



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNESP - CAMPUS DE JABOTICABAL

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
VETERINÁRIAS**



RELATÓRIO DE ATIVIDADES FINAL

Período: Out/2021 – Março/2024

Bolsa de Pós-Doutorado (PNPD/CAPES)

**Impacto da biodiversidade de espécies em sistemas integrados sobre aspectos
ambientais e produtivos de pastagens no Cerrado e Mata Atlântica**

Supervisor: Profa. Dra. Ana Claudia Ruggieri

Pós-doutoranda: Ana Rebeca Castro Lima

*Relatório de Atividades apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência
Animal como parte das exigências da finalização das atividades da bolsa PNPD/CAPES.
O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal
de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.*

2025

ÍNDICE

	Pág.
RESUMO.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
2. ETAPAS CONCLUÍDAS: RESULTADOS FINAIS.....	11
3. ATIVIDADES ACADÊMICAS, CIENTÍFICAS E TÉCNICAS.....	26
4. COMENTÁRIOS DO SUPERVISOR	33
5. BIBLIOGRAFIA.....	34

Título do projeto: Impacto da biodiversidade de espécies em sistemas integrados sobre aspectos ambientais e produtivos de pastagens no Cerrado e Mata Atlântica

Resumo: Este relatório apresenta as atividades realizadas pela pós-doutoranda no período de Out/2021 – Março/2024. O relatório consta informações contendo o encerramento das atividades científicas do projeto proposto, e uma segunda parte contendo informações sobre as atividades acadêmicas, científicas e técnicas realizadas pela pós-doutoranda. A bolsista auxiliou no fim de experimento da aluna responsável pelo projeto em questão, auxiliou nas análises laboratoriais e na análise dos dados que fazem parte da dissertação da aluna do programa da zootecnia. A bolsista publicou artigos, participou de bancas de qualificação e defesa de Doutorado, participou de dois grupos de pesquisa, auxiliou em aulas da graduação, além de ter auxiliado durante o processo de seleção do programa de pós-graduação em Zootecnia e na elaboração do relatório DATA CAPES.

1. INTRODUÇÃO

Sistemas intensivos de produção animal a pasto são fundamentais para garantir a segurança alimentar e nutricional da população humana (Delevatti et al., 2019). No Brasil estes sistemas são responsáveis por aproximadamente 95% dos animais terminados e por mais de 6 bilhões de dólares anuais em exportação (ABIEC 2019). No entanto, a produção animal em sistemas de monocultivo de *Brachiarias* por exemplo, e sobretudo sem a reposição de nutrientes através da adubação tem levado a degradação das pastagens, redução na produtividade, diminuição da matéria orgânica e fertilidade do solo, e maior emissão de gases de efeito estufa (GEE) (dos Santos et al., 2019). Na produção vegetal a monocultura leva a redução da produtividade a médio e longo prazo (Primavesi, 2002). Uma cultura específica pode extrair muito de um determinado nutriente, e devido a sua relação C/N pode contribuir para a redução da matéria orgânica. Por se tratar de apenas uma espécie a população de insetos pragas tende a aumentar, como ocorre com as cigarrinhas em *Brachiarias* por exemplo, devido a redução da diversidade de inimigos naturais ou outros insetos que possam competir por recursos (Abboud, 2013).

Por fim, a oxidação da matéria orgânica e a menor eficiência de utilização de N em monocultivo pode levar a uma maior emissão de dióxido de carbono (CO₂) e óxido nitroso (N₂O).

Uma alternativa para minimizar os aspectos negativos na produção de ruminantes é a adoção de sistemas integrados de produção como a integração lavoura pecuária (ILP). Nestes sistemas a inclusão de lavouras como a soja e o milho leva a uma maior entrada de nutrientes via adubação, quebra o ciclo de pragas de gramíneas com a introdução da leguminosa e aumenta a entrada de C e N via leguminosa, mantendo ou elevando os teores de matéria orgânica do solo (Salton et al., 2014).

O aumento da biodiversidade de espécies na ILP acarretará uma redução na sazonalidade de produção forrageira e uma melhora na eficiência de uso de nutrientes que leva a menor perdas gasosas na forma de CO₂ e N₂O. Embora estes benefícios tenham sido reportados na literatura, ainda não foi avaliado concomitantemente e extensivamente estes efeitos dos sistemas integrados sobre aspectos produtivos, ambientais e da microbiologia do solo no dois principais biomas de produção pecuária do Brasil. No Brasil Central onde se concentra a produção pecuária nos Biomas Cerrado e Mata Atlântica, um grave problema enfrentado pelos pecuaristas é a sazonalidade da

produção forrageira. A maior produção de massa de forragem, maiores teores de proteína e digestibilidade se concentram no período das águas (Reis et al., 2013), exigindo alternativas alimentares no período da seca. E nesse sentido, os sistemas de integração, de acordo com Salton et al. (2014), podem ser uma alternativa para enfrentar a sazonalidade de produção de forragem, de forma a reduzir os riscos inerentes.

A função da biodiversidade sobre a produtividade e sustentabilidade de ecossistemas pastoris tem sido estudada principalmente em regiões de clima temperado. No que se refere ao ambiente pastoril, sistemas integrados apresentaram menor produção de plantas invasoras (Skinner et al., 2016), aumento na produção de matéria seca ao longo do ano comparado ao monocultivo (Sanderson et al., 2005), e aumento no valor nutritivo, sobretudo com aumento na digestibilidade (Nobilly et al. 2013). Quanto ao solo, o aumento da biodiversidade otimiza a ciclagem de nutrientes, reduzindo a necessidade de fertilizantes e perdas por lixiviação ou volatilização (Weigelt et al., 2009; Xavier et al., 2014), incrementos na matéria orgânica do solo e consequentemente dos estoques de carbono (Cong et al, 2014; Lange et al., 2015; Sant'ana et al., 2016). Por fim, a maior diversidade de espécies otimiza a eficiência de uso de N, incrementa a estabilidade e resiliência produtiva do sistema e reduz a emissão de GEE (Pembleton et al., 2015; Franzluebbers et al., 2017).

O N_2O é produzido no solo em função da adubação nitrogenada, excreções de N pelos animais via fezes e urina e decomposição de resíduos. Sua produção depende da umidade e temperatura do solo, sendo mediada por micro-organismos do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* (Butterbach-Ball et al., 2013). Já o metano (CH_4) é produzido em condições anaeróbias durante a decomposição de resíduos vegetais e fezes dos animais. Sua produção ou oxidação é mediada pela população de bactérias metanogênicas ou metanotróficas do solo (Le Mer & Roger, 2001).

Já o CO_2 é produzido pela respiração dos micro-organismos e raízes das plantas e oxidação da matéria orgânica (Brito et al., 2015). Nos últimos anos as pesquisas de emissão de GEE no Brasil tem se concentrado na determinação de fatores de emissão (Lessa et al., 2014; Cardoso et al., 2019), em variáveis do clima e solo que afetam a emissão dos gases (Mazzetto et al., 2014; Cardoso et al., 2020) e características das excretas sobre a produção de N_2O e CH_4 (Cardoso et al., 2018). Porém, os micro-organismos envolvidos na produção destes gases carecem de quantificação e caracterização em sistemas de pastagens constituídas por monocultura, e

sistemas integrados, além do conhecimento se o uso do solo muda a diversidade e abundância dos micro-organismos envolvidos na produção de N₂O e CH₄. Assim, o conhecimento da estrutura e abundância dos micro-organismos podem permitir elucidar como variações microclimáticas e do solo alteram a emissão de GEE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A presente proposta de pesquisa está vinculada ao projeto de PCD/CCD- Centros de Ciências para o Desenvolvimento (FAPESP - Processo nº 2021/11922-2) e ao projeto chamada regular Acordos de Cooperação / FAPs / FAPEG/FAPESP (FAPESP - Processo nº 2019/241230).

2.1 Área experimental (experimento 1 e 2)

Os experimentos serão conduzidos no setor de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Localizada a 21°14'05" de latitude sul, longitude de 48°17'09" W, a uma altitude de 615 m. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico Brady; Weil (2013).

2.2 Áreas usadas como tratamento (experimento 1 e 2)

Os tratamentos corresponderão a cinco diferentes sistemas de uso da terra, implantados próximos uns aos outros (todos os sistemas estão dentro de um raio de 188 m), sendo eles:

Consórcio (CON) área composta por *Urochloa brizantha* cv. Marandu + leguminosa (*Arachis pintoi* BRS Mandobi), essa área já está instalada a 9 anos. Contudo, em 2023 foram alocadas novas mudas de amendoim forrageiro, a fim de aumentar a participação da leguminosa no pasto.

Sistema silvipastoril (SSP) composto por capim (*Urochloa brizantha* cv. Marandu) entre fileiras únicas de *Eucalyptus* espaçadas a 12 m com 1,5 m entre árvores. Esse sistema já está implantado desde 2012, contudo a gramínea utilizada era o capim- massai (*Megathyrsus maximum* x *Megathyrsus infestum*) e em 2022/23 o capim-massai foi dessecado e substituído por capim-marandu. Este foi implantado mediante o plantio de soja, seguida de milho com capim-marandu entre linhas.

Sistema de Integração lavoura pecuária (ILP) implantado desde 2021 com plantio de soja (*Glycine max*) para produção de grãos, seguida do plantio de milho implantado com capim-marandu semeado entre linhas. O milho tem a finalidade de produção de silagem e o capim é usado para pastejo dos animais (bovinos) até meados de outubro, onde o ciclo é reiniciado, antes do início do ciclo com a soja o capim é dessecado. Antes da implantação desse sistema essa área era ocupada com pasto de *Urochloa brizantha* cv. Xaraés.

Pastagem de capim-marandu (MON) caracterizada por uma área exclusiva de capim-marandu, vem recebendo doses de 150 kg de N ha⁻¹ ano⁻¹. Essa área está implantada desde 2003.

Floresta (MN) caracterizada por uma área de floresta primária perturbada em que apresenta árvores de médio e grande porte com copas densas e fechadas, também apresenta cipós e espessa camada de liteira no solo. Esta área é considerada como uso inicial (área de referência) para todos os demais tratamentos.

2.2.1 Esquema de coleta (experimento 1)

Em cada sistema serão amostradas 5 repetições (amostras obtidas em malhas de 3 x 3 m espaçadas entre si por 10 m para determinar os teores de C e N. as amostras serão retiradas com o auxílio de sondas. As amostras serão estratificadas em quatro camadas (0-5, 5-10, 10-20, 20-30 cm) e serão usadas para determinar C total e suas frações incluindo o microbiano, N e textura do solo. Em cada malha de amostragem também serão removidas amostras indeformadas representativas de cada profundidade de avaliação, estas serão removidas com o uso de um trado de amostras indeformadas, essas amostras serão destinadas para determinação de densidade e porosidade (macro e microporos do solo). Próximo ao local de cinco malhas serão abertas cinco trincheiras 25 x 25 x 10 cm para o levantamento da macrofauna edáfica dos sistemas mediante análise do monólito de solo coletado (Anderson; Ingram, 1994), essa análise será realizada na profundidade de 0-10cm. Também coletaremos a macrofauna epígea utilizando armadilhas tipo “Pitfall” instaladas a campo durante 10 dias e equidistantes a 15 m uma das outras. As armadilhas “Pitfall” conterão álcool e formol em seu interior (Moldenke, 1994). Cinco repetições por sistema serão avaliadas para ambas as técnicas de coleta de macrofauna.

2.2.2 Variáveis de análise (Experimento 1)

Com as amostras de solo estratificadas por profundidade serão determinados os teores totais de C (COT) e N total no solo via combustão a seco com o uso de um analisador elementar (TruMac CNS Macro Determinator - LECO Instrumentos LTDA), contudo, o C também será fracionado em C associado a minerais (CAM) e particulado (COP) mediante metodologia de fracionamento proposta por Cambardella; Elliott (1992), em que apenas o COP e o COT serão determinado via combustão a seco e o CAM será determinado pela diferença entre o COT menos o COP. Com base nos teores de COT, COP, CAM e N serão calculados os seus respectivos estoques mediante ajuste da densidade para massas iguais recomendada por Ellert; Bettany, 1995 e equações propostas por Soares et al. 2020.

Com base no resultado dos estoques será calculado para os sistemas CON, ILP, SSP e MON o fator de conversão do C (FC), taxa de mudança de C (TxMC) conforme Damian et al. 2023, e índice de manejo do C (IMC) conforme Diekow et al. 2005 adaptado de Blair et al. 1995, em que o COP é considerado como o C lábil e o CAM o C não lábil e o sistema de MN será considerado como o sistema de referência.

Nas amostras estratificadas também será determinada a matéria orgânica leve mediante floculação em NaOH, biomassa microbiana mediante irradiação e C da biomassa microbiana por dicromato (Mendonça; Matos, 2005), textura do solo em areia grossa e fina, silte e argila (n = 5 por sistema por profundidade) (Teixeira et al. 2017).

Nas amostras indeformadas será determinado a densidade do solo com anéis volumétricos, e a porosidade macro e microporosidade mediante mesa de tensão, ambas com metodologia proposta por Teixeira et al. 2017.

Nas mesmas malhas de amostragem também serão formadas amostras compostas (n=5) de solo 0-30 cm para a determinação da análise química (pH, Cálcio, fósforo, Magnésio, alumínio, Alumínio, saturação de base conforme proposto por Raij et al. 2001).

Os macroinvertebrados coletados nos transectos de solo e nas armadilhas “Pifall” serão identificados quanto ao grupo e/ou espécie e posteriormente contabilizados, a identificação será com o uso de microscópio com 40 vezes de aumento de imagem. A partir disso determinaremos a abundância total de microrganismos (indivíduos por m²), riqueza taxonômica (nº de grupos da macrofauna), índice de Shannon e índice de Pielou para determinar a equivalência de indivíduos entre grupos ou espécies.

2.3 Procedimento estatístico

Os resultados serão submetidos ao teste de normalidade pelo teste de Shapiro- wilk e homocedasticidade pelo teste de Levene. Após isso será realizado a análise de variância no software R considerando os sistemas e profundidades como fatores fixos e repetições e anos de avaliação como fator aleatórios. Também será aplicado a Análise de componentes principais seguida de outras análises multivariadas que mais se adequem aos objetivos do trabalho.

2.3.1 Delineamento (experimento 1)

O delineamento será inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (sistemas) e 5 repetições para malhas de amostragem para determinar parâmetros de quantidade e qualidade de C e

quantidade de N no solo, 5 repetições (trincheiras) para coleta de macrofauna (transectos de solo e armadilhas).

2.4 Esquema de coleta (experimento 2)

Em cada sistema (tratamento) será realizado múltiplas amostragens (> 60) de forma aleatória e equidistantes na área, será coletado na profundidade de 0-20 cm com o uso de trado holandês, essas serão homogeneizadas e transportadas em caixas com gelo para o laboratório. As amostras serão peneiradas em malha de 2mm, o solo que passar pela malha será usado para as incubações. Cinco amostras (10g) por tratamento serão removidas para determinação do teor de umidade a 105°C até alcançar peso constante. Em uma segunda amostra ($n=5$), parte dos solos serão destinados para análise química (pH, Cálcio, fósforo, Magnésio, alumínio, Alumínio, saturação de base) e física do solo (areia grossa e fina, silte e argila) conforme metodologia proposta por (Raij et al. 2001 e Teixeira et al. 2017). Uma terceira amostra ($n=5$) será imediatamente congelada a -20°C para posterior análise microbiológica e enzimática (pré-incubação).

2.4.1 Variáveis de análise (Experimento 2)

Os solos coletados para o experimento 2 serão destinados a incubações em câmaras estáticas de 1000 ml contendo 250g de solo (equivalente ao solo seco em estufa de 105°C). Durante a incubação o solo será mantido em umidade constante de 60% e a uma temperatura de 25°C (controlada em estufa). Em cada câmara será avaliado o fluxo e o cumulativo CH_4 , N_2O e CO_2 . A coleta será com uma seringa de polipropileno (30 ml) e as amostras serão alocadas em vials para leitura cromatografia gasosa em um cromatógrafo a gás modelo Shimadzu Green House Gas Analyzer GC- 2014. Em que o injetor, a coluna e o detector de elétrons estarão a 250, 80 e 325°C respectivamente. O gás de arraste utilizado será o N_2 com fluxo de $30\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e a duração da análise no cromatógrafo para cada amostra será de 10 min. A metodologia de quantificação dos gases segue a usada por Cardoso et al. (2016) e Liu et al. (2017) em que basicamente 30 ml de gás é amostrado após 30 min com as câmaras fechadas.

Ao fim da incubação (28 dias) em cada câmara será determinado o N-mineral do solo, baseado na metodologia proposta por Forster (1995) para amônio, na metodologia de Doane; Horwath (2003) para nitrato e na metodologia proposta por Mendonça; Matos (2005) para N mineral total. Também determinaremos as taxas de amonificação, nitrificação e mineralização com base nos teores iniciais de amônio e nitrato pré- incubação ($n = 5$) e após as incubações ($n = 10 = n^{\circ}$ de câmaras/repetições por tratamento) baseado nas equações de Picollo et al. (1994). Junto a isso, também será determinado

o pH em água (Raij et al. 2001), COT e NOT total via combustão a seco pré (n=5) e pós-incubação (n=10) do solo. Neste estudo 250mg de solo pré (n = 5) e pós-incubação (n=5) de cada sistema passarão pela extração de PCR com foco nos genes metanogênicos (*mcrA*), metanotróficos (*pmmO* e *pmoA*) (Obregón et al. 2023) e genes envolvidos no ciclo da nitrificação (*amoA*) nitrotro redutase (*nirK* e *nirS*) e N₂O- redutase (*nosZ*) (Yin et al. 2023). Adicionalmente faremos uma amostragem pré (n = 5) e pós-incubação (n=5) de cada sistema para determinação da atividade enzimática (peroxidase; fenol oxidase; B1,4-glicosidase; B1,4-celobiohidrolase; urease; fosfatase ácida e arilsufatase) (Bottomley et al. 2020).

2.4.2 Delineamento (Experimento 2)

Um DIC com cinco tratamentos (sistemas) e 10 repetições (câmaras estáticas em BOD) para cada área.

2.4.3 Procedimento estatístico (experimento 2)

Os resultados serão submetidos ao teste de normalidade pelo teste de Shapiro- wilk e homocedasticidade pelo teste de Levene. Após isso será realizado a análise de variância no software R considerando os sistemas como fator fixo e repetições e anos de avaliação como fatores aleatórios. Também será aplicado a Análise de componentes principais seguida de outras análises multivariadas que mais se adequem aos objetivos do trabalho.

2. ETAPAS CONCLUÍDAS: RESULTADOS FINAIS

Apenas para fins de conclusão da bolsa, somente uma parte dos resultados irão ser discutidos neste relatório.

Composição Bromatológica e Digestibilidade (gás in vitro)

Os dados referentes a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neuro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), digestibilidade in vitro na matéria seca (DIG) e metano in vitro (CH₄) dos dois anos de avaliação dos sistemas de ILP e PM estão demonstrados na Tabela 4. O sistema ILP apresentou maiores valores de PB no ano 1 (p = 0,029) e 2 (p = 0,003) de avaliação e de DIG no primeiro ano (p = 0,038). Ao inverso, o sistema PM apresentou maiores valores dos componentes da fibra. A FDN foi superior nos dois anos de avaliação (p = 0,004 e 0,05 para anos 1 e

2 respectivamente) e a FDA no segundo ano apenas ($p = 0,05$). Esses resultados denotam que o sistema ILP por ser renovado todo ano tem como esperado uma concentração de nutrientes maior do que o sistema de monocultivo. Também no ILP devido ao maior sombreamento pela cultura do milho, verifica-se que há um maior alongamento dos colmos, mas, mesmo assim, não houve diminuição na qualidade da forragem.

Tabela 4. Composição bromatológica, digestibilidade e produção de gás *in vitro* de capim-marandu em sistema de integração lavoura-pecuária e pastagem em monocultivo no Bioma Mata Atlântica durante dois anos experimentais

Variáveis	1º Ano		2º Ano	
	PM	ILP	PM	ILP
MS (%)	24,4 ± 3,2	20,0 ± 5,6	22,9 ± 4,8	19,7 ± 3,5
PB (%)	13,1 ± 2,3b	19,0 ± 2,8a	14,1 ± 1,1b	18,5 ± 0,7a
FDN (%)	64,7 ± 2,3a	56,4 ± 1,2b	69,7 ± 4,7a	60,2 ± 5,5b
FDA (%)	35,4 ± 2,6	30,3 ± 2,7	38,3 ± 2,7a	34,5 ± 2,9b
DIG (%)	46,0 ± 4,1b	52,8 ± 1,0a	57,5 ± 31,0	55,9 ± 18,0
CH4 (ml/gMOVD)	37,0 ± 1,5	38,9 ± 1,0	42,5 ± 6,7	39,0 ± 1,0

ILP: Integração lavoura pecuária; PM: Pastagem sob monocultivo; MS: Matéria seca, PB: Proteína bruta, FDN: Fibra em detergente neutro, FDA: Fibra em detergente ácido, DIG: Digestibilidade da matéria seca *in vitro*, CH4: Emissão de metano avaliada *in vitro*. *Médias seguidas pela mesma letra, na linha, dentro do ano, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Embora o sistema PM tenha apresentado teores de PB menores quando comparado ao ILP, os teores de PB nesse sistema ainda são considerados altos quando comparado aos resultados na literatura, e acima do preconizado, se considerarmos que o mínimo de PB a ser ofertado aos animais para uma boa fermentação ruminal é em torno 7% (Van Soest, 1994). Porém, os valores mais altos de fibras encontrados na forragem desse sistema podem comprometer a digestibilidade da forragem e o ganho de peso animal. A digestibilidade da matéria seca do estrato pastejável do ILP foi maior no primeiro ano ($p = 0,038$) quando comparado ao PM. No segundo ano não foi verificada diferença da DIG entre os sistemas ($p = 0,275$). O sistema PM apresentou menor DIG no primeiro ano como reflexo do manejo da área que se apresentava em recuperação. No segundo ano, o PM mesmo sendo conduzido com moderada adubação, para um pasto caracterizado como “Nominal” verificou-se notória recuperação da área, com melhores valores de massa, aumento da porcentagem de folhas, digestibilidade de redução das frações de colmo e material morto, muito embora os componentes da parede celular tenham se mantido semelhantes ao ano 1.

Os teores de PB encontrados na massa seca da parte aérea de ILP são superiores aos relatados na literatura, e foram consistentes durante os dois anos de avaliação. As gramíneas tendem a apresentar maiores concentrações de PB nos primeiros anos após o plantio (Liu et al., 2022), e o valor nutritivo pode ser acentuado em solos ricos e bem manejados (Euclides e Medeiros, 2003). Portanto, apesar da adubação de pastagem fornecer nutrientes ao solo para melhorar o valor nutritivo das

forrageiras, os amplos benefícios decorrentes da implantação de sistemas integrados parecem exercer maior influência no valor nutritivo. A produção de metano é um indicador ambiental que apresentou valores semelhantes entre ILP e PM ($p \geq 0,405$) nos dois anos de avaliação. A emissão de metano está diretamente relacionada à composição da dieta, particularmente ao teor de fibras e digestibilidade. As fibras são fermentadas mais lentamente pela microbiota ruminal do que os carboidratos solúveis da forragem, e o maior tempo de fermentação favorece a produção de metano por microrganismos metanogênicos que utilizam os subprodutos da fermentação fibrosa para gerar CH_4 . Portanto forragens mais fibrosas estimulam a produção de metano. No entanto, mesmo os valores de FDN e FDA significativamente diferentes entre os sistemas, e o PM ser caracterizado como de qualidade inferior ao ILP, essa diferença não foi efetiva para o aumento na produção de metano. No caso do sistema ILP onde houve menores teores de fibra, maior PB e maior digestibilidade, e emissão de metano semelhante ao PM tem-se que, quando há um maior teor de PB e maior DIG pode haver maior atividade fermentativa total, gerando mais hidrogênio no rúmen. Apesar de parte do H_2 ser utilizada na síntese de amônia, o excesso de H_2 produzido pela fermentação da forragem rica em proteína pode ter sido utilizado pelos microrganismos metanogênicos, resultando em maior produção de metano. Assim, maiores produções metano no ILP pode ser o reflexo da alta taxa de fermentação promovida pela forragem de qualidade, mesmo com menor teor de fibras.

Experimento 1 – Carbono, Nitrogênio, macrofauna e produtividade de forragem – Ano 1.

Tabela 1. Características químicas do solo das áreas experimentais.

Sistema	pH (CaCl_2)	M.O (g/dm^3)	P (mg/dm^3)	S (mg/dm^3)	Ca (mmolc/dm^3)	Mg (mmolc/dm^3)	H+Al	K (mmolc/dm^3)	Al (mmolc/dm^3)	SB (Soma Bases)	CTC	V% (Sat. Bases)
FLO	6.0	28.2	11	8.1	54.1	16.1	7	0	15.7	77.2	92.9	83
MON	5.7	32.3	13	11.7	32.2	13.5	5.8	0.2	22.0	51.6	73.6	70
CON	5.7	27.5	34	12.8	38.8	14.3	6.3	0	19.2	59.3	78.5	73
SSP	5.0	25.7	31	11.4	31.4	13.4	6.1	0	31.1	50.9	82.0	63
ILP	5.2	26.0	24	13.0	36.1	15.0	7.0	0	38.0	58.0	96.0	61

FLO: Floresta; MON: Monocultivo; CON: Consórcio; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoril e ILP: Integração lavoura-pecuária.

Tabela 2. Características físicas do solo da área experimental.

Sistemas	Argila	Silte	Areia Total
		%	
Floresta	50	17	34
Monocultivo	41	14	46
Consórcio	52	18	30
SSP	40	9	51
ILP	51	20	29

ILP: Integração lavoura-pecuária-Mata Nativa; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoril.

A densidade do solo variou entre os sistemas e profundidades avaliadas. O sistema SSP apresentou valores de densidade maiores do que o ILP nas camadas 0-5, 5-10 e 10-20 cm com destaque para a camada superficial: 0-5 cm: 1,25 SSP e 0,96 g cm⁻³ ILP. (Tabela 3). Possivelmente, a maior proporção de areia no solo do sistema SSP (Tabela 2), aliado a um menor tempo de implantação da rotação de culturas nessa área podem ser os indicativos dessa diferença, visto que o ILP já está estabelecido a 4 anos sob plantio direto, prática que pode descompactar as camadas superficiais.

Tabela 3. Densidade do solo nas camadas avaliadas.

Tratamento	Camadas de coleta (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-30
Mata Nativa	1,10 ± 0,13 bc	1,20 ± 0,15 ab	1,20 ± 0,13 ab	1,16 ± 0,12
Monocultivo	1,05 ± 0,05 bc	1,15 ± 0,07 ab	1,19 ± 0,02 ab	1,20 ± 0,07
Consórcio	1,17 ± 0,05 ab	1,22 ± 0,03 ab	1,20 ± 0,07 ab	1,11 ± 0,11
SSP	1,25 ± 0,04 a	1,26 ± 0,04 a	1,30 ± 0,10 a	1,18 ± 0,04
ILP	0,96 ± 0,04 c	1,07 ± 0,02 b	1,06 ± 0,04 b	1,06 ± 0,06
CV	7,06%	6,8%	7,34%	7,79%

ILP: Integração lavoura-pecuária-Mata Nativa; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoril CV: Coeficiente de variação, ± desvio padrão da média. Teste Tukey p<0.05.

Os teores de carbono orgânico total (COT) do sistema MON foram superiores ao SSP nas camadas de 0-5 e 10-20 cm, não diferindo dos demais tratamentos. Esses dados podem estar relacionados ao fato de o sistema SSP ter passado por uma transição de manejo recente, precisando de mais tempo para acúmulo de C nesse solo. Além disso, destaca-se uma clara diminuição dos teores de COT nas camadas mais profundas (Tabela 4).

Tabela 4. Carbono orgânico total nas camadas avaliadas em mg kg⁻¹

Tratamento	Camadas de coleta (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-30
Mata Nativa	32,87 ± 9,0 ab	22,13 ± 10,26	16,10 ± 3,78 ab	12,66 ± 0,58
Monocultivo	46,98 ± 15,7 a	26,05 ± 1,97	19,33 ± 2,99 a	18,50 ± 3,34
Consórcio	31,06 ± 4,4 ab	20,36 ± 1,65	18,36 ± 1,61 ab	18,26 ± 5,35
SSP	19,13 ± 6,19 b	20,24 ± 6,85	13,48 ± 2,07 b	13,42 ± 5,25
ILP	30,13 ± 5,5 ab	21,44 ± 2,88	17,13 ± 1,50 ab	15,31 ± 2,66
CV	30,7%	26,3%	15,36%	24,74%

ILP: Integração lavoura-pecuária-Mata Nativa; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoril CV: Coeficiente de variação, ± desvio padrão da média. Teste Tukey p<0.05.

Para o COP houve diferença entre os sistemas nas camadas 0-5 e 10-20 cm, semelhante ao que aconteceu com o COT. No entanto na camada 10-20 cm o sistema consórcio apresentou maiores teores de COP em relação ao ILP e sistema SSP (Tabela 5). Os demais tratamentos não diferiram entre si.

Tabela 5. Carbono orgânico particulado nas camadas avaliadas em mg kg⁻¹.

Tratamento	Camadas de solo (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-30
Mata Nativa	7,81 ± 2,15 ab	3,95 ± 3,30	2,13 ± 0,82 ab	1,74 ± 0,58
Monocultivo	14,96 ± 7,30 a	4,53 ± 0,98	2,70 ± 0,49 ab	2,94 ± 1,54
Consórcio	7,73 ± 2,15 ab	3,91 ± 1,17	3,09 ± 0,70 a	2,98 ± 1,27
SSP	3,71 ± 1,98 b	2,88 ± 1,67	1,57 ± 0,90 b	2,10 ± 2,21
ILP	7,31 ± 3,14 ab	2,84 ± 1,75	1,65 ± 0,68 b	1,31 ± 0,76
CV	43,39%	53,83%	33,6%	63,2%

ILP: Integração lavoura-pecuária-Mata Nativa; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoril CV: Coeficiente de variação, ± desvio padrão da média. Teste Tukey p<0.05.

O COP é uma fração sensível a alterações de manejo do solo, portanto os maiores valores nos sistemas MON e CON, podem estar relacionados ao fato de estarem estabelecidos há muitos anos e com um grande aporte de resíduos vegetais.

Para os teores de Carbono associado à minerais (CAM), diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas apenas entre os sistemas MON e SSP nas camadas 0–5 e 10–20 cm (Tabela 6). Apesar da maior estabilidade do CAM no solo, mudanças no manejo podem acelerar sua mineralização, portanto o maior tempo de estabilização do monocultivo frente à recente adoção de práticas no SSP, podem ter contribuído para essa diferença.

Destaca-se ainda, que para ambas as variáveis (COT, COP e CAM), não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entres os sistemas nas profundidades 5- 10 e 20-30 cm.

Tabela 6. Carbono associado à minerais nas camadas avaliadas em mg kg^{-1} .

Tratamento	Camadas de solo (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-30
Mata Nativa	$25,06 \pm 7,58$ ab	$18,18 \pm 7,28$	$13,97 \pm 3018$ ab	$10,92 \pm 0,80$ a
Monocultivo	$32,02 \pm 8,70$ a	$21,52 \pm 1,05$	$16,63 \pm 2,64$ a	$15,53 \pm 2,06$ a
Consórcio	$23,34 \pm 2,29$ ab	$16,45 \pm 0,72$	$15,26 \pm 1,08$ ab	$15,28 \pm 4,12$ a
SSP	$15,42 \pm 4,28$ b	$17,36 \pm 5,73$	$11,91 \pm 1,77$ b	$11,31 \pm 3,17$ a
ILP	$22,82 \pm 2,49$ ab	$18,59 \pm 1,60$	$15,48 \pm 1,23$ ab	$13,99 \pm 2,14$ a
CV	25,72%	23,05%	14,33%	20,16%

ILP: Integração lavoura-pecuária-Mata Nativa; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoreil CV: Coeficiente de variação, $\pm$ desvio padrão da média. Teste Tukey $p < 0.05$.

Os valores de estoque de carbono dos diferentes sistemas, considerando a camada 0-30 cm, estão apresentados na Tabela 7. Os dados mostram uma maior participação do CAM em relação ao COP. Para o estoque de Carbono orgânico total (S-COT), os sistemas monocultivo e consórcio foram superiores ao SSP. O estoque de Carbono orgânico particulado (S-COP) foi maior no sistema monocultivo em comparação com os sistemas SSP e ILP, e os valores de estoque de Carbono associado à minerais (S-CAM) diferiram apenas entre monocultivo e SSP. Todas as demais comparações não significativas.

A semelhança entre os sistemas MON e CON pode estar relacionada ao mesmo sistema de manejo, enquanto a diferença de ambos para sistemas como SSP e ILP, se deve à ausência de revolvimento do solo, ao maior aporte de resíduos vegetais finos durante o ano todo e ao tempo de estabelecimento destes sistemas.

Os valores de matéria orgânica leve (MOL) indicam que apenas na profundidade de 20-30 cm não ocorreu diferença significativa ($p > 0,05$) entre os sistemas. Destaca-se que apenas o sistema mata nativa não diferiu em nenhuma das outras profundidades. Na camada de 0-5 cm o sistema MON foi

superior ao CON e SSP, enquanto que nas camadas de 5-10 e 10-20, o sistema MON foi superior ao ILP. Esses resultados reforçam um efeito de maior acúmulo de resíduos nesse sistema de produção (Tabela 8).

Tabela 7. Estoque de carbono nas camadas avaliadas em mg kg⁻¹

Tratamento	Camadas de solo (cm)		
	S-COT 0-30	S-COP 0-30	S-CAM 0-30
Mata Nativa	63,80 ± 14,75 ab	10,94 ± 3,70 ab	52,86 ± 11,86 ab
Monocultivo	83,73 ± 7,49 a	17,02 ± 4,59 a	66,70 ± 3,92 a
Consórcio	76,54 ± 10,85 a	15,82 ± 2,55 ab	60,72 ± 8,31 ab
SSP	53,04 ± 7,94 b	7,87 ± 2,79 b	45,17 ± 5,34 b
ILP	65,99 ± 6,37 ab	8,94 ± 3,41 b	57,05 ± 4,38 ab
CV	14,49	31,19	30

ILP: Integração lavoura-pecuária-Mata Nativa; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoreil CV: Coeficiente de variação, ± desvio padrão da média. Teste Tukey p<0.05.

Tabela 8. Matéria orgânica leve nas camadas avaliadas, em g kg⁻¹.

Tratamento	Camadas de solo (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-30
Mata Nativa	50,37 ± 15,6 ab	18,32 ± 10,0ab	22,81 ± 13,1 ab	14,34 ± 9,93 ^{ns}
Monocultivo	74,92 ± 12,4 a	41,32 ± 13,4a	28,99 ± 16,8 a	28,66 ± 6,70 ^{ns}
Consórcio	37,16 ± 4,9 b	21,60 ± 4,3ab	21,45 ± 4,72 ab	13,79 ± 4,90 ^{ns}
SSP	37,26 ± 17,4 b	18,48 ± 5,9ab	14,26 ± 1,84 ab	18,22 ± 4,16 ^{ns}
ILP	50,33 ± 18,2 ab	18,27 ± 19,0b	11,24 ± 3,95 b	16,32 ± 14,9 ^{ns}

ILP: Integração lavoura-pecuária-Mata Nativa; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoreil CV: Coeficiente de variação, ± desvio padrão da média. Teste Tukey p<0.05.

Na Figura 1, é apresentado os dados de Índice de Manejo do Carbono (IMC). O IMC, baseado na quantidade e labilidade do C, foi superior nos sistemas de monocultivo e consórcio em relação ao silvipastoreil. Esse resultado reflete o maior tempo de implantação desses sistemas, enquanto o ILP, embora jovem, apresentou valores próximos ao de referência (MN), indicando seu potencial de melhoria nos estoques de C desde os primeiros anos de uso, mas precisando de mais tempo para chegar a níveis de referência.

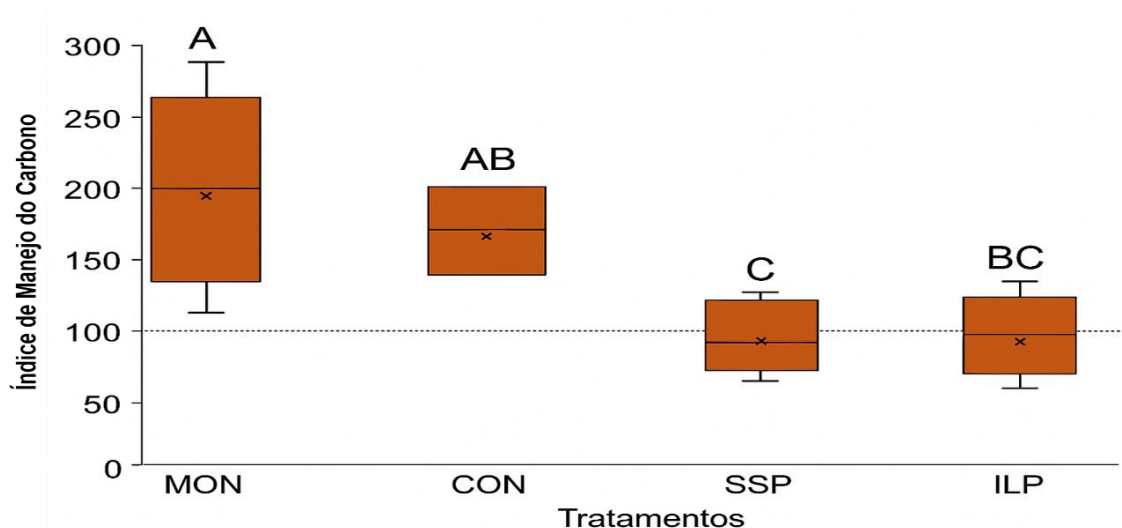


Figura 1. Valores do Índice de Manejo de Carbono (IMC) para quatro diferentes sistemas de uso do solo. Mata nativa, linha pontilhada = 100. Teste Tukey $p < 0.05$.

Não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$) para os teores de Nitrogênio orgânico total (NOT), nas profundidades de 0-5 e 20-30 cm. O sistema CON apresentou o maior valor médio ($1,99 \pm 0,32 \text{ mg g}^{-1}$) na profundidade de 5- 10 cm, mas sendo estaticamente superior apenas ao tratamento mata nativa. Enquanto que em 10-20 cm o sistema SSP ($1,26 \pm 0,04 \text{ mg g}^{-1}$), foi superior ao tratamento ILP. O maior valor de estoque de N foi encontrado no sistema CON ($6,90 \pm 0,73 \text{ mg ha}^{-1}$), o que pode estar relacionado à presença do amendoim forrageiro, leguminosa que contribui para o aumento do N no solo via fixação biológica (Tabela 9).

Tabela 9. Teores de Nitrogênio orgânico total (NOT) (mg g^{-1}) nas diferentes camadas avaliadas, e Estoque de N (mg ha^{-1}).

Tratamento	Camadas de coleta (cm)		Estoque de N
	5-10	10-20	
Mata Nativa	$1.07 \pm 0.31 \text{ b}$	$1,20 \pm 0,15 \text{ ab}$	$3.95 \pm 1.25 \text{ c}$
Monocultivo	$1.69 \pm 0.52 \text{ ab}$	$1,15 \pm 0,07 \text{ ab}$	$6.35 \pm 1.58 \text{ ab}$
Consórcio	$1.99 \pm 0.32 \text{ a}$	$1,22 \pm 0,03 \text{ ab}$	$6.90 \pm 0.73 \text{ a}$
SSP	$1.46 \pm 0.63 \text{ ab}$	$1,26 \pm 0,04 \text{ a}$	$5.05 \pm 0.94 \text{ abc}$
ILP	$1.20 \pm 0.55 \text{ ab}$	$1,07 \pm 0,02 \text{ b}$	$4.54 \pm 0.88 \text{ bc}$

ILP: Integração lavoura-pecuária-Mata Nativa; SSP: integração lavoura-pecuária-floresta/silvipastoril; $\pm$ desvio padrão da média. Teste Tukey $p < 0.05$.

Ao longo dos cinco ciclos de pastejo, o sistema de monocultivo (MON) apresentou produtividade total média de $5,7 \text{ t MS ha}^{-1}$, superando o consórcio (CON), que obteve $5,1 \text{ t MS ha}^{-1}$. A maior produtividade no MON foi acompanhada por maiores teores médios de folha ($2,7 \text{ t MS ha}^{-1}$) e colmo ($1,3 \text{ t MS ha}^{-1}$), em comparação ao CON ($2,1$ e $1,0 \text{ t MS ha}^{-1}$, respectivamente). O acúmulo

de material morto foi semelhante entre os sistemas (MON: 1,6 t MS ha⁻¹; CON: 1,5 t MS ha⁻¹) (Tabela 10).

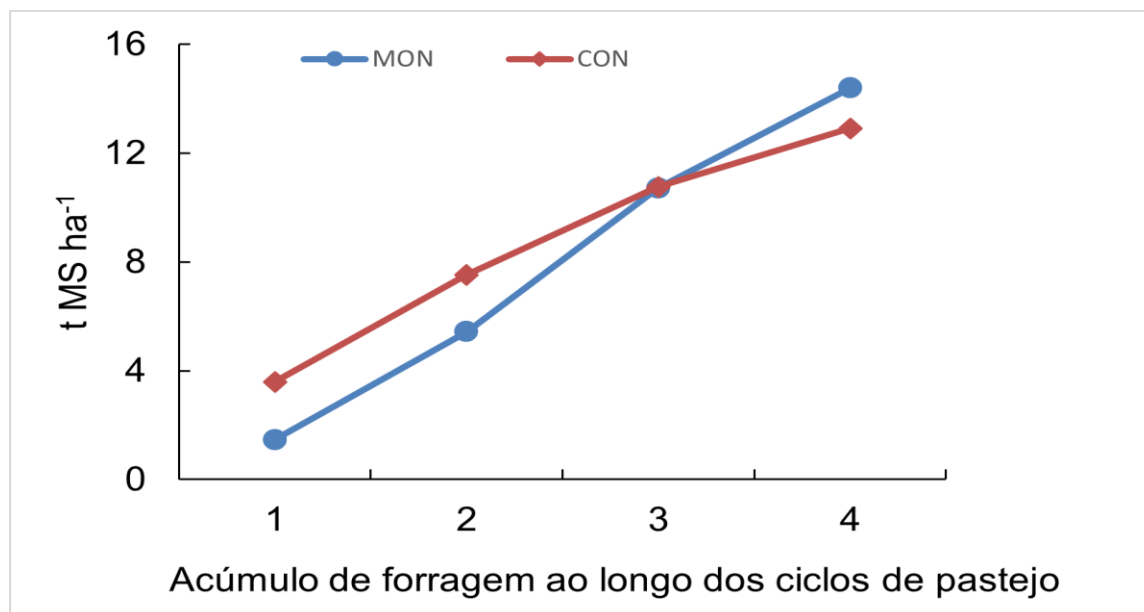


Figura 2. Acúmulo de forragem dos sistemas Monocultivo (MON) e Consórcio, considerando as massas pré e pós pastejo ao longo dos ciclos.

O gráfico de acúmulo de forragem (Figura 2) mostra que o consórcio teve desempenho superior nos primeiros ciclos, enquanto o monocultivo superou em seguida. Isso indica que o consórcio pode favorecer o crescimento inicial da forragem, possivelmente devido à contribuição da leguminosa, mas o monocultivo demonstrou maior acúmulo ao longo do tempo, sugerindo vantagem em ciclos mais avançados.

Tabela 10. Massa de forragem, composição morfológica e teores de Índice de clorofila foliar (ICF) de capim Marandu.

Tratamento/ Ciclo de pastejo	Produtividade Total	Folha	Colmo	MM	ICF
t MS ha ⁻¹					SPAD
MON 1	6,8	2,8	1,0	3,0	35,2
MON 2	3,7	2,0	0,9	0,8	36,7
MON 3	5,4	3,1	1,4	0,6	36,1
MON 4	6,8	3,0	1,8	1,9	48,4
MON 5	5,7	2,6	1,3	1,8	31,7
Média	5,7	2,7	1,3	1,6	37,6
CON 1	4,9	1,8	0,9	2,1	39,8

CON 2	4,7	2,6	0,7	1,3	33,8
CON 3	5,6	2,4	1,2	1,0	33,1
CON 4	5,4	2,1	1,3	1,7	45,7
CON 5	4,7	1,8	1,0	1,7	33,2
Média	5,1	2,1	1,0	1,5	37,1

MON= monocultivo; CON = consórcio, MM= material morto

Sobre os dados de macrofauna, destaca-se que não houve efeito significativo ($p>0,05$) para as variáveis de índice de Shannon, nos transectos e nas armadilhas, e para os índices de Pielou e n° taxonômico nos transectos. Isso pode indicar uma resistência das comunidades biológicas frente aos manejos aplicados ou, alternativamente, que o tempo de adoção dos tratamentos ainda é insuficiente para gerar alterações perceptíveis na diversidade ecológica.

O sistema CON apresentou o maior número de indivíduos, tanto nas armadilhas quanto nos transectos, diferindo-se dos sistemas MN e ILP, respectivamente. Enquanto que para o n° taxonômico nas armadilhas (NtaxA) o sistema SSP foi o de maior riqueza de táxons (7) em comparação ao ILP (4) (Tabela 11). Destaca-se que no sistema no sistema consórcio, não ocorre a aplicação de inseticidas e nem de herbicidas, o que pode favorecer a maior ocorrência de macrofauna.

Tabela 11. Dados de macrofauna nos diferentes sistemas, com medianas seguidas do (intervalo interquartil).

Tratamentos	PielouA	NindA	NtaxA	NindT
Consórcio	0,72a (0,09)	46 (17) a	6 (1) b	125 (185) a
Mata Nativa	0,88a (0,08)	10 (1) b	5 (1) bc	75 (75) ab
ILP	0,85a (0,09)	38 (13) ab	4 (1) c	0 (37) b
Monocultivo	0,65a (0,06)	28 (25) ab	5 (1) ab	50 (75) ab
SSP	0,64a (0,18)	36 (4) ab	7(1) a	25 (25) ab
p-valor	0.042	0.009	0.030	0.009

Legenda: PielouA= índice de Pielou nas armadilhas; NindA= n° de indivíduos nas armadilhas; NtaxA= n° taxonômico nas armadilhas e NindT= n° de indivíduos nos transectos. Teste Dunn com correção de Bonferroni $p<0.05$.

Emissão de gases de efeito estufa e N mineral – Ano 1

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os fluxos diários de emissão de metano (CH_4) e óxido nítrico (N_2O), respectivamente, durante o período de incubação de 28 dias.

O fluxo de metano variou negativamente ao longo do tempo nos sistemas consórcio, silvipastoril e mata nativa, indicando comportamento de sequestro de CH_4 pelo solo. Esse padrão foi mais acentuado nos primeiros dias da incubação, especialmente no consórcio e na mata nativa. Por outro lado, os sistemas monocultivo e ILP apresentaram fluxos próximos de zero ou levemente positivos, com picos de emissão nos primeiros sete dias, possivelmente em função de maior disponibilidade de carbono lábil e umidade do solo.

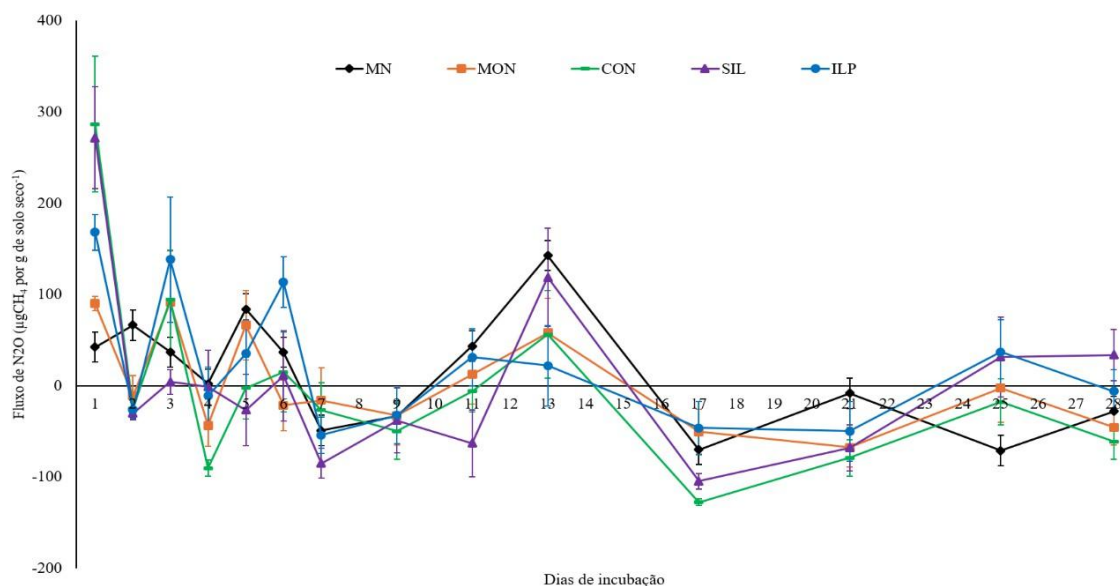


Figura 3. Fluxo de emissão de metano ($\mu\text{g CH}_4\text{.g de solo seco}^{-1}$) durante os 28 dias de incubação do solo.

Em relação ao fluxo de N_2O , todos os sistemas apresentaram emissões positivas, com picos iniciais mais expressivos na mata nativa, monocultivo e silvipastoril. O sistema consorciado apresentou os menores fluxos diários de N_2O , o que pode ser explicado pela ausência de aplicação de fertilizante nitrogenado e menor disponibilidade de N mineral para os processos de nitrificação e

desnitrificação. O sistema ILP apresentou padrão intermediário, com emissão inicial moderada e posterior estabilização

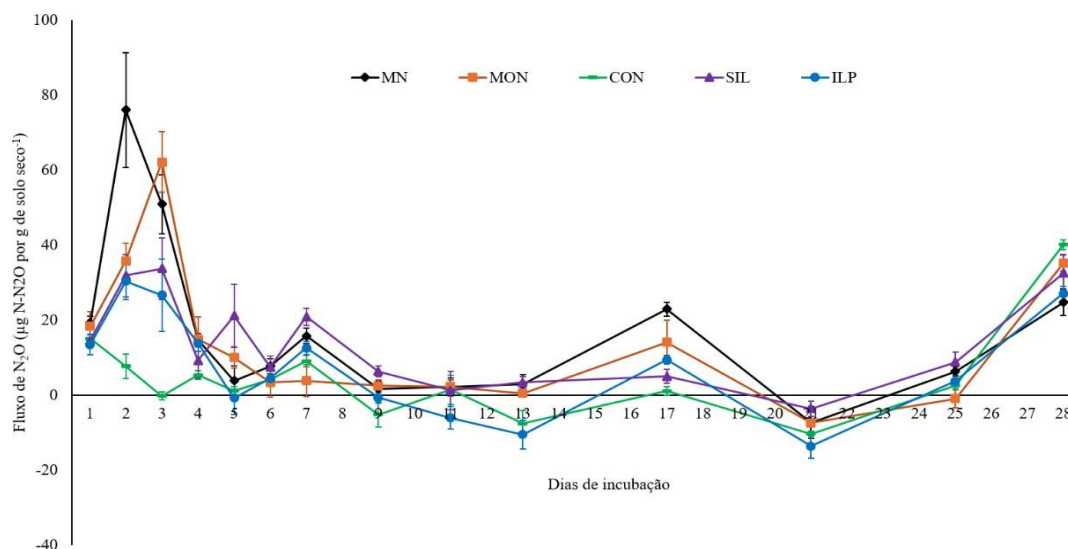


Figura 4. Fluxo de emissão de óxido nitroso ($\mu\text{g N}_2\text{O.g de solo seco}^{-1}$) durante os 28 dias de incubação do solo.

As emissões cumulativas de CH_4 e N_2O , bem como as variáveis relacionadas ao N mineral e pH (pré-incubação), foram submetidas aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. Como os dados não atenderam aos pressupostos para ANOVA, optou-se então pela análise estatística não paramétrica. Foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo pós-teste de Dunn com correção de Bonferroni.

Os fluxos cumulativos de CH_4 nos sistemas consórcio, mata nativa e silvipastoril apresentaram medianas (Md) negativas de -719, -713 e -60 e intervalo interquartil (IQ) de 585, 655, 609 ($\mu\text{g CH}_4.\text{g de solo seco}^{-1}$), já os sistemas monocultivo e ILP apresentaram Md positivas de 185 e 1 com IQ de 220 e 564 $\mu\text{g CH}_4.\text{g de solo seco}^{-1}$ respectivamente. A única diferença estatística foi entre o sistema consórcio e ILP (Figura 5).

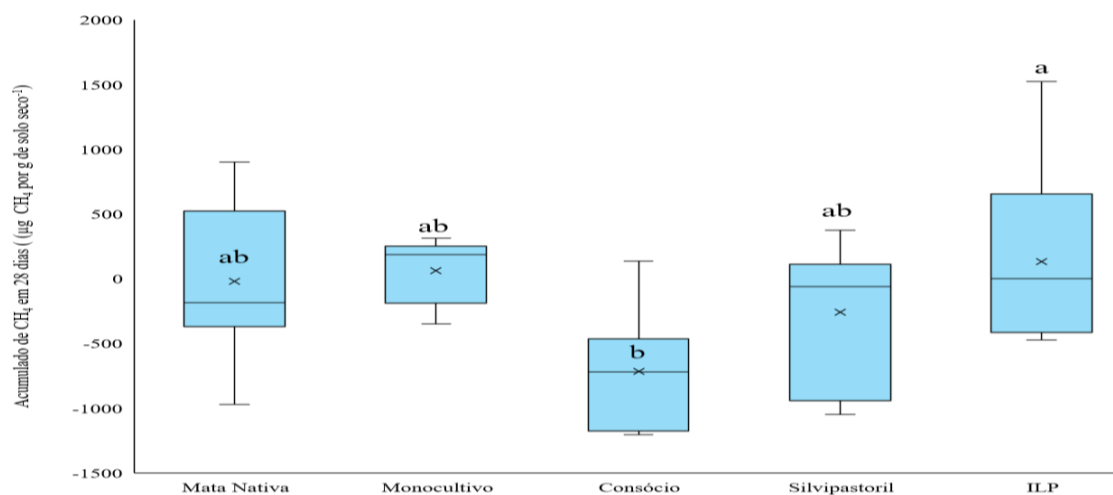


Figura 5. Emissão acumulada de metano ($\mu\text{g C-CH}_4 \text{ g de solo seco}^{-1}$) ao final dos 28 dias de incubação.

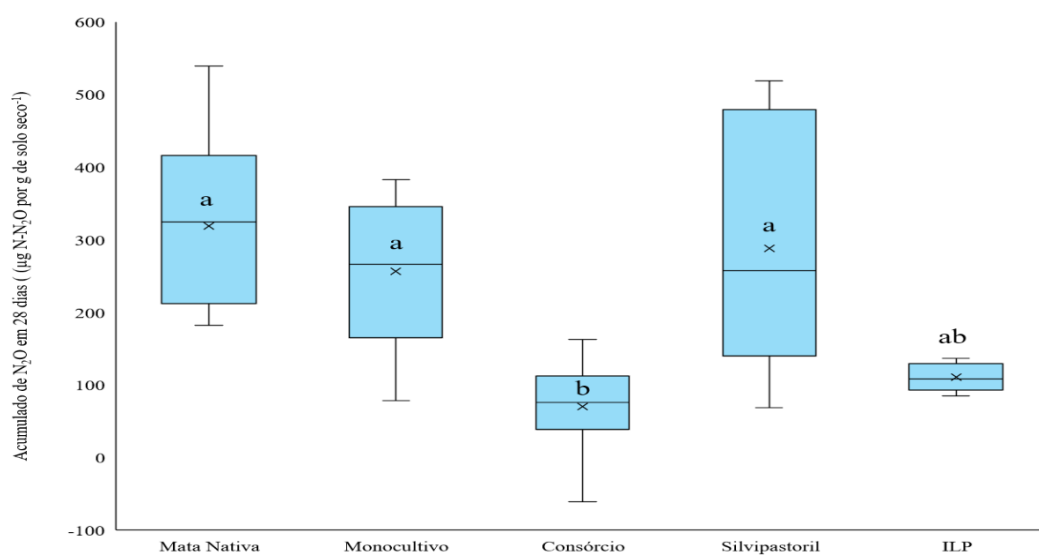


Figura 6. Emissão acumulada de óxido nitroso ($\mu\text{g N-N}_2\text{O g de solo seco}^{-1}$) ao final dos 28 dias de incubação.

Todos os tratamentos apresentaram valores positivos para o fluxo cumulativo de N-N₂O, sendo que os sistemas, mata nativa, monocultivo, consórcio, SSP e ILP apresentaram Md de 325; 266; 76,4; 257 e 109 com IQ de

155; 162; 46,1; 248 e 25,2 $\mu\text{g N}_2\text{O.g de solo seco}^{-1}$, respectivamente. O sistema consórcio foi significativamente diferente dos sistemas mata nativa, monocultivo e SSP. As demais comparações entre tratamentos não foram significantes.

Esses resultados indicam diferenças no comportamento dos sistemas quanto à dinâmica dos gases de efeito estufa, com destaque para o consórcio como potencial sumidouro de CH₄ e emissor reduzido de N₂O, associados a práticas de manejo com menor input externo e maior equilíbrio biológico no solo. Os teores de N-NH₄⁺ não diferiram entre os tratamentos ($p = 0,7381$), enquanto os valores de N-NO₃⁻ foram significativamente maiores no ILP (55,9 mg kg⁻¹), e menores no consórcio (10,0 mg kg⁻¹), sugerindo baixa nitrificação neste último, possivelmente pela menor disponibilidade de nitrogênio ou menor atividade microbiana. A taxa de mineralização (TxMin) foi mais alta no ILP (1,8 mg kg⁻¹ dia⁻¹), em relação ao CON, reforçando sua baixa produção de nitrogênio inorgânico (Tabela 12).

Tabela 12. Medianas seguidas do (intervalo interquartil) para variáveis de N mineral e pH.

Tratamentos	N-NH ₄	N-NO ₃	TxMin
Mata Nativa	13,4 (2,43)	46,9 (7,09) ab	1,0 (0,27) b
Monocultivo	12,5 (4,24)	47,3 (2,60) ab	0,9 (0,15) bc
Consórcio	12,5 (3,59)	10,0 (1,45) b	0,1 (0,16) c
Silvipastoril	17,8 (7,03)	47,5 (7,10) ab	1,1 (0,24) ab
ILP	13,2 (3,37)	55,9 (3,35) a	1,8 (0,13) a
p-valor	0,7381	3,9x10 ⁻⁷	2,5x10 ⁻⁶
Tratamentos	TxNH ₄	TxNO ₃	pH final
Mata Nativa	-0,1 (0,09) a	1,1 (0,25) ab	6,8 (0,08) a
Monocultivo	-0,5 (0,15) b	1,5 (0,09) a	6,6 (0,06) b
Consórcio	-0,3 (0,13) ab	0,3 (0,05) b	6,7 (0,04) a
Silvipastoril	-0,1 (0,25) ab	1,3 (0,25) ab	6,6 (0,05) b
ILP	0,0 (0,12) a	1,7 (0,12) a	6,6 (0,05) b
p-valor	1,1x10 ⁻⁶	3,4x10 ⁻⁷	7,0x10 ⁻⁷

Legenda: N-NH₄ = N na forma de amônio (mg.kg de solo seco⁻¹); N-NO₃= N na forma de nitrato (mg.kg de solo seco⁻¹); TxNH₄ = taxa de amonificação (mg.kg de solo seco⁻¹. dia⁻¹); TxNO₃ = taxa de nitrificação (mg.kg de solo seco⁻¹. dia⁻¹); TxMin= taxa de mineralização (mg.kg de solo seco⁻¹. dia⁻¹). Letras diferentes entre tratamentos na mesma coluna acusam uma diferença da mediana a 0,05 de probabilidade pelo teste de Dun.

As taxas de amonificação (TxNH_4^+) foram negativas em todos os sistemas, exceto no ILP, o que indica maior imobilização ou consumo de amônio nos demais tratamentos. Já a taxa de nitrificação (TxNO_3^-) foi maior no ILP ($1,7 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e no monocultivo (1,5), refletindo maior conversão de amônio em nitrato, possivelmente associada à maior disponibilidade de substrato e oxigênio. O pH final variou entre 6,6 e 6,8, com os menores valores nos sistemas MON, SIL e ILP (Tabela 12).

3. ATIVIDADES ACADÊMICAS, CIENTÍFICAS E TÉCNICAS

3.1 A bolsista auxiliou em atividades acadêmicas (aulas), científicas e técnicas (fotos a seguir) seguindo os objetivos do PNPD/CAPES:

I – Promover a realização de estudos de alto nível;

II – Reforçar os grupos de pesquisa do programa;

III – Estimular integração com projetos de pesquisa desenvolvidos pelos Programas de Pós-Graduação no país.













3.2. Atividades técnicas e assessoria

A bolsista PNPD assessorou o programa de pós-graduação de Zootecnia no processo seletivo de pós-graduação em Zootecnia, auxiliando na correção das provas, aplicação da prova por Skype e durante o período de entrevista, ainda auxiliou na elaboração do relatório DATA CAPES do programa.

Devido a experiência da bolsista com análises de gases de efeito estufa, a aluna teve a oportunidade de auxiliar em análises de experimentos de outros alunos da supervisora e de outros grupos, e ainda deu uma palestra intitulada: 'Aspectos anatômicos de plantas forrageiras e valor nutritivo da forragem', na Fundação Educacional de Taquaritinga – FETAQ.

3.3. Membro de corpo editorial, Revisor de periódico e Grupos de Pesquisa

3.3.1. Revisor de periódico

No período em questão a bolsista atuou como revisor em três periódicos nacionais da revista *Nucleus Animalium*, RBZ e Acta Scientiarum. Animal Sciences.

3.3.2. Grupos de Pesquisa

Membro dos Grupos de Pesquisa:

(1) Grupo de Estudos em Nutrição de Ruminantes (GENRU) da Unesp/Fcav.

(2) Grupo de pesquisa em forragem (UNESPFOR) da Unesp/Fcav, inicialmente como participante de grupo de estudos e possíveis parcerias, auxiliando em atividades de ensino e pesquisa.

4. COMENTÁRIOS DO SUPERVISOR

Durante o período de vigência da bolsa, a bolsista demonstrou assiduidade e um grande interesse nas atividades propostas para o projeto. Destacou-se pela sua capacidade de organização, cumprindo prazos com responsabilidade e apresentando boa iniciativa na resolução de problemas. A sua produtividade foi satisfatória, com contribuições significativas para a etapa das pesquisas do nosso setor. Em suma, o desempenho da bolsista pode ser considerado satisfatório, com potencial para futuras contribuições na área de pesquisa.

5. BIBLIOGRAFIA

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Balanço da pecuária: Brasil beef Perfil. 2011.
- AOAC. **Association of Official Analytical Chemists**, 15th ed. Association of Official Analytical Methods Inc., Washington, D.C., USA, 1990.
- CHALUPA, W; SNIFFEN, C. J. Protein and amino acid nutrition of lactating dairy cattle. *Food Animal Practice*, v.7, n.2, p.353-372, 1991.
- FENNER, H. Method for determining total volatile bases in rumen fluid by steam distillation. **Journal of Dairy Science**, v.48, p. 249–251, 1965.
- FUJIHARA, T.; ØRSKOV, E. R.; REEDSA, P. J.; KYLEA, D. J. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agriculture Science**, Cambridge, v.109, p.7-12, 1987.
- KABEYA, K.S. et al. Suplementação de Novilhos Mestiços em Pastejo na Época de Transição Água-Seca: Desempenho Produtivo, Características Físicas de Carcaça, Consumo e Parâmetros Ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.213-222, 2002.
- LEÃO, M.M. et al. Níveis de suplementação de novilhos mestiços mantidos a pasto. **Ciências Agrotecnicas**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1069-1074, 2005a.
- LEITE, D.T. Farelo de arroz desengordurado e farelo de glúten de milho na suplementação de bovinos de corte. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, pag.47, 2006.
- LEVENTINI, M.W.; HUNT, C.W.; ROFFLER, R. E.; CASEBOLT, D.G. Effect of dietary level of barley-based supplements and ruminal buffer on digestion and growth by beef cattle. **Journal Animal Science**, v.68, p. 4334-4344, 1990.
- MALLACO V.M.R., REIS R.B., LAGE C.F.A., MACIEL I.C.F., GOMES R.S. & ESCARCE TC. 2015. Nutrição aminoacídica de bovinos leiteiros. *Cad. Ciênc. Agrá.* 7(1):205-216.
- MATRAS, J; BARTIE, S. J; PRESTON, R. L. Effects of ruminal escape proteins and canola meal on nitrogen utilization by growing lambs. *Journal of Animal Science*, v.68, p.2549-2554, 1990.
- MAIGA, H. A; SCHINGOETHE, D. J; HENSON, J. E. Ruminal degradation, amino acid composition and intestinal digestibility of the residual

components of five protein supplements. *Journal of Dairy Science*, v.79, n.9, p.1647-1653, 1996.

NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

ORSKOV, E.R.; MCDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **The Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.

PIEPENBRINK, M.S. & SCHINGOETHE, D.J. Ruminal degradation, amido acid composition, and estimated intestinal digestibilities of four protein supplements. **Journal Dairy Science**, v.81, p.454-461, 1998.

SOUZA, SM.; Farelo de glúten de milho na alimentação de vacas em lactação. TESE. VIÇOSA MINAS GERAIS – BRASIL, 2007.

SANTOS F.A.P. & PEDROSO A.M. 2011. Metabolismo de proteínas. p. 265-292. In:

Nutrição de Ruminantes. 2nd ed. Berchielli T.T., Pires A.V. & Oliveira S.G.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide: statistics** 7 ed. Version 6.11 Cary, NC: v.2, 943 p., 1997.

TITGEMEYER; E.C.; ARMENDARIZ, C.K.; BINDEL, D.J. et al. Evaluation of titanium dioxide as a digestibility marker for cattle. **Journal of Animal Science**, v.79, p.1059-1063, 2001.

ÚDEN, P.; COLLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P.J. Investigation of chromium, cerium and cobalt as marker in digesta. Rate of passage studies. **Journal Science and Food Agriculture**, v. 31, p. 625-632, 1980.

VALENTE, T.N.P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.666-675, 2011.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 1994.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

ZHOU, C.; CHEN, L.; TAN, Z.; TANG, S.; HAN, X.; WANG, M.; KANG, J.; YAN, Q. Effects of the dietary ratio of ruminal degraded to undegraded protein and feed intake on intestinal flows of endogenous nitrogen and amino acids in goats. **Archives of Animal Nutrition**, v.69, p.442-54, 2015.

ZINN, R.A.; OWENS, F, N. A rapid procedure for purine measurement and its use for estimating net ruminal protein synthesis. **Canadian Journal of Animal Science**, 66 (1):157-166, 1986.