



Atributos químicos no solo em integração lavoura-pecuária com e sem pastejo em gramíneas forrageiras

Chemical attributes in the soil in crop-livestock integration with and without grazing on forage grasses

Romano Roberto Valicheski¹, Juliana Gonçalves de Siqueira², Tiago do Prado Paim³, Flavio Lopes Claudio⁴, Estenio Moreira Alves⁵, Renato Lara de Assis⁶

RESUMO: A intensificação do uso das áreas agricultáveis no Cerrado, leva a necessidade de adoção de manejos mais sustentáveis, com destaque para o sistema de integração Lavoura-Pecuária associada ao plantio direto. Conforme espécie forrageira, este sistema pode possuir elevada capacidade de sequestrar carbono atmosférico, vindo a ser uma alternativa promissora para a sustentabilidade do sistema produtivo. Objetivou-se, em um sistema de integração Lavoura-Pecuária em 2020 e 2021, avaliar o efeito de espécies forrageiras e do pastejo dos animais nos atributos químicos do solo no sequestro de carbono. Como espécies forrageiras, testou-se *Braquiária ruziziensis*, *Braquiária xaraés* e *Panicum quênia*, com e sem pastejo. A cada ano após a colheita da soja nas profundidades de 0,0 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, determinou-se os atributos químicos do solo e o estoque de carbono. A presença de animais no sistema produtivo, dependendo do ano pode afetar os atributos químicos do solo, sendo o teor de potássio um dos mais afetados, bem como pode contribuir para o aumento do estoque de carbono orgânico no solo. A *Braquiária xaraés* e o *Panicum quênia* apresentaram maior aporte de carbono ao solo, demonstrando serem promissoras quando se visa o sequestro de carbono ao solo neste sistema de produção.

Palavras-chave: Plantio direto, Nutrientes no solo, Estoque de carbono no solo, Equivalente a CO₂

ABSTRACT: The intensification of the use of agricultural areas in the Cerrado leads to the need to adopt more sustainable management, with emphasis on the Crop-Livestock integration system associated with direct planting. Depending on the forage species, this system may have a high capacity to sequester atmospheric carbon, becoming a promising alternative for the sustainability of the production system. The objective, in a Crop-Livestock integration system in 2020 and 2021, was to evaluate the effect of forage species and animal grazing on the chemical attributes of the soil in carbon sequestration. As forage species, *Braquiária ruziziensis*, *Braquiária xaraés* and *Panicum quenia* were tested, with and without grazing. Each year after soybean harvest at depths of 0.0 - 0.10 m; 0.10 - 0.20 m and 0.20 - 0.40 m, the soil's chemical attributes and carbon stock were determined. The presence of animals in the production system, depending on the year, can affect the chemical attributes of the soil, with the potassium content being one of the most affected, as well as contributing to the increase in the organic carbon stock in the soil. *Braquiária xaraés* and *Panicum quenia* presented a greater contribution of carbon to the soil, demonstrating that they are promising when it comes to sequestering carbon in the soil in this production system.

Keywords: No-tillage; Soil nutrients, Soil carbon stock, CO₂ equivalent

Autor correspondente: Romano Roberto Valicheski

E-mail: romano.roberto@ifgoiano.edu.br

Recebido em: 15/02/2023

Aceito em: 12/03/2024

¹ Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF. Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do IF Goiano Campus Rio Verde (GO). Professor efetivo do Instituto Federal Goiano Campus Iporá, Iporá (GO), Brasil.

² Bacharel em Agronomia pelo Instituto Federal Goiano – Campus Iporá, Iporá (GO), Brasil.

³ Doutor em Ciências Animais pela Universidade de Brasília – UNB. Docente permanente do Programa de Pós-graduação em Zootecnia do IF Goiano Campus Rio Verde. Rio Verde (GO), Brasil.

⁴ Gestão em Agronegócio pelo Instituto Federal Goiano – Campus Iporá, Iporá (GO), Brasil.

⁵ Doutor de Ciências Agrárias pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Engenheiro Agrônomo do Instituto Federal Goiano – Campus Iporá – Ipora (GO), Brasil.

⁶ Pós-Doutorado pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (SP). Docente efetivo do Instituto Federal Goiano Campus Iporá, Iporá(GO), Brasil.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais países produtores de carne bovina no mundo. Apesar destes avanços na pecuária, no país ainda aproximadamente 86% do rebanho bovino é conduzido em sistemas de pastagens, sendo a pecuária de corte, desenvolvida predominantemente no bioma Cerrado, onde os solos costumam apresentar baixo pH, alto teor de alumínio, baixa saturação por bases e baixo teor de cálcio, magnésio e fósforo disponível (Moraes *et al.*, 2019). Neste bioma, a intensificação do uso das áreas agricultáveis, aliado ao manejo inadequado do solo, em muitas situações tem levado a sua degradação e redução da produtividade das culturas, resultando na necessidade de adoção de manejos mais sustentáveis, com destaque para o sistema de integração Lavoura-Pecuária (ILP) associada ao plantio direto (PD).

Neste sistema se preconiza a produção de forragem para alimentação animal e o fornecimento de palhada para as culturas de verão, utilizando gramíneas e leguminosas para este propósito (Soares *et al.*, 2021); que devido desenvolvimento vigoroso do sistema radicular destas espécies, afeta a ciclagem de nutrientes no solo (Guerra 2017; Tavanti *et al.*, 2019; Zolin *et al.*, 2021) modificando seus atributos químicos (Laroça *et al.*, 2018; Viaud *et al.*, 2018), físicos (Nascimento *et al.*, 2019; Reis *et al.*, 2021) e biológicos (Bonetti *et al.*, 2018). Também pode haver sequestro de CO₂ atmosférico para o solo (Moraes *et al.*, 2019; Zolin *et al.*, 2021), vindo a ser uma alternativa promissora para melhorar a sustentabilidade do sistema produtivo.

Silva *et al.* (2004), em um Latossolo argiloso da região do Cerrado, verificaram que pastagens cultivadas afetaram o teor de C no solo até 1,0m de profundidade, o qual variou entre 97,1 a 113,0 Mg.ha⁻¹, sendo que as espécies que proporcionaram maior acúmulo foram o *Panicum maximum*, *B. brizantha* e *Paspalum atratum*, ficando mais de 50% deste total na camada de até 40cm de profundidade. Por outro lado Isernhagen *et al.* (2017), em diferentes sistemas de ILPF na região de transição Cerrado/Amazônia, observou que a conversão da vegetação nativa para em cultivo agrícola e florestal contribuiu para a redução dos estoques de COT no solo em 20% na camada de 0-30 cm, representando uma perda de 17,4 Mg.ha⁻¹.

Assim, conhecer práticas agronômicas agropecuárias resilientes deixa de ser um diferencial, tornando-se uma necessidade para sustentabilidade do agronegócio brasileiro, pois estabelecimentos agropecuários adeptos ao Sistema de Plantio Direto, à ILP e a outras práticas de manejo conservacionistas, têm tido melhora na produtividade e na viabilidade econômica da atividade, com menor impacto ambiental. Neste sentido conforme acordo de Paris, como compromisso mundial para combater as mudanças climáticas, o Brasil se propõe a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 37% para 2025 e 43% para 2030, em relação a 2005 (Leão *et al.*, 2021). Para atingir essa meta, torna-se eminente a ampliação do uso de práticas e manejos agropecuários com baixa emissão de carbono. Diante de um mercado cada vez mais exigente quanto produção de carne com baixa ou nula emissão de carbono, bem como da possibilidade futura de comercialização de créditos de C, considerando a diversidade de espécies forrageiras e as possibilidades de cultivos (solteiro e consorciados), tem-se muito ainda a evoluir, tornando-se necessário estudos para identificar como e em qual intensidade cada espécie afeta o aporte de C no solo, e conseqüentemente seus atributos químicos e físicos.

Assim este trabalho teve por objetivo avaliar os atributos químicos e o sequestro de C no solo em área sob ILP-PD com diferentes espécies forrageiras com e sem pastejo, procurando identificar como as espécies forrageiras e a presença dos animais influenciam estas variáveis no decorrer do tempo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma área localizada nas proximidades da Rodovia GO-174, a 12 km do IF Goiano – Campus Iporá no município de Amorinópolis – GO, com latitude 16° 32' 30" S de longitude 51° 06' 39" W. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa (Santos *et al.*, 2018). Nesta área havia pastagem até meados de 2017, sendo a mesma aberta para o cultivo da soja em outubro/novembro deste ano. Após a abertura e correção química do solo, realizou-se somente o cultivo da soja nas safras/2017/2018 e 2018/2019. Em março de 2019, após a colheita da soja e antecedendo a implantação do experimento, foi coletado nas camadas de 0,0-0,10m, 0,10-0,20m e 0,20-0,40m de profundidade amostras de solo para realização da análise química, sendo os dados apresentados da Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização química e composição granulométrica do solo da área experimental nas camadas de 0,0 - 0,10 m; 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m de profundidade antes da implantação da implantação do experimento. Amorinópolis, março de 2019

	pH	Ca	Mg	Al	CTC	P	K	MO	V	Ar.	Sil.	Arg.
	(CaCl ₂)	-----cmol _c .dm ³ -----				-mg.dm ³ -		g.kg ⁻¹	%	-----g.kg ⁻¹ -----		
0-0,1m	5,07	1,97	0,59	0,00	5,51	3,6	75,5	26,3	49,9	382,3	77,2	140,4
0,1-0,2m	4,54	0,87	0,33	0,06	4,49	1,6	46,8	22,4	29,3	382,8	53,9	163,3
0,2-0,4m	4,57	0,63	0,26	0,03	3,59	2,2	28,4	16,5	26,8	362,7	81,0	156,3

OBS. Ar.: areia, Sil.:silte, Arg.:argila

De acordo com Köppen e Geiger, o clima da região é classificado como tropical (Aw) tendo duas estações bem definidas, uma com verão chuvoso (de outubro a março) e outra de inverno seco, que vai de maio a início de setembro (Figura 1). A precipitação média histórica anual dos últimos 30 anos foi de 1.414 mm, com temperatura média de 23,1 °C. Durante o período experimental, no mês de fevereiro ocorreu o maior volume de precipitação pluviométrica, ficando próximo de 400mm no mês, e nos meses de junho a agosto os menores volumes, praticamente não ocorrendo incidência pluviométrica.

O talhão utilizado para o experimento possui área total de 12 ha, sendo o mesmo dividido em 12 piquetes experimentais de 1 ha, nos quais, manteve-se em cada piquete uma parte pastejada e outra não, totalizando 24 parcelas experimentais. O sistema de ILP-PD foi implantado em março de 2019, sendo repetido anualmente no mesmo local a cultura de interesse comercial (soja), as espécies forrageiras e a forma de uso (com e sem pastejo) até o ano de 2021. Assim nos piquetes 1, 2, 3, e 4 foi semeado a *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) *ruzizensis*; nos piquetes 5, 6, 7 e 8 a *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*) *brizantha* cv. BRS Xaraés e nos piquetes 9, 10, 11 e 12 o *Panicum maximum* cv. BRS Quênia.

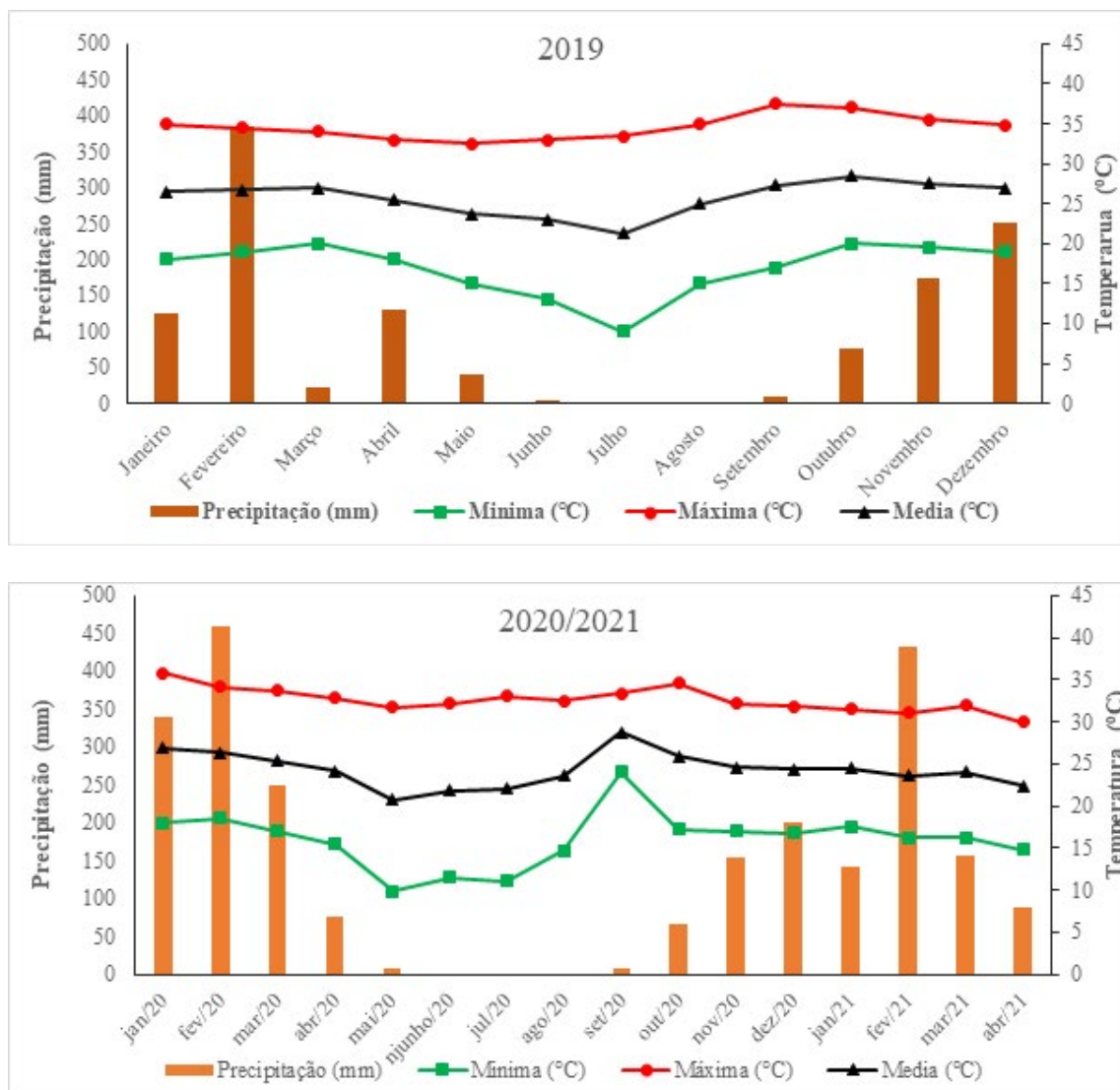


Figura 1. Dados climáticos mensais referente a temperatura máxima, mínima e média, e a precipitação pluviométrica durante o período do experimento nos anos 2019 a 2021, extraídos da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia, instalada no Instituto Federal Goiano campos Iporá-GO

Para análise estatística dos dados, considerou-se como um delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, no esquema fatorial $2 \times 3 \times 2$, sendo duas épocas de amostragens de solo (safra 2019/2020 e 2020/2021), 3 espécies forrageiras e duas formas de uso da forrageira (com pastejo e sem pastejo). As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m, sendo cada camada analisada de forma individual.

A adubação de plantio foi feita a lanço. Com base no laudo da análise química do solo realizada nas amostras coletadas na camada de 0,0 - 0,20 m no momento da implantação do experimento, aplicou-se em cada safra 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 78 kg ha^{-1} de K_2O . As tomadas de decisões quanto aos demais tratos culturais foram os recomendados para a região, a depender do estágio de desenvolvimento da cultura ou a ocorrência de problemas fitossanitários, procurando priorizar o manejo integrado de pragas (MIP). O cultivo da soja foi realizado em toda a área experimental de acordo com o período regular de safra, ou seja, de outubro a março.

A semeadura da soja (*Glycine max*) foi realizada no primeiro ano em 15 de novembro de 2019, e no segundo ano em 20 de novembro de 2020, com semeadura direta sobre a palhada das forrageiras. Foi utilizada a cultivar Brasmax Bônus, sendo cada 100 kg de sementes tratadas com 150 mL de Bendazol® e

Vitavax®-Thiram; 100 mL de Cruiser® 350 FS e 200 mL de Fipronil para. Para inoculação, foram utilizadas as cepas de *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079) e *B. elkanii* (SEMIA 587), com garantia mínima de $5,0 \times 10^9$ células viáveis por mL. Em ambas as safras na semeadura da soja foram distribuídas 12 sementes por metro linear de sulco, totalizando 240.000 sementes.ha⁻¹. Assim sua colheita no primeiro ano foi realizada em 15 de março de 2020, e no segundo ano, em 25 de março de 2021.

Já as espécies forrageiras foram sobressemeadas a soja no período entre fevereiro/março, quando as plantas se encontravam no estágio R5.5. Independente da espécie, foi utilizado 5,0 kg.ha⁻¹ de sementes puras viáveis por espécie. Para implantação da fase de pastejo, os animais foram pesados no início e no final do período em que permaneceram na área. Foram utilizados lote de quatro animais “machos inteiros” da raça nelore por piquete. A taxa de lotação de cada piquete foi ajustada conforme a oferta de forragem calculada previamente e o tempo de pastejo determinado de acordo com a disponibilidade de forragem. Assim sempre que se atingia níveis menores que 1.000 kg de matéria seca por hectare, os animais eram retirados do sistema.

No primeiro ano de avaliação os animais iniciaram o período experimental com idade de 18 meses e média de peso vivo 319,54 kg ± 3,24 kg, começando a fase de pastejo em 12/06/2019 e terminando em 02/08/2019, totalizando 51 dias de pastejo. No segundo ano, os animais entraram com idade de 11 meses, com peso de 210,62 kg ± 3,11 kg. A entrada ocorreu em 15/06/2020, permanecendo até 01/09/2020 com um total de 83 dias.

Antecedendo ao cultivo da soja, com o início do período chuvoso e após a brotação das espécies forrageiras, em 12 de novembro para safra 19/20 e 13 de novembro para safra 20/21, realizou-se a dessecação aplicando-se 70 L.ha⁻¹ de calda da mistura de 4 L de Zapp QI 620 + 30 mL de inseticida Karate Zeon 50, acrescido de 0,5 kg ureia. Com o início da morte das plantas de cobertura, efetuou-se a semeadura direta da soja.

No decorrer do período experimental, todos os anos após a colheita da soja (março/abril) e estando as plantas forrageiras em pleno desenvolvimento, foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo nas profundidades de 0,0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m para obtenção dos atributos químicos e da densidade do solo, possibilitando assim, também a quantificação do estoque de carbono.

Seguindo os protocolos descritos em Embrapa (2017) determinou-se o pH em CaCl₂, os teores de Ca e Mg trocáveis por espectrometria de absorção atômica, o teor de P em espectrofotômetro UV-Vis, o teor de K em espectrofotômetro de chama, os valores de H, Al por titulometria. Já o teor de matéria orgânica foi obtido através do teor carbono orgânico, determinado via úmida e oxidado por dicromato de potássio. Posteriormente, com os valores destes parâmetros químicos calculou-se a CTC total do solo, saturação por alumínio (m%), saturação por bases (V%), relação Ca/Mg, % de Ca, Mg e K na CTC.

Utilizando o método proposto por Freixo *et al.* (2002), e considerando os valores de densidade do solo (Ds), quantificou-se o Estoque de Carbono Orgânico (ECO) no solo aplicando-se a equação $ECO (Mg ha^{-1}) = (C \times Ds \times e)/10$, onde: C = Teor de COT na camada (g kg⁻¹); Ds = densidade do solo (Mg m⁻³); e = espessura da camada em análise (cm). Também determinou-se o Estoque de Matéria Orgânica no solo (EMOS) aplicando-se a equação $EMOS(Mg ha^{-1}) = Ds \times e \times MOS$, onde: Ds = densidade do solo (g cm⁻³); e = espessura da camada do solo (cm); MOS = teor de matéria orgânica do solo (dag kg⁻¹), bem como o Crédito de C equivalente (CO₂eq), utilizado a equação $CO_2eq = EMOS \times 0,58 \times 0,044/0,012$, onde: CO₂eq = créditos de carbono equivalente (Mg.ha⁻¹); EMOS = quantidade de matéria orgânica do solo (Mg.ha⁻¹); 0,58 = fator de ajuste, considerando que em 100 g de MOS tem 58 g de C (adimensional); 0,044 = peso molar de CO₂ (Kg); 0,012 = massa atômica do C (Kg).

Após tabulação, todos os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste F a 5%, e quando detectado efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando-se o programa SASM-Agri.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os efeitos isolados para o fator ano, em 2021 o teor de H + Al e a CTC, em todas as camadas avaliadas (0,0 - 0,10, 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m), tiveram redução significativa quando comparado com o ano de 2020 (Tabela 2). Em contrapartida, o teor de fósforo teve incremento de 4,5; 2,6 e 1,2 ppm, nas camadas de 0,0 a 0,10; 0,10 a 0,20, 0,20 a 0,40 m respectivamente, possivelmente devido ao efeito residual da adubação fosfatada realizada no cultivo da soja. Já para o potássio, os teores obtidos em 2021 não diferiram estatisticamente dos observados em 2020, indicando que o sistema produtivo e a adubação utilizada, estão conseguindo manter o teor deste elemento.

Tabela 2. Efeito isolado do ano (2020 e 2021), do manejo (com pastejo - C.P. e sem pastejo - S.P.) e das espécies forrageiras (*Brachiária ruziziensis* - B.rz., *Panicum quenia* - P.qn. e *Braquiária xaraés* - B.xz) nos atributos químicos, teor de matéria orgânica (MO), estoque de carbono (ECO) e sequestro equivalente em CO₂ (Eq. CO₂) no solo para as camadas de 0,0 - 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m de profundidade em área de ILP. Amarinópolis, 2021

	pH	Ca	Ca + Mg	H + Al	CTC	P	K	MO	ECO	CO ₂ Eq.
	(CaCl ₂)	-----cmol _c .dm ³ -----			---mg.kg ⁻¹ -----		g.kg ⁻¹	----Mg.ha ⁻¹ -----		
0,0 - 0,10 m										
2020	5,1	2,81 a	3,55 a	2,9 a	6,79 a	6,5 b	112,0	23,1 a	17,13	62,8
2021	5,0	2,34 b	3,34 b	2,72 b	5,73 b	11,0 a	111,3	22,3 b	16,3	59,7
C.P.	5,05	2,41	3,09	2,87	6,22	9,3	99,4 b	21,7	15,9 b	58,5 b
S.P.	5,09	2,62	3,35	2,63	6,31	9,2	124,0 a	23,6	17,5 a	64,2 a
B.rz.	5,17	2,62	3,38	2,81	6,17	9,5	118,4 a	20,8	15,4 b	56,6 b
P.qn.	5,04	2,51	3,18	2,68	6,43	10,5	120,9 a	23,6	16,9 ab	62,2 ab
B.xz.	4,99	2,42	3,11	2,92	6,20	9,8	95,8 b	23,5	17,8 a	65,1 a
CV %	5,2	17,8	18,5	17,1	8,4	31,1	24,2	15,6	14,2	14,1
0,10 - 0,20 m										
2020	4,8	1,87	2,42	3,38 a	5,91 a	2,3 b	80,1	20,8	15,7 a	57,7 a
2021	4,9	1,76	2,29	2,70 b	5,43 b	4,9 a	74,7	19,6	15,1 b	55,5 b
C.P.	4,79 b	1,62	2,11	3,16	5,43 b	3,8	61,0 b	19,58	14,8	54,4
S.P.	5,02 a	2,02	2,61	2,91	5,76 a	3,9	93,8 a	20,83	15,8	57,9
B.rz.	5,04	1,89	2,41	2,68 b	5,29 b	3,9	81,1	19,2	14,6	53,5
P.qn.	4,82	1,79	2,37	3,47 a	5,68 ab	3,6	82,7	20,9	14,4	57,6
B.xz.	4,85	1,78	2,29	3,33 a	5,81 a	4,1	68,4	20,4	15,6	57,3
CV %	6,7	18,2	17,3	19,2	9,8	32,4	26,2	13,3	13,1	13,2
0,20 - 0,40 m										
2020	4,5 b	0,94	1,26	3,37 a	4,75 a	1,3 b	48,3	16,4	24,2	88,8
2021	4,8 a	1,04	1,41	2,66 b	4,20 b	2,5 a	46,7	17,0	24,9	91,4
C.P.	4,55	0,89	1,21	3,08	4,39	1,9	38,5 b	15,9 b	23,7	86,9
S.P.	4,67	1,09	1,47	2,94	4,55	1,9	56,5 a	17,5 a	25,4	93,3
B.rz.	4,65	0,92	1,38	2,89	4,41	2,0	50,9	15,5 b	21,5 b	78,9 b
P.qn.	4,59	1,00	1,33	3,09	4,55	1,7	47,6	17,7 a	25,4 a	93,3 a
B.xz.	4,58	0,95	1,30	3,06	4,47	2,0	44,0	17,8 a	26,8 a	98,2 a
CV %	5,4	17,7	19,3	16,1	10,3	34,1	23,7	15,3	17,5	17,8

OBS. Para cada variável em cada profundidade, dentro do ano (2020 e 2021), manejo (C.P. e S.P.) e espécie forrageira (B.rz.; P.qn.; B.xz.) valores seguidos de letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5,0% de probabilidade. Ausência de letras indicam não haver diferença significativa. CV% - Coeficiente de variação.

Quanto ao pH, na camada de 0,20 a 0,40 m em 2021 houve um incremento nesta variável, passando de 4,5 para 4,8. Por outro lado, para os teores de Ca, Ca + Mg e matéria orgânica do solo, houve redução significativa nestas variáveis na camada de 0,0-0,10m de profundidade nas amostras coletadas em 2021 (Tabela 2). Em todas as profundidades analisadas, nas áreas que não foram pastejadas o teor de potássio teve incremento significativo (Tabela 2). Esta redução nos teores de K na área pastejada possivelmente é resultante da presença dos animais, que ao se alimentarem da forragem produzida, extraem parte dos nutrientes constituintes da fitomassa, sugerindo que em áreas de ILP, há a necessidade de um melhor monitoramento dos teores de potássio do solo, pois caso esta quantidade não seja repostada, pode resultar em deficiência deste nutriente para a soja.

Segundo Guerra (2017), para o K⁺ até 0,40 m de profundidade, há maior extração pelas raízes das culturas. Para este autor, este elemento também pode ser perdido por lixiviação para camadas mais profundas, no entanto espécies vegetais que possuem sistema radicular profundo e bem desenvolvido, podem absorver-lo, incorporando-o em sua biomassa e liberando-o na superfície do solo após sua decomposição, fato que pode ter favorecido para o maior teor observado nas áreas não pastejadas.

A presença dos animais no sistema produtivo também influenciou o estoque de carbono orgânico (ECO) e seu equivalente em CO₂ (CO₂ Eq.) na camada de 0,0-0,10 m profundidade, ocorrendo nas áreas pastejadas redução de 9,14% para ECO, e de 8,88% para Eq.CO₂, quando comparado com as parcelas sem pastejo. Também influenciou o pH e CTC do solo na camada de 0,10-0,20 m, proporcionando respectivamente redução de 4,58 e 5,73% nestas variáveis, e o teor de matéria orgânica na camada de 0,20 - 0,40 m de profundidade, para qual houve uma redução de 9,14%.

Nesta condição, torna-se necessário a adoção de estratégias de manejo animal ou de solo que possibilitem maior produção de fitomassa e aporte de palhada na superfície do solo nas áreas pastejadas, fato que pode vir restabelecer e/ou incrementar os teores de C no solo. Para Laroca *et al.* (2018) e Zolin *et al.* (2021), os sistemas integrados de produção contribuem para incrementos dos estoques de C e N do solo, além disso, favorecem para uma maior biodiversidade microbiana, aumentando a qualidade do solo e contribuindo para menores perdas de C quando comparados com sistemas de monocultivos.

Quanto ao efeito isolado das espécies forrageiras na camada de 0,0 - 0,10 m, maior teor de potássio foi observado nos piquetes com *B. ruziziensis* e *P. quenya*. Desta forma, o uso destas espécies forrageiras torna-se promissora em sistemas de ILP, uma vez que com o pastejo há maior extração de potássio, as quais quando comparadas com *B. xaraés*, apresentam melhor capacidade de ciclagem deste elemento. Já para o estoque de carbono orgânico e C equivalente a CO₂, maiores valores foram observados nos piquetes com *B. xaraés*, e *P. quenya*. Já na camada de 0,10 - 0,20 m, houve efeito significativo para o teor de H+Al e CTC do solo, sendo valores mais elevados obtidos nos piquetes com *B. xaraés*, e *P. quenya*. Estas espécies forrageiras também apresentaram maior teor de matéria orgânica do solo, e conseqüentemente, maior estoque de carbono orgânico (ECO) e crédito equivalente CO₂ na camada de 0,20 - 0,40 m (Tabela 2).

A utilização de espécies forrageiras com sistema radicular agressivo pode proporcionar no decorrer do tempo de implantação, melhorias nas condições físicas e químicas do solo devido ao rompimento de possíveis camadas compactadas do solo e aumento da porosidade do solo, influenciando na absorção de nutrientes em camadas mais profundas e sua posterior liberação com a decomposição de sua fitomassa (Zolin *et al.*, 2012). Martuscello *et al.* (2018), também mencionam que o *P. maximum* BRS Quênia possui sistema radicular agressivo e bem desenvolvido em profundidade. Sendo assim, a *B. xaraés* e *P. quenya* demonstraram ser eficientes em aumentar o teor de matéria orgânica do solo e o sequestro de carbono tanto na camada mais superficial de (0,0 - 0,10 m), bem como em camadas mais profundas (0,20 - 0,40 m), provavelmente devido a um melhor desenvolvimento radicular.

Quanto ao efeito da interação ano x espécie forrageira na camada de 0,0 - 0,10 m de profundidade no pH do solo (Figura 2A), em 2020 menor valor foi observado nas áreas cultivadas B. xaraés. Já ao se considerar o efeito dos anos dentro de cada espécie forrageira, o P. quenya, obteve o menor valor de pH em 2021.

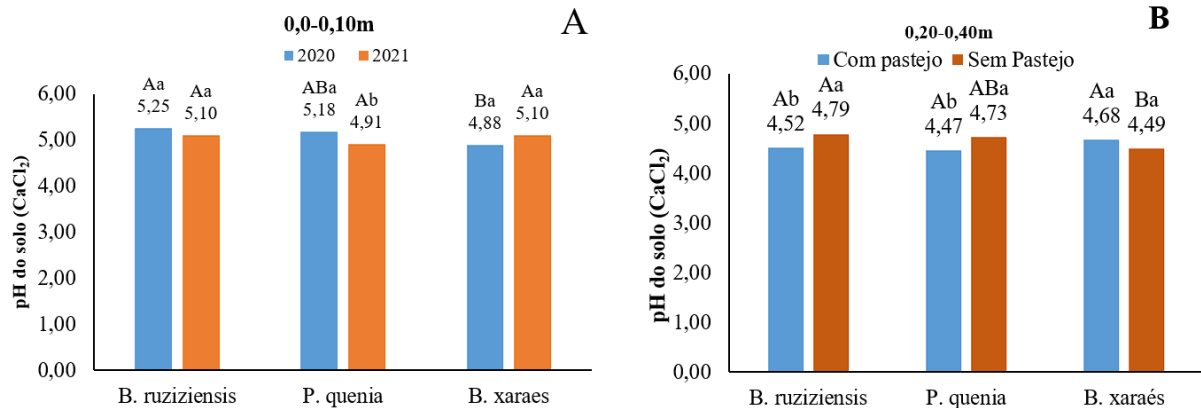


Figura 2. pH do solo em função da interação do ano x espécie forrageira na camada de 0,0 a 0,10 m de profundidade (A) e da interação da espécie forrageira x pastejo (com e sem) na camada de 0,20 – 0,40 m de profundidade (B). Letras maiúsculas comparam o efeito do ano (A) e da presença ou ausência do pastejo (B) entre as espécies forrageiras e letras minúsculas comparam o efeito destes fatores dentro de cada espécie forrageira. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0%. Amornópolis, 2022

Considerando o elevado potencial produtivo desta espécie forrageira, os menores valores de pH observados podem estar associados a uma maior extração de nutrientes do solo nesta camada do solo, resultando assim em maior acidificação do solo (Viaud *et al.*, 2018). Também houve efeito da interação espécie forrageira x pastejo (com e sem) na camada de 0,20 - 0,40 m (Figura 2B). Assim ao se analisar o efeito do pastejo entre as espécies forrageiras, quando sem pastejo, menor valor de pH foi observado nos piquetes com B. Xaraés. Esta redução dos valores de pH para o P. quenya e a B. Xaraés pode estar associado ao teor de matéria orgânica mais elevado observado para estas espécies nesta camada de solo (Tabela 2), resultando assim em uma maior quantidade de prótons no solo, e conseqüentemente, reduzindo o seu pH (Isernhagen *et al.*, 2017, Bonetti *et al.*, 2018).

Quanto ao efeito da interação ano x pastejo para a CTC do solo em 2021 (Tabela 3), independente do manejo, houve uma redução dos valores na camada de 0,0 - 0,10 m. Já na camada 0,10 - 0,20 m, as áreas pastejadas apresentaram incremento na CTC do solo. Nestas camadas de solo, também houve um incremento no teor de potássio do solo quando com pastejo, indicando que, mesmo com o consumo de forragem pelos animais, e conseqüente exportação de parte do K existente na fitomassa, as espécies forrageiras estão sendo eficientes em ciclar este elemento no solo. Por outro lado, nas parcelas sem pastejo, houve uma redução de K no ano de 2021, possivelmente em decorrência de maior perda deste elemento por lixiviação. Estes resultados indicam que, em sistemas integrados de produção como o ILP, o consumo de forragem pelos animais, bem como a deposição de dejetos na superfície do solo, interfere nos atributos químicos do solo (Laroca *et al.* 2018). Porém em condição de pastejo, o consumo da parte aérea pelos animais, pode ter estimulado o desenvolvimento do sistema radicular das espécies forrageiras em profundidade, favorecendo para uma maior absorção deste elemento das camadas mais profundas do solo (Viaud *et al.*, 2018; Bonetti *et al.*, 2018), e posterior liberação na superfície. Já quando sem pastejo, considerando que o potássio é um elemento que apresenta pouca interação com os colóides do solo (Zolin *et al.*, 2021), parte do mesmo pode ter se perdido por lixiviação, resultando na redução do seu teor no ano de 2021.

Por outro lado, na camada de 0,20 - 0,40 m, em 2021 nas áreas sem pastejo houve um incremento no pH do solo, teor de Mg⁺² e % de Mg na CTC do solo. Nesta camada do solo, nas áreas pastejadas, o

menor teor de magnésio em 2021 pode ser resultante de uma maior absorção deste elemento pelas espécies forrageiras, uma vez que o consumo da parte aérea pelos animais pode ter estimulado o desenvolvimento do sistema radicular, resultando também em uma maior extrusão de prótons para solução do solo, tornando-o mais ácido.

Além do teor de potássio no solo, o pastejo dos animais também afetou positivamente o teor de matéria orgânica na camada de 0,20 – 0,40 m (Tabela 3), proporcionando um incremento de 17,04% quando comparado com o teor observado em 2020, o que sugere que a presença dos animais, desde que seja mantido uma quantidade adequada de palhada na superfície do solo pode ser eficiente em melhorar a ciclagem de nutrientes (Tavanti et al., 2019; Zolin et al., 2021), bem como no aporte de C no solo (Isernhagen et al., 2017; Viaud et al., 2018).

Tabela 3. Atributos químicos do solo para as camadas de 0,0 - 0,10; 0,10 - 0,20 e 0,20 - 0,40 m de profundidade em função da interação do manejo da pastagem (CP – com pastejo, SP – sem pastejo) x ano

	2020	2021	2020	2021
0,0 - 0,10 m				
	-----CTC (cmol _c .dm ³)-----		----- K ⁺ (ppm)-----	
CP	6,58 Ab	5,88 Ba	88 Bb	111 Aa
SP	7,02 Aa	5,59 Ba	137 Aa	111 Ba
0,10 - 0,20 m				
	-----CTC (cmol _c .dm ³)-----		-----K ⁺ (ppm)-----	
CP	5,7 Ab	6,8 Aa	50,0 Bb	72,0 Aa
SP	6,3 Aa	5,2 Ba	110,2 Aa	77,5 Ba
	-----% de K na CTC -----			
CP	2,2 Bb	3,6 Aa		
SP	4,4 Aa	3,9 Aa		
0,20 - 0,40 m				
	-----pH do solo (CaCl ₂)-----		-----Mg ⁺² (cmol _c .dm ³)-----	
CP	4,53 Aa	4,58 Ab	0,34 Aa	0,30 Ab
SP	4,46 Ba	4,88 Aa	0,30 Ba	0,44 Aa
	-----K ⁺ (ppm)-----		-----Matéria Orgânica (g.dm ³)-----	
CP	28,7 Bb	48,3 Aa	14,67 Bb	17,17 Aa
SP	45,0 Ba	68,0 Aa	18,11 Aa	16,83 Aa
	-----% Mg na CTC -----		-----% de K na CTC -----	
CP	7,39 Aa	7,18 Ab	1,52 Bb	2,95 Aa
SP	6,18 Ba	10,21 Aa	3,49 Aa	2,75 Aa

OBS. Letras maiúsculas comparam o efeito dos anos dentro de cada forma de pastejo e letras minúsculas comparam o efeito do pastejo dentro de cada ano. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0%. Amorinópolis, 2022

Quanto a interação das espécies forrageiras x pastejo, na camada de 0,20 - 0,40 m houve efeito significativo para os teores de Ca, Mg, Ca+Mg, CTC, saturação por bases, relação Ca/Mg e % de Mg e % H+Al na CTC do solo (Tabela 4). Para os níveis de Ca, Mg, Ca + Mg, CTC, saturação por bases (V%), relação

Ca/Mg e % de Mg na CTC quando sem pastejo, não houve diferença significativa entre as espécies forrageiras, sugerindo que estas extraem os nutrientes do solo de forma similar, sendo semelhantes quanto a intensidade de exploração do solo e ciclagem dos nutrientes quando na ausência dos animais no sistema de produção. No entanto quando pastejadas, maiores valores de Ca, Mg, Ca + Mg, CTC, V% e % de Mg na CTC foram observados nos piquetes cultivados com *B. xaraés*, fato que indica que quando comparado com as outras forrageiras testadas, esta espécie é menos exigente nestes nutrientes, extraíndo-os em menor quantidade do solo. Conforme Costa *et al.* (2015), a *B. xaraés* é **indicada** para a região do Cerrados, na qual a grande maioria dos solos são bastante intemperizados e pobres quimicamente, porém apesar de sua rusticidade, melhor desempenho desta forrageira é obtido em solos de textura média, férteis e corrigidos, uma vez que sua extração de nutrientes em ordem decrescente é $N = K > Ca > Mg > P > S$. Para Valle *et al.* (2004), esta forrageira é de mediana exigência em fertilidade do solo, situando-se em uma posição intermediária entre a 'Marandu' e cultivares de *Panicum maximum* e sua capacidade de rebrota é considerada rápida, com taxas de crescimento das folhas nos períodos de água e período de seca, de respectivamente 28,2 e 9,8 kg/ha/dia, superior as taxas da cv. Marandu, que foi de 17,9 e 6,7 kg/ha/dia.

Tabela 4. Atributos químicos do solo para a camada de 0,20 - 0,40 m de profundidade em função da interação do manejo da pastagem (CP – com pastejo, SP – sem pastejo) x espécie forrageira.

0,20 a 0,40m				
	CP	SP	CP	SP
	-----Ca (cmol _c .dm ³)-----		-----V% -----	
B. ruz.	0,78 Ab	1,26 Aa	29,33 Aa	38,33 ABa
P. quenia	0,79 Ab	1,23 ABa	25,38 Ab	39,38 Aa
B. xaraés	1,10 Aa	0,81 Ba	34,33 Aa	28,17 Ba
CV (%)	18,2		14,1	
	-----Mg (cmol _c .dm ³)-----		----Relação Ca/Mg (cmol _c .dm ³)---	
B. ruz.	0,32 ABa	0,41 Aa	2,35 Bb	3,03 Aa
P. quenia	0,24 Bb	0,40 Aa	3,28 Aa	3,03 Aa
B. xaraés	0,41 Aa	0,30 Aa	2,74 ABa	2,65 Aa
CV (%)	15,1		17,0	
	-----Ca + Mg (cmol _c .dm ³)-----		-----% Mg na CTC -----	
B. ruz.	1,10 Ab	1,67 Aa	7,90 ABa	8,70 Aa
P. quenia	1,03 Ab	1,63 ABa	5,43 Bb	8,90 Aa
B. xaraés	1,50 Aa	1,10 Ba	8,53 Aa	6,99 Aa
CV (%)	16,3		14,7	
	-----CTC (cmol _c .dm ³)-----		-----% H + Al na CTC -----	
B. ruz.	4,06 Bb	4,75 Aa	70,92 Aa	61,91 ABa
P. quenia	4,51 ABa	4,58 Aa	74,83 Aa	61,00 Bb
B. Xaraés	4,63 Aa	4,32 Aa	65,4 Aa	71,79 Aa
CV (%)	10,3		16,1	

OBS. B. ruz.: *Braquiária ruziziensis*, Ca: cálcio, Mg: magnésio, CTC: capacidade de troca catiônica, V%: saturação por bases, CV%: coeficiente de variação. Letras maiúsculas comparam o efeito das espécies forrageiras dentro de cada forma de pastejo (com e sem) e letras minúsculas comparam o efeito do pastejo dentro de cada espécie forrageira. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0%. Amarinópolis, 2022.

Na camada superficial do solo (0,0 - 0,10 m), também houve interação do pastejo x ano para ECO (Figura 3A), EMOS (Figura 3B) e crédito de CO₂ equivalente - CO₂ Eq. (Figura 3C). Para esta camada, no ano de 2020 nas áreas não pastejadas ocorreu um incremento de 3,21 Mg.ha⁻¹ para ECO, 5,53 Mg.ha⁻¹ para EMOS e 11,77 Mg.ha⁻¹ para crédito de CO₂ equivalente, indicando que a presença dos animais no sistema produtivo, devido remoção de parte da fitomassa produzida pelas espécies forrageiras durante o pastejo pode influenciar no aporte de C no solo, conforme já relatado Isernhagen *et al.* (2017) e Laroca *et al.* (2018). No entanto dependendo do manejo adotado no sistema produtivo e da quantidade de fitomassa remanescente na superfície do solo, este efeito não é estático, como pode ser percebido no ano de 2021, uma vez que não foi observado diferença significativa entre as áreas pastejadas e não pastejadas, indicando que sistemas de ILP são promissores no aporte de C ao solo.

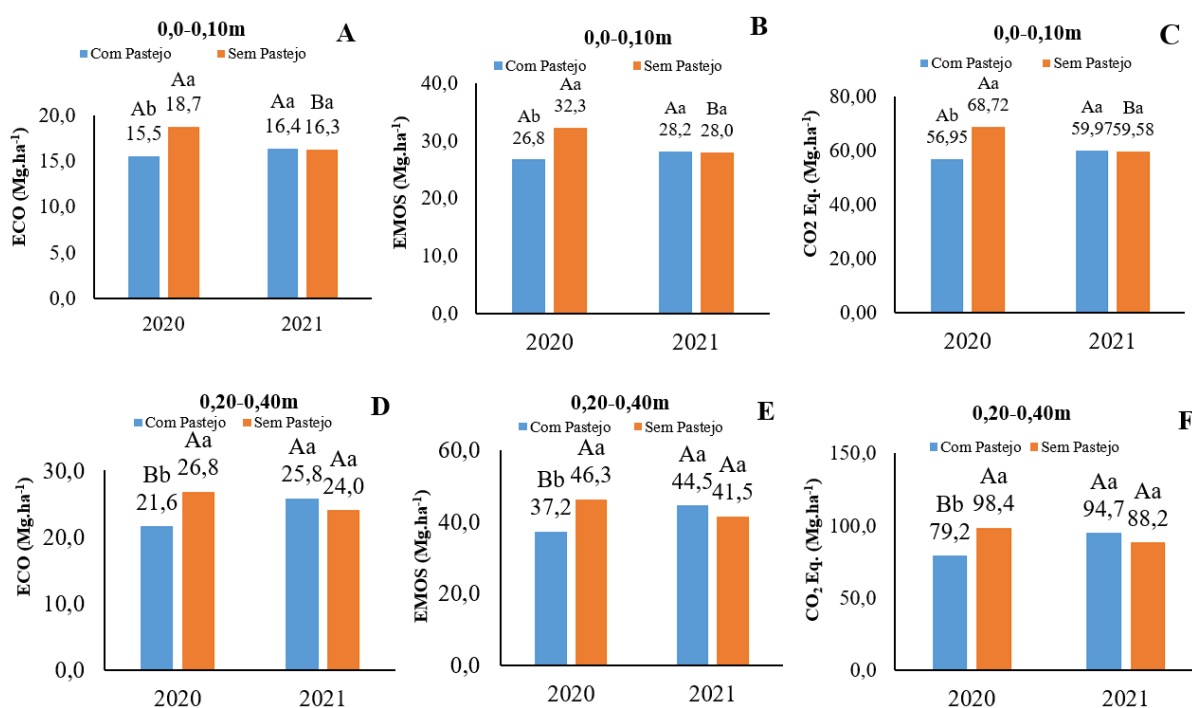


Figura 3. Estoque de Carbono Orgânico (ECO), Estoque de Matéria Orgânica do Solo (EMOS) e Crédito equivalente em CO₂ (CO₂ Eq.) para a camada de 0,0 - 0,10 m de profundidade (A, B e C) e de 0,20 - 0,40 m de profundidade (D, E e F) em função da interação do manejo da pastagem x ano na camada de 0,0 – 0,10 m de profundidade. Letras maiúsculas comparam o efeito dos anos dentro de cada forma de pastejo (com e sem) e letras minúsculas comparam o efeito do pastejo dentro de cada ano.

Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0%. Amorinópolis, 2022

Costa *et al.* (2015), em estudo realizado no Mato Grosso do Sul, observaram incremento no estoque de carbono do solo em sistemas de produção em ILP, com valores médios de 40,3 Mg.ha⁻¹ na camada de 0-0,20 m. Estes autores também ressaltam que o incremento do estoque de C no solo, além de benefícios as culturas, proporciona redução da emissão dos gases do efeito estufa, e conseqüentemente, reduzindo o impacto ambiental da atividade agropecuária.

Ainda na camada de 0,0 -0,10m, quando analisado o efeito do pastejo dos animais no decorrer dos anos, ao se comparar os dados de 2021 com 2020, nos piquetes que não foram pastejados houve uma redução de 2,49 Mg.ha⁻¹ para ECO, de 4,29 Mg.ha⁻¹ para EMOS e de 9,14 Mg. ha⁻¹ para Crédito de CO₂ equivalente. Já para as áreas pastejadas não houve efeito para estas variáveis, indicando que a presença dos animais no sistema produtivo não foi o principal motivo que ocasionou esta redução. Considerando que nas áreas sem pastejo há uma condição mais favorável para um maior aporte das frações leves da matéria

orgânica, associado ao fato de que no ano de 2021 a precipitação pluviométrica da região foi acima da média, pode ter favorecido para uma maior mineralização da fração leve da matéria orgânica do solo quando comparado com as áreas pastejadas, resultando assim na redução do estoque de C no solo. Segundo Moraes *et al.* (2019) e Zolin *et al.* (2021), a capacidade de sequestrar CO₂ atmosférico e a retenção do carbono no solo é dependente de fatores como as condições climáticas, o tipo e a mineralogia do solo, bem como da quantidade e qualidade da fitomassa depositada pelas espécies cultivadas.

Já para a camada de 0,20 - 0,40 m, nos piquetes não pastejados, em 2020 houve um incremento de 5,2 Mg.ha⁻¹ para ECO (Figura 3D), 9,1 Mg.ha⁻¹ para EMOS (Figura 3E) e 19,2 Mg.ha⁻¹ para crédito equivalente de CO₂ (Figura 3F), fato que pode estar associado ao maior desenvolvimento da parte aérea das espécies forrageiras nesta condição, pois ao não se realizar o pastejo, há uma maior área foliar fotossintetizante na planta. Este fato pode também ter favorecido para um maior desenvolvimento de raízes em profundidade, as quais, após sofrer o processo de mineralização, contribuem para o incremento de C nas camadas mais profundas do solo (Viaud *et al.*, 2018, Moraes *et al.*, 2019;). Além disso, sem o pastejo também há maior aporte de fitomassa na superfície do solo, fundamental para a manutenção de melhores teores de umidade do solo (Nascimento *et al.*, 2019; Reis *et al.*, 2021), fato que pode ter contribuído para um possível melhor desenvolvimento das raízes nesta condição, e conseqüentemente devido sua decomposição, no aporte de C no solo. No entanto nesta camada de solo, quando comparado com os dados de 2020, em 2021 nos piquetes pastejados, houve um incremento significativo para ECO (4,2 Mg.ha⁻¹), EMOS (7,3 Mg.ha⁻¹) e CO₂ Eq. (15,5 Mg.ha⁻¹), indicando a presença dos animais está contribuindo positivamente para o sequestro de carbono no solo.

Quanto ao efeito da interação ano x espécie forrageira na camada de 0,20 - 0,40 m de profundidade, em 2021, nos piquetes com *B. ruziziensis* houve um incremento de 4,64 Mg.ha⁻¹ (Tabela 5). Já para as demais espécies, não houve efeito nesta variável. Ao se analisar o efeito das espécies forrageiras dentro de cada ano, em 2020 a *B. xaraés* foi superior a *B. ruziziensis* em 9,76 Mg.ha⁻¹. No entanto em 2021, não houve diferença significativa entre as espécies forrageiras, sugerindo que o potencial de sequestro de C pelas espécies pode variar de um ano para outro.

Em sistemas de ILP sabe-se que capacidade de sequestrar o CO₂ atmosférico, incrementando o aporte de C no solo é variável conforme espécies forrageiras e manejo adotado, porém um ponto decisivo para sua eficiência é a quantidade de forragem e manutenção de uma adequada camada de palhada na superfície do solo, resultando em condições mais favoráveis para o desenvolvimento da biota do solo (Bonetti *et al.*, 2018) bem como das plantas (Nascimento *et al.*, 2019; Reis *et al.*, 2021). Assim para sistemas de ILP, considerando que os estoques de EMOS e CO₂ Eq. obtidos nos piquetes com *P. quenya* e a *B. xaraés*, nas áreas pastejadas e não pastejadas estes foram similares, indicando que estas espécies forrageiras podem ser mais promissoras no sequestro de C no solo, quando compara que a *B. ruziziensis*, que apresentou maiores estoques para as áreas em que não houve o pastejo.

Tabela 5. Estoque de Carbono Orgânico (ECO) função da interação espécie forrageira x ano e Estoque de Matéria Orgânica no Solo (EMOS) e credito equivalente em CO₂ (CO₂ Eq.) em função da interação espécie forrageira x manejo da pastagem (CP – com pastejo, SP – sem pastejo) na camada de 0,20 - 0,40 m de profundidade. Amarinópolis, 2021

	0,20 - 0,40 m					
	---ECO (Mg.ha ⁻¹)----		-----EMOS (Mg.ha ⁻¹)-----		----CO ₂ Eq. (Mg.ha ⁻¹)----	
	2020	2021	CP	SP	CP	SP
<i>B. ruziensis</i>	19,2 Bb	23,8 Aa	33,1 Bb	41,1 Aa	70,4 Bb	87,4 Aa
<i>P. quenia</i>	24,5 ABa	26,4 Aa	42,3 ABa	45,5 Aa	89,9 ABa	96,7 Aa
<i>B. xaraés</i>	28,9 Aa	24,6 Aa	49,9 Aa	42,5 Aa	106,1 Aa	90,3 Aa

OBS. Para cada variável, letras maiúsculas comparam o efeito do pastejo dentro de cada ano e letras minúsculas comparam o efeito dos anos dentro de cada forma de pastejo (com e sem). Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0%. Amarinópolis, 2022.

Considerando o somatório total do C de todas as camadas analisadas até 0,40 m, houve efeito das interações ano x pastejo para ECO, EMOS e CO₂ Eq. (Figuras 3A, 3B e 3C), bem como também da interação ano x espécie forrageira (Figura 3D, 3E, e 3F). Assim em 2020 os piquetes sem pastejo quando comparado com os pastejados, foram superior em 10,3 Mg.ha⁻¹ para ECO (Fig. 3A), 17,8 Mg.ha⁻¹ para EMOS (Fig. 3B) e 38,0 Mg.ha⁻¹ para CO₂ Eq. (Fig. 3C), indicando que a presença dos animais, dependendo das condições de manejo e quantidade de fitomassa produzida, pode afetar os estoques de C no solo. Conforme já comentado, este efeito pode não ser estático e ocorrer de forma idêntica em todos os anos, uma vez que nas parcelas sem pastejo em 2021, houve uma redução de 7,8 Mg.ha⁻¹ para ECO, 13,5 Mg.ha⁻¹ para EMOS e 29,0 Mg.ha⁻¹ para CO₂ Eq., possivelmente resultante de uma maior mineralização da fração leve da matéria orgânica do solo nos piquetes sem pastejo. Por outro lado nas áreas pastejadas, quando comparado os dados de 2021 com 2020, houve um incremento de 4,4 Mg.ha⁻¹ para ECO (Figura 4A), 7,5 Mg.ha⁻¹ para EMOS (Figura 4B) e 16,2 Mg.ha⁻¹ para CO₂ Eq. (Figura 4C), indicando que presença dos animais no sistema, além de otimizar a ciclagem de nutrientes, pode estar contribuindo para produção e acúmulo de frações orgânicas mais estáveis no solo (Tavanti *et al.*, 2019; Zolin *et al.*, 2021).

Quanto a interação ano x espécie forrageira, no ano de 2020 a *B. xaraés* foi superior a *B. ruziensis*, não diferindo estatisticamente do *P. quenia* para ECO (Figura 4D) e EMOS (Figura 4E). Assim ao se comparar o ECO e EMOS da *B. xaraés* com as demais, este foi respectivamente superior em 7,9 Mg.ha⁻¹ e 13,6 Mg.ha⁻¹ que o proporcionado pelo *P. quenia*, e em 13,8 Mg.ha⁻¹ e 23,7 Mg.ha⁻¹ superior que a *B. ruziensis*. Já para o CO₂ Eq. a mesma foi superior em 34,0 Mg.ha⁻¹ quando comparado com o *P. quenia* e 50,0 Mg.ha⁻¹ superior quando comparado com a *B. ruziensis*. Estes dados demonstram o potencial que *B. xaraés* quanto ao sequestro de C para o solo, possivelmente resultante de sua rusticidade e elevada capacidade para produção de fitomassa da parte aérea e do sistema radicular (Valle *et al.*, 2004).

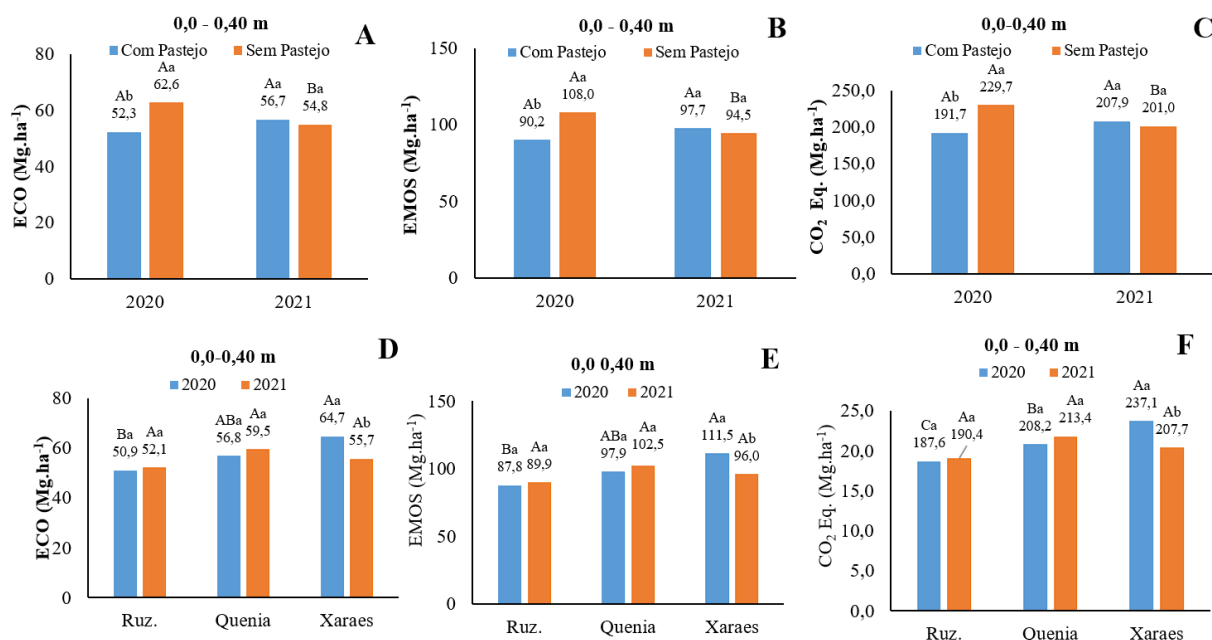


Figura 4. Estoque de Carbono Orgânico (ECO), Estoque de Matéria Orgânica do Solo (EMOS) e Crédito equivalente em CO₂ (Crédito CO₂ Eq.) até 0,40 m de profundidade, resultante da soma das camadas analisadas em função da interação ano x pastejo (A, B e C) e da interação ano x espécie forrageiras (D, E e F). Letras maiúsculas comparam o efeito dos anos dentro de cada forma de pastejo e entre as espécies forrageiras dentro de cada ano e letras minúsculas comparam o efeito do pastejo dentro de cada ano e dentro de cada espécie forrageira. Valores seguidos pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5,0%. Amorinópolis, 2022

A despeito destes resultados positivos para a B. xaraes no ano de 2020, as demais espécies também foram eficientes no aporte de C no solo, uma vez que em 2021 não foi observado diferença significativa entre as espécies forrageiras utilizadas (Figura 4D, 4E e 4F), nem tampouco quanto as áreas com e sem pastejo (Figuras 4A, 4B e 4C).

Considerando que durante o período experimental, sempre que fosse atingido um nível mínimo de 1,0 Mg.ha⁻¹ de fitomassa seca da parte aérea das forrageiras os animais eram retirados do sistema de ILP, as espécies forrageiras, associadas ao manejo adotado foram eficientes no sequestro de C atmosférico para o solo, uma vez que em 2021, não houve diferença entre elas, independentemente de serem ou não pastejadas. Ao se manter esta quantidade mínima de 1,0 Mg.ha⁻¹ de palhada na superfície do solo após a retirada dos animais do sistema de ILP, com o início do período chuvoso, tem-se melhores condições de rebrota das espécies forrageiras após o período de pastejo, contribuindo para um melhor desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, em consequentemente, incrementar o aporte de C no solo. Deste modo em sistema de ILP, além da espécie forrageira, a manutenção de uma quantidade adequada de fitomassa na superfície do solo após a período de pastejo torna-se primordial para que este seja eficiente em sequestrar carbono no solo.

4 CONCLUSÕES

O pastejo dos animais influenciou os atributos químicos do solo, sendo o teor de potássio, a capacidade de troca catiônica do solo e o teor de matéria orgânica os mais influenciados, no entanto este efeito não é estático no decorrer do tempo.

A presença dos animais e o pastejo contribuíram de forma positiva no aporte de C no solo, proporcionando incremento nos estoques de carbono orgânico e matéria orgânica do solo, bem como seu equivalente em CO₂, sendo este efeito mais acentuado na camada de 0,20 – 0,40m de profundidade.

A B. xaraés e o P. quenia demonstraram ser eficientes para o ILP, permitindo maior ciclagem de potássio, melhorando a CTC bem como o aporte de C ao solo, sendo espécies forrageiras promissoras para sistemas integrados de produção quando se visa aumentar o sequestro de carbono no sistema produtivo.

AGRADECIMENTOS

A Fazenda Cruvinel por ceder a área e insumos necessários para condução do experimento a campo e ao IF Goiano, na disponibilização de bolsas de Iniciação Científica, transporte, reagentes e equipamentos laboratoriais necessários para obtenção dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONETTI, J.A.; PAULINO, H.B.; SOUZA, E.D.; CARNEIRO, M.A.C.; CAETANO, J.O. Soil physical and biological properties in an integrated crop-livestock system in the Brazilian Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.53, n. 11, p. 1239-1247, 2018. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018001100006>
- COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; LOPES, K.S.M.; YOKOBATAKE, K.L.; FERREIRA, J.P.; PARIZ, C.M.; BONINI, C.S.S.; LONGHINI, V.Z. Atributos do solo e acúmulo de carbono na integração lavoura-pecuária em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.852-863, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140269>
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 3º Ed. 574p. .2017. ISBN 978-85-7035-771-7. Disp. em file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/Manual-de-Metodos-de-Analise-de-Solo-2017.pdf. Acesso em 22;03;2022.
- FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 425- 434, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832002000200016>
- GUERRA, W.E.X. Manejo de solo sob pastagem antecedendo o cultivo da soja em sistema semeadura direta e integração lavoura-pecuária. 2017. 145. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2017.
- ISERNHAGEN, E.C.C.; RODRIGUES, R.A.R.; DIEHL, D.; MATOS, E.S.; CONCEIÇÃO, M.C.G. Estoques de carbono lábil e total em solo sob integração lavoura-pecuária-floresta na região de transição Cerrado/Amazônia. **Nativa**, v. 5, p. 515-521, 2017. <https://doi.org/10.31413/nativa.v5i7.4581>
- LAROCA, J.V.S.; SOUZA, J.M.A.; PIRES, G.C.; PIRES, G.J.C.; PACHECO, L.P.; SILVA, F.D.; WRUCK, F.J.; CARNEIRO, M.A.C.; SILVA, L.S.; SOUZA, E.D. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.53, n.11, p.1248-1258, 2018. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018001100007>
- LEÃO, A.; FORTES, A.; ZOLIN, C.A.; MANGUEIRA, J.; COLMANETTI, M.A.A.; CUADRA, S.V. Recuperação de solos degradados no Cerrado - alternativas para produção sustentável. 32p. 2021. ISBN: 978-85-60797-33-2.

- MARTUSCELLO, A. Y.; RIBEIRO, Y. N.; BRAZ, T. G. S.; FERREIRA, M. R.; ASSIS, J. A.; JANK, L.; REIS, G. A. Produção de forragem, morfogênese e eficiência agrônômica do adubo em capim BRS quênia sob doses de nitrogênio. **Boletim de Indústria Animal**, v.75, p.1-12, 2018. <https://doi.org/10.17523/bia.v75n1>
- MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; CRUSCIOL, C.A.C.; LANG, C.R.; PARIZ, C.M.; DEISS, L.; SULC, R.M. Integrated crop-livestock systems as a solution facing the destruction of Pampa and Cerrado biomes in South America by intensive monoculture system. **Agroecosystem Diversity**, p.257-273, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00016-9>
- NASCIMENTO, D.M.; CAVALIERI-POLIZELI, K.M.V.; SILVA, A.H.; FAVARETTO, N.; PARRON, L.M. Soil physical quality under long-term integrated agricultural production systems. **Soil & Tillage Research**, v. 186, n. 1, p. 292–299, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.08.016>
- REIS, J.C.; RODRIGUES, G.S.; BARROS, I.; RODRIGUES, R.A.R.; GARRETT, R.D.; VALENTIM, J.F.; KAMOI, M.Y.T.; MICHETTI, M.; WRUCK, F.J.; RODRIGUES-FILHO, S.; PIMENTEL, P.E.O.; SMUKLER, S. Integrated crop-livestock systems: A sustainable land-use alternative for food production in the Brazilian Cerrado and Amazon. **Journal of Cleaner Production**, n. 283, e124580, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124580>
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; FILHO, J.C.A.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 5ed., rev e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey Oxisol cultivated pastures in the “Cerrado” region, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 357–363, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.007>
- SOARES, M.B.; TAVANTI, R.F.R.; RIGOTTI, A.R.; DE LIMA, J.P.; FREDDI, O.S.; PETTER, F.A. Use of cover crops in the southern Amazon region: What is the impact on soil physical quality? **Geoderma**, v. 384, 114796, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114796>
- TAVANTI, R.F.R.; FREDDI, O.S.; MARCHIORO, V.; TAVANTI, T.R.; GALINDO, F.S.; WRUCK, F.J.; SHIRATSUCHI, L.; BREDA, C.C. Least limiting water as a soil indicator in an integrated crop-livestock systems of the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, n. 19, e00232, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2019.e00232>
- VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; PEREIRA, J.M.; VALÉRIO, J.R.; PAGLIARINI, M.S, MACEDO, M.C.M. LEITE, G.G.; LOURENÇO, A.J.; FERNANDES, C.D.; DIAS FILHO, M.B.; LEMPP, B.POTT, A.; SOUZA, M.A. O capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* CV. Xaraés) na diversificação das pastagens de braquiária. Campo Grande : Embrapa Gado de Corte, (Documentos I Embrapa Gado de Corte, 36 p. 2004.
- VIAUD, V.; SANTILLÀN-CARVANTES, P.; AKKAL-CORFINI, N.; GUILLOU, C.; PRÉVOST-BOURÉ, N.C.; RANJARD, L.; MENASSERI-AUBRY, S. Landscape-scale analysis of cropping system effects on soil quality in a context of crop-livestock farming. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, V.265, P.166-177, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.06.018>
- ZOLIN, C.A.; MATOS, E.S.; MAGALHÃES, C.A.S.; PAULINO, J.; LAL, R.; SPERA, S.T.; BEHLING, M. Short-term effect of a crop-livestock-forestry system on soil, water and nutrient loss in the Cerrado-Amazon ecotone. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 2, p.1102-1112, 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392202000391>