 23–31, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.08.021>
- Liu, Y., Tian, F., Jia, P., Zhang, J., Hou, F., & Wu, G. Leguminous species sequester more carbon than gramineous species in cultivated grasslands of a semi-arid area. **Solid Earth**, v. 8, n. 1, p. 83–91, 2017. <https://doi.org/10.5194/se-8-83-2017>
- Liu, Y. R., Baquerizo, M. D., Wang, J. T., Hu, H. W., Yang, Z., & He, J. Z. New insights into the role of microbial community composition in driving soil respiration rates. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 118, n. December 2017, p. 35–41, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.12.003>
- Locatelli, J. L., Santos, R. S., Cherubin, M. R., Cerri, C. E. P. Changes in soil organic matter

fractions induced by cropland and pasture expansion in Brazil's new agricultural frontier. **Geoderma Regional**, v. 28, p. e00474, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00474>

Menezes, R. C. **Intensidades de pastejo e espaçamentos de plantio de amendoim forrageiro em consórcio com capim-braquiária**. 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, 2017.

Oliveira, D. C., Maia, S. M. F., Cerri, C.E.P. Changes in soil carbon and soil carbon sequestration potential under different types of pasture management in Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 22, p. 87, 2022.

Prommer, J., Walker, T. W. N., Wanek, W., Braun, J., Zezula, D., Hu, Y., Hofhans, F., & Richter, A. Increased microbial growth, biomass, and turnover drive soil organic carbon accumulation at higher plant diversity. **Global Change Biology**, v. 26, n. 2, p. 669–681, 2020. <https://doi.org/10.1111/gcb.14777>

Santos, E. R. S., Dubeux Jr, J. C. B., Menezes, R. C., Mackowiak, C. L., Sollenberger, L. E., Moreno, M. R., Jaramillo, D. M., Garcia, L., & Queiroz, L. M. D. Particulate Soil Organic Matter in Bahiagrass-Rhizoma Peanut Mixtures and Their Monocultures. **Soil Science Society of America Journal**, v. 83, n. 3, p. 658–665, 2019. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.11.0445>

Silva, H. M. S., Dubeux Júnior, J. C. B., Silveira, M. L., Lira Junior, M. A., Cardoso, A. S., & Vendramini, J. M. B. Greenhouse gas mitigation and carbon sequestration potential in humid grassland ecosystems in Brazil: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 323, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116269>.

Stahl, C., Fontaine, S., Klumpp, K., Picon-Cochard, C., Grise, M. M., Dezécache, C., Ponchant, L., Freycon, V., Blanc, L., Bonal, D., Burban, B., Soussana, J. F., & Blanfort, V. Continuous soil carbon storage of old permanent pastures in Amazonia. **Global Change Biology**, v. 23, n. x, p. 3382–3392, 2017. <https://doi.org/10.1111/gcb.13573>

Subke, J. A., Inglima, I., & Cotrufo, M. F. Trends and methodological impacts in soil CO<sub>2</sub> efflux partitioning: A metaanalytical review. **Global Change Biology**, v. 12, n. 6, p. 921–943, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01117.x>

Tarré, R., Macedo, R., Cantarutti, R., Pereira, J. M., Ferreira, E., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. The effect of the presence of a forrage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiária pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, v. 234, p. 15–26, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1010533721740>

Teixeira, R. S., Fialho, R. C., Costa, D. C., Sousa, R. N., Santos, R. S., Teixeira, A. P. M., Reis, T. G., & Silva, I. R. Land-use change with pasture and short rotation eucalypts impacts the soil C emissions and organic C stocks in the Cerrado biome. **Land Degradation and Development**, n. December 2018, p. 1–15, 2019. <https://doi.org/10.1002/ldr.3480>

Vicca, S., Bahn, M., Estiarte, M., van Loon, E. E., Vargas, R., Alberti, G., Ambus, P., Arain, M. A., Beier, C., Bentley, L. P., Borken, W., Buchmann, N., Collins, S. L., de Dato, G., Dukes, J. S., Escolar, C., Fay, P., Guidolotti, G., Hanson, P. J., Kahmen, A., Kröel-Dulay,

- G., Ladreiter-Knauss, T., Larsen, K. S., Lellei-Kovacs, E., Lebrija-Trejos, E., Maestre, F. T., Marhan, S., Marshall, M., Meir, P., Miao, Y., Muhr, J., Niklaus, P. A., Ogaya, R., Peñuelas, J., Poll, C., Rustad, L. E., Savage, K., Schindlbacher, A., Schmidt, I. K., Smith, A. R., Sotta, E. D., Suseela, V., Tietema, A., van Gestel, N., van Straaten, O., Wan, S., Weber, U., & Janssens, I. A.: Can current moisture responses predict soil CO<sub>2</sub> efflux under altered precipitation regimes? A synthesis of manipulation experiments, **Biogeosciences**, 11, 2991–3013, 2014. <https://doi.org/10.5194/bg-11-2991-2014>
- Wu, X., Yao, Z., Bruggemann, N., Shen, Z. Y., Wolf, B., Dannenmann, M., Zheng, X., Butterbach-Bahl, K. Effects of soil moisture and temperature on CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> soil-atmosphere exchange of various land use/cover types in a semi-arid grassland in Inner Mongolia, China. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. 773–787, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.01.013>
- Xu, R., Tian, H., Pan, S., Prior, S. A., Feng, Y., Batchelor, W. D., Cheng, J., & Yang, J. Global ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer applications in agricultural systems: Empirical and process-based estimates and uncertainty. **Global Change Biology**, v. 25, n. 1, p. 314–326, 2019. <https://doi.org/10.1111/gcb.14499>

#### **CAPÍTULO IV - FLUXO DE CARBONO NO SOLO SOB PASTOS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA EM MONOCULTIVO E CONSORCIADO COM AMENDOIM FORRAGEIRO EM PASTEJO POR OVINOS**

**Resumo:** Objetivou-se avaliar o fluxo de carbono no solo em pastos de capim-braquiária em monocultivo e consorciado com amendoim forrageiro. Os fluxos de C-CO<sub>2</sub> e C-CH<sub>4</sub> no solo foram avaliados em três sistemas: pasto de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo, pasto de capim-braquiária consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), e, área de solo descoberto, sem a presença de biomassa vegetal (controle). O experimento teve duração de dois anos e foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições de área. Os pastos foram submetidos a lotação intermitente por ovelhas, com altura pré-pastejo de 20 cm e pós-pastejo de 10 cm. Verificou-se que o fluxo de C-CO<sub>2</sub> foi influenciado pelos sistemas ( $p > 0.0001$ ), pelos anos ( $p > 0.0001$ ) e pelas estações ( $p > 0.0001$ ). A menor emissão foi observada no solo descoberto (controle), não diferindo entre monocultivo e consorcio, enquanto no ano 1 o fluxo de C-CO<sub>2</sub> foi 47% superior ao ano 2, como consequência da maior temperatura de solo no ano 1. Entre as estações, a maior emissão de C-CO<sub>2</sub> foi observada no período chuvoso. Não foram observados efeitos de nenhum dos fatores estudados sobre o fluxo de C-CH<sub>4</sub> do solo. Embora a inclusão do amendoim forrageiro não tenha demonstrado efeitos na emissão de C no solo, sugere-se que estudos mais prolongados sejam efetuados visando melhor entender essa relação.

**Palavras-chave:** *Arachis pintoi*. C-CO<sub>2</sub>. C-CH<sub>4</sub>. Matéria orgânica particulada. Matéria orgânica associada a mineral

**Abstract:** The objective was to evaluate the carbon flow in the soil in signal grass pastures in monoculture and intercropped with forage peanuts. The fluxes of C-CO<sub>2</sub> and C-CH<sub>4</sub> in the soil were evaluated in three systems: signal grass (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) pasture in monoculture, signal grass pasture intercropped with forage peanut (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), and, area of bare soil, without the presence of plant biomass (control). The experiment lasted two years and was conducted in a randomized block design, with four area replications. The pastures were subjected to intermittent stocking by sheep, with a pre-grazing height of 20 cm and a post-grazing height of 10 cm. It was found that the C-CO<sub>2</sub> flow was influenced by the systems ( $p > 0.0001$ ), the years ( $p > 0.0001$ ) and the seasons ( $p > 0.0001$ ). The lowest emission was observed in bare soil (control), not differing between monoculture and intercropping, while in year 1 the C-CO<sub>2</sub> flux was 47% higher than in year 2, as a consequence of the higher soil temperature in year 1. Among the seasons, the highest C-CO<sub>2</sub> emission was observed in the rainy season. No effects of any of the factors studied were observed on soil C-CH<sub>4</sub> flux. Although the inclusion of forage peanuts has not demonstrated effects on C emissions in the soil, it is suggested that longer studies be carried out to better understand this relationship.

**Keywords:** *Arachis pintoi*. C-CO<sub>2</sub>. C-CH<sub>4</sub>. Particulate organic matter. Organic matter associated with mineral.

## 1. Introdução

Segundo dados da Faostat (2020), as pastagens são responsáveis pela cobertura de 3 bilhões de hectares de terra em todo o mundo. A exploração de fontes de recursos físicos naturais, juntamente com a adoção de inadequadas práticas de manejo, tem resultado na degradação de uma extensa área de pastagens (Hungria et al., 2016). Áreas de pasto produtivo, quando comparadas a áreas de pasto degradadas, e até mesmo em comparação a áreas de vegetação nativa, apresentam capacidade superior para estocar carbono no solo (Braz et al., 2013).

Dentre as práticas para recuperação de áreas de pastos degradados, a consorciação de gramíneas e leguminosas apresenta grande potencial para contribuir com o balanço positivo de carbono no solo (Tarré et al., 2001; De Sant-Anna et al., 2017). Em estudo conduzido por Stahl et al. (2017), em áreas de pasto da América do Sul, foi observado que a diversificação de espécies por meio da inclusão de plantas C3, incluindo leguminosas, influenciaram positivamente o estoque de C no solo, em pastagens tropicais implantadas há mais de 24 anos. Além disso, as vantagens da utilização de leguminosas em consórcio com gramíneas, em área de pasto, incluem a redução de custos com fertilizantes nitrogenados, melhoria da ciclagem de nutrientes, maior produtividade do pasto e melhoria do valor nutritivo da forragem (Dubeux Jr. & Sollenberger, 2019).

Embora a utilização de leguminosas em consorciação com gramíneas seja benéfica, raros são os estudos que objetivaram avaliar questões relativas à emissão e ao estoque de C no solo em áreas de pasto consorciado. Além do mais, a avaliação da emissão de gases causadores do efeito estufa em nível regional é amplamente necessária, pois as métricas utilizadas em relatórios oficiais de emissão são, em grande parte, oriundas de estimativas geradas em regiões, situações e períodos de avaliação completamente diferentes, o que resulta, na grande maioria das vezes, em dados sub ou superestimados (Arneth et al., 2017; Xu et al., 2019).

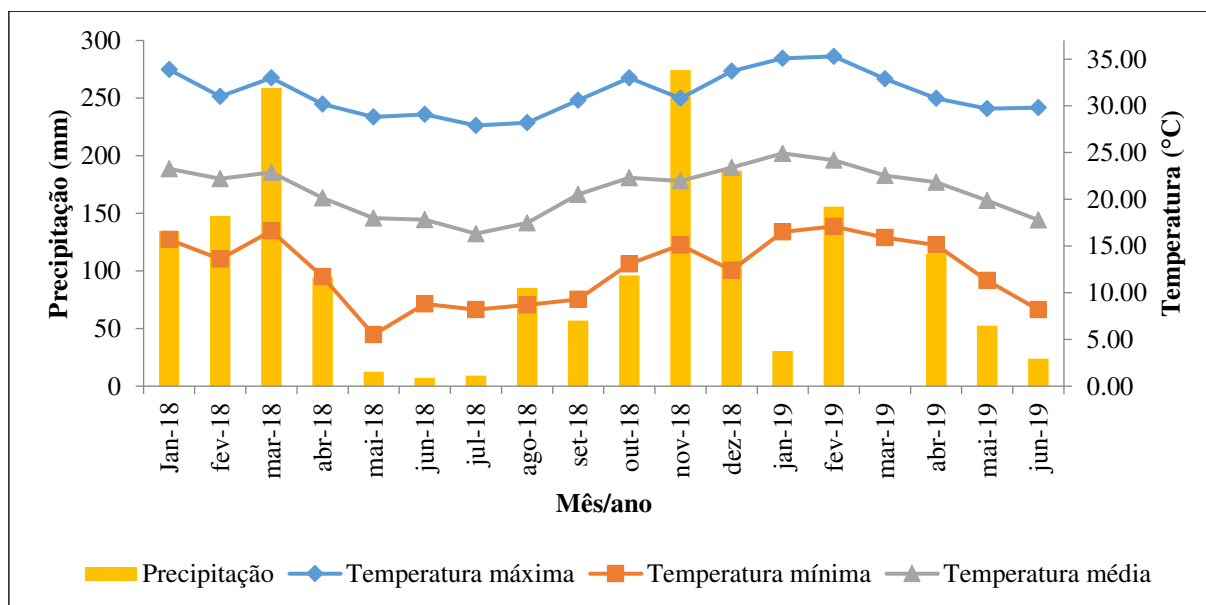
O objetivo, com o presente estudo, foi avaliar os efeitos de pastos de capim-braquiária em monocultivo e consorciado com amendoim forrageiro sobre o fluxo de carbono no solo. A hipótese é que o pasto consorciado difere na emissão de carbono, em comparação ao pasto com gramínea em monocultivo e ao solo descoberto, o que ocasionaria diferenças na quantidade de carbono estocada no solo ao longo do tempo, resultando em balanço ambiental com maior positividade.

## 2. Material e métodos

### 2.1. Local, manejo e desenho experimental

O experimento foi conduzido em área pertencente a UEPE-Ovinocultura, do Departamento de Zootecnia, pertencente a Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. O município está situado a 20°45' de latitude sul, 42°52' de longitude oeste, a uma altitude de 663 metros, com temperatura média anual de 19 °C, e médias mínima e máxima de 15 e 22 °C, respectivamente. O clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico), segundo Köppen, definido como clima subtropical, com período seco e chuvoso bem definidos. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Dos Santos et al., 2018) e apresenta topografia plana.

Os dados climáticos, durante o período experimental, foram registrados na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, localizada a 8 km da área experimental (Figura 1).



**Figura 1.** Dados climáticos durante o período experimental, em Viçosa, MG, Brasil.

O período experimental foi compreendido entre os meses de janeiro de 2018 a junho de 2018, caracterizando os períodos chuvoso e seco, em dois anos experimentais. A precipitação pluviométrica acumulada e as médias das temperaturas média, máxima e mínima foram de 542 mm, 22,8, 33,9 e 13,6 °C, de janeiro de 2018 a março de 2019 (época chuvosa I); 265 mm, 18,4,

30,6 e 5,5 °C, de abril a setembro de 2018 (época seca I); 744 mm, 23,2, 35,3 e 12,4 °C, de outubro de 2018 a março de 2019 (época chuvosa II), e, 191 mm, 19,8, 30,8 e 8,2 °C, de abril a junho de 2019 (época seca II).

A área experimental foi implantada em dezembro de 2013 e desde então vinha sendo utilizada em experimentos sob pastejo com ovinos. Em setembro de 2017, antes do início das atividades experimentais, foram coletadas amostras de solo nos piquetes em monocultivo e consórcios, a uma profundidade de 0-10 cm, com auxílio de um trado tipo sonda. Essas amostras foram agrupadas em quatro amostras compostas, de acordo com os blocos experimentais das quais faziam parte, e identificadas como B1, B2, B3 e B4. As análises químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm no ano de 2017.

Bloco	pH	P	K	Ca+2	Mg+2	Al3+	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		mg L <sup>-1</sup>
B1	6,0	17,8	145	3,1	0,8	0,0	4,3	4,3	7,4	58	0,0	19,4
B2	5,3	5,9	75	1,8	0,5	0,3	2,5	2,8	7,6	33	11,0	18,8
B3	5,8	37,2	240	3,1	0,9	0,0	4,6	4,6	8,9	52	0,0	26,5
B4	5,7	6,6	120	2,6	0,6	0,0	3,5	3,5	7,0	50	0,0	20,5

B1, B2, B3 e B4: blocos 1, 2, 3 e 4 respectivamente; pH em água, KCl e CaC<sub>2</sub> – Relação 1;2,5; P-K – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg – Extrator KCl-1 mol/L; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m – Índice de saturação de alumínio; P-rem – Fósforo remanescente.

De acordo com os resultados da análise de solo e as recomendações propostas por Cantarutti et al. (1999), foram aplicados 175 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 76%), apenas no bloco 2, em 24/10/2017. A adubação fosfatada foi realizada em 21/12/2017, somente nos blocos 2 e 4, aplicando-se 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, por meio de superfosfato simples.

Em agosto de 2018, outras amostras de solo foram coletadas e as doses de insumos aplicadas conforme os resultados (Tabela 2). Foram aplicados 514 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 76%), apenas no bloco 2, em 27/08/2018. A adubação fosfatada, nos blocos 1 e 2, foi efetuada em 13/11/2018, e, no bloco 4, em 26/11/2018, sendo aplicadas doses de 20, 40 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, utilizando-se como fonte o superfosfato simples. No bloco 2, também foram aplicados 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Tabela 2. Análise química de amostras de solo da área experimental na camada de 0-10 cm no ano de 2018.

Bloco	pH	P	K	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB	(t)	(T)	V	m	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%		mg L <sup>-1</sup>
B1	5,7	12,3	98	2,6	0,61	0,0	3,55	3,55	6,85	51,8	0,0	19,8
B2	5,1	5,3	38	1,6	0,45	0,3	2,18	2,48	7,48	29,1	12,1	16,8
B3	5,8	47,7	124	3,5	0,82	0,0	4,71	4,71	8,71	54,1	0,0	26,4
B4	5,9	8,2	105	2,6	0,59	0,0	3,50	3,50	6,10	57,4	0,0	19,8

B1, B2, B3 e B4: blocos 1, 2, 3 e 4 respectivamente; pH em água, KCl e CaC<sub>2</sub> – Relação 1;2,5; P-K – Extrator Mehlich 1; Ca-Mg – Extrator KCl-1 mol/L; SB – Soma de bases trocáveis; t – Capacidade de troca catiônica efetiva; T – Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V – Índice de saturação de bases; m – Índice de saturação de alumínio; P-rem – Fósforo remanescente.

Em novembro de 2017, antes do início do período experimental, os pastos foram submetidos ao pastejo de uniformização, visando atingir a meta de altura pós-pastejo de 10 cm. Quando a altura do dossel forrageiro atingia 20 cm, condição de pré-pastejo, os animais eram colocados nos piquetes. Esse mesmo procedimento também foi adotado em novembro de 2018, uma vez que o excesso de material morto remanescente no dossel, durante a época seca do ano, poderia resultar em dificuldades para a manutenção das condições experimentais preconizadas.

Foi adotado a técnica de mob-stocking grazing (Allen et al., 2011), utilizando-se ovelhas mestiças da raça Santa Inês e Dorper, com peso corporal de 50 ± 5 kg, as quais foram mantidas em jejum de sólidos por 12 horas, antes da entrada nos piquetes. Foram utilizados oito animais por piquete (6m x 12 m), os quais permaneciam em pastejo por um período de até 8 h, utilizando-se altura de pré e pós-pastejo de 20 e 10 cm, respectivamente. Os animais tinham livre acesso a água, fornecida em recipientes instalados em cada piquete. O experimento foi devidamente aprovado pelo comitê de ética e uso de animais da UFV, registrado sob o número 032/2015.

A altura do dossel forrageiro, para a determinação do momento de entrada dos animais no piquete, foi monitorada semanalmente, com o auxílio de uma régua graduada, na qual uma lâmina radiográfica, medindo 20 x 30 cm (LxC), com um orifício na sua porção central, foi acoplada. A altura do dossel correspondia ao local onde a lâmina radiográfica era contida pela forragem, sendo que a altura média foi resultante de um total de 20 medidas realizadas dentro de cada piquete. Para determinação do momento de retirada dos animais do piquete, usou-se o mesmo protocolo de medidas, as quais foram efetuadas durante o período em que os animais estavam em pastejo.

Foram avaliados os fluxos de C-CO<sub>2</sub> e C-CH<sub>4</sub>, em três sistemas: pasto de capim-braquiária (*Uruchloa decumbens* cv. Basilisk) em monocultivo, pasto de capim-braquiária consorciado com amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte), e, área de solo descoberto, sem a presença de biomassa vegetal (controle), durante dois anos, em duas estações (água e seca). O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições de área.

## 2.2. Coleta de GEE e mensurações

A emissão de gases de efeito estufa (GEE) foi mensurada nos meses de janeiro e fevereiro de 2018 (época chuvosa I), abril e maio de 2018 (época seca II), janeiro e março de 2019 (época chuvosa 1) e abril e junho de 2019 (época seca II). Para a avaliação da emissão de GEE, foram utilizadas câmaras estáticas de cloreto de polivinil (PVC), sendo instaladas duas por tratamento, em áreas de solo descoberto, pastos de capim-braquiária em monocultivo e pastos consorciados de capim-braquiária e amendoim forrageiro, nos quatro blocos, totalizando 24 câmaras estáticas.

As câmaras estáticas, com 0,25 m de altura e 0,30 m de diâmetro, eram dotadas de septo de borracha no centro da parte superior, e foram acopladas a anéis que estavam implantados no solo, a uma profundidade de 0,05 m, sendo que estes últimos permaneceram fixos ao solo durante todo o período experimental. As amostras de gases foram coletadas sempre no período de 9:00 as 11:00 da parte da manhã, conforme recomendado por Alves et al., (2012). No momento da amostragem, as câmaras eram fechadas, restringindo-se a passagem de ar do solo para a atmosfera, de modo que as mudanças de concentração dos gases, nos períodos de 0; 30; 60 e 120 minutos, após o fechamento das câmaras, pudessem ser mensuradas. Durante cada período, e após homogeneização do ar presente no interior de cada câmara estática, duas amostras de gases foram coletadas e acondicionada em seringas de 60 mL, equipadas com válvulas de 3 vias, as quais foram posteriormente levadas para o Laboratório de Isótopos.

As concentrações de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> foram determinadas por meio de espectroscopia, no analisador de gases Cavity Ring-Down Spectroscopy-CRDS Picarro. O fluxo de C-CO<sub>2</sub> e C-CH<sub>4</sub> na superfície do solo foram calculados de acordo com a equação (1) proposta por Smith & Conen (2004), levando-se em conta a variação na concentração de C-CO<sub>2</sub> e C-CH<sub>4</sub> nos diferentes tempos de coleta:

$$\text{Fluxo de C-CO}_2 \text{ superfície do solo} = (\Delta Q/\Delta t) \times M \times [(P \times V)/(R \times T)] \times (1/A) \times 0.036 \quad (1)$$

Onde, Fluxo de C-CO<sub>2</sub> superfície do solo é o fluxo de C-CO<sub>2</sub> (kg.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>); ( $\Delta Q/\Delta t$ ) é a variação na concentração de C-CO<sub>2</sub> nos diferentes tempos de coleta (ppm s<sup>-1</sup>); M é a massa molar de C (gmol<sup>-1</sup>); P é a pressão dentro da câmara, assumindo ser atmosférica (atm); V é o volume da câmara (L); R é a constante universal do gás (0.081 L atm K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>); T é a temperatura da atmosfera (K); A é a área ocupada pela câmara estática de PVC (m<sup>2</sup>), e, 0.036 representa o fator de ajuste de unidade de  $\mu\text{g m}^{-2}\text{s}^{-1}$  para kg ha<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>.

### **2.3 Umidade e temperatura do solo**

Amostras de solo, para determinação do teor de umidade, foram coletadas paralelamente às amostras de GEE. Para isso, utilizou-se um trado tipo sonda, o qual foi introduzido ao solo a uma profundidade de 0,10 m. Foram coletadas duas amostras de solo, nas extremidades de cada câmara estocástica, as quais compuseram uma amostra final composta, sendo as amostras secas em estufa de secagem a 105°. A temperatura do solo foi mensurada em cada coleta de GEE, utilizando-se um geotermômetro analógico, o qual foi inserido entre as câmaras estáticas a uma profundidade de 0,10 m.

### **2.4. Análises estatísticas**

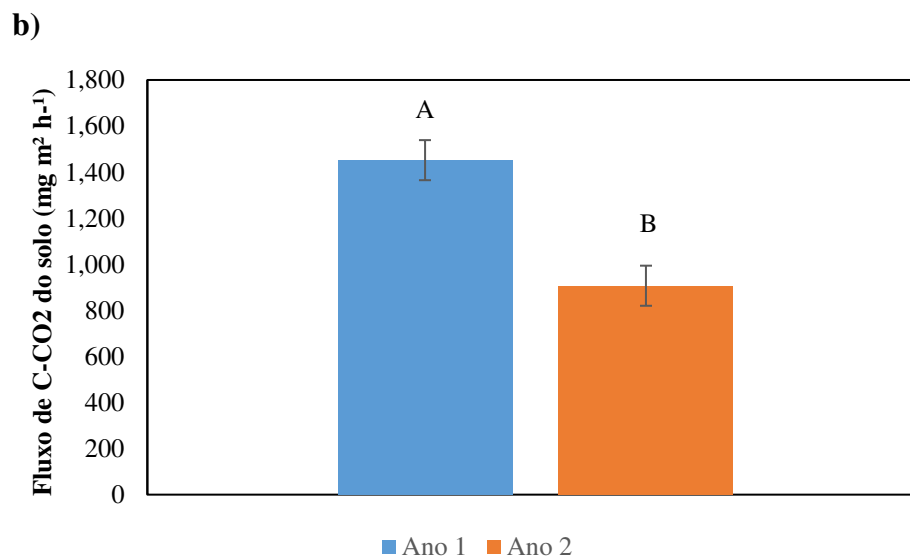
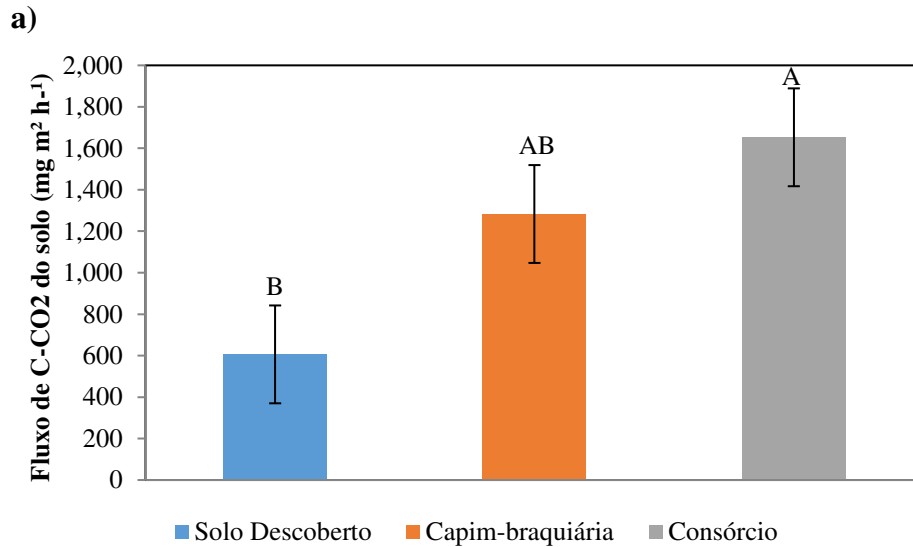
As análises dos dados de C-CO<sub>2</sub>, C-CH<sub>4</sub>, umidade e temperatura do solo foram realizadas utilizando o pacote estatístico GLM Procedure do SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA). Os dados de fluxo de gases (C-CO<sub>2</sub> e C-CH<sub>4</sub>), temperatura do solo e umidade foram submetidos a análise de variância considerando-se efeitos fixos os sistemas (solo descoberto, monocultivo de capim-braquiária e consórcio de capim-braquiária e amendoim forrageiro) ano (2018 e 2019) e estação (seca e chuvosa), e blocos como efeito aleatório, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

## **3. Resultados**

### **3.1. Fluxo de C-CO<sub>2</sub> e C-CH<sub>4</sub>**

Foram observados efeitos de sistemas ( $p=0.012$ ), de ano ( $p<0.0001$ ) e de estação do ano ( $p<0.0001$ ) para o fluxo de C-CO<sub>2</sub> no solo ( $\text{mg m}^{-2} \text{h}^{-1}$ ). O menor fluxo foi observado no solo descoberto, enquanto o maior fluxo pode ser observado no sistema de consórcio (607 vs. 1.653

mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>), não existindo diferença do sistema com capim-braquiária (1.283 vs. mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>, EPM = 236), conforme demonstrado na Figura 2a. No ano 1, observou-se valor médio de emissão de C-CO<sub>2</sub> de 1.452 mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>, enquanto, no segundo ano, verificou-se valor médio de 907 mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> (EPM = 109) Figura 2 b). Ao avaliar a emissão de C-CO<sub>2</sub> durante as estações do ano, observou-se maior fluxo de C-CO<sub>2</sub> durante a estação chuvosa em relação à estação seca (1.468 vs. 894 mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>, EPM = 0.108, Figura 2c).



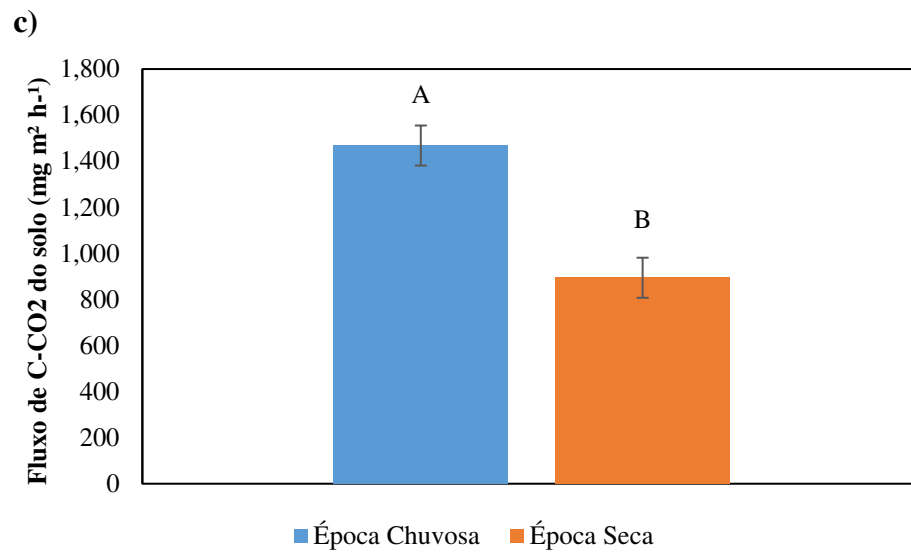
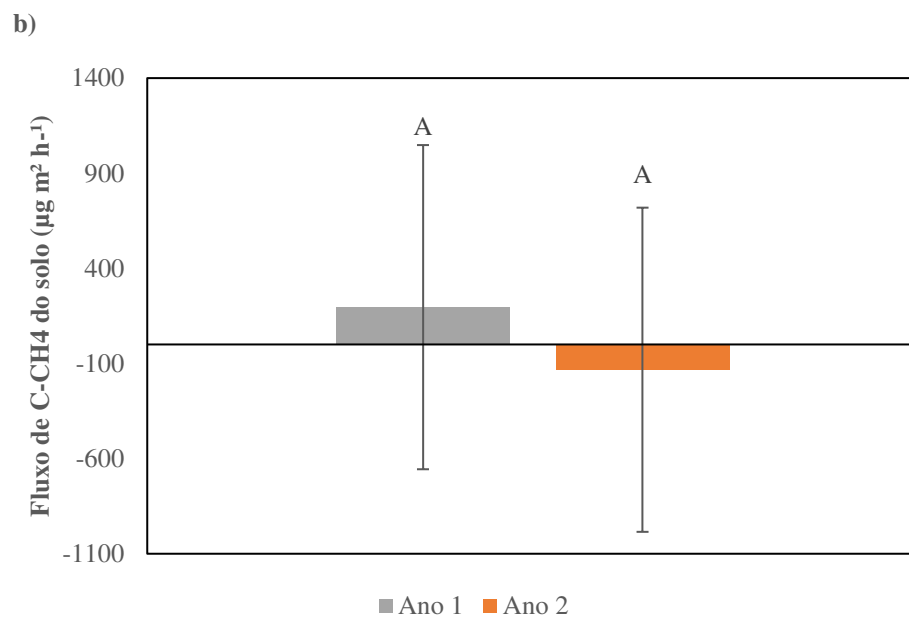
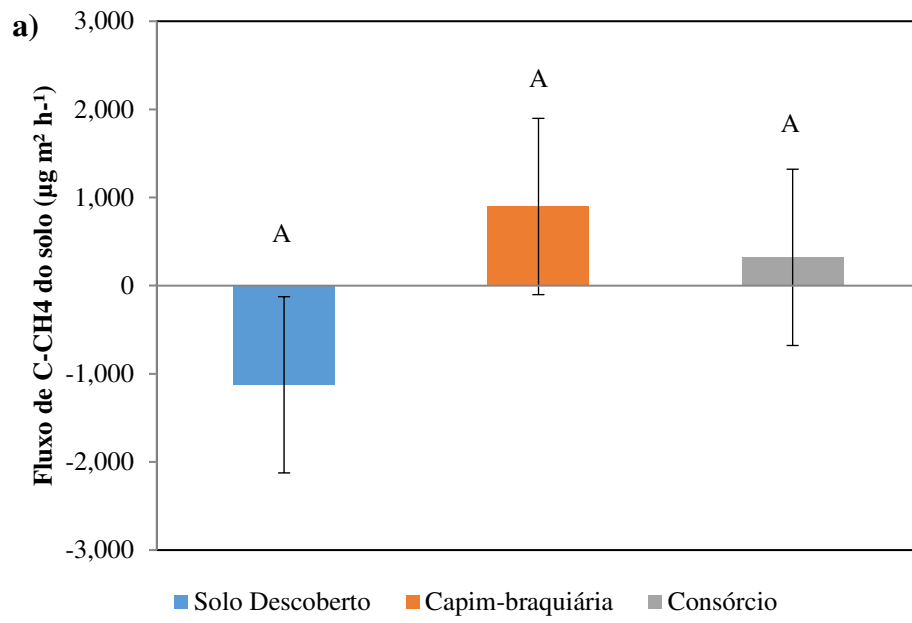


Figura 2. Fluxo médio de C-CO<sub>2</sub> (mg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>) em sistemas de solo descoberto, solo sob monocultivo de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) e solo sob consórcio de capim-braquiária e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (a), em dois anos (b) e em duas estações do ano (c). Médias seguidas pela mesma letra não diferem de si pelo Teste Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Para o fluxo de C-CH<sub>4</sub> do solo, não foram observados efeitos de sistemas ( $p=0.6716$ ), ano ( $p=0.7148$ ) e estação do ano ( $p=0.4616$ ). O fluxo médio para o solo descoberto, capim-braquiária em monocultivo e consórcio foi de -1,125, 898 e 321  $\mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$  (EPM = 2,258), respectivamente (Figura 3a). Dentro dos anos de avaliação, o fluxo médio de C-CH<sub>4</sub> foi 196 e -131  $\mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$  (EPM = 852), para o ano 1 e ano 2, respectivamente (Figura 3b). Na estação chuvosa, o fluxo foi de 365  $\mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$ , e, na estação seca, de -302  $\mu\text{g m}^2 \text{h}^{-1}$  (EPM = 892), respectivamente (Figura 3c).



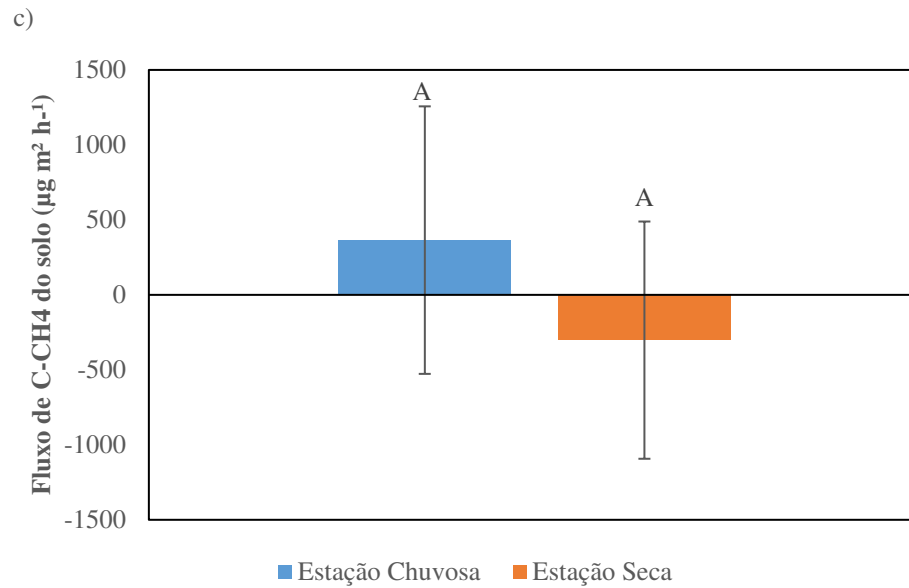


Figura 3. Fluxo médio de C-CH<sub>4</sub> (µg m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>) em sistemas de solo descoberto, solo sob monocultivo de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) e solo sob consórcio de capim-braquiária e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte) (a), em dois anos (b) e duas estações do ano (c). Médias seguidas pela mesma letra não diferem de si pelo Teste Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

### 3.2. Umidade e temperatura do solo

Foi observado efeito da interação entre sistemas, anos e épocas do ano para o teor de umidade do solo ( $p=0,0178$ ). O menor teor de umidade sempre foi observado no solo descoberto (Figura 4a). Com exceção da época seca no ano 1, quando a área de consórcio apresentou maior teor de umidade em comparação a área de capim-braquiária (34,1 vs. 26,5, EPM = 1,6), nos demais períodos não foram observadas diferenças no teor de umidade do solo entre o capim-braquiária e o consórcio. No solo da área de capim-braquiária e do consórcio, o maior teor de umidade foi observado durante o ano 1, não detectando-se diferença entre os anos no solo descoberto (20,3 vs. 20,2, EPM = 0,9).

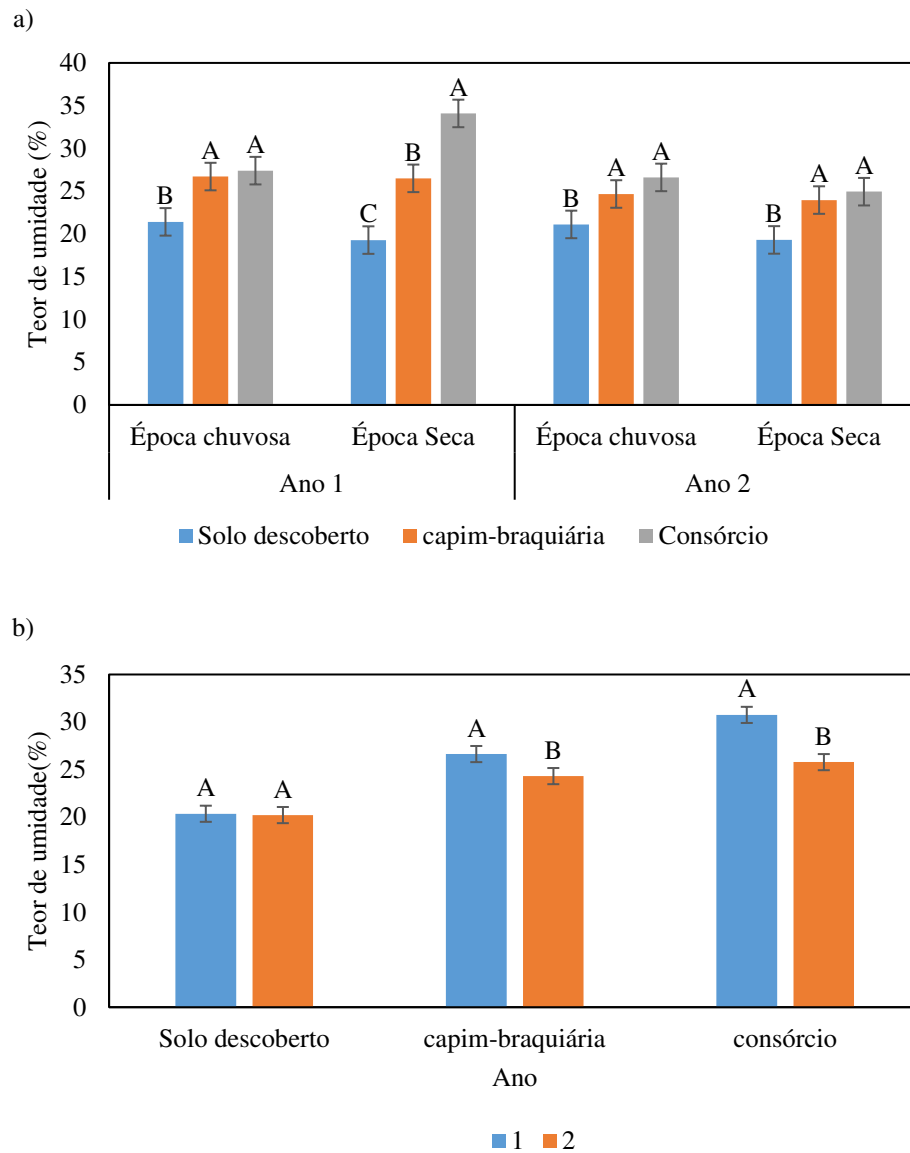


Figura 4. Teor de umidade do solo em sistemas de solo descoberto, solo sob monocultivo de capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk) e solo sob consórcio de capim-braquiária e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Belmonte). Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula, não diferem de si pelo Teste Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Para a variável temperatura do solo, foram observados efeitos de sistemas ( $p=0,0008$ ), anos ( $p<0,0001$ ) e estações do ano ( $p<0,0001$ ). A maior temperatura de solo foi observada no sistema de solo descoberto ( $23,5^{\circ}\text{C}$ ), não existindo diferença entre os outros sistemas, monocultivo ( $22,2^{\circ}\text{C}$ ) e consórcio ( $21,4^{\circ}\text{C}$ ). Durante o primeiro ano de avaliação, a temperatura do solo foi 12% maior do que a do segundo ano, com valores de  $23,8$  vs.  $20,9^{\circ}\text{C}$ . Ao se comparar a temperatura média durante as estações do ano, a magnitude desta diferença

foi duas vezes maior do que a anual, com superioridade média de 24% para época chuvosa (25,4 °C) em relação à época seca (19,4 °C).

## 5. Discussão

O fluxo de CO<sub>2</sub> do solo advém de fontes autotróficas, que incluem o crescimento e manutenção respiratória de raízes, ou heterotróficas, representados pela decomposição de carboidratos derivados de raízes livres, decomposição de matéria orgânica fresca advinda da serrapilheira superficial ou interna do solo, decomposição de matéria orgânica, pelo início da decomposição da matéria orgânica do solo através da entrada de raízes vivas e serrapilheira da planta e intemperismo de carbonatos presentes no solo (Subke et al., 2006). Dessa forma, o maior fluxo de C-CO<sub>2</sub> observado para o sistema de monocultivo e de consórcio, em relação ao solo descoberto, se deve ao fato de que na área de solo descoberto não ocorria a deposição de serrapilheira, tampouco o crescimento de raízes, sendo o fluxo de C-CO<sub>2</sub> resultante apenas da decomposição de material remanescente no próprio solo.

Apesar de não ter sido detectada diferença para o fluxo de C-CO<sub>2</sub>, entre sistema em monocultivo e o consórcio, é importante destacar que a massa de raízes do sistema em consórcio foi 47 e 67% maior do que aquela do sistema em monocultivo, nos anos 1 e ano 2, respectivamente (Capítulo II), o que indica que, no consórcio, grande parte deste fluxo pode ser resultante da atividade respiratória das raízes. Além disso, a gramínea, tanto no sistema em monocultivo, quanto no sistema em consórcio, foi implantada no mesmo momento em que o amendoim forrageiro, não possibilitando a comparação entre os sistemas de consórcio com um sistema de monocultivo em processo de degradação, fato que certamente teria proporcionado vantagens ao sistema de consórcio. Esse resultado evidencia que um sistema a pasto bem manejado pode ter um fluxo de C-CO<sub>2</sub> compatível com o consórcio.

Durante a época chuvosa, o fluxo de C-CO<sub>2</sub> foi 60% superior ao observado na época seca. O decréscimo respiratório do solo é comumente observado em condições de reduzida precipitação, com o aumento do fluxo relacionado ao aumento do índice pluviométrico (Vicca et al., 2014). Isso pode ser justificado pela maior taxa respiratória de microrganismos presentes no solo durante a época chuvosa, uma vez que o crescimento de microrganismos no solo depende do teor de umidade (Cardoso et al., 2020).

O decréscimo de 38% no fluxo de C-CO<sub>2</sub>, do primeiro para o segundo ano de avaliação, provavelmente se deve a menor temperatura de solo observada no segundo ano (Teixeira et al., 2019). Apesar disso, embora no presente estudo não tenha sido avaliado o espaço poroso do

solo, a maior precipitação acumulada no segundo ano, em relação ao primeiro (807 vs. 935 mm), pode ter contribuído para a redução da quantidade de oxigênio nos poros do solo, reduzindo assim a produção e difusão de C-CO<sub>2</sub> do primeiro para o segundo ano (Figueiredo et al., 2017).

Li et al. (2013) encontraram pouca relação entre o fluxo de CO<sub>2</sub> e a umidade do solo, evidenciando, entretanto, a existência de interdependência entre a temperatura e umidade do solo no fluxo de CO<sub>2</sub>. É importante destacar que, embora a influência dos fatores umidade e temperatura sejam eminentes no fluxo respiratório do solo, aproximadamente 78% da variação na respiração do solo estão relacionados às propriedades e atributos microbianos do solo, sendo que dentre os fatores relacionados às propriedades do solo, a quantidade de C e a relação C/N merecem especial atenção (Liu et al., 2018).

O fluxo de C-CO<sub>2</sub> obtido no presente estudo, para áreas sob pastejo de ovinos, são superiores aos mais altos fluxos observados por Cardoso et al. (2017), para pastos de capim-marandu submetidos a baixa, moderada e elevada intensidade de pastejo por bovinos jovens, com valores de 1.000; 885 e 630 mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente. Entretanto, a emissão de C, se analisada isoladamente, não traz respostas conclusivas para questões ambientais, uma vez que, conforme Cong et al. (2014), o aumento de estoque de C no solo tem demonstrado forte correlação com a produção acumulada de CO<sub>2</sub> do solo.

Avaliando o fluxo de C-CO<sub>2</sub> do solo, em pastagens de *Urochloa brizantha*, Figueiredo et al. (2017) observaram menor fluxo de C-CO<sub>2</sub> em áreas bem manejadas, em relação a áreas degradadas, indicando que a utilização de práticas adequadas de manejo podem reduzir perdas adicionais de C-CO<sub>2</sub> e contribuir para o acúmulo de C no solo. Elevado fluxo de CO<sub>2</sub> do solo em áreas de pastagens tem ocorrido justamente na época de maior crescimento da forrageira (primavera e verão), favorecido pela respiração das raízes e microrganismos do solo (Cardoso et al., 2017). De forma geral, a emissão de CO<sub>2</sub> tem sido positivamente correlacionada com o estoque de carbono orgânico no solo (Li et al., 2013), embora possa se encontrar baixa concentração de carbono orgânico do solo, em condições de alta taxa de emissão de CO<sub>2</sub> (Wu et al., 2010).

Apesar de não ter ocorrido diferença no fluxo de C-CH<sub>4</sub>, entre os diferentes sistemas, o influxo de C-CH<sub>4</sub> observado no solo descoberto pode estar relacionado à menor umidade e maior temperatura do solo observada neste sistema, uma vez que os demais sistemas apresentaram maior teor de umidade no solo e menor temperatura do solo (Teixeira et al., 2019). Embora a umidade não explique o efeito da restrição física da água na difusão do CH<sub>4</sub> no solo, ela é um indicador do controle biológico da atividade microbiana no solo (Dutaur & Verchot,

2007). Entretanto, embora muito se recorra ao fator umidade do solo para explicar o fluxo de C-CH<sub>4</sub>, Wu et al. (2010) descreveram o fator ambiental temperatura como aquele de maior magnitude sobre o fluxo de CH<sub>4</sub>, cuja variação pode ser explicada pela combinação entre os efeitos de umidade e temperatura. Embora exista uma inconsistência para explicar os fatores relacionados à emissão de C-CH<sub>4</sub>, os resultados de emissão apresentados no presente estudo são próximos aos relatados por Cardoso et al. (2017), que observaram fluxo de C-CH<sub>4</sub> variando de 504 a 380 µg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, em pastos de capim-marandu submetidos a diferentes intensidades de pastejo,

Os dados aqui apresentados não demonstraram as vantagens do consórcio em comparação a pastos de monocultura de capim-braquiária na capacidade de redução das perdas de C orgânico, conforme demonstraram Prommer et al. (2020). Entretanto, é importante salientar que o curto período de tempo onde os dados foram avaliados podem ter subestimado os reais benefícios da leguminosa para tal processo, haja vista que a área vinha sendo estudada há apenas quatro anos.

## 6. Conclusões

Não houve diferença entre os sistemas estudados na emissão de C-CO<sub>2</sub> e C-CH<sub>4</sub>, entretanto, o fluxo de C-CO<sub>2</sub> foi superior na estação chuvosa em relação a estação seca. Embora a inclusão do amendoim forrageiro não tenha demonstrado efeitos na emissão de C no solo, sugere-se que estudos mais prolongados sejam efetuados visando melhor entender essa relação.

## 7. Referências Bibliográficas

- Allen, V. G. Batello, C., Berretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., & Sanderson M. (2011). Grass and Forage Science An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, v. 66, p. 2–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>
- Alves, B. J. R., Smith, K. A., Flores, R. A., Cardoso, A. S., Oliveira, W. R. D., Jantalia, C. P., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. (2012). Selection of the most suitable sampling time for static chambers for the estimation of daily mean N<sub>2</sub>O flux from soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 46, p. 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.022>
- Arneeth, A., Sitch, S., Pongratz, J., Stocker, B. D., Ciais, P., Poulter, B., Bayer, A. D., Bondeau, A., L. Calle, L., Chini, L. P., Gasser, T., Fader, M., Friedlingstein, P., Kato, E., Li, W., Lindeskog, M., Nabe, J. E. M. S., Pugh, T. A., Robertson, E., Viogy, N., Yue, C. & Zaehle, S. (2017). Historical carbon dioxide emissions caused by land-use changes are possibly larger than assumed. **Nature Geoscience**, v. 10, n. 2, p. 79–84, 2017.

<https://doi.org/10.1038/ngeo2882>

- Braz, S. P., Urquiaga, S., Alves, B. J. R., Jantalia, C. P., Guimarães, A. P., Santos, C. A., Santos, S. C., Pinheiro, E. F. M., & Boddey, R. M. (2013). Soil Carbon Stocks under Productive and Degraded Brachiaria Pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 3, p. 914–928. <https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0269>
- Chambardella, C. A., & Elliott, E. T. Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v. 56, n. 3, p. 777–783, 1992. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x>
- Cantarutti, R. B., Martins, C. E., Carvalho, M. M., Fonseca, D. M., Arruda, M. L., Vilela, H., & Oliveira, F. T. T. (1999). Pastagens. In: Ribeiro, A. C.; Guimarães, P. T. G.; Alvarez V., V. H. (Eds.). . **RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES EM MINAS GERAIS 5a APROXIMAÇÃO**. 1. ed. Viçosa, Minas Gerais: SCBS p. 359.
- Cardoso, A. da S., Brito, L. F., Januszkiewicz, E. R., Morgado, E. S., Barbero, R. P., Koscheck, J. F. W., Reis, R. A. & Ruggieri, A. C. (2017). Impact of Grazing Intensity and Seasons on Greenhouse Gas Emissions in Tropical Grassland. **Ecosystems**, v. 20, n. 4, p. 845–859. <https://doi.org/10.1007/s10021-016-0065-0>
- Cardoso, A. da S., Junqueira, J. B., Reis, R. A., & Ruggieri, A. C. (2020). How do greenhouse gas emissions vary with biofertilizer type and soil temperature and moisture in a tropical grassland? **Pedosphere**, v. 30, n. 5, p. 607–617. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60025-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60025-X)
- Cong, W. F., Van Ruijven, J., Mommer, L., De Deyn, G. B., Berendse, F., & Hoffland, E. (2014). Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. **Journal of Ecology**, v. 102, n. 5, p. 1163–1170. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12280>
- De Azevedo, T. R., Brandão Junior, A., Cremer, M. S., Piatto, M., Tsai, D. S., Barreto, P., Martins, H., Sales, M. Galuchi, T., Rodrigues, A., Morgado, R., Ferreira, A. L., Barcellos e Silva, F., Viscondi, G. F., Santos, K. C., Cunha, K. B., Manetti, A., Coluna, I. M. E., Albuquerque, I. R., Watanabe Junior, S., Leite, C., & Kishinami, R. (2018). SEEG initiative estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, p. 180045. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.45>
- De Sant-anna, S. A. C., Jantalia, C. P., Sá, J. M., Vilela, L., Marchão, R. L., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p. 101–120, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9812-z>
- Dos Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C, Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., ... & Cunha, T. J. F. (2018). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa.

- Dubeux Jr., J. C. B. & Sollenberger, L. E. Nutrient cycling in grazed pastures. In: MONTE ROUQUETTE, J.; AIKEN, G. (Eds.). **Management Strategies for Sustainable Cattle Production in Southern Pastures**. [s.l.] Academic Press, 2019. p. 59–75.
- Dutaur, L. & Verchot, L. V. A global inventory of the soil CH<sub>4</sub> sink. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 21, n. 4, p. 1–9, 2007. <https://doi.org/10.1029/2006GB002734>
- Embrapa. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997.
- Faostat, 2020. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/statistics/en>>. Acesso em: 30 mar. 2020.
- Figueiredo, E. B., Panosso, A. R., Bordonal, R. O., Teixeira, D. B., Berchielli, T. T., Scala Jr., N. L. SOIL CO<sub>2</sub> – C EMISSIONS AND CORRELATIONS WITH SOIL PROPERTIES IN DEGRADED AND MANAGED PASTURES IN SOUTHERN BRAZIL. **Land Degradation & Development**, v. 28, p. 1263–1273, 2017. <https://doi.org/10.1002/ldr.2524>
- Li, L. J., Yang You, M., Shi, H. A., Ding, X. L., Qiao, Y. F., Han, X. Z. Soil CO<sub>2</sub> emissions from a cultivated Mollisol: Effects of organic amendments, soil temperature, and moisture. **European Journal of Soil Biology**, v. 55, p. 83–90, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2012.12.009>
- Li, Q., Yu, P., Li, G., & Zhou, D. Grass-legume ratio can change soil carbon and nitrogen storage in a temperate steppe grassland. **Soil and Tillage Research**, v. 157, p. 23–31, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.08.021>
- Liu, Y., Tian, F., Jia, P., Zhang, J., Hou, F., & Wu, G. Leguminous species sequester more carbon than gramineous species in cultivated grasslands of a semi-arid area. **Solid Earth**, v. 8, n. 1, p. 83–91, 2017. <https://doi.org/10.5194/se-8-83-2017>
- Liu, Y. R., Baquerizo, M. D., Wang, J. T., Hu, H. W., Yang, Z., & He, J. Z. New insights into the role of microbial community composition in driving soil respiration rates. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 118, n. December 2017, p. 35–41, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.12.003>
- Prommer, J., Walker, T. W. N., Wanek, W., Braun, J., Zezula, D., Hu, Y., Hofhans, F., & Richter, A. Increased microbial growth, biomass, and turnover drive soil organic carbon accumulation at higher plant diversity. **Global Change Biology**, v. 26, n. 2, p. 669–681, 2020. <https://doi.org/10.1111/gcb.14777>
- Santos, E. R. S., Dubeux Jr, J. C. B., Menezes, R. C., Mackowiak, C. L., Sollenberger, L. E., Moreno, M. R., Jaramillo, D. M., Garcia, L., & Queiroz, L. M. D. Particulate Soil Organic Matter in Bahiagrass-Rhizoma Peanut Mixtures and Their Monocultures. **Soil Science Society of America Journal**, v. 83, n. 3, p. 658–665, 2019. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.11.0445>
- Stahl, C., Fontaine, S., Klumpp, K., Picon-Cochard, C., Grise, M. M., Dezécache, C., Ponchant, L., Freycon, V., Blanc, L., Bonal, D., Burban, B., Soussana, J. F., & Blanfort, V.

- Continuous soil carbon storage of old permanent pastures in Amazonia. **Global Change Biology**, v. 23, n. x, p. 3382–3392, 2017. <https://doi.org/10.1111/gcb.13573>
- Subke, J. A., Inglima, I., & Cotrufo, M. F. Trends and methodological impacts in soil CO<sub>2</sub> efflux partitioning: A metaanalytical review. **Global Change Biology**, v. 12, n. 6, p. 921–943, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01117.x>
- Tarré, R., Macedo, R., Cantarutti, R., Pereira, J. M., Ferreira, E., Alves, B. J. R., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. The effect of the presence of a forrage legume on nitrogen and carbon levels in soils under Brachiária pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, v. 234, p. 15–26, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1010533721740>
- Teixeira, R. S., Fialho, R. C., Costa, D. C., Sousa, R. N., Santos, R. S., Teixeira, A. P. M., Reis, T. G., & Silva, I. R. Land-use change with pasture and short rotation eucalypts impacts the soil C emissions and organic C stocks in the Cerrado biome. **Land Degradation and Development**, n. December 2018, p. 1–15, 2019. <https://doi.org/10.1002/ldr.3480>
- Vicca, S., Bahn, M., Estiarte, M., van Loon, E. E., Vargas, R., Alberti, G., Ambus, P., Arain, M. A., Beier, C., Bentley, L. P., Borken, W., Buchmann, N., Collins, S. L., de Dato, G., Dukes, J. S., Escolar, C., Fay, P., Guidolotti, G., Hanson, P. J., Kahmen, A., Kröel-Dulay, G., Ladreiter-Knauss, T., Larsen, K. S., Lellei-Kovacs, E., Lebrija-Trejos, E., Maestre, F. T., Marhan, S., Marshall, M., Meir, P., Miao, Y., Muhr, J., Niklaus, P. A., Ogaya, R., Peñuelas, J., Poll, C., Rustad, L. E., Savage, K., Schindlbacher, A., Schmidt, I. K., Smith, A. R., Sotta, E. D., Suseela, V., Tietema, A., van Gestel, N., van Straaten, O., Wan, S., Weber, U., & Janssens, I. A.: Can current moisture responses predict soil CO<sub>2</sub> efflux under altered precipitation regimes? A synthesis of manipulation experiments, **Biogeosciences**, 11, 2991–3013, 2014. <https://doi.org/10.5194/bg-11-2991-2014>
- Wu, X., Yao, Z., Bruggemann, N., Shen, Z. Y., Wolf, B., Dannenmann, M., Zheng, X., Butterbach-Bahl, K. Effects of soil moisture and temperature on CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> soil-atmosphere exchange of various land use/cover types in a semi-arid grassland in Inner Mongolia, China. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 42, n. 5, p. 773–787, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.01.013>
- Xu, R., Tian, H., Pan, S., Prior, S. A., Feng, Y., Batchelor, W. D., Cheng, J., & Yang, J. Global ammonia emissions from synthetic nitrogen fertilizer applications in agricultural systems: Empirical and process-based estimates and uncertainty. **Global Change Biology**, v. 25, n. 1, p. 314–326, 2019. <https://doi.org/10.1111/gcb.14499>