

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MIRELLA DANNA

**LEGUMINOSA FORRAGEIRA E SUPLEMENTAÇÃO NA CICLAGEM DE
NITROGÊNIO E PRODUÇÃO DA SOJA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE
PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

DOIS VIZINHOS

2022

MIRELLA DANNA

**LEGUMINOSA FORRAGEIRA E SUPLEMENTAÇÃO NA CICLAGEM DE
NITROGÊNIO E PRODUÇÃO DA SOJA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE
PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

**Legume and supplementation on nitrogen cycling and soybean production in
an integrated crop- livestock system**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Laercio Ricardo Sartor.

Coorientador(a): Regis Luis Missio.

DOIS VIZINHOS

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



MIRELLA DANNA

**LEGUMINOSA FORRAGEIRA E SUPLEMENTAÇÃO ENERGÉTICA NA CICLAGEM DE NITROGÊNIO E
PRODUÇÃO DA SOJA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Produção Animal.

Data de aprovação: 26 de Agosto de 2022

Dr. Laercio Ricardo Sartor, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Andre Brugnara Soares, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Christiano Santos Rocha Pitta, Doutorado - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná (Ifpr)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 26/08/2022.

*Dedico à minha família, por toda força e incentivo
herdado deles,
A todos os professores que se fizeram presente, a
quem fico lisonjeada por terem feito parte da minha
pesquisa,
E a todos os amigos que tornaram a caminhada
mais significativa, através do apoio e do carinho.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que com sua fonte de amor inesgotável, me fizeram acreditar que sou capaz, mesmo nos momentos mais desafiadores. Esse esforço não teria sido possível sem eles. Junto deles cheguei a lugares que jamais imaginaria um dia.

À minha companheira de vida, a qual pude compartilhar as alegrias e dificuldades durante todo esse processo, sempre me dando força e afago.

Ao meu orientador Professor doutor Laercio Ricardo Sartor, por sua paciência e pela excelência em seus ensinamentos.

Ao professor doutor Luís Fernando Glasenapp de Menezes, por ter me proporcionado toda essa experiência e inúmeros aprendizados.

À professora doutora Magali Floriano da Silveira por ser mestre em tempo integral, tornando o ambiente laboratorial mais seguro, ao repassar seus conhecimentos.

Ao professor doutor Olmar Antônio Denardin Costa, por toda a sua disposição e por ter sido um facilitador de processos, através dos seus ensinamentos.

À equipe do Núcleo de Ensino e Pesquisa em Ruminantes (NEPRU), por toda troca de sabedoria, pela parceria e comprometimento durante o experimento.

À todos os professores do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, por serem condutores de almas e sonhos.

À todos os meus amigos, pois a vida é muito melhor quando compartilhada com quem nos entende.

Ao apoio financeiro disponibilizado pela Fundação AGRISUS – Projeto nº 3179/21 (Processo nº 2540/18).

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo auxílio financeiro (chamada MCTIC/CNPq Nº28/2018 – Universal/faixa A).

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

*“A dúvida é o princípio da sabedoria”
Aristóteles*

RESUMO

Objetivou-se avaliar em um sistema integrado de produção agropecuária (SIPA) se a ciclagem de nitrogênio e a produção da cultura de soja (*Glycine max* L.) são influenciados pelo uso de leguminosa e suplementação na produção de bovinos de corte no inverno. O trabalho foi desenvolvido na Universidade Tecnológica federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos. O delineamento experimental utilizado para a avaliação do componente animal, variáveis referentes produção do pasto e da soja foi o de blocos ao acaso, com 3 tratamentos e 3 repetições. Para determinação do consumo e digestibilidade do pasto e produção de esterco (fezes e urina) foi utilizado um duplo quadrado latino 3 x 3. Os tratamentos foram compostos dos consórcios entre espécies forrageiras e suplementação a pasto, sendo Testemunha: aveia preta (*Avena strigosa* S.) + azevém (*Lolium multiflorum* L.); Leguminosa: aveia + azevém + trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi) e Suplementação: aveia + azevém + suplementação (1% do peso vivo). A pastagem foi implantada em área com histórico de 5 anos com SIPA. No ano anterior ao experimento foi utilizado no componente lavoura a cultura do milho. Foi avaliada a quantidade total de nitrogênio (N) ciclada no sistema de integração lavoura pecuária (pastagem/soja) na safra 2020/2021, considerando o consumo total de N pelos animais, o retorno diário de nitrogênio através das coletas de fezes e urina. Ao final do experimento os animais foram abatidos para determinar a quantidade de N retido pelos bovinos de corte. No verão, avaliações no componente lavoura foram realizadas para determinar a exportação de nitrogênio pela cultura da soja, bem como a produção de grãos da mesma; e a taxa de decomposição da matéria seca e liberação do nutrientes advindo da biomassa residual pós-pastejo e do esterco animal. Através da suplementação foi possível aumentar a carga animal (21%), e com isso maior retorno via fezes e urina de nitrogênio foi observado, totalizando 38,21 kg ha⁻¹ de N. O retorno de N pelo resíduo pós pastejo, pela palhada da soja, bem como a produção de grãos da mesma não diferiu entre os tratamentos. Entretanto, a exportação de N nos grãos teve diferenças entre os tratamentos avaliados, sendo maior para suplementação, seguido da leguminosa e testemunha (242,11; 230,87 e 220,77 kg ha⁻¹, respectivamente). A quantidade de nitrogênio exportada no corpo dos bovinos de corte, nos 90 dias de pastejo, não diferiu entre os tratamentos, ficando na média de 5,39 g kg PV⁻¹. Considerando a ciclagem total no sistema, a exportação total ficou na média de 239,2 kg ha⁻¹ não sendo influenciada de forma significativa pelos tratamentos avaliados. Foi observado maior retorno de N em um ciclo completo (em média 227,64 kg ha⁻¹) onde houve presença de leguminosa e suplementação animal. A suplementação e a inclusão de leguminosa, são alternativas para aumentar a quantidade de nitrogênio retornada em sistemas integrados de produção agropecuária.

Palavras-chave: exportação de nitrogênio; exportação animal; retorno de nitrogênio; pastagem consorciada; sustentabilidade.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate in the crop-livestock integration system whether nitrogen cycling and the production of soybean (*Glycine max* L.) in the summer is influenced by the use of legume and supplementation in the production of beef cattle in winter. The work was developed at the Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos. The experimental design used to evaluate the animal component, variables related to pasture and soybean production was randomized blocks, with 3 treatments and 3 replications. To determine intake and digestibility, pasture and manure production (feces and urine) a double Latin square 3 x 3 was used. The treatments were composed of intercropping between forage species and pasture supplementation, being: Control: black oat (*Avena strigosa* S.) + ryegrass (*Lolium multiflorum* L.); Legume: black oat + ryegrass + vesicular clover (*Trifolium vesiculosum* Savi) and Supplementation: black oat + ryegrass + supplementation (1% of body weight). The pasture was implanted in an area with a 5-year history of crop-pasture succession. In the year prior to the experiment, corn was used in the crop component. The total amount of nitrogen (N) cycled in the crop/livestock integration system (pasture/soybean) in the 2020/2021 crop was evaluated, considering the total N consumption by the animals, obtained through grazing simulation, the daily nitrogen return through feces and urine collections, and at the end of the experiment the animals were slaughtered to determine the amount of N retained. In the summer, evaluations on the crop component were carried out to determine the nitrogen export by the soybean crop, as well as the grain production of the same; and the rate of dry matter decomposition and nutrient release from post-grazing residual biomass and animal manure. Through animal supplementation, it was possible to increase the stocking rates (21 %), and with that a greater return via feces and urine of nitrogen was observed (38.21 kg ha⁻¹). The N return of post-grazing residue, soybean straw, and soybean grain yield did not differ between treatments. However, the exportation of N in grains had differences between the evaluated treatments, being higher for supplementation, followed by legume and control (242.11; 230.87 and 220.77 kg ha⁻¹, respectively). The amount of nitrogen exported in the body of beef cattle did not differ between treatments, with an average of 5.39 g kg LW⁻¹. Considering the total cycling in the system, the total export averaged 239.2 kg ha⁻¹, not being significantly influenced by the treatments evaluated. A greater return of N (average 227,64 kg ha⁻¹) was observed where there was presence of legume and animal supplementation. Supplementation and inclusion of legume are alternatives to increase the amount of nitrogen returned in integrated agricultural production systems.

Keywords: nitrogen export; animal export; nitrogen return; intercropped pasture; sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 - Liberação de nitrogênio do resíduo pós pastejo (Figura A) e das fezes (Figura B) entre os tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento) em avaliações realizadas até 160 dias após a distribuição dos <i>litter bags</i> na área na superfície do solo durante o cultivo da soja.	49
Gráfico 2 - Retorno total de nitrogênio por hectare em sistema integrados de produção agorpecuária sob uso de diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).	58
Gráfico 3 - Balanço de nitrogênio por hectare em sistema integrado de produção agropecuária sob uso de diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso vivo médio, carga animal e massa de resíduo da pastagem anterior ao plantio da soja em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa; Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).....	41
Tabela 2- Concentrações de nitrogênio nas amostras obtidas por simulação de pastejo, no resíduo da pastagem anterior ao plantio da soja, nas fezes e na urina de bovinos de corte em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).	42
Tabela 3 - Consumo diário de matéria seca e de nitrogênio por quilograma de peso vivo e consumo diário e total de nitrogênio por hectare durante o inverno/primavera em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).	44
Tabela 4 - Produção fecal e urinária, retorno diário e total de N nas excreções por quilograma de peso vivo e por hectare e retorno de N no resíduo da pastagem anterior ao plantio de soja e total por hectare durante o inverno/primavera em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).	46
Tabela 5 – Teores de nitrogênio em UA de 450 kg e em g.kg ⁻¹ de PV dos componentes sangue, musculo+diafragma, gordura da carcaça, gordura do TGI, pulmão+traqueia, rabo, TGI, vitais, osso+pata+cabeça e couro+orelha de bovinos de corte sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).	52
Tabela 6 – Estimativa da quantidade N presente em animais bovinos de corte e total estimado de N exportado via animais bovinos de corte em ciclo de 90 dias de pastejo.....	54
Tabela 7 – Produção de grãos, exportação de N nos grãos, retorno de N na palhada e extração de N da soja em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).	55
Tabela 8 - Retorno, exportação e quantidade total ciclada de nitrogênio em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).....	57
Tabela 9 - Balanço de nitrogênio por hectare em sistema integrado de produção agropecuária sob uso de diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).	59
Tabela 10 - Quantidade total de nitrogênio rastreado, entradas de nitrogênio por hectare e porcentagem de exportação pelo animal e pela soja em sistemas integrados de produção agropecuária sob uso de diferentes tratamentos	

**(Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém +
Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).....61**

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	15
2.1	Objetivo Geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1	Produção agropecuária em sistema de integração lavoura-pecuária	16
3.3	Efeito do animal sobre a ciclagem do nitrogênio.....	18
3.4	Suplementação animal em sistemas integrados de produção agropecuária.....	21
3.5	Pastagens consorciadas em sistemas integrados de produção agropecuária.....	23
4	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1	Delineamento experimental	27
4.2	Tratamentos	27
4.3	Animais Experimentais	27
4.4	Pastagem e suplementação.....	28
4.5	Consumo de forragem e produção de fezes e urina	30
4.6	Decomposição e liberação de nitrogênio advindo das fezes animal e do resíduo pós-pastejo	32
4.7	Produção da soja.....	32
4.8	Análises químicas	33
4.9	Ciclagem de nitrogênio.....	33
4.9.1	Quantidade de nitrogênio contido no resíduo	33
4.9.2	Ciclagem de nitrogênio pelos animais	33
<u>4.9.2.1</u>	<u>Consumo de nitrogênio pelos animais.....</u>	<u>33</u>
<u>4.9.2.2</u>	<u>Quantidade de N presente nas fezes e urina.</u>	<u>34</u>
<u>4.9.2.3</u>	<u>Retenção de nitrogênio pelos animais.....</u>	<u>35</u>
4.9.3	Ciclagem de nitrogênio pela cultura da soja	37
4.9.4	Ciclagem de nitrogênio total do sistema.....	37
4.9.5	Balanco de nitrogênio no sistema.....	38
<u>4.9.5.1</u>	<u>Entradas de nitrogênio</u>	<u>38</u>
<u>4.9.5.2</u>	<u>Saídas de nitrogênio do sistema</u>	<u>38</u>
<u>4.9.5.3</u>	<u>Balanco de nitrogênio.....</u>	<u>39</u>

4.9.6	Quantidade total de nitrogênio rastreado	39
4.9.7	Exportação de nitrogênio (%)	39
<u>4.9.7.1</u>	<u>Exportado via animal</u>	<u>39</u>
<u>4.9.7.2</u>	<u>Exportado via soja</u>	<u>39</u>
4.10	Análise Estatística	40
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
6	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda para a produção de alimentos é um assunto amplamente discutido no meio científico e acadêmico, tendo em vista que a tendência atual é que se produza cada vez mais em menos espaço, com isso, vários fatores são estudados para que os recursos naturais sejam mantidos. Segundo dados da CONAB (2019) o Brasil tem alto destaque na produção agrícola, onde 7,3% da área total é voltada para o desenvolvimento de grãos e 18,6% para pastagens.

Essas culturas para desenvolverem seu potencial máximo requerem extensa adubação de solos, e uma vez que a base alimentar dos animais ruminantes no Brasil é predominantemente a pasto são necessárias tecnologias que elevem a produção de proteína animal, bem como de grãos e demais culturas dependentes do solo, que é considerado um recurso natural não renovável.

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) surgem com a proposta de produzir alimentos de forma sustentável, possuindo diversos propósitos estudados no mundo todo, um deles é o de proporcionar a ciclagem de nutrientes dentro do sistema. A sua migração para a sustentabilidade está atrelada ao associar cultivos agrícolas com a produção animal, explorando as relações sinérgicas entre os componentes do sistema. Processos biogeoquímicos são estudados para analisar o comportamento dos nutrientes em sistemas que integram atmosfera-plantas-animal-solo.

O nitrogênio (N) é o macronutriente mais exigido pelas plantas, altas proporções deste elemento são requeridas para obter sucesso na produção agropecuária. A soja (*Glycine max* L.) é uma cultura exigente e que exporta altas quantidades de N para a produção de grãos, pequena parte é retornada ao sistema através dos resíduos culturais. O balanço inadequado de nutrientes no solo causa a diminuição da eficiência das plantas ao se desenvolverem, por isso os compartimentos que compõem o sistema devem ser estudados.

Uma das variáveis a se analisar para obter uma ciclagem de nitrogênio que favoreça o SIPA, é a alimentação fornecida aos bovinos, uma vez que no componente pastagem, maior parte dos nutrientes é retornado via resíduo pós pastejo e via excreções animais. A proporção dos nutrientes ingeridos no pasto, que fica retida no corpo do animal é considerada pequena. Ainda são escassos os estudos sobre a quantidade de N na composição corporal de bovinos de corte, e o quanto um animal

retêm desse nutriente durante um ciclo de pastejo. Essas informações precisam avançar para entender melhor os processos de ciclagem, e subsidiar dados para manter um balanço de nutrientes adequado no sistema.

Na região sul do Brasil as gramíneas mais utilizadas no sistema de integração animal compreendem aveia (*Avena strigosa* S.) e azevém (*Lolium multiflorum* L.), porém a capacidade de suporte de gramíneas temperadas é menor comparada às tropicais. Alternativas para intensificar a produção de bovinos de corte são estudadas, e com isso a suplementação animal entra como opção em períodos de escassez, visto que sua disposição energética para os animais tende a ter efeito substitutivo da pastagem, que ocorre quando a forragem apresenta elevado teor de proteína bruta, aumentando a capacidade de suporte do pasto e conseqüentemente podendo aumentar a unidade animal por área.

Um fator imprevisível e que limita a utilização do suplemento é sua variabilidade econômica, que muitas vezes se torna inviável pelo alto custo, portanto buscam-se novas alternativas para não afetar a rentabilidade da produção cárnea no período de inverno. O consórcio entre gramíneas e leguminosas vem sendo amplamente estudado pois, é possível melhorar a qualidade nutricional alimentar tendo como base somente a pastagem. O consórcio entre as pastagens além de fornecer forragem de qualidade aos animais, pode manter resíduo de vegetação e esterco de maior qualidade em detrimento da composição nutricional da dieta, tornando a ciclagem de nutrientes mais efetiva.

Pesquisas anteriores relatam que em sistemas consorciados têm-se aumento da fitomassa, da qualidade da forragem, e efeitos benéficos para a cultura sucessora, onde observou-se produção de soja 8% maior em áreas que no inverno eram compostas de pastagens consorciadas a gramíneas e leguminosas, ao comparar com o monocultivo (Silva *et al.*, 2022).

Considerando os benefícios do SIPA, o retorno de nitrogênio sobre todos os componentes do sistema pode ser maximizado pelo consórcio de gramíneas com leguminosa e pela suplementação animal, podendo ainda trazer resultados benéficos para a produção da cultura sucessora.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Objetiva-se avaliar em um sistema integrado de produção agropecuária, se a ciclagem de nitrogênio e a produção da cultura de soja no verão é influenciada pelo uso de leguminosa e suplementação na produção de bovinos de corte no inverno.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o retorno de nitrogênio, a decomposição e liberação do nutriente de resíduos vegetais pós-pastejo, fezes e urina dos animais;
- Quantificar quanto os animais consomem e o quanto retém de nitrogênio no sistema;
- Mensurar o nitrogênio contido em animais bovinos de corte a fim de verificar a taxa de exportação desse nutriente;
- Avaliar a exportação de nitrogênio pelos grãos de soja;
- Avaliar o efeito da leguminosa e da suplementação energética na ciclagem do nitrogênio;
- Determinar se sob influência dos tratamentos, existem diferenças no retorno e na exportação total de nitrogênio no sistema, na quantidade total de nitrogênio ciclado, e na produtividade da soja;
- Calcular o balanço de N em um sistema integrado de produção agropecuária.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Produção agropecuária em sistema de integração lavoura-pecuária

Definir práticas sustentáveis se tornou prioridade para evitar que até 2050 os insumos não sejam suficientes ou o custo ambiental para sua produção não seja sustentável, visto que a demanda de fertilizantes tende a aumentar para manter a produção de alimentos de acordo com o crescimento populacional. (MOGOLLÓN *et al.*, 2018).

Os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA) através do manejo correto do solo, de plantas e animais trazem sustentabilidade pela ciclagem de nutrientes, o ciclo ocorre entre atmosfera-planta-animal-solo, onde os processos correspondem à transferência de nutrientes entre as quatro variáveis citadas, mantendo o sistema em equilíbrio (ANGHINONI *et al.*, 2011).

Um assunto que vêm sendo abordado é sobre a competição alimentar entre herbívoros domésticos e humanos. Essa competição ocorre de forma indireta, quando forragens são produzidas em áreas adequadas para produção de grãos (LEMAIRE *et al.*, 2014). Os sistemas integrados permitem reduzir essa preocupação, ao produzir proteína animal e grãos na mesma área.

Além disso, a degradação de grandes áreas devido ao pastoreio, a necessidade de expansão do cultivo de grãos e a baixa produtividade pecuária durante o inverno no Brasil, torna o SIPA ainda mais vantajoso tanto para os agricultores quanto para o meio ambiente (SALTON, *et al.*, 2014). Presume-se que metade dos alimentos do mundo já são produzidos dentro desses sistemas, alimentando dois terços da população mundial (HERRERO *et al.*, 2010; BELL E MOORE, 2012).

Em 2021 a soja encerrou com o plantio de 40,7 milhões de ha⁻¹, obtendo um aumento de 3,8% em relação ao ano anterior (CONAB, 2022). O aumento de área foi incentivado principalmente pela alta dos preços internacionais, aliado ao dólar elevado dos últimos anos (CONAB, 2021).

No Paraná o cultivo de soja representou 36,8% do total das exportações do estado no ano de 2020 (BRASIL, 2021). Portanto, a economia do país e a taxa de câmbio influenciam o produtor na escolha da cultivar e nos resultados a campo, por isso em sistemas de produção de alta escala a cultura mais comumente utilizada

na integração é a soja, que se destaca por sua adaptabilidade e retorno econômico satisfatório (BALBINOT *et al.*, 2009; GLÉRIA *et al.*, 2017).

No entanto, existem desafios para atingir altos rendimentos com a mesma, sendo estes as condições ambientais, o manejo da cultura, a qualidade do solo e o suprimento de nutrientes para as plantas (SILVA *et al.*, 2014). Em relação às condições ambientais, prever e evitar maiores danos através da integração garante a sustentabilidade do cultivo de soja, trazendo um maior aproveitamento da área (FRANCO *et al.*, 2020).

O nutriente mais requerido para a soja é o nitrogênio (N), que tem participação no processo de crescimento vegetal estando presente também na formação de aminoácidos, proteínas, enzimas e na molécula de clorofila (NOGUEIRA *et al.*, 2010).

Segundo Seixas *et al.* (2020), o nitrogênio é o macronutriente mais acumulado e exportado nos grãos da soja, são 187 kg ha⁻¹, sendo que para fósforo e potássio os valores são de 16,1 e 61 kg ha⁻¹, respectivamente. Sabendo que o teor de proteína bruta (PB) dos grãos é elevado, a deficiência de nitrogênio pode além de comprometer o teor de PB nos grãos, acarretar na redução do crescimento radicular, alteração na arquitetura radicular, redução da biomassa da planta, e fotossíntese reduzida (KISHOREKUMAR, 2020).

Desde 1960 pesquisas vêm sendo desenvolvidas para adequar a quantidade necessária de N para garantir a produtividade da soja, mas desde então, percebeu-se que quando ocorre simbiose efetiva, não há necessidade de adubação nitrogenada (CRISPINO, 2001). Através da fixação biológica de nitrogênio, característica de plantas leguminosas, a necessidade de aplicação de doses excessivas de compostos nitrogenados é reduzida, o que possibilita uma agricultura menos agressiva ao ambiente (MARIN *et al.*, 1999).

Contudo o requerimento de N pela soja pode ser atendido através da mineralização da matéria orgânica e da fixação simbiótica (HUNGRIA *et al.*, 2006). Portanto, a importância da ciclagem do N nos sistemas de integração, é por ele ser um construtor de organismos, ou seja, é essencial aos microrganismos que necessitam do nutriente para formar proteína em sua composição, e trabalhar eficientemente na decomposição da matéria orgânica, a qual será

consequentemente aproveitada pelas plantas (LOPES, 1998; ANGHINONI e ASSMANN, 2011).

Os avanços sobre a ciclagem desse nutriente estão progredindo no Brasil, abordando diversos fatores que influenciam no ciclo, como a escolha da forragem; a intensidade de pastejo; a velocidade de degradação da biomassa residual pós pastejo e do esterco animal; e os atributos físicos do solo (LUNARDI *et al.*, 2008; KRUTZMANN *et. al*, 2013; DEBIASI e FRANCHINI, 2012; GHIZZI, 2015; SILVA *et. al*, 2022).

A partir da ciência agrícola atual é possível afirmar que a ciclagem e a incorporação de nutrientes têm aumentado o rendimento de grãos das culturas (SANTOS *et al.*, 2013). Lunardi *et al.* (2008), observaram rendimentos de 1.380 e 980 kg ha⁻¹ de soja para áreas pastejadas e sem pastejo, respectivamente, mesmo em situação de déficit hídrico. Em áreas com pastejo, ocorre a deposição de dejetos pelos animais, sendo altamente considerável a concentração de nitrogênio resultante destes e depositada ao solo, que afeta diretamente o aporte do nutriente nesses sistemas (ASSMANN, 2013).

Outro fator que afeta positivamente a cultura sucessora, é que em SIPA, ao utilizar a pastagem na fase pecuária, ocorre melhora na estrutura do solo, através da palhada produzida (resíduo pós-pastejo), e do sistema radicular das gramíneas (LOSS *et al.* 2011).

Contudo, são inúmeras as vantagens ao se adotar um sistema que integre lavoura e pecuária, em contrapartida é crucial entender e quantificar os processos que envolvem a ciclagem dos nutrientes para obter o melhor aproveitamento e alcançar o sucesso em ambas as produções.

3.3 Efeito do animal sobre a ciclagem do nitrogênio

Quando a produção bovina é realizada predominantemente a pasto em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, os animais são muito eficientes em reciclar o nitrogênio (ASSMANN *et al.*, 2017). No entanto, nesses sistemas, a entrada dos nutrientes é modificada, porque passam pelo sistema digestório dos ruminantes retornando via esterco animal (fezes e urina), modificando a dinâmica dos mesmos (LIMA, 2021). Por isso, os herbívoros têm alta influência na alteração

da qualidade dos resíduos, tanto animal como vegetal, e na decomposição da matéria orgânica (SHARIFF *et al.*, 1994).

Aproximadamente 75-90% do nitrogênio (N) ingerido pelos animais alimentados por pasto é devolvido ao solo através da excreção de fezes e urina, sendo a urina a principal via de eliminação do excesso de N consumido pelos animais (SAGGAR *et al.*, 2013; LESSA *et al.*, 2014). Segundo Chadwick *et al.* (2018) o N excretado via urina depende do teor de proteína bruta do pasto, da raça e idade do gado.

No entanto, Lima *et al.* (2019) descreveram que o N da urina se comporta no solo conforme as condições climáticas, as características químicas, físicas e biológicas do solo e necessidade fisiológica das plantas, podendo permanecer ciclando no sistema ou sendo perdido em forma de amônia. É possível reduzir essas altas perdas de N através da dieta dos animais ruminantes, utilizando-se da suplementação energética. Isso ocorre porque o nível de energia da dieta, tipos e taxas de inclusão de carboidratos associados a volumosos diminuem a excreção de nitrogênio em ruminantes ao melhorar o aproveitamento da proteína dos alimentos pelos animais (HRISTOV *et al.*, 2011).

Em relação à deposição fecal, a resposta instantânea na produção da cultura em questão é muito menor quando comparado com a urina, porque a liberação de N inorgânico desse esterco é um processo lento (LANTINGA *et al.*, 1987). Estudos demonstram que o que mais afeta a ciclagem do N fecal é a taxa de decomposição das fezes e não a quantidade de PB na dieta (CHIAVEGATO, CONGIO E SILVA, 2018). Contudo, os efeitos visíveis do N das fezes podem durar até dois anos, sendo considerado uma boa fonte de reciclagem a longo prazo (RICHARDS E WOLTON, 1976).

A transformação da matéria orgânica em compostos inorgânicos é feita através da decomposição do material, o que resulta em um processo natural de reciclagem de nutrientes (MORÃO *et al.*, 2017). O nitrogênio das fezes só pode ser utilizado pelas plantas após o processo de mineralização, portanto esse processo precisa ser considerado para um sistema de produção agrícola ambientalmente aceitável, essa mineralização vai depender da temperatura, umidade do solo, propriedades do solo, características do esterco e atividade microbiana (EGHBALL, 2000).

Para estudar a decomposição de materiais orgânicos em solos são utilizados os denominados “*litterbag’s*”, essa técnica foi empregada há mais de 50 anos, se tornando útil por isolar o material orgânico em pequenos sacos, permitindo avaliar a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes ao longo de um determinado tempo (KAMPICHLER E BRUCKNER, 2009). Informações sobre a decomposição de materiais orgânicos, incluindo os processos envolvidos, como por exemplo a mineralização de nutrientes, são importantes para o ecossistema de dados (BRADFORD *et al.*, 2016).

Para Rashid *et al.* (2013), os principais fatores determinantes para a disponibilidade de N para a cultura em questão foram a relação lignina:N das fezes bovina. Já em outro estudo após incubar diferentes tipos de amostras fecais, percebeu que a relação C:N diferiu nos 120 dias de incubação (RASHID *et al.*, 2017). É notório que a composição do esterco afeta diretamente na liberação do nitrogênio, e isso ocorre porque existem duas frações que interferem na decomposição de materiais orgânicos, a facilmente decomponível, que depende das concentrações de N e P na amostra fecal, e a fração menos decomponível que é afetada pelo teor de lignina (KUYPER, 2005).

São necessárias diversas informações sobre como funciona a dinâmica dos resíduos, e a partir disso é possível sincronizar a liberação dos nutrientes advindo dos resíduos com a necessidade de nutrientes para a cultura sucessora, e, contudo, determinar a adição de fertilização inorgânica ideal para um bom rendimento da lavoura (ASSMANN *et al.*, 2014).

Apesar dos diversos benefícios citados, ao incluir animais no sistema de integração, ainda existe uma preocupação quanto à compactação do solo, que pode atrapalhar o rendimento da lavoura no verão, porém diversas pesquisas demonstram que quando a carga animal é manejada de forma correta, esse risco é inexistente (FLORES *et al.*, 2007).

A quantidade de resíduo pós-pastejo é uma variável importante para a cultura sucessora, e ela é afetada pela taxa de lotação animal, que quando elevada há ocorrência de baixa massa de matéria seca de forragem, diminuindo a cobertura do solo e o acúmulo de palha para o sistema (FERREIRA *et al.*, 2011). Segundo estudos de Lunardi *et al.* (2008) na ausência de pastejo a massa residual foi muito

maior (8.300 kg ha⁻¹ de MS) quando comparada a pastejo moderado e baixo (798 kg e 3.084 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente).

Contudo, em experimento utilizando diferentes alturas de manejo de pastagem (10, 20, 30 e 40cm) foi constatado que para a cultura da soja, o rendimento de grãos não foi afetado pela desfolha do pasto (LOPES *et al.*, 2009).

Portanto, para ocorrer reciclagem de nutrientes em um sistema de integração lavoura pecuária, o manejo animal deve servir como manutenção, para isso, ele deve manter ao final do seu ciclo quantidade e qualidade de resíduo pós-pastejo, e produzir quantidade e qualidade de esterco, isso se torna possível através do manejo do pasto e da dieta.

3.4 Suplementação animal em sistemas integrados de produção agropecuária

A suplementação alimentar, se for economicamente viável, é uma alternativa para aumentar a eficiência na produção de bovinos de corte, principalmente em sistemas mais intensivos como os de integração Lavoura-Pecuária (BUNGENSTAB *et al.*, 2019). A principal característica da suplementação é fornecer nutrientes que estão em menor quantidade na pastagem, a fim de atender as exigências nutricionais dos animais, proporcionando maior desenvolvimento aos mesmos (REIS *et al.* 2009).

Além disso, com a oferta do suplemento é possível também realizar o manejo da pastagem de formas diferentes, isso ocorre através do efeito aditivo, substitutivo ou aditivo/substitutivo, tal efeito é causado pelo tipo e nível de suplemento fornecido ao animal (PIZZUTI *et al.*, 2012). No efeito aditivo, ocorre aumento no consumo total de matéria seca, onde que o consumo de forragem é estável, mas a adição é devido ao suplemento fornecido, o que favorece o ganho médio diário dos animais (MOORE, 1980; TONELLO *et al.*, 2011).

Já no efeito substitutivo, o animal reduz o consumo de pasto em decorrência do suplemento, sem afetar o consumo de matéria seca total, ocasionando maior capacidade de suporte das pastagens, aumentando o desempenho individual e por área dos animais (SCHEEREN, 2022). Esse efeito permite manejar pastos sem reduzir a população de perfilhos e diminuindo o risco de degradação (SANTOS *et al.*, 2020; REIS *et al.*, 2009).

Esses efeitos ocorrem porque o fornecimento do suplemento influencia no

comportamento ingestivo dos bovinos em pastejo, causando interações a nível ruminal, onde que o consumo de pasto será alterado conforme a quantidade e tipo de suplemento fornecido (FERNANDES *et al.*, 2021). De todo modo é imprescindível avaliar a qualidade da forragem para determinar o tipo de suplemento, para suprir as necessidades e atingir o objetivo de produção (SILVA *et al.*, 2009).

Em espécies forrageiras de estação fria, que são consideradas de alto valor nutritivo, o efeito do suplemento energético traz a possibilidade de aumentar a taxa de lotação animal, pois em geral ocorre redução na ingestão de matéria seca do pasto por unidade consumida de matéria seca do suplemento (PÖTTER *et al.*, 2009). Na região sul do Brasil as gramíneas mais utilizadas no sistema de integração animal são a aveia (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*), por possuírem qualidade e acessibilidade econômica (SOUZA *et al.*, 2017). Essas gramíneas temperadas, em relação às pastagens tropicais têm maior teor de proteína bruta, maior digestibilidade e maior conteúdo total e solúvel de nitrogênio (AMARAL *et al.*, 2011).

Para Koscheck *et al.* (2011), em forragens com teor de PB maior que 12% o nitrogênio é o nutriente mais facilmente perdido pela baixa eficiência na utilização pelo animal, mas é possível reduzir essas perdas com a suplementação energética. O sincronismo entre energia e proteína na dieta de bovinos de corte é determinante para diminuir impactos ambientais causados pelo nitrogênio, o suplemento energético em pastagens com elevadas quantidades de PB pode resultar em melhor eficiência do uso do N pelo animal, evitando perdas via urina (REIS *et al.*, 2010).

Contudo, a viabilidade econômica da suplementação energética deve ser avaliada, pois depende da relação entre preço da arroba e preço do suplemento. Segundo trabalho de Hellbrugge *et al.* (2008) novilhos de corte podem conseguir um kg de ganho de peso adicional com 5,5 kg de suplemento energético em pastagens de azevém. Novilhas em pastagem de aveia e azevém recebendo 1,5% do PV de suplementação energética tiveram ganho médio diário (GMD) de 0,936 kg/animal/dia enquanto animais não suplementados tiveram um ganho de 0,751 kg/animal/dia (PILAU *et al.*, 2004).

Em observações de Menezes *et al.* (2012) a suplementação com milho moído possibilitou um maior GMD (0,749 kg/dia) quando comparado a não suplementados (0,594 kg/dia), na recria de bezerros em pastagem de aveia preta. Já para novilhos suplementados em pastagem de aveia e azevém houve 47% a mais de ganho de peso vivo por hectare em relação àqueles mantidos somente em pastagem de aveia e azevém consorciada com leguminosa, consequência do efeito substitutivo (LAZZAROTTO *et al.*, 2019).

A suplementação além de ser limitada por conta da variabilidade econômica, não deixa de ser uma alternativa viável, podendo resultar em maiores lucros no componente animal em sistemas integrados de produção agropecuária. Pode ainda se considerar uma alternativa ambientalmente vantajosa, visto que na produção animal o manejo ambiental se inicia na nutrição, porque de fato é o que interfere no retorno de nutrientes via excretas (fezes e urina).

Portanto o efeito do animal suplementado na produção agrícola pode ser direcionado à mudanças na adubação nitrogenada para a cultura sucessora, que pode vir a ser menor em modos de produção que adotam a suplementação com intuito de aumentar a carga animal por área, e como consequência disso ocorrerá maior deposição de dejetos no local, favorecendo a cultura sucessora com o aporte de nutrientes no solo.

3.5 Pastagens consorciadas em sistemas integrados de produção agropecuária

O consórcio de gramíneas e leguminosas em SIPA pode ser considerado altamente sustentável para o ecossistema. Estudos anteriores demonstram que o consórcio pode aumentar a produtividade, melhorar a qualidade nutricional, a atividade microbológica do solo, trazendo benefícios para as culturas sucessoras, proporcionando maiores rendimentos (SILVA *et al.*, 2022).

Portanto, dentre as principais técnicas para implantar a ILP, que são usar espécies de plantas e animais específicos do local, introduzir o consórcio de gramíneas e leguminosas na fase de pastagem vêm sendo amplamente estudado, que são geralmente cultivadas na entressafra após a soja (PIRES *et al.*, 2021).

Para o componente pecuária, o consórcio de gramíneas com leguminosas aumenta o valor nutricional total da dieta, promovendo melhorias na produção animal (POPPI E MC LENNAN, 1995; LAROCCA *et al.*, 2018). Estudos de Scheeren

(2022) demonstram que o consórcio com leguminosa aumentou 10% o GPV ha⁻¹, quando comparado somente a gramíneas. Os autores Hirai *et al.* (2015) ao comparar o consórcio com a suplementação animal, demonstram que o consórcio é viável na produção de bovinos de corte, pois é possível obter resultados intermediários sobre desempenho animal, mostrando ser uma boa alternativa quando a suplementação energética estiver onerosa.

Como no verão a cultura mais comumente utilizada na integração é a soja e altas quantidades de nutrientes são exportados pela mesma, é necessário planejar o uso da terra durante o inverno, para favorecer a cultura no verão (BALBINOT *et al.*, 2009). Laroca *et al.* (2018) observaram que o consórcio da leguminosa no inverno reflete em um aumento na produtividade da soja no verão.

Estudos de Aguirre *et al.* (2016) encontraram resultados de que uma gramínea consorciada com trevo vesiculoso apresenta mesmo valor nutritivo que uma pastagem adubada com 200 kg de ha⁻¹ N ano. Assmann *et al.* (2017) evidenciaram que a presença do trevo estabiliza teores de nitrogênio quando comparado com áreas não pastejadas e que houve aplicação de adubo nitrogenado.

O trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi) é uma forrageira leguminosa perene de inverno, e pode proporcionar um aumento na fertilidade do solo (OVALLE *et al.*, 2010). Há um tempo, no Sul do Brasil, a inserção das leguminosas de inverno vêm sendo estudada como uma alternativa para reduzir a adubação nitrogenada nas culturas de verão (ASSMANN *et al.*, 2007). Isso se concretiza porque as plantas de cobertura leguminosas têm a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, obtendo menor relação carbono/nitrogênio (C/N), o que aumenta o teor e disponibilidade de nitrogênio nos solos (OLIVEIRA, 2014).

Já em termos de eficiência de uso de nitrogênio, o fornecido pelas leguminosas é maior do que o aplicado por meio de adubação mineral, o que estimula o crescimento das plantas e a qualidade da biomassa (WRUCK, BEHLING e ANTONIO, 2015). Pesquisas anteriores de Guareschi; Pereira e Perin (2012) ao avaliarem os resíduos vegetais, perceberam aumento dos teores de C e N no solo em áreas de consórcio entre gramíneas e leguminosas. Silva *et al.* (2022) relataram que o consórcio com leguminosas além de melhorar a atividade da biomassa microbiana do solo, aumentou a produção de matéria seca da soja.

Embora existam muitos estudos que ressaltam os benefícios da inclusão de leguminosa em consórcio com gramíneas, se faz necessário investigar como otimizar ainda mais o uso dessa alternativa na integração lavoura-pecuária. A capacidade do sistema ciclar nutrientes depende da qualidade dos resíduos deixados ao solo (vegetal e animal), que varia entre espécies forrageiras (gramíneas e leguminosas).

Já a liberação do nitrogênio advinda desses materiais depende do teor de nutriente encontrado, da relação C/N, da composição do solo e das condições climáticas da região, que influenciam diretamente na velocidade de degradação do material forrageiro. Portanto estudos sobre a ciclagem de nitrogênio em sistemas que consorciavam gramíneas e leguminosas devem ser mais bem aprofundados para entender o alcance da sustentabilidade através dessa alternativa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre maio de 2020 a março de 2021 e conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. A área experimental está localizada a 25° 33' Sul e 51° 29' Oeste e tem altitude média de 1.095 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen - Geiger, é do tipo Cfb (ALVARES *et al.*, 2013).

A área experimental possui sete hectares, onde a implantação do experimento de inverno com a semeadura da pastagem hibernal foi realizada no dia 06 de maio de 2020. Toda a área foi cultivada com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam); sendo que em 2.1 hectares da área total houve o consorcio com trevo vesiculoso (*Trifolium vesiculosum* Savi), cultivar BRS Piquete.

O modo de semeadura foi em linha para as gramíneas e a lanço para leguminosas. A densidade de semeadura adotada foi de 55 kg ha⁻¹ de sementes de Aveia Preta, 25 kg ha⁻¹ de sementes de Azevém e 10 kg ha⁻¹ de sementes de Trevo Vesiculoso, onde que foi realizada quebra da dormência para as sementes leguminosas.

No momento da semeadura foi aplicada a adubação de base utilizando 250 kg ha⁻¹ da formulação 8-20-15, composto por nitrogênio, fósforo na forma de P₂O₅ e potássio K₂O. Houve duas aplicações, em igual fração, de ureia a lanço (45% N) durante o período experimental, a primeira no perfilhamento da pastagem e a segunda 50 dias após, que totalizou 75 kg ha⁻¹ de N.

No verão foi implementada a cultura da soja (*Glycine max* L.) cultivar TMG 7062, em semeadura direta no dia 12 de novembro de 2020. Antes da semeadura da soja foi realizada a dessecação do resíduo da pastagem, utilizando 3 L ha⁻¹ de herbicida a base de glifosato, produto comercial.

A densidade de semeadura da cultura da soja foi de 10 plantas por metro, totalizando 222.222 plantas por hectare. A proporção de adubo utilizado na linha de plantio foi 350 kg ha⁻¹ da formulação 2-20-18 composto por nitrogênio, fósforo na forma de P₂O₅ e potássio K₂O.

O experimento passou por duas fases, no inverno, no período de 90 dias, ocorreu as avaliações no componente pecuária e posteriormente no verão análises de produtividade da soja no componente lavoura.

A área experimental foi dividida em dez piquetes possuindo em média 0,7 ha cada, onde seis destes foram compostos por pastagem de aveia e azevém, sendo que um permaneceu em pousio utilizado para manutenção de animais reguladores. Os três piquetes restantes foram compostos de pastagem de aveia e azevém consorciada com trevo vesiculoso.

4.1 Delineamento experimental

Foram realizados dois experimentos no inverno, os quais ocorreram concomitantemente na mesma área experimental.

O delineamento experimental utilizado para a avaliação do componente animal, desempenho animal, variáveis referentes às respostas produtivas e qualitativas do pasto e da soja (experimento I) foi o de Blocos ao Acaso, com 3 tratamentos (testemunha, leguminosa e suplementação) e 3 repetições (bloco).

Para determinação do consumo, produção fecal e de urina, e digestibilidade do pasto (experimento II) foi utilizado um duplo quadrado latino 3 x 3 (três tratamentos x três período de avaliação) repetido no tempo.

4.2 Tratamentos

Os três tratamentos foram: Testemunha: aveia + azevém; Leguminosa: aveia + azevém + trevo vesiculoso e Suplementação: aveia + azevém + animais recebendo suplementação (1 % do peso vivo).

4.3 Animais Experimentais

Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa no Uso de Animais em Experimentos (CEUA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos (UTFPR-DV), sob o protocolo 2020-11.

Para o experimento I foram destinados 21 animais machos de cruzamento comercial com predominância da raça Angus, com idade média inicial de 25 ± 3 meses e peso vivo médio de 444,5 kg. Três animais da mesma raça e composição corporal foram abatidos no início do experimento, considerados como animais referência, representando o dia zero. Os 18 restantes considerados como animais *testers* foram divididos por tratamento, sendo 2 animais por repetição.

Para o experimento II foram utilizados 6 animais da raça Jersey com idade média inicial de 6 meses e peso vivo médio de 112 kg. Eles foram divididos em dois animais por tratamento, de forma que ao fim de três períodos as duplas passassem por todos os 3 tratamentos.

Antecedendo o período experimental os animais de ambos os experimentos foram submetidos a um período de adaptação (15 dias) às instalações, manejo de alimentação e suplemento. Os animais utilizados no experimento foram pesados no início e fim do experimento, bem como a cada 21 dias, as pesagens foram realizadas após jejum de sólidos e líquidos de 14-16 horas.

Ao final do experimento os animais *testers* foram abatidos para obtenção da quantidade de nitrogênio retido no componente animal. No frigorífico foi realizada a pesagem total de cada órgão, e a coleta de uma subamostra do órgão correspondente, inclusive o sangue, que foi pesado após a sangria total.

Para avaliar a quantidade de nitrogênio no osso, no músculo e na gordura as carcaças foram seccionadas ao meio, foi coletada uma amostra através de um corte transversal entre a 12^a e a 13^a costela da meia carcaça esquerda. Deste corte foi possível determinar a proporção de osso, músculo e gordura na carcaça inteira, separando e pesando esses componentes conforme metodologia de Hankins e Howe (1946) adaptada por Müller (1973).

Todas as subamostras dos órgãos (músculo, gordura da carcaça, gordura do trato gastrointestinal, pulmão, rabo, rumen/retículo, omaso/abomaso, coração, fígado, rins, baço, osso e couro) exceto o sangue, foram pesadas e posteriormente secas em liofilizador (aproximadamente por 72 horas) para determinação da matéria seca, e moídas em *mixer* para posteriores análises químicas. O sangue foi seco em estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 48 horas e moído em *mixer* para posteriores análises químicas.

4.4 Pastagem e suplementação

O sistema de pastejo foi o de lotação contínua com taxa de lotação variável (MOTT e LUCAS, 1952). O pastejo foi iniciado após 50 dias da semeadura das forrageiras hibernais, quando a massa de forragem atingiu, aproximadamente, 1500 kg ha⁻¹ de MS. Animais reguladores foram utilizados para manter a oferta de forragem em 9 kg de MS. 100 kg⁻¹ de peso vivo dos animais.

Para estimar a massa de forragem (kg ha^{-1} de MS) foi utilizada a técnica de dupla amostragem conforme metodologia de Wilm *et al.* (1944). Foram realizadas avaliações a cada 21 dias, e após a saída dos animais do experimento, utilizando um quadrado de 0.25 m^2 , onde o cortou-se o pasto rente ao solo, na área do quadrado, em 5 locais por piquete, realizando também mais 20 estimativas visuais nos mesmos.

Para determinar a taxa de acúmulo da pastagem, utilizou-se duas gaiolas de exclusão de pastejo por piquete, adotando a fórmula descrita por Campbell (1966) para o cálculo.

As amostras coletadas na dupla amostragem, ao final de cada período foram homogeneizadas, sendo que uma parte foi destinada à separação botânica para determinação da porcentagem de Trevo Vesículoso, e da parte estrutural da aveia e do azevém (colmo e folha). Essas amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçado à temperatura de 60°C durante 72 horas, para determinação da matéria seca.

Após a saída dos animais do experimento, também se realizou a técnica de dupla amostragem, onde que foram coletadas amostras para exclusivamente ensacar nos *litterbag's*. Essas foram secas em estufa com circulação de ar forçado à temperatura de 60°C durante 72 horas, para determinação da matéria seca e reservadas para avaliação da decomposição.

Para determinar o valor nutritivo da pastagem, amostras foram colhidas utilizando o método de simulação de pastejo descrito por Euclides *et al.* (1992). Para isso, ocorreu a observação visual (a cada 21 dias) dos animais *testers* pastejando, às 15 horas. Manualmente foram coletadas amostras similares ao que o animal estava consumindo no momento do pastejo. Uma subamostra dessas de cada piquete foi reservada e desidratada em estufa de circulação de ar forçado à temperatura de 60°C durante 72 horas, e posteriormente moída em moinho de facas tipo Willey, com peneira de 1 mm para análise de nitrogênio contido nas amostras.

Os animais do tratamento suplementação receberam o suplemento na ordem de 1% do peso vivo, o qual foi fornecido uma vez ao dia (11:30 h). O suplemento comercial foi composto por grão seco de destilaria (DDG). Em dois períodos foram coletadas amostras do suplemento e armazenadas para análise de sua composição bromatológica (Quadro 1).

Quadro 1 - Composição bromatológica do suplemento ofertado aos novilhos em fase de terminação sob pastagem de aveia preta e azevém em sistema integrado de produção agropecuária.

VARIÁVEIS	Suplemento (g kg MS ⁻¹)
MS	937,1
MO	928,4
FDN	517,4
FDA	325,78
PB	197,8
EE	37,82
DIVMS	881,2

Fonte: Autoria própria (2022).

MS= matéria seca; MO= matéria orgânica; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; DIVMS= digestibilidade in vitro da matéria seca.

Os comedouros utilizados para suplementação foram feitos de tonéis plásticos de 200 litros divididos ao meio longitudinalmente, e foram alocados a 50 cm do solo comportados por estrutura de madeira.

4.5 Consumo de forragem e produção de fezes e urina

O consumo total de forragem foi determinado conforme descrito por Astigarraga (1997): consumo (kg dia⁻¹) = produção fecal (kg MS dia⁻¹)/1-digestibilidade da MS da forragem).

Para estimar a produção fecal, utilizou-se o marcador externo dióxido de titânio (TiO₂). Para isso foi fornecido TiO₂ na quantidade de 10 g animal⁻¹, acondicionado em cartuchos de papel vegetal e introduzido diretamente no esôfago do animal com auxílio de uma sonda esofágica, uma vez ao dia (11:30 h) durante 12 dias. Os primeiros sete dias serviram para ocorrer à estabilização da concentração de TiO₂ nas fezes, enquanto os cinco dias restantes foram realizadas coletas de fezes, manualmente diretamente do reto dos animais, duas vezes ao dia (11:30 – 15:30 h) conforme proposto por Penning (2004).

As coletas foram feitas em três períodos (a cada 21 dias), onde 7 dias serviram para a adaptação dos animais aos tratamentos. Ao final de cada período foi obtida uma amostra composta de fezes (dos 5 dias de coleta) por animal, que foi congelada em freezer a -10 °C até o fim do experimento.

Para a determinação de matéria seca, posteriores análises químicas e determinação da concentração de TIO₂ nas fezes, essas amostras foram secas em

estufa com circulação de ar a 60 °C, e moídas em moinho de facas tipo Willey, com peneira 1mm.

A concentração do indicador nas amostras de fezes foi determinada por meio de espectrofotometria de absorção atômica conforme proposto por Myers *et al.* (2004). A produção fecal (PF, kg de MS dia⁻¹) foi determinada conforme equações adaptadas por Farias Filho (2018):

$$PF = \{(OF / [TiO_2]) \times 1000\} / PV, \text{ onde:}$$

PF = produção fecal (g kg PV dia⁻¹)

OF = quantidade de titânio oferecida diariamente (g dia⁻¹)

[TiO₂] = concentração de TiO₂ nas fezes (g kg⁻¹)

PV = peso vivo médio (kg)

A partir da informação da produção fecal individual (kg de fezes produzidas por cada kg de PV⁻¹) dos animais, multiplicando-se pela média da carga animal ha⁻¹, foi possível encontrar o resultado da produção em kg de MS de fezes ha⁻¹.

Foram também realizadas 5 coletas de urina por período, juntamente com a coleta de fezes. Portanto coletou-se uma alíquota spot de micção instantânea (aproximadamente 50 mL) de cada animal, através de estimulação manual a campo. A urina foi armazenada de forma individual, por animal, em frascos de polietileno.

Diariamente após o término da coleta a campo, uma parte da urina foi reservada e outra foi separada para ser acidificada. Portanto mediu-se uma alíquota de 10 mL de urina, para ser acidificada com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N), que foi armazenada também em frascos de polietileno.

Essas amostras foram congeladas em freezer a -10°C até o fim do experimento. Posteriormente foram descongeladas, filtradas e compostas por animal e período experimental, para então determinar o teor de N conforme metodologia de Kjeldahl (método 984.13, AOAC, 1997).

A quantidade de urina que foi produzida por animal durante o experimento não foi contabilizada, devido às perdas de amostras desse material. Portanto, para estimar a quantidade de urina produzida, utilizou-se dados da literatura de animais da mesma raça e que foram mantidos em tratamentos semelhantes ao presente estudo (FARIAS FILHO, 2018).

4.6 Decomposição e liberação de nitrogênio advindo das fezes animal e do resíduo pós-pastejo

Para avaliar a decomposição e liberação do nitrogênio das fezes dos animais, foram coletadas amostras dos bolos fecais dejetados na pastagem, individual de cada animal, que ocorreu de forma manual, imediatamente após observar a defecação pelo animal. As coletas foram feitas ao final de todos os quatro períodos (a cada 21 dias), onde que ao fim do experimento essas amostras foram compostas por piquete.

Para o estudo da decomposição e liberação de nitrogênio advindos da forragem foram utilizadas amostras coletadas da biomassa pastejada do último dia do experimento (após a saída dos animais).

Ambas as amostras (resíduo de pastagem e fezes) foram desidratadas em estufa de ar forçada a 60°C por 72 horas para determinação da matéria seca. Da amostra seca foram acondicionadas em torno de 20 gramas em sacos permeáveis para decomposição, contendo 400 cm² de área (20 X 20 cm), denominados de "*litterbag*". Ambos foram alocados sobre o solo após o plantio da soja, no espaço correspondente ao tratamento, simulando a decomposição natural.

Foram recolhidos três "*litterbags*" da massa residual de forragem, e dois da amostra fecal, em cada piquete, nos dias 0, 11, 22, 90, 121 e 160 dias. Essas amostras, imediatamente após a coleta foram levadas para secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas. Posteriormente foram pesadas em balança semi-analítica e por diferença de peso da amostra em relação ao peso inicial (dia 0), obtém-se a percentagem de MS decomposta.

As amostras secas obtidas após a pesagem final, foram moídas em moinho de facas tipo Willey, com peneira de 1 mm.

Foi determinado o teor de nitrogênio contido nos *litterbag's* dos dias 0, 11, 22, 90, 121 e 160, e a partir da porcentagem de decomposição do material, e da quantidade de MS residual na saída dos animais, obteve-se a liberação de nitrogênio em cada um dos dias.

4.7 Produção da soja

A colheita da soja foi realizada no dia 30 de março de 2020, onde que no momento da colheita criou-se duas subparcelas por piquete, essas foram medidas,

e após foi colhido os grãos com a colheitadeira dessas áreas em específico. Foi utilizada uma balança pesa eixo/roda para caminhão, e assim determinou-se o rendimento de grãos das parcelas. Esses dados foram utilizados para o cálculo de rendimento total de grãos (kg ha^{-1}).

No momento da colheita, também foram coletadas subamostras de grãos por parcela, as quais foram moídas em moinho de facas tipo Willey, com peneira de 1 mm para determinação do nitrogênio contido nos grãos.

4.8 Análises químicas

As análises laboratoriais para determinação do nitrogênio das amostras compostas de forragem consumida (simulação de pastejo), suplemento, soja (grão), componente animal (sangue, músculo, gordura da carcaça, gordura do trato gastrointestinal, pulmão, rabo, rúmen/retículo, omaso/abomaso, coração, fígado, rins, baço, osso e couro), urina, biomassa pós-pastejo e fezes (*litterbag's*), foram determinadas seguindo as metodologias de Kjeldahl (método 984.13, AOAC, 1997).

4.9 Ciclagem de nitrogênio

4.9.1 Quantidade de nitrogênio contido no resíduo

Através da quantidade de forragem estimada após a saída dos animais da pastagem, e do teor de nitrogênio avaliado desse material foi possível quantificar o N retornado pelo resíduo pós-pastejo, utilizando a seguinte equação:

$\text{RNmm} = (\text{RPL} \times [\text{Nres}]) / 1000$, onde:

RNmm= retorno de nitrogênio pelo resíduo pós-pastejo (kg ha^{-1})

RPL = resíduo da pastagem antecedente à implantação da lavoura (kg MS ha^{-1})

[Nres] = concentração de nitrogênio no resíduo (g kg MS^{-1})

4.9.2 Ciclagem de nitrogênio pelos animais

4.9.2.1 Consumo de nitrogênio pelos animais

Para quantificar o consumo diário de nitrogênio foram utilizados os dados da concentração do nutriente presente nas amostras obtidas por simulação de pastejo

e das estimativas do consumo de matéria seca dos animais, a partir da seguinte equação:

CN = (CMS/1000) x [Npasto], onde:

CN = consumo diário de nitrogênio (g kg PV dia⁻¹)

CMS = consumo diário de matéria seca (g kg PV dia⁻¹)

[Npasto] = concentração de nitrogênio no pasto (g kg MS⁻¹)

Obtendo o consumo diário de nitrogênio por quilograma de peso vivo, o consumo de nitrogênio por hectare, baseado pela carga animal pôde ser obtido, conforme a seguinte equação:

CNH = (CND x CA)/1000, onde:

CNH = consumo diário de nitrogênio por hectare (kg ha dia⁻¹)

CND = consumo diário de nitrogênio (g kg PV dia⁻¹)

CA = carga animal (kg PV ha⁻¹)

Para o cálculo de consumo total de nitrogênio, foi multiplicado o consumo diário de nitrogênio por hectare pelo número de dias em que os animais se mantiveram no experimento (90 dias).

4.9.2.2 Quantidade de N presente nas fezes e urina.

A partir da concentração do nitrogênio nas amostras de fezes, e da estimativa de produção fecal dos animais foi calculado o retorno diário de N das fezes, pela seguinte equação:

RNfezes = (PF/1000) x [Nfezes], onde:

RNfezes = retorno diário de nitrogênio pelas fezes (g kg PV dia⁻¹)

PF = produção diária de fezes (g kg PV dia⁻¹)

[Nfezes] = concentração de nitrogênio nas fezes (g kg MS⁻¹)

Para a urina o retorno diário de nitrogênio foi calculado a partir da concentração do nutriente presente nas amostras de urina e das estimativas da produção urinária dos animais, sendo calculado a partir da seguinte equação:

RNurina = (PU/1000) x [Nurina], onde:

RNurina = retorno diário de nitrogênio pela urina (g kg PV dia⁻¹)

PU = produção diária de urina (mL kg PV dia⁻¹)

[Nurina] = concentração de nitrogênio na urina (g L⁻¹)

Somando-se o retorno de nitrogênio pelas fezes e pela urina obteve-se o retorno diário de nitrogênio excretado (g kg PV dia⁻¹). O retorno diário de N excretado por hectare, que foi baseado pela carga animal, pôde ser obtido pela seguinte equação:

RNexcH = (RNexc x CA)/1000, onde:

RNexcH = retorno diário de nitrogênio excretado por hectare (kg ha dia⁻¹)

RNexc = retorno diário de nitrogênio excretado (g kg PV dia⁻¹)

CA = carga animal (kg PV ha⁻¹)

Para o cálculo de retorno total de nitrogênio pelos animais, foi multiplicado o retorno diário de nitrogênio excretado por hectare (kg ha dia⁻¹), pelo número de dias em que os animais se mantiveram no experimento (90 dias).

4.9.2.3 Retenção de nitrogênio pelos animais

Para o cálculo de retenção total de nitrogênio pelos animais durante o experimento, foi determinada a quantidade de N em amostras compostas ou individuais de cada animal, tanto dos animais referência (abatidos no início do experimento), como dos animais *testers*.

O sangue e o rabo foram analisados individualmente, por serem materiais diferentes dos demais. Já as amostras compostas representaram os seguintes seguimentos: músculo (músculo da carcaça e diafragma), órgãos vitais (coração, fígado, rins e baço), trato gastrointestinal TGI (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestino e reto), gorduras do TGI (gordura do rúmen e intestino), gordura corporal (gordura da carcaça e de toalete), vias respiratórias (traquéia e pulmão), osso (osso da carcaça, de patas e cabeça) e couro (couro da carcaça e orelha).

No momento do abate alguns componentes não puderam ser coletados (diafragma, reto, traquéia, patas, cabeça e orelha). Porém o peso desses componentes foi obtido, e considerado no cálculo de retenção de N pelas amostras compostas.

A multiplicação do teor de nitrogênio pelo peso seco dos órgãos resultou na quantidade total de nitrogênio presente em cada órgão. A partir da soma dos valores de nitrogênio encontrada em cada órgão, obteve-se o total de nitrogênio presente no corpo do animal.

Para determinar o quanto de nitrogênio os animais *testers* possuíam no início do experimento, foi realizada a média sobre os valores de N encontrados no corpo dos animais referência, a qual foi usada para cálculo de extrapolação, como na seguinte fórmula:

Ninicial (kg) = (Pi x Nreferência)/100, onde:

Ninicial (kg): quantidade de N dos animais no início do experimento (kg)

Pi: peso do animal no início do experimento (kg)

Nreferência: quantidade de N encontrada nos animais referência (kg)

A partir da diferença entre as quantidades de N contido na carga animal que iniciou no ensaio, com os dados encontrados de N no corpo dos animais após o abate, foi possível obter a retenção total de nitrogênio durante o experimento, conforme a equação a seguir:

Nretido (kg) = Ninicial – Nfinal, onde:

Nretido: quantidade de nitrogênio retido pelos animais durante o experimento (período de 90 dias).

Ninicial: quantidade de N dos animais no início do experimento (kg)

Nfinal: quantidade de N dos animais após o abate (kg)

O nitrogênio retido por hectare, que foi baseado pela carga animal, pôde ser obtido pela seguinte equação:

RNexcH = (Nretido x CA)/1000, onde:

RNexcH = nitrogênio retido pelos animais por hectare (kg ha⁻¹ dia⁻¹)

RNexc = nitrogênio retido pelos animais durante o experimento (g kg de PV dia⁻¹)

CA = carga animal (kg ha⁻¹ de PV)

4.9.3 Ciclagem de nitrogênio pela cultura da soja

A partir da concentração do nutriente presente nos grãos e das estimativas de produção de grãos, foi calculada a exportação de nitrogênio pela cultura da soja a partir da seguinte equação:

ENgrão = (PG x [Ngrão])/1000, onde:

ENgrão = exportação de nitrogênio pelos grãos de soja (kg ha⁻¹)

PG = produção de grãos de soja (kg ha⁻¹)

[Ngrão] = concentração de nitrogênio nos grãos de soja (g kg⁻¹)

Para determinar o retorno de nitrogênio pelos resíduos da cultura da soja foram utilizados como referência dados do manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (PAVINATO *et al.*, 2017).

A extração total de nitrogênio pela cultura da soja, foi calculada a partir da soma do retorno de nitrogênio pelos resíduos e da exportação de nitrogênio pelos grãos, pela seguinte equação:

EXTN = ENgrão + RNresíduo, onde:

EXTN = extração de nitrogênio pela cultura da soja (kg ha⁻¹)

ENgrão = exportação de nitrogênio pelos grãos de soja (kg ha⁻¹)

RNresíduo = retorno de nitrogênio pelos resíduos da cultura da soja (kg ha⁻¹)

1)

4.9.4 Ciclagem de nitrogênio total do sistema

A partir da soma dos retornos durante o período de inverno/primavera (através das fezes, urina e resíduos da pastagem) com o retorno durante o período de verão (resíduo da soja), foi calculado o retorno total de nitrogênio pela seguinte fórmula:

RTS = RTI + RNresíduo, onde:

RTS = retorno total de nitrogênio no sistema (kg ha⁻¹)

RTI = retorno total de nitrogênio por hectare durante o inverno (kg ha⁻¹)

RNresíduo = retorno de nitrogênio pelos resíduos da cultura de soja (kg ha⁻¹)

1)

Já para a exportação total de nitrogênio somou-se a da quantidade de nitrogênio exportada pelos animais com a quantidade de nitrogênio exportada pela soja, sendo utilizada a seguinte equação:

ETN = REI + ENgrão, onde:

ETN = exportação total de nitrogênio no sistema (kg ha⁻¹)

REI = retenção total de nitrogênio por hectare durante o inverno (kg ha⁻¹)

ENgrão = exportação de nitrogênio pelos grãos de soja (kg ha⁻¹)

4.9.5 Balanço de nitrogênio no sistema

4.9.5.1 Entradas de nitrogênio

Para o cálculo de entradas de nitrogênio no sistema foi considerado além da adubação de plantio/cobertura e fixação da soja, a entrada via consumo de suplemento, onde para isso, realizou-se o seguinte cálculo:

ENS = ConsNsup * CA * 90 dias, onde:

ENS = Entrada de nitrogênio via suplemento (kg ha⁻¹)

ConsNsup = Quantidade de nitrogênio consumido via suplemento (g kg⁻¹ de PV dia⁻¹)

CA = Carga animal (kg de PV ha⁻¹)

Portanto as entradas totais de nitrogênio no sistema foram estimadas como:

ENT = ENA + ENFS + ENS, onde:

ENT = Entrada total de nitrogênio no sistema (kg ha⁻¹)

ENA = Entrada de nitrogênio via adubo plantio e cobertura (kg ha⁻¹)

ENFS = Entrada de nitrogênio via fixação da soja (kg ha⁻¹)

ENS = Entrada de nitrogênio via suplemento (kg ha⁻¹)

4.9.5.2 Saídas de nitrogênio do sistema

Para o cálculo de saídas de nitrogênio no sistema foi considerado a retenção via animal e exportação da soja, realizando o seguinte cálculo:

SNT = Nretido + EXTN, onde que:

SNT = Saídas de nitrogênio total (kg ha⁻¹)

Nretido: quantidade de nitrogênio retido pelos animais durante os 90 dias (kg ha⁻¹)

EXTN = quantidade de nitrogênio exportada pela soja (kg ha^{-1})

4.9.5.3 Balanço de nitrogênio

Ao subtrair as entradas pelas saídas de nitrogênio no sistema, foi possível determinar o balanço total, através do seguinte cálculo:

BALN = EN – ES, onde que:

BALN = Balanço de nitrogênio por hectare (kg ha^{-1})

EN = Entradas de nitrogênio no sistema (kg ha^{-1})

ES = Saídas de nitrogênio do sistema (kg ha^{-1})

4.9.6 Quantidade total de nitrogênio rastreado

Para rastrear a quantidade total de nitrogênio no sistema durante todo o período (inverno/primavera/verão), realizou-se o seguinte cálculo:

Nrastreado = RNmm + RNexch + EXTN + RNexch

Nrastreado = Quantidade total de nitrogênio rastreado (kg ha^{-1})

RNmm= retorno de nitrogênio pelo resíduo pós-pastejo (kg ha^{-1})

RNexch = retorno diário de nitrogênio excretado (fezes + urina) em 90 dias (kg ha^{-1})

EXTN = extração de nitrogênio pela cultura da soja (kg ha^{-1})

RNexch = nitrogênio retido pelos animais por hectare nos 90 dias (kg ha^{-1})

4.9.7 Exportação de nitrogênio (%)

4.9.7.1 Exportado via animal

Para determinar o teor de nitrogênio que foi exportado pelos animais, durante os 90 dias do experimento, utilizou-se o seguinte cálculo:

NexpA = (RNexch *100) / ETN, onde:

NexpA = Quantidade de nitrogênio exportado via animal (%)

RNexch = nitrogênio retido pelos animais em 90 dias (kg ha^{-1})

ETN = exportação total de nitrogênio no sistema (kg ha^{-1})

4.9.7.2 Exportado via soja

Para determinar o teor de nitrogênio que foi exportado pela soja, utilizou-se o seguinte cálculo:

NexpS = (ENgrão * 100) / ETN, onde:

NexpS = Quantidade de nitrogênio exportado via soja (%)

ENgrão = exportação de nitrogênio pelos grãos de soja (kg ha⁻¹)

ETN = exportação total de nitrogênio no sistema (kg ha⁻¹)

4.10 Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo teste F a um nível de significância de 5%, e quando apresentaram significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base no experimento, o peso vivo médio dos animais e o resíduo da pastagem não diferiram entre os tratamentos avaliados (Tabela 1), apresentando médias de 499,86 kg de peso vivo (PV) e 1768,1 kg ha⁻¹ de matéria seca (MS), respectivamente.

A carga animal (Tabela 1) não diferiu entre os tratamentos leguminosa e suplementação, porém, no tratamento suplementação a carga foi 21% maior em relação à testemunha. Segundo Gurgel *et al.* (2018) a suplementação animal fornecida para bovinos em pastejo acarreta o aumento da capacidade de suporte das pastagens e conseqüentemente o aumento da carga animal. Os autores Rocha *et al.* (2003), encontraram carga animal até 39% superior no tratamento em que a suplementação alimentar foi fornecida aos animais.

Tabela 1 - Peso vivo médio, carga animal e massa de resíduo da pastagem anterior ao plantio da soja em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa; Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
Peso Vivo médio (kg)	482,8 a	510,0 a	506,8 a
Carga animal (kg ha ⁻¹)	1370,2 b	1472,3 ab	1666,1 a
Resíduo da pastagem (kg ha ⁻¹ de MS)	1832,8 a	1657,1 a	1814,4 a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

A porcentagem do trevo vesiculoso no último período de avaliação foi de 8,61% na composição botânica da pastagem, enquanto no primeiro, segundo e terceiro períodos de avaliação haviam sido de 0,79%, 4,19% e 6,77% respectivamente. No consórcio entre gramíneas e leguminosas, o aumento da competição por luz, água e/ou nutrientes causa redução no crescimento da leguminosa (FRAME e NEWBOULD, 1986). Foi possível observar maior composição de trevo no último período do experimento, pela leguminosa ser mais tardia e primaveril.

Pela participação da leguminosa ter sido baixa nos primeiros períodos, o teor médio de nitrogênio das amostras obtidas por simulação de pastejo e do resíduo de pastagem não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 2).

O mesmo ocorreu com o teor de N encontrado nas fezes, que foi em média 34,06 g kg⁻¹ de MS (Tabela 2), valor este superior ao encontrado por Bellows (2001) que evidenciou 24 g kg⁻¹ de MS. A superioridade pode ser explicada pelo alto teor de proteína bruta da forragem pastejada (21% PB). Segundo Amaral *et al.* (2011) as gramíneas temperadas, em relação às pastagens tropicais obtêm maior teor de proteína bruta, e maior conteúdo total e solúvel de nitrogênio.

Tabela 2- Concentrações de nitrogênio nas amostras obtidas por simulação de pastejo, no resíduo da pastagem anterior ao plantio da soja, nas fezes e na urina de bovinos de corte em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
Simulação de pastejo (g kg ⁻¹ de MS)	26,9 a	29,4 a	28,0 a
Suplemento (g kg ⁻¹ MS)	-	-	31,6
Resíduo da pastagem (g kg ⁻¹ MS)	21,7 a	24,2 a	22,0 a
Fezes (g kg ⁻¹ MS)	34,6 a	34,3 a	33,3 a
Urina (g L ⁻¹)	5,8 b	8,5 a	7,9 a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

Fonte: Autoria própria (2022).

As concentrações de nitrogênio nas amostras obtidas pela urina de bovinos de corte foram influenciadas significativamente pelos fatores avaliados (Tabela 2), constatou-se maior concentração de N na urina proveniente dos tratamentos leguminosa (8,5 g L⁻¹) e suplementação (7,9 g L⁻¹).

A urina é considerada a principal via de eliminação do excesso de N consumido pelos animais, e a quantidade de N excretado depende do teor de proteína bruta da pastagem (SAGGAR *et al.*, 2013; LESSA *et al.*, 2014; CHADWICK, 2018).

Contudo, por menor que tenha sido a diferença entre as concentrações de nitrogênio nas amostras obtidas por simulação de pastejo, no tratamento suplementação, considera-se a quantidade de nitrogênio do suplemento (31,6 g kg⁻¹ de MS). Em relação à leguminosa, por apresentar alta digestibilidade e nitrogênio degradável, parte deste pôde ter sido perdido e excretado via urina (NRC, 2001).

Observação de outros trabalhos confirmam que, o consórcio entre gramíneas e leguminosas possibilitam o pastejo seletivo, proporcionando maior produção de forragem, mesmo com baixas ou nenhuma aplicação de N no sistema,

melhorando a distribuição temporal da produção da forragem (SLEUGH *et al.*, 2000).

As leguminosas forrageiras possuem alta capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio atmosférico, e a liberação deste ocorre por duas maneiras: abaixo e acima da superfície do solo, tornando-se disponível diretamente ou indiretamente para a planta mais próxima. (BARCELLOS *et al.*, 2008). O animal passa a ser um componente que catalisa o N no sistema e condiciona ao reuso do N fixado pela leguminosa em sistemas pastoris ao proporcionar o retorno via urina e fezes do N consumido.

O consumo diário de matéria seca da forragem (Tabela 3), foi menor para o tratamento suplementação (15,79 g kg⁻¹ de PV dia⁻¹), quando comparado a leguminosa e testemunha (26,12 g kg⁻¹ de PV dia⁻¹), por conta do efeito substitutivo da forragem pelo suplemento. As observações dos autores Barbero *et al.* (2020) confirmam, como no presente trabalho, que o fornecimento do suplemento reduz o consumo de forragem.

Dependendo da característica do suplemento e da forragem fornecida ao animal, o consumo de pasto pode se manter estável, aumentar ou diminuir (REIS *et al.*, 2009). No entanto, ao incluir alimentos concentrados na dieta de animais a pasto, ocorre mudanças nos tipos de microrganismos ruminais, provocando queda no pH (VALADARES FILHO E PINA, 2006).

A diminuição do pH conseqüentemente ocasiona a seleção de microrganismos, favorecendo as bactérias amilolíticas e diminuindo as celulolíticas (BERCHIELLI, PIRES e OLIVEIRA, 2006). Contudo, esses efeitos geraram mudanças no comportamento ingestivo dos bovinos suplementados, promovendo a substituição da forragem pelo suplemento.

Observa-se que ao somar o consumo do suplemento com o da forragem, o consumo diário de matéria seca total por quilograma de peso vivo não diferiu estatisticamente entre os tratamentos avaliados (Tabela 3). Segundo Lange (1974) é denominado efeito substitutivo quando o consumo de pastagem e suplemento é igual ao consumo da pastagem isoladamente, isso ocorre quando se tem pastos de alto valor nutritivo, onde que o suplemento reduz o consumo da forragem sem alterar o ganho de peso animal.

Tabela 3 - Consumo diário de matéria seca e de nitrogênio por quilograma de peso vivo e consumo diário e total de nitrogênio por hectare durante o inverno/primavera em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
Consumo de matéria seca de forragem (g kg ⁻¹ de PV dia ⁻¹)	24,99 a	27,25 a	15,79 b
Consumo de matéria seca do suplemento (g kg ⁻¹ de PV dia ⁻¹)	--	--	10,00
Consumo total de MS (g kg ⁻¹ de PV dia ⁻¹)	24,99 a	27,25 a	25,79 a
Consumo de N de forragem (g kg ⁻¹ de PV dia ⁻¹)	0,67 b	0,80 a	0,50 c
Consumo de N do suplemento (g kg ⁻¹ de PV dia ⁻¹)	--	--	0,32
Consumo total diário de N (g kg ⁻¹ de PV dia ⁻¹)	0,67 b	0,80 a	0,82 a
Consumo diário de N por hectare (kg h ⁻¹ dia [*])	0,92 b	1,18 a	1,36 a
Consumo total de N por hectare 90 DIAS (kg ha ⁻¹)**	82,51 b	106,2 a	122,4 a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

*** Considerando a carga animal do experimento.**

**** Considerando o período de pastejo de 90 dias.**

Fonte: Autoria própria (2022).

Ao observar o consumo diário de nitrogênio da forragem, a diferença foi percebida pelos fatores avaliados (Tabela 3). Maior quantidade de N foi consumida diariamente no tratamento leguminosa (0,80 g kg⁻¹ de PV dia⁻¹), quando comparado ao tratamento testemunha (0,67 g kg⁻¹ de PV dia⁻¹) e suplementação (0,50 g kg⁻¹ de PV dia⁻¹). Devido ao efeito substitutivo o consumo diário de N pela forragem do tratamento suplemento foi 0,17 e 0,30 g kg⁻¹ de PV dia⁻¹ inferior quando comparado à testemunha e leguminosa, respectivamente.

Apesar de não existir diferença na concentração de nitrogênio na simulação de pastejo e no consumo de matéria seca total, os animais mantidos em pastagem consorciada com leguminosa consumiram 19,4% a mais de N quando comparada a pastagem de aveia e azevém. Segundo os autores Laidlaw e Teuber (2001), a ingestão de leguminosas quando comparada a gramíneas é maior, por conta do seu valor nutritivo e da digestão mais rápida no ambiente ruminal.

A partir da soma do consumo de nitrogênio da forragem com o do suplemento, obtém-se consumo total diário de N (tabela 3), que foi maior para os tratamentos leguminosa e suplementação quando comparado à testemunha.

Maiores valores encontrados no tratamento suplementação estão relacionados à $0,10 \text{ g kg}^{-1}$ de PV dia^{-1} a mais de N fornecido pelo suplemento (Tabela 3).

Foi também verificada diferença significativa entre os tratamentos para o consumo diário e total de nitrogênio por hectare durante os 90 dias, que foram maiores para o tratamento leguminosa e suplementação em relação à testemunha.

Devido a carga animal ter sido maior no tratamento suplementação, o consumo de N por hectare foi 47,8% maior para este tratamento em relação à testemunha (Tabela 3). A semelhança encontrada na carga animal entre o tratamento leguminosa e suplementação, resultou em consumo de N por hectare 28,2% maior para a leguminosa em relação à testemunha.

A importância de quantificar o nitrogênio extraído da forragem pelo animal, se dá, porque a eficiência dos sistemas integrados está atrelada à sua capacidade de produzir mais alimento por unidade de nutriente ou insumo circulante, portanto, uma vez que os nutrientes que estão incorporados na biomassa vegetal são consumidos pelo animal, pequena parte disto é incorporada no seu organismo, a maior parte é retornada para o ambiente pela somatório do resíduo pós-pastejo com a excreta animal (ANGHINONI *et al.*, 2013).

Em relação à produção fecal, surtiu diferença entre os fatores avaliados, que foi menor para o tratamento leguminosa ($6,49 \text{ g.kg PV}^{-1}$).

Já a média da produção fecal entre os tratamentos foi de $7,21 \text{ g kg de PV}^{-1}$, ou seja $3,6 \text{ kg}$ por animal, maior do que o encontrado por Rodrigues *et al.* (2008) de $2,7 \text{ kg}$ por animal por dia.

A excreção final (defecação) é a eliminação dos resíduos (fezes) não absorvidos pelo trato gastrointestinal (FERREIRA *et al.*, 2012). A característica de maior digestibilidade da forragem consorciada com leguminosa, pode ter proporcionado menor quantidade de fezes produzida. Segundo Macedo Júnior *et al.* (2007) a digestibilidade é a proporção da fibra ingerida que não foi excretada nas fezes. Portanto, quanto maior a digestibilidade, menor quantidade de fezes é produzida.

Tabela 4 - Produção fecal e urinária, retorno diário e total de N nas excreções por quilograma de peso vivo e por hectare e retorno de N no resíduo da pastagem anterior ao plantio de soja e total por hectare durante o inverno/primavera em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
Produção fecal (g kg PV ⁻¹)	7,18 a	6,49 b	7,97 a
Produção urinária (mL kg PV ⁻¹)*	62,45 *	62,45	62,45
Retorno diário de N-urina (g kg PV ⁻¹)	0,36 b	0,53 a	0,49 a
Retorno diário de N-fezes (g kg PV ⁻¹)	0,25 a	0,22 a	0,27 a
Retorno total de N-urina por hectare (kg ha ⁻¹ dia)	0,50 b	0,78 a	0,82 a
Retorno total de N-fezes por hectare (kg ha ⁻¹ dia)	0,34 b	0,33 b	0,44 a
Retorno diário de N-Total (U+F) excretado por hectare (kg ha ⁻¹ dia)	0,84 b	1,11 a	1,27 a
Retorno total de N-urina por hectare (kg ha ⁻¹ 90 dias)	44,95 b	70,15 a	74,03 a
Retorno total de N-fezes por hectare (kg ha ⁻¹ 90 dias)	30,70 b	29,54 b	39,83 a
Retorno total de N-excretado (kg ha ⁻¹ 90 dias)	75,65 b	100,04 a	113,86 a
Retorno total de N-resíduo (kg ha ⁻¹)	39,77 a	40,1 a	39,92 a
Retorno total de N por hectare durante o inverno (kg ha ⁻¹)	115,42 b	140,14 a	153,78 a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

***Farias Filho, 2018.**

Fonte: Autoria própria (2022).

Segundo observações de Farias Filho (2018), a produção urinária diária não teve efeito significativo quando comparou bovinos mantidos em pastagem de aveia e azevém, consorciada ou não a leguminosa, encontrando valor médio de 62,45 (mL kg PV). Esse valor foi utilizado como referência para o presente estudo (Tabela 4).

Contudo, ao multiplicar a concentração de nitrogênio da urina pela quantidade de urina produzida, notou-se que o retorno de nitrogênio diário via urina foi maior para os tratamentos leguminosa e suplementação, devido à maior concentração de nitrogênio encontrada nas amostras de urina nesses tratamentos.

O retorno diário de nitrogênio nas fezes (Tabela 4) não diferiu entre os tratamentos avaliados, que foi em média 0,24 g kg⁻¹ PV, essa resposta atribui-se à ausência do efeito significativo na concentração de nitrogênio nas fezes. A partir da multiplicação do retorno diário de N com a carga animal obtém-se o retorno de nitrogênio por hectare (Tabela 4), aonde que nas fezes foi maior no tratamento suplementação, relacionado à maior carga animal neste tratamento.

O retorno diário de N-urina por hectare (Tabela 4) foi maior para os tratamentos leguminosa e suplementação, variáveis estas relacionadas a maior concentração de N contidas nas amostras de urina dos referidos tratamentos, e pela maior carga animal encontrada.

O retorno total de nitrogênio por hectare por dia e em 90 dias de pastejo, via excreções animais (fezes+urina), não diferiu entre os tratamentos leguminosa e suplementação, entretanto, no tratamento leguminosa e suplementação o N-retornado foi 33,5% e 24,4% respectivamente, maior em relação ao tratamento testemunha (Tabela 4). Isso indica que ocorre alta influência da dieta, nas excreções de nitrogênio pelos animais. Portanto o incremento nutricional da leguminosa e do suplemento, resultaram em maiores excreções de nitrogênio (100,04 e 113,86 kg ha⁻¹ em 90 dias, respectivamente) em comparação à gramíneas (75,65 kg ha⁻¹ 90 dias).

Bellows (2001) relatou que em pastagens consorciadas o retorno médio de N pelas dejeções (fezes e urina) dos animais é de 60 kg ha⁻¹. No presente estudo valor semelhante foi encontrado no tratamento testemunha (75,65 kg ha⁻¹), nos demais tratamentos (leguminosa e suplementação) foram encontrados valores superiores (100,04 e 113,86 kg ha⁻¹, respectivamente). A superioridade encontrada é explicada pela participação da leguminosa e pelo fornecimento de suplemento aos animais, que são alternativas de entrada de nitrogênio no sistema, favorecendo o retorno na integração.

Observações de Chizzotti *et al.* (2016) denotaram que, em média, 32,6 % de nitrogênio é excretado nas fezes e 67,88% via urina. Valores semelhantes a esses foram encontrados no presente estudo, em média 34,5% de N foi excretado nas fezes e 65,3% via urina.

Ao contabilizar a quantidade de nitrogênio consumido que foi excretado, nos tratamentos testemunha, leguminosa e suplementação observa-se os seguintes valores 91,68%; 94,17% e 92,32%, respectivamente. Através desses dados é possível afirmar que de todo o nitrogênio que o animal consome, em média, 93% volta para o sistema, ou seja, apenas 7% são exportados pelo animal. Os valores encontrados corroboram com observações de Koenig e Beauchemin (2013), ao descreverem que em gado de corte, apenas de 5-20% da sua ingestão total de N é retida.

De acordo com Menezes *et al.* (2016), os níveis de proteína bruta da dieta afetam o metabolismo do nitrogênio, portanto o N excretado via dejeções (fezes e urina) aumenta linearmente com o consumo de proteína bruta.

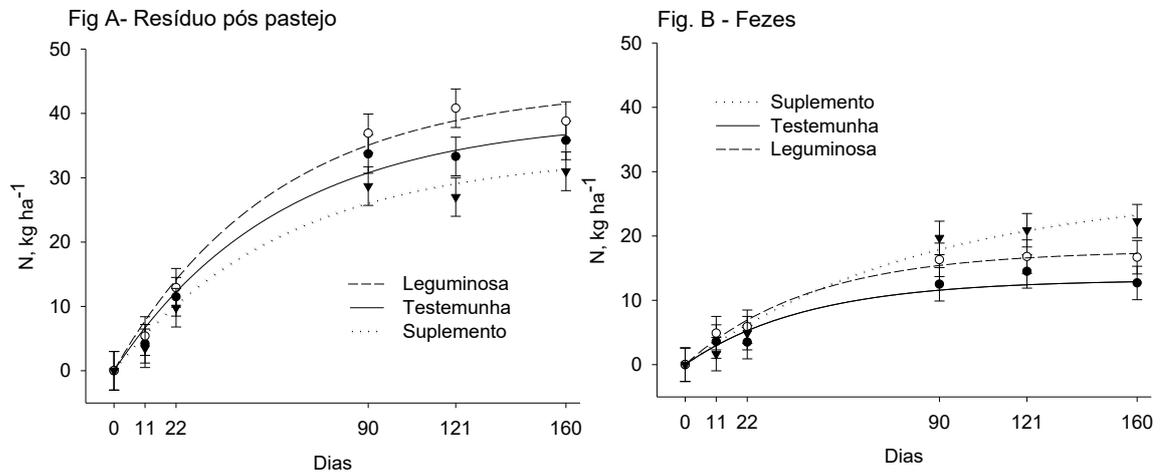
Portanto, o suplemento passa a ser uma forma de entrada de N no sistema de produção, assim também a leguminosa, que se apresenta como uma opção sustentável de entrada de N no sistema de produção via fixação biológica de N. Deve-se também considerar que com a maior carga animal, maior também a intensidade dos processos de ciclagem de N, que pode estar sendo reutilizado no sistema solo-planta-animal diversas vezes durante tempo de uso da pastagem.

A quantidade em que o nitrogênio se torna disponível para a cultura sucessora com o passar do tempo, é ainda pouco conhecida e explorada entre os tratamentos avaliados. Desse modo, é importante conhecer a liberação do nitrogênio do resíduo pós-pastejo e das fezes dos animais alimentados por gramíneas consorciadas ou não a leguminosa e suplementados.

A taxa de liberação de nutrientes é influenciada por diversos fatores, sendo estes a atuação de macro e microrganismos decompositores, as características químicas do material, o manejo e as condições edafoclimáticas da região (temperatura, umidade, pH e nutrientes do solo) (MARASCA *et al.*, 2011).

Foi possível observar no presente estudo, que a liberação do nitrogênio advindo do resíduo pós pastejo, se manteve semelhante entre os tratamentos até o 22º dia, a partir do 90º dia é que se percebeu maiores liberações para o tratamento leguminosa, seguido do tratamento testemunha, onde foi menor para o tratamento suplementação (figura 1a).

Gráfico 1 - Liberação de nitrogênio do resíduo pós pastejo (Figura A) e das fezes (Figura B) entre os tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento) em avaliações realizadas até 160 dias após a distribuição dos *litter bags* na área na superfície do solo durante o cultivo da soja.



Fonte: Autoria própria (2022)

Segundo Acosta *et al.* (2014) de todas as características qualitativas do resíduo, a relação carbono:nitrogênio (C:N) é o fator que mais interfere na decomposição e imobilização de nitrogênio pela biomassa microbiana.

A relação C:N das gramíneas é ao redor de 40:1 e, nas leguminosas, em média 20:1 (MONEGAT, 1991). As leguminosas, por conta de suas diferenças anatômicas, são as que apresentaram as menores relações C:N, o que ocasiona uma rápida liberação de nitrogênio presente nos resíduos decompostos (SILVA *et al.*, 2006).

Segundo Heinrichs *et al.* (2001) o consórcio entre gramíneas e leguminosas é uma alternativa para a reduzir a relação C:N dos resíduos, fazendo com que essa relação seja intermediária quando comparada a gramíneas solteiras.

A menor liberação de nitrogênio pelo tratamento suplementação se deu, porque a relação folha:colmo foi menor neste tratamento em relação aos demais, proporcionando maiores quantidades de colmo, por conta da seleção dos animais que receberam suplemento.

Lang *et al.* (2004) encontraram menor taxa de mineralização da matéria orgânica de aveia e azevém que apresentaram maior relação colmo:folha. Isso ocorre porque os colmos apresentam maior concentração de lignina quando comparado as folhas, sendo mais difíceis de decompor (VAN SOEST, 1994).

Contudo, em resíduos culturais, se a velocidade de decomposição for rápida, maior quantidade de nutrientes será liberada, no entanto, se o conteúdo de lignina e a relação C:N forem altas, mais lenta será a decomposição do material (Hentz *et al.*, 2014).

Na decomposição e liberação de nitrogênio pela massa fecal (figura 1b), ocorreu o contrário, sendo no tratamento suplementação em que maior quantidade de nitrogênio se tornou disponível. O efeito de substituição da pastagem pelo suplemento, e a maior seleção da pastagem pelos animais deste tratamento, melhorou a qualidade das fezes.

Alimentos concentrados na dieta de bovinos aumentam a digestibilidade total, isso ocorre porque estes alimentos possuem maior digestibilidade que a pastagem (Paulino *et al.*, 2004). Portanto o nitrogênio das fezes desses animais, apresentaram-se mais facilmente disponível.

A liberação do nitrogênio das fezes, além de fatores físicos é relacionada também com o teor do nutriente contido nesse resíduo (HAYNES e WILLIAMS, 1993). Por isso que as fezes dos animais alimentados com leguminosas apresentaram maior liberação de nitrogênio quando comparado com o tratamento testemunha.

Em estudos de Oliveira Junior *et al.* (2016) ao observar em qual estágio a planta da soja absorve maiores quantidades de nitrogênio, percebeu-se que próximo aos 80 dias, no início de enchimento de grãos (R5.1) o acúmulo de nitrogênio aumenta até atingir o ponto máximo no estágio R5.5 (76 a 100% de granação). De acordo com Hungria *et al.* (2001) de todo o nitrogênio exigido pela planta, 84% são destinados para os grãos.

Ao analisar a figura 1, altas quantidades de nitrogênio foram liberadas próximas aos 90 dias, tanto dos resíduos culturais como das fezes. Pode-se concluir que o nitrogênio liberado está altamente sendo absorvido pelos grãos da soja.

Segundo estudos de Bahry *et al.* (2013) ao avaliarem a aplicação de nitrogênio suplementar, observaram efeito positivo sobre a massa de mil grãos da soja, obtendo rendimento de 28% a mais em relação ao tratamento controle, independente da fonte ou estágio reprodutivo. Porém, não se torna economicamente viável a aplicação de N inorgânico na soja, mas se a fonte de nitrogênio for advinda dos resíduos culturais e das fezes dos animais, como no caso

da integração, o custo com fertilizantes inorgânicos, para se produzir grãos mais nutritivos, é nulo. Portanto a integração pode trazer esses benefícios com a ciclagem de nitrogênio advinda dos resíduos culturais e da massa fecal.

Os resultados obtidos para os teores de nitrogênio por unidade animal (450 kg) e em g kg^{-1} de PV estão apresentados na tabela 5. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a quantidade de nitrogênio retido em cada órgão. São escassos os estudos em relação a componentes externos e aos órgãos corporais de bovinos, pelo fato de serem variáveis não pertencentes a carcaça comercial (RIBEIRO *et al.*, 2001).

A quantidade de nitrogênio nos órgãos animais poderia variar se fossem encontradas diferenças de peso de cada órgão entre os tratamentos, o que não ocorreu. Estudos de Macitelli (2005) fornecendo diferentes dietas proteicas aos bovinos de corte, também não observaram influência nos pesos dos órgãos internos e nas medidas biométricas entre os tratamentos.

Tabela 5 – Teores de nitrogênio em UA de 450 kg e em $g \cdot kg^{-1}$ de PV dos componentes sangue, musculo+diafragma, gordura da carcaça, gordura do TGI, pulmão+traqueia, rabo, TGI, vitais, osso+pata+cabeça e couro+orelha de bovinos de corte sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
N Sangue (kg UA ⁻¹)	1,04	0,44	0,47 ^{ns}
<i>N Sangue (g kg⁻¹ de PV)</i>	2,31	0,98	1,04
N musc+diafr (kg UA ⁻¹)	5,36	5,46	5,58 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	11,91	12,13	12,40
N gord carcaça (kg UA ⁻¹)	0,47	0,43	0,61 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	1,04	0,96	1,36
N gord tgi (kg UA ⁻¹)	0,06	0,13	0,05 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	0,13	0,29	0,11
N pulmão + TRAQ (kg UA ⁻¹)	0,07	0,07	0,08 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	0,16	0,16	0,18
N RABO (kg UA ⁻¹)	0,04	0,04	0,05 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	0,09	0,09	0,11
N TGI (kg UA ⁻¹)	0,77	1,27	1,16 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	1,71	2,82	2,58
N VITAIS (kg UA ⁻¹)	0,31	0,32	0,32 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	0,69	0,71	0,71
N OSSO+PATA+CABEÇA (kg UA ⁻¹)	3,41	3,26	3,6 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	7,58	7,24	8,00
N COURO+ORELHA (kg UA ⁻¹)	1,83	1,71	1,89 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	4,07	3,80	4,20
N órgãos total (kg UA⁻¹)	13,38	13,14	13,81 ^{ns}
<i>(g kg⁻¹ de PV)</i>	29,73	29,20	30,69

Ns = não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Fonte: Autoria própria (2022).

Os autores Jorge, Fontes e Paulino (1999) ao avaliarem a composição corporal de quatro raças, observaram que a quantidade de proteína no corpo do animal não está relacionada à raça, mas sim ao peso de abate, onde que animais mais pesados possuíram menor teor de proteína e de macroelementos minerais (Ca, P, Mg, K e Na), e maior deposição de gordura corporal, sendo que o inverso aconteceu para animais mais jovens.

A maior quantidade de nitrogênio da carcaça de um bovino é retida no músculo, no presente experimento foi encontrado teor médio de 9,8% de N ou 12,14 g kg de PV⁻¹ (Tabela 5). Este resultado foi inferior aos 13,2% de N (82,4% de PB) observados por Rodrigues e Andrade (2004) em bovinos Nelore. Pelo músculo representar alta proporção na carcaça, maior quantidade de nitrogênio foi encontrada nesse componente.

As quantidades de nitrogênio média encontradas nos ossos, patas e cabeça foi de $7,6 \text{ g kg}^{-1}$ de PV (Tabela 5). De acordo com Pinazza e Alimandro (2000) os ossos, cascos e chifres que servem para farinha de ossos e fertilizantes em jardinagens, são consideradas fontes de nitrogênio.

Os valores de nitrogênio encontrados no sangue (13,6% N), pulmão (14% N) e nos órgãos vitais que são o coração (3,2% N), fígado (2,9% N), rim (2,9% N) e baço (18,3% N), foram semelhantes aos dados encontrados na literatura, e são componentes que apresentam elevados teores de nitrogênio (WILLIAMS, 2007; JAYAWARDENA, MORTON, BRENNAN E BEKHIT, 2019; PEZZATO *et al.*, 2012; NEVE, 2021). Entretanto esses componentes possuem menor peso na carcaça, o que reduz a contribuição destes no cálculo de retenção total de nitrogênio pelo animal.

A soma do nitrogênio encontrado em todos os órgãos, nos dá a quantidade total de nitrogênio retida em bovinos de corte abatidos aos 25 meses de idade e não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados, sendo em média $14,93 \text{ kg}$ de N retido por animal (Tabela 6).

A quantidade de nitrogênio retida pelos animais (Tabela 6) no período do experimento (90 dias) foi obtida a partir da subtração da quantidade de nitrogênio retida pelos animais abatidos ao final do experimento ($\mu=14,93 \text{ kg}$ de N por animal) pela quantidade de nitrogênio encontrada nos animais referência, abatidos no início do experimento ($\mu=12,19 \text{ kg}$ de N por animal). Esses dados não surtiram diferença significativa entre os fatores avaliados, que teve média de $2,7 \text{ kg}$ de nitrogênio retido por animal durante o experimento.

Tabela 6 – Estimativa da quantidade N presente em animais bovinos de corte e total estimado de N exportado via animais bovinos de corte em ciclo de 90 dias de pastejo.

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
N órgãos total Entrada (kg animal ⁻¹)*	11,83 a	12,26 a	12,49 a
N órgãos total Saída (kg animal ⁻¹ **	14,35 a	14,89 a	15,56 a
Peso Vivo médio Saída (kg)	482,8 a	510,0 a	506,8 a
N Total retido: animais saída (kg)***	2,52 a	2,51 a	3,07 a
N Retido por UA de 450 kg (kg UA ⁻¹)	2,35 a	2,22 a	2,71 a
N retido animal em 90 dias de pastejo (g kg ⁻¹ de PV)	5,22 a	4,93 a	6,04 a
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
N Exportado PV animal (kg ha ⁻¹)	7,15 a	7,27 a	10,13 a
Carga animal (kg ha ⁻¹ de PV)	1370,2	1472,3	1666,1

*Estimado com base no Peso Vivo dos animais no início do experimento.

**Obtido nos animais ao término do experimento (valores considerando o peso de cada animal)

***Com base nos animais abatidos no experimento.

Fonte: A autoria própria (2022).

Entender o quanto um animal extrai e retém de nitrogênio do sistema, possibilita ter dados mais precisos sobre a ciclagem desse nutriente. Os dados encontrados no presente estudo corroboram com as observações de Anghinoni, Carvalho e Costa (2013), de que a proporção dos nutrientes ingeridos no pasto, que fica retida no corpo do animal é realmente pequena, sendo a maior parte retornada à superfície do solo em forma de excretas animais.

A exportação de nutrientes em sistemas integrados de lavoura-pecuária alterna entre duas fases, a de produção de grãos com maior exportação de nutrientes e a de produção de carne com menor exportação (ALVES *et al.*, 2022).

A produção de grãos de soja não foi alterada entre os tratamentos propostos, que foi em média 4154,87 kg ha⁻¹ (Tabela 7).

Tabela 7 – Produção de grãos, exportação de N nos grãos, retorno de N na palhada e extração de N da soja em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
Produção de grãos (kg ha ⁻¹)	3972,14 a	4188,92 a	4303,56 a
Teor de N no grão da soja (g kg ⁻¹)	5,56 b	5,51 b	5,62 a
Exportação de N-grãos (kg ha ⁻¹ de N)	220,77 c	230,87 b	242,11 a
Extração de N (kg ha ⁻¹ de N)	296,25 c	310,46 b	323,88 a
Retorno de N-palhada (kg ha ⁻¹ de N)*	75,47 a	79,59 a	81,77 a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

***Referência manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (PAVINATO, 2017) = Rendimento de grãos (quantidade estimada da extração de N – a exportação por tonelada de grão = 19 kg de N por tonelada de grão).**

Fonte: Autoria própria (2022).

O teor de nitrogênio nos grãos da soja não foi diferente entre os tratamentos testemunha e leguminosa, mas foi 1,4% maior para o tratamento suplementação (Tabela 7). Estes dados consolidam o conceito de que a suplementação animal incrementa a ciclagem de nutrientes e conseqüentemente aumenta o valor nutricional dos grãos. Isso ocorre porque o suplemento é considerado uma entrada de nitrogênio no sistema, permitindo maior retorno via dejeções, sendo uma estratégia para adubação de sistema.

A partir da produção de grãos, associadas às concentrações de nitrogênio nos grãos, permitiu-se calcular a exportação de nitrogênio pelos grãos da soja, que diferiu entre os três tratamentos avaliados (Tabela 7). Foram encontrados valores menores para o tratamento testemunha (220,77 kg ha⁻¹), tendo aumento de 4,5% e 9,6% no tratamento leguminosa e suplementação, respectivamente, em relação ao testemunha.

A soja tem habilidade em fazer simbiose com bactérias para obtenção de N atmosférico, contudo, o suplemento fornecido pode estar sendo fonte de outros nutrientes, como fósforo e potássio. A maior ciclagem de N também pode estar favorecendo a soja nas áreas com animais recebendo suplementação, devido a maior carga. Resultados que mostram a possibilidade de ter maior carga animal, devido a uso de suplementação, sem, no entanto, afetar o rendimento de grãos da

soja, ao contrário, pode trazer maiores ganhos ao sistema devido a maior produção animal e, por consequência, do sistema de produção.

A partir da soma da exportação de N-grãos com a quantidade de nitrogênio da palhada, obtém-se o dado de extração total de nitrogênio pela cultura da soja, que foi menor para o tratamento testemunha (296,25 kg ha⁻¹), 14,21 kg ha⁻¹ maior para o tratamento leguminosa em relação ao testemunha, aonde que no tratamento suplementação a exportação foi 27,63 e 13,42 kg.ha⁻¹ maior em relação ao testemunha e leguminosa, respectivamente (Tabela 7).

O maior valor para a exportação de grãos no tratamento suplementação pode ser explicado pela maior produtividade geral nas parcelas onde havia a presença de animais suplementados, mesmo que estatisticamente não apresentaram diferenças significativas. O maior retorno de nitrogênio via excretas animais no tratamento suplementação, também pode ter contribuído para que a exportação pelos grãos da soja fosse maior no referido tratamento.

Lima et al. (2019) descrevem que o N da urina se comporta no solo conforme as condições climáticas, características químicas, físicas e biológicas do solo e necessidade fisiológica das plantas, podendo permanecer ciclando no sistema ou ser perdido em forma de amônia. Dados de Selbie Buckthought e Shepherd (2015) demonstraram que as perdas de nitrogênio da urina é 13% por volatilização de amônia, 20% por lixiviação, sendo que 41% são absorvidos pela pastagem e 26% ficam imobilizados.

Em relação à deposição fecal, a resposta direta na produção da cultura sucessora é diferente quando comparado com a urina, porque a liberação de N inorgânico desse esterco é um processo mais lento (LANTINGA *et al.*, 1987). Portanto, o N das fezes é bem menos volatilizado, e a liberação do N-fecal para o solo se torna variável, e pode ser mais bem utilizado pela cultura sucessora do que o N da urina (BOSSHARD *et al.*, 2011).

O retorno de nitrogênio pela palhada da planta da soja não diferiu estatisticamente entre os fatores avaliados, obtendo valores médios de 78,94 kg ha⁻¹ (Tabela 7).

Portanto a diferença do retorno total de nitrogênio no sistema (Tabela 8), obtido pela soma do retorno durante o inverno com o retorno pela cultura da soja no verão, foi diferente por conta do nitrogênio retornando no inverno. Os tratamentos

leguminosa e suplementação ($\mu=227,64 \text{ kg ha}^{-1}$) foram 19,3% superiores ao tratamento testemunha ($190,89 \text{ kg ha}^{-1}$).

Esses resultados indicam que o N retornado no inverno, através da pastagem e excretas animais influenciam muito na ciclagem e no retorno de nitrogênio em um ciclo completo de produção, indicando a importância em otimizar o uso da área no inverno, ao adotar modos de produção que aumentem o aporte de nutrientes no sistema.

A exportação de nitrogênio total no sistema foi calculada pela soma da exportação de N-grãos com a exportação pelo animal, e não teve diferença significativa entre os tratamentos, com média de $239,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de N exportados.

Tabela 8 - Retorno, exportação e quantidade total ciclada de nitrogênio em sistema integrado de produção agropecuária sob diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
Retorno total de N no sistema (kg ha^{-1} de N)	190,89 b	219,73 a	235,55 a
Exportação total de N no sistema (kg ha^{-1} de N)	227,22 a	238,14 a	252,24 a

Médias seguidas de letras distintas, na mesma linha, diferem pelo teste de Tuckey a 5% de significância.

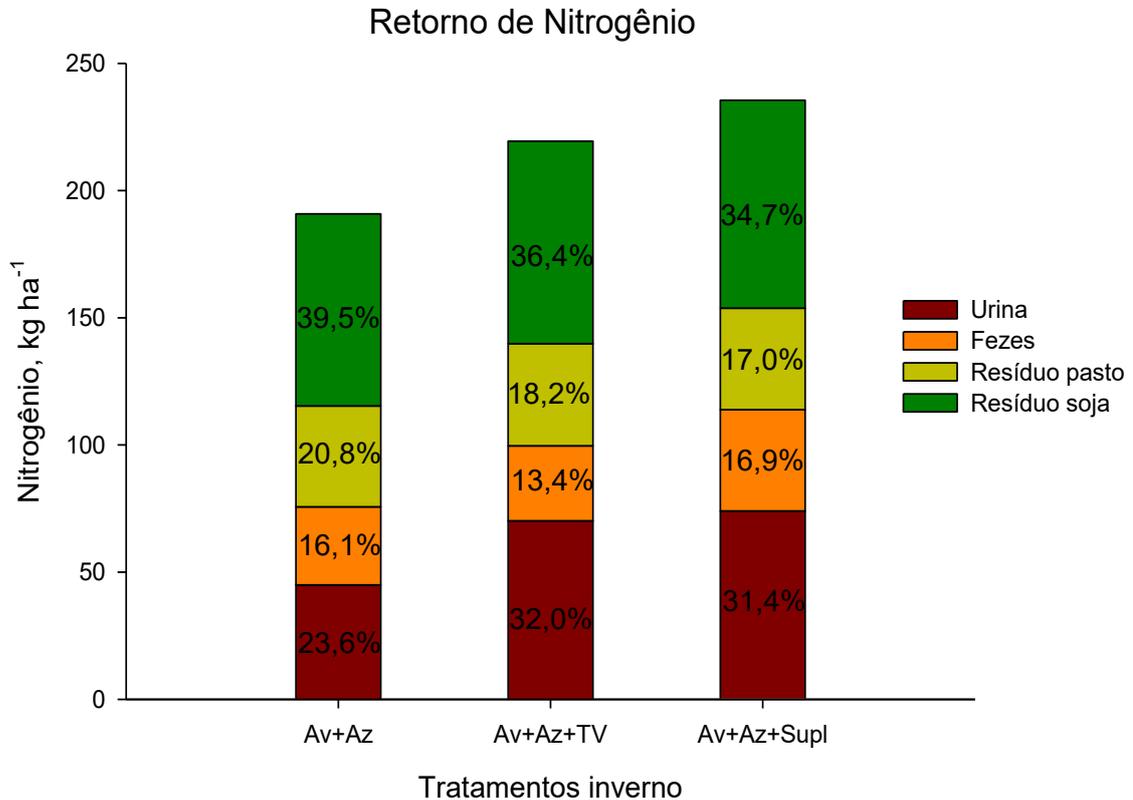
Fonte: Autoria própria (2022).

No tratamento testemunha, 39,53% do nitrogênio foi retornado pela soja ($75,47 \text{ kg ha}^{-1}$), 20,83% pelo resíduo pós pastejo ($39,77 \text{ kg ha}^{-1}$) e 39,84% pelas excretas animais (16% N-fezes e 23,84% N-urina). A menor quantidade de nitrogênio retornada pelas fezes e urina no referido tratamento foi o que mais influenciou no resultado, uma vez que mais da metade do retorno foi advinda das excretas do animal (Figura 2).

Contudo para os tratamentos leguminosa e suplementação, em média a soja contribuiu com 35,4% de retorno de nitrogênio ($80,68 \text{ kg ha}^{-1}$ de N), o resíduo pós pastejo com 17,5% ($40,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de N), fezes 15,44% ($34,68 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) e urina 31,6% ($72,09 \text{ kg ha}^{-1}$ de N) (Figura 2). Elevadas quantidades de nitrogênio foram retornadas via fezes e urina quando comparadas ao tratamento testemunha.

Pode-se observar também que entre os resíduos (palhada) a maior fonte de nitrogênio retorna pela soja.

Gráfico 2 - Retorno total de nitrogênio por hectare em sistema integrados de produção agorpecuária sob uso de diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).



Há uma preocupação com a competição alimentar entre herbívoros domésticos e humanos, quando forragens são produzidas em áreas adequadas para a produção de grãos (LEMAIRE *et al.*, 2014). Mas a partir dos sistemas integrados de produção, se planejar o uso da terra durante o inverno, de forma correta, que não prejudique a produção de grãos no verão, essa competição é inexistente (KISHOREKUMAR, 2020).

Mais da metade do nitrogênio da biomassa vegetal pastejada é reciclado e absorvido novamente pelas plantas no cultivo seguinte (HENTZ *et al.*, 2014). A rotação lavoura-pastagem é comprovada por ser uma excelente estratégia para diminuir o uso intensivo de insumos se tornando mais sustentável no tempo (ASSMANN, 2004).

Ao ser feito balanço de N no sistema, é interessante observar que o retorno de N via animal, nos tratamentos suplementação e leguminosa, está superior ao N

aplicado via fertilizantes minerais (Tabela 9) indicando que átomos de N podem estar sendo utilizados mais de uma vez no sistema, o que caracteriza o aumento da eficiência dos nutrientes nos sistemas integrados de produção agropecuária. Essa interação de N no sistema passa a ser interessante, também, quando se utiliza uma gramínea no pós-pastagem, exemplo o milho, indicando a menor necessidade de N no sistema. Da mesma forma a soja está contribuindo ao disponibilizar para o sistema N para ciclos seguintes de aveia e azevém.

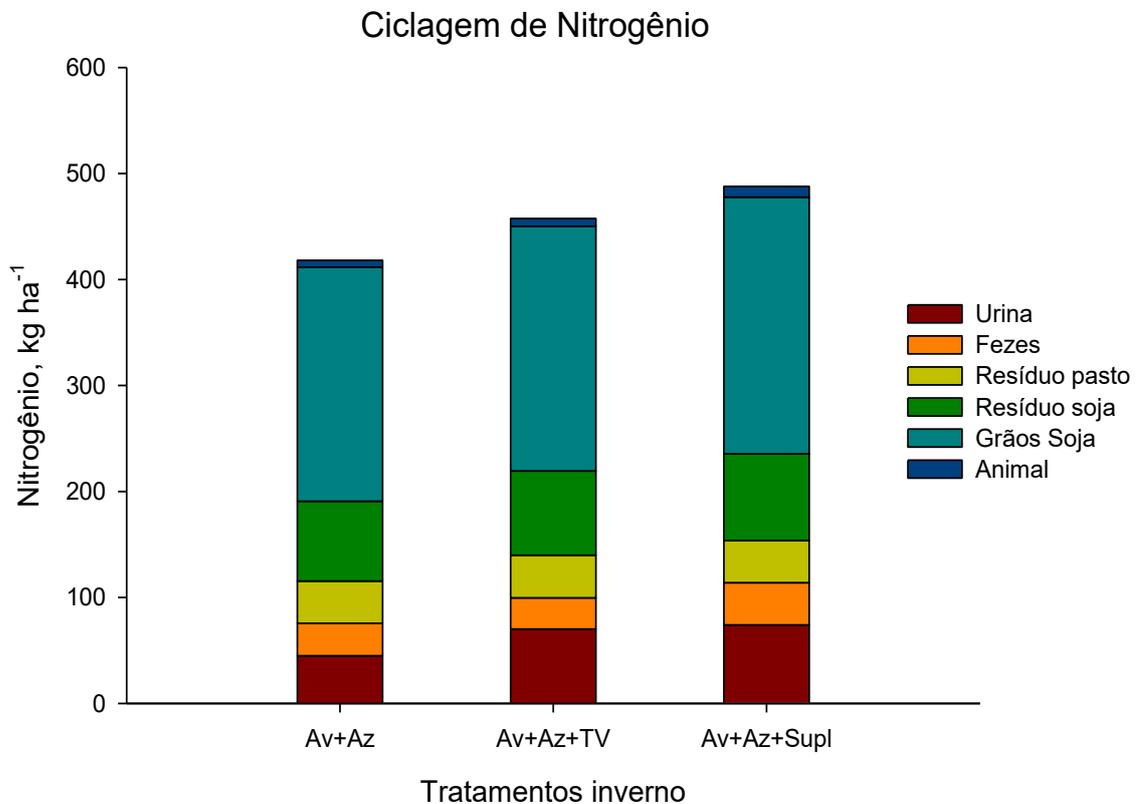
Tabela 9 - Balanço de nitrogênio por hectare em sistema integrado de produção agropecuária sob uso de diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
	Entradas (kg ha ⁻¹)		
Entrada de N via adubo plantio e cobertura	95	95	95
Entrada via fixação soja	296,25	310,46	323,88
Entrada Suplemento			47,46
Total entradas	391,25	405,46	466,34
	Saídas (kg ha ⁻¹)		
Saída animal	7,15	7,27	10,13
Saída soja	220,77	230,87	242,11
Total saídas	227,22	238,14	252,24
Entradas – saídas (kg ha⁻¹)	164,03	167,32	215,1

Fonte: Autoria própria (2022).

Observa-se que a quantidade de N medida no sistema de produção, considerando ciclo da pecuária e ciclo da lavoura alcançou valores de até 487 kg ha⁻¹ de N (figura 3), considerando entradas de 95 kg ha⁻¹ via fertilizantes e o fornecimento via suplemento de até 47 kg ha⁻¹, tem-se que grande parte do N utilizado no sistema passou por reciclagem e foi via fixação biológica das leguminosas, especialmente soja. Isso mostra a necessidade de investimento em sistemas de produção que visem a fixação biológica de N, a reciclagem e o emprego de técnicas ligadas ao balanço de nutrientes no sistema de produção.

Gráfico 3 - Balanço de nitrogênio por hectare em sistema integrado de produção agropecuária sob uso de diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).



Em contrapartida, do total exportando, cerca de 3 a 4% é via componente animal e 96 a 97% via grão de soja (Tabela 10). Por mais que o N seja um elemento muito dinâmico no sistema solo-planta-animal-atmosfera foi possível identificar padrões de reciclagem passíveis de serem aplicados nos ambientes produtivos.

O uso de leguminosa forrageira, nesse caso o trevo vesiculoso e a suplementação, promoveram os fluxos de N no sistema de produção (Figura 3). É importante o controle de caga animal e manejo da pastagem para que o N seja reabsorvido, uma vez que cargas animais elevadas resultam em menor quantidade de resíduo pós-pastejo no sistema.

Tabela 10 - Quantidade total de nitrogênio rastreado, entradas de nitrogênio por hectare e porcentagem de exportação pelo animal e pela soja em sistemas integrados de produção agropecuária sob uso de diferentes tratamentos (Testemunha = Aveia + Azevém; Leguminosa = Aveia + Azevém + Leguminosa, Suplementação = Aveia + Azevém + Suplemento).

VARIÁVEIS	TRATAMENTOS		
	Testemunha	Leguminosa	Suplementação
N rastreado (kg ha ⁻¹)	418,11	457,87	487,79
Total entradas (kg ha ⁻¹)	391,25	405,46	467,34
Entradas – Rastreado (kg ha ⁻¹)	26,86	52,41	20,45
	Exportação (%)		
Exportado via animal	2,84	3,05	4,02
Exportado via soja	97,16	96,95	95,98

Fonte: Autoria própria (2022).

Solos degradados, sem matéria orgânica e pastagens com baixa quantidades de raízes e área foliar, o aproveitamento do N passa a ser menor devido às maiores perdas.

Nesse sentido, sistemas integrados precisam estar sendo implantados seguindo pressupostos de plantio direto, melhoramento genético, fertilidade do solo, pousio zero (redução de janelas entre os cultivos para melhor aproveitar o tempo), manejo das pastagens e balanço de nutrientes.

A quantidade de N ciclada no sistema foi muito semelhante ao exportado via grãos, contudo o que foi reciclado permitiu ganhos altos no rendimento animal (97 kg ha⁻¹ de PV) a um custo de N muito menor. Os dados de ganho animal, foram extraídos dos estudos de Scheeren (2022), que avaliou a produção dos animais do presente estudo. É possível que esse N reciclado também esteja sendo aproveitado pela cultura da soja, mesmo essa sendo leguminosa.

Outro fator importante é que em sistemas integrados de produção agropecuária há um incremento da biodiversidade do solo, funcionalidade e, conseqüentemente, a qualidade do solo, pela maior quantidade de fitomassa e raízes, agregação e presença das fezes e urina dos animais (BATISTA *et al.*, 2018). Isso pode estar favorecendo na dinâmica de nutrientes e condições para melhor desenvolvimento da soja.

6 CONCLUSÃO

O retorno de nitrogênio do resíduo pós-pastejo não foi influenciado pelos tratamentos avaliados, porém maior decomposição do material e conseqüentemente maior quantidade de nitrogênio foi liberado no tratamento leguminosa. O retorno total de nitrogênio das fezes foi maior para o tratamento suplementação quando comparado aos tratamentos leguminosa e testemunha. Já a liberação desse nutriente das fezes foi maior para o tratamento suplementação.

Os tratamentos leguminosa e suplementação retornaram maiores quantidades de nitrogênio através da urina.

O consumo de nitrogênio por hectare foi maior para o tratamento suplementação. Já a exportação de nitrogênio pelos animais não surtiu diferença entre os fatores avaliados.

Não foi observada diferença na produção de grãos da soja sobre os tratamentos avaliados. Porém maior exportação de nitrogênio pelos grãos de soja foi observado no tratamento suplementação, seguido pela leguminosa, obtendo menor valor para o tratamento testemunha.

Os tratamentos leguminosa e suplementação retornaram maiores quantidades de nitrogênio para o sistema.

Já a exportação de nitrogênio total não foi influenciada pelos tratamentos avaliados.

Maior ciclagem de nitrogênio foi observada no tratamento suplementação.

REFERÊNCIAS

- ACOSTA, J. A. DE A. *et al.* Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 44, p. 801–809, maio 2014.
- AGUIRRE, P. F. *et al.* Valor nutritivo de pastagens de Coastcross-1 em consórcio com diferentes leguminosas de ciclo hibernal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia (Online)**, v. 68, n. 1, p. 173–181, 2016.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013.
- ALVES, B. J. R. *et al.* Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 449–456, mar. 2006.
- ALVES, L. A. *et al.* Fertilization strategies and liming in no-till integrated crop–livestock systems: effects on phosphorus and potassium use efficiency. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, 6 jun. 2022.
- AMARAL, G. A. *et al.* Metabolizable protein and energy supply in lambs fed annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) supplemented with sources of protein and energy. **The Journal of Agricultural Science**, v. 149, n. 4, p. 519–527, ago. 2011.
- ANGHINONI, I. *et al.* **Ciclagem De Nutrientes Em Integração Lavoura-Pecuária**. Syner gismus scyentifica. **Anais...** Em: III ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL. Pato Branco/PR: UTFPR, 2011.
- ANGHINONI, Ibanor; ASSMANN, Joice Mari. Ciclagem de nutrientes em sistema de integração soja-pecuária de corte em plantio direto e implicações na adubação. International Plant Nutrition Institute – Brasil. Informações agronômicas nº 136. 2011.
- ANGHINONI, I. *et al.* Impact of an integrated no-till crop–livestock system on phosphorus distribution, availability and stock. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Integrated Crop-Livestock System Impacts on Environmental Processes. v. 190, p. 43–51, 1 jun. 2014.
- ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Tópicos em Ciência do Solo. In: Araújo, A. P.; Avelar, B. J. R., (Eds.) **Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropico brasileiro**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2013. cap. 8, p. 221-278.
- AOAC (Association Of Official Analytical Chemistry). **Official Methods of Analysis**. 15. ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemistry, 1997.
- ARF, O. *et al.* Efeito da rotação de culturas, adubação verde e nitrogenada sobre o rendimento do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 11, p. 2029–2036, nov. 1999.

ASSMANN, A. L. *et al.* Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 37–44, fev. 2004.

ASSMANN, J. M. **Estoque de carbono e nitrogênio no solo e ciclagem de nutrientes em sistema de integração soja-bovinos de corte em plantio direto de longa duração**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)—Rio Grande do Sul: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

ASSMANN, T. S. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema de plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Scientia Agraria**, v. 3, n. 1, p. 132, 31 dez. 2002.

ASSMANN, T. S. *et al.* Does cattle grazing of dual-purpose wheat accelerate the rate of stubble decomposition and nutrients released? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 37–42, jun. 2014.

ASSMANN, Tangriani Simioni; SOARES, André Brugnara; ASSMANN, Alceu Luiz; HUF, Flávia Levinski; LIMA, Rosangela Corrêa de. Adubação de Sistemas em Integração Lavoura-Pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 1.; ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 4., 2017, Cascavel. **Palestras: intensificação com sustentabilidade**. Pato Branco: UTFPR. 2017. p. 67–84.

ASSMANN, T. S. *et al.* Fixação biológica de nitrogênio por plantas de trevo (*Trifolium* spp) em sistema de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1435–1442, out. 2007.

ASTIGARRAGA, L. Técnicas para la medición del consumo de rumiantes en pastoreo. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 1997. p.1-23.

AUERSWALD, K.; MAYER, F.; SCHNYDER, H. Coupling of spatial and temporal pattern of cattle excreta patches on a low intensity pasture. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, n. 2, p. 275–288, nov. 2010.

BAHRY, C. A. *et al.* Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetida à adubação nitrogenada. **Agrarian**, v. 6, n. 21, p. 281–288, jul. 2013.

BALBINOT JUNIOR, A. A. *et al.* Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1925–1933, 29 maio 2009.

BALBOA, G. R.; SADRAS, V. O.; CIAMPITTI, I. A. Shifts in Soybean Yield, Nutrient Uptake, and Nutrient Stoichiometry: A Historical Synthesis-Analysis. **Crop Science**, v. 58, n. 1, p. 43–54, jan. 2018.

BARBERO, R. P. *et al.* Supplementation level increasing dry matter intake of beef cattle grazing low herbage height. **Journal of Applied Animal Research**, v. 48, n. 1, p. 28–33, 1 jan. 2020.

BARCELLOS, A. DE O. *et al.* Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 51–67, jul. 2008.

BARTH NETO, A. *et al.* Perfilamento em pastagens de azevém em sucessão a soja ou milho, sob diferentes métodos e intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 3, p. 329–338, mar. 2013.

BATISTA, E. R. *et al.* Atributos biológicos do solo em sistema integrado de produção agropecuária. **Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil. Tubarão, Copiart**, p. 71-90, 2018.

BELL, L. W.; MOORE, A. D. Integrated crop–livestock systems in Australian agriculture: Trends, drivers and implications. **Agricultural Systems**, v. 111, p. 1–12, set. 2012.

BELLOWS, Barbara. Nutrient cycling in pastures. *Livestock Systems Guide*, 2001.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Viçosa: Funep, 2006.

BOHNERT, D. W.; SCHAUER, C. S.; DELCURTO, T. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on performance and nitrogen use in ruminants consuming low-quality forage: cow performance and efficiency of nitrogen use in wethers². **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 6, p. 1629–1637, 1 jun. 2002.

BOSSHARD, C. *et al.* Characterization of fecal nitrogen forms produced by a sheep fed with ¹⁵N labeled ryegrass. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 90, n. 3, p. 355–368, jul. 2011.

BOUWMAN, A. F.; BEUSEN, A. H. W.; BILLEN, G. Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970-2050: NITROGEN AND PHOSPHORUS SOIL BALANCES. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 23, n. 4, p. n/a-n/a, dez. 2009.

BRADFORD, M. A. *et al.* Understanding the dominant controls on litter decomposition. **Journal of Ecology**, v. 104, n. 1, p. 229–238, jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Economia. **Exportação e importação em geral**, 2021. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>>. Acesso em: 30 abr. 2021

BUNGENSTAB, D. J. *et al.* (Eds.). **Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, 2019.

CAMPBELL, A. G. Grazed pasture parameters. II. Pasture dry-matter use in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. **The Journal of Agricultural Science**, v. 67, n. 2, p. 211–216, out. 1966.

CASSOL, L. C. **Relações solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)—Porto Alegre: Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

CHADWICK, D. R. *et al.* The contribution of cattle urine and dung to nitrous oxide emissions: Quantification of country specific emission factors and implications for national inventories. **Science of The Total Environment**, v. 635, p. 607–617, set. 2018.

CHASSAIN, J. *et al.* Role of different size classes of organisms in cropped soils: What do litterbag experiments tell us? A meta-analysis. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 162, p. 108394, nov. 2021.

CHIAVEGATO, M. B.; CONGIO, C. F. S.; SILVA, S. C. **Estratégias de manejo do pastejo para redução dos impactos ambientais**. Eficiência Produtiva e Impacto Ambiental na Produção de Ruminante. **Anais...** Em: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO. Uberlândia: UFU, 2018.

CHIZZOTTI, M. L. *et al.* Nutrição de precisão e manejo ambiental de bovinos de corte. Em: PALHARES, J. C. P. (Ed.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos: Editora Cubo, 2016. p. 105–116.

CIAMPITTI, I. A.; SALVAGIOTTI, F. New insights into soybean biological nitrogen fixation. *Agronomy Journal*, Madison, v. 110, n. 4, p. 1185-1196, 2018.

DEBIASI, Henrique; FRANCHINI, Julio Cezar. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1180-1186, 2012.

CHIODEROLI, C. A. *et al.* Atributos físicos do solo e produtividade de soja em sistema de consórcio milho e braquiária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 37–43, jan. 2012.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Indicadores de agropecuária**. Brasília, 2019. n. 5, v. 10.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Observatório Agrícola: Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos**. Brasília, 2021. n. 3, v. 9, Safra 2021/2022.

CRISPINO, C. C. *et al.* **Adubação nitrogenada na cultura da soja**. Londrina: Embrapa, 2001.

CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 2, p. 161–168, fev. 2005.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1180–1186, jul. 2012.

EGHBALL, B. Nitrogen Mineralization from Field-Applied Beef Cattle Feedlot Manure or Compost. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 6, p. 2024–2030, nov. 2000.

EUCLIDES, V.P.B; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.4, p. 691701, 1992.

FARIAS FILHO, J. A. **Ciclagem de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária com irrigação e leguminosa forrageira**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)—Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

FERNANDES, G. A. *et al.* Efeitos da suplementação concentrada no consumo de forragem e capacidade de suporte das pastagens na produção bovinos de corte em pastejo. Em: GALATI, R. L.; QUEIROZ, M. F. S. (Eds.). **Inovações na nutrição animal: desafios da produção de qualidade**. São Paulo: Editora Científica Digital, 2021. p. 81–96.

FERREIRA, S. F. *et al.* Caracterização fecal de bovinos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 11, n. 20, p. 1–22, jan. 2012.

FERREIRA, E. V. DE O. *et al.* Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 161–169, fev. 2011.

FLORES, J. P. C. *et al.* Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 4, p. 771–780, ago. 2007.

FRAME, J.; NEWBOULD, P. Agronomy of White Clover. Em: BRADY, N. C. (Ed.). **Advances in Agronomy**. Academic Press, 1986. v. 40, p. 1–88.

FRANCO, A. DE J. *et al.* Plant diversity in integrated crop-livestock systems increases the soil enzymatic activity in the short term. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 27 nov. 2020.

GAO, S. *et al.* Comparative differences in photosynthetic characteristics, ion balance, and nitrogen metabolism between young and old wild soybean leaves under nitrogen deficiency. **Plant Stress**, v. 4, p. 100064, 1 abr. 2022.

GHIZZI, Lucas Ghedin. **Ciclagem de nutrientes, produção de milho em sistema de integração lavoura-pecuária subsequente ao consórcio de pastagens hibernais**. 2015. 75 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2015.

GLÉRIA, A. A. *et al.* Produção de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura pecuária. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 253, p. 141–150, 15 jan. 2017.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. Crop residues, light organic matter, carbon and nitrogen storage and remaining phosphorus under different management systems in the cerrado region of Goiás. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v. 36, n. 3, p. 909–920, 1 jun. 2012.

GURGEL, A. L. C. *et al.* Suplementação estratégica para animais em pasto. **PUBVET**, v. 12, p. 147, 27 dez. 2017.

HANKINS, O. G.; HOWE, P. E. **Estimation of the Composition of Beef Carcasses and Cuts**. Washington, DC: United States Department of Agriculture, Economic Research Service, 1946.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.

HEINRICHS, R. *et al.* Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 2, p. 331–340, 1 jun. 2001.

HELLBRUGGE, C. *et al.* Desempenho de bovinos de corte em pastagem de azevém (*Lolium Multiflorum*) com ou sem suplementação energética. **Semina Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 723–730, 2008.

HENTZ, P. *et al.* Ciclagem de Nitrogênio em Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 663–676, 14 nov. 2014.

HERRERO, M. *et al.* Smart Investments in Sustainable Food Production: Revisiting Mixed Crop-Livestock Systems. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 822–825, 12 fev. 2010.

HIRAI, M. M. G. *et al.* Terminação de novilhos em pastagem de aveia branca consorciada com leguminosa ou associada à suplementação energética. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 4, p. 1141–1149, ago. 2015.

HRISTOV, A. N. *et al.* Review: Ammonia emissions from dairy farms and beef feedlots. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 91, n. 1, p. 1–35, mar. 2011.

HUNGRIA, M. *et al.* Nitrogen nutrition of soybean in Brazil: Contributions of biological N₂ fixation and N fertilizer to grain yield. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 86, n. 4, p. 927–939, 10 out. 2006.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001.

JANES-BASSETT, V. *et al.* Simulating long-term carbon nitrogen and phosphorus biogeochemical cycling in agricultural environments. **Science of The Total Environment**, v. 714, p. 136599, 20 abr. 2020.

JAYAWARDENA, S. R. *et al.* Utilisation of beef lung protein powder as a functional ingredient to enhance protein and iron content of fresh pasta. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 3, p. 610–618, 2019.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A. DE A.; PAULINO, M. F. Composição corporal de bovinos de quatro raças zebuínas, abatidos em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, p. 388–394, abr. 1999.

KAMPICHLER, C.; BRUCKNER, A. The role of microarthropods in terrestrial decomposition: a meta-analysis of 40 years of litterbag studies. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 84, n. 3, p. 375–389, ago. 2009.

KISHOREKUMAR, R. *et al.* An Overview of Important Enzymes Involved in Nitrogen Assimilation of Plants. **Methods in Molecular Biology**, Clifton/NJ, v. 2057, p. 1–13, 2020.

KOENIG, K. M.; BEAUCHEMIN, K. A. Nitrogen metabolism and route of excretion in beef feedlot cattle fed barley-based backgrounding diets varying in protein concentration and rumen degradability^{1,2}. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 5, p. 2295–2309, 1 maio 2013.

KOSCHECK, J. F. W. *et al.* Suplementação de bovinos de corte em sistema de pastejo. **UNICIÊNCIAS**, v. 15, n. 1, 2011.

KRUTZMANN, A. *et al.* Palhadas de gramíneas tropicais e rendimento da soja no sistema de integração lavoura-pecuária. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 842-851, 2013.

KUNRATH, T. R. *et al.* Sward height determines pasture production and animal performance in a long-term soybean-beef cattle integrated system. **Agricultural Systems**, v. 177, p. 102716, 1 jan. 2020.

KUYPER, T. W. Plant litter decomposition, humus formation, carbon sequestration. **Plant Ecology**, v. 180, p. 269–271, 2005.

LIDLAW, A.; TEUBER, N. Temperate Forage Grass-Legume Mixtures: Advances And Perspectives. **International Grassland Congress Proceedings**, 18 set. 2021.

LANGE, A. **Suplementación de pasturas para la producción de carnes**. Buenos Aires: AACREA, 1974.

LANG, C. R. *et al.* Fitomassa aérea residual da pastagem de inverno no sistema integração lavoura-pecuária. **Scientia Agraria**, v. 5, n. 1, p. 43–48, 2004.

LANTINGA, E. A. *et al.* Distribution of excreted nitrogen by grazing cattle and its effects on sward quality, herbage production and utilization. Em: VAN DER MEER, H. G. *et al.* (Eds.). **Animal Manure on Grassland and Fodder Crops. Fertilizer or Waste? Proceedings of an International Symposium of the European Grassland Federation, Wageningen, The Netherlands, 31 August–3 September 1987**. Developments in Plant and Soil Sciences. Dordrecht: Springer Netherlands, 1987. p. 103–117.

LAROCA, J. V. DOS S. *et al.* Qualidade do solo e produtividade de soja em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1248–1258, 13 dez. 2018.

LAZZAROTTO, E. F. C. DE O. *et al.* Backgrounding steers on temperate grasses mixed with vetch and/or using energy supplementation. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 6, p. 800–807, 1 jun. 2019.

LEMAIRE, G. *et al.* Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Integrated Crop-Livestock System Impacts on Environmental Processes. v. 190, p. 4–8, 1 jun. 2014.

LESSA, A. C. R. *et al.* Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Integrated Crop-Livestock System Impacts on Environmental Processes. v. 190, p. 104–111, 1 jun. 2014.

LIMA, R. C. *et al.* **Qual a perda de n por volatilização de amônia em sócios de decomposição de urina? VI Reunião Paranaense de Ciência do Solo. Anais...** Em: VI REUNIÃO PARANAENSE DE CIÊNCIA DO SOLO. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa e Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019.

LIMA, Rosângela Correa de. **Teores de nitrogênio, fósforo e potássio em pontos de deposição de urina bovina em solos de textura argilosa e arenosa**. 2021. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

LAZZAROTTO TERRA LOPES, M. *et al.* Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, 2009.

LOPES, A.S. Manual internacional de fertilidade do solo (Tradução e adaptação). Piracicaba-SP, POTAFOS, 2. ed., 117p, 1998.

LOPES, Marília Lazzarotto Terra *et al.* Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1499-1506, 2009.

LOSS, A. *et al.* Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1269–1276, out. 2011.

LUNARDI, R. *et al.* Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, v. 38, p. 795–801, jun. 2008.

MACEDO JÚNIOR, G. L. *et al.* Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes (Fiber quality for ruminant diets). **Ciência Animal**, v. 17, p. 7–17, jan. 2007.

MACITELLI, F. *et al.* Biometria da carcaça e peso de vísceras e de órgãos internos de bovinos mestiços alimentados com diferentes volumosos e fontes protéicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 1751–1762, out. 2005.

MARASCA, I. .; MEDEIROS, L. .; ARAÚJO, M. J. .; PERIN, A.; OLIVEIRA, C. A. . Teores e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio e decomposição da biomassa de braquiária em sistema santa fé. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

MARIN, V. A.; BALDANI, V. L. D.; TEIXEIRA, K. R. dos S.; BALDANI, J. I. **Fixação biológica de nitrogênio: Bactérias fixadoras de nitrogênio de importância para a agricultura tropical**. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1999. 24 p. (EMBRAPA-CNPAB. Documentos, 91).

MENEZES, L. F. G. *et al.* Recria de bovinos de corte mantidos em pastagem de aveia preta com diferentes ofertas de forragem, com e sem suplementação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 3, p. 623–630, jun. 2012.

MYERS, W. D. *et al.* Technical note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 1, p. 179–183, jan. 2004.

MOGOLLÓN, J. M. *et al.* Future agricultural phosphorus demand according to the shared socioeconomic pathways. **Global Environmental Change**, v. 50, p. 149–163, 1 maio 2018.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Editora do Autor, 1991. 336 p.

MORAES, E. H. B. K. DE *et al.* Avaliação nutricional de estratégias de suplementação para bovinos de corte durante a estação da seca. **R. Bras. Zootec.**, v. 39, n. 3, p. 608–616, 1 mar. 2010.

MORÃO, P. P. *et al.* **Decomposição de matéria orgânica vegetal e animal: um estudo comparativo**. XXV Congresso de Iniciação Científica da Unicamp. **Anais...**

Em: XXV CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP. Campinas: Unicamp, 21 out. 2017.

MOORE, J. E. Forage Crops. Em: **Crop Quality, Storage, and Utilization**. EUA: John Wiley & Sons, Ltd, 1980. p. 61–91.

MOTT, G.O.; LUCAS, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., 1952, Pensylvania. **Proceedings...** Pensylvania: State College Press, 1952. p.1380-1395.

MÜLLER, L. **Técnicas para determinar la composición de la canal**. In: Memoria de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, Guadalajara: ALPA, p.75, 1973.

MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaça de novilhos**. 2. ed. Santa Maria/RS: Imprensa Universitária da UFSM, 1987.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, Engineering; MEDICINE. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition**. Washington, DC: The National Academies Press, 2021.

NEVE, V. **Baço de boi**. blog. Disponível em: <<https://pt.healthy-food-near-me.com/beef-spleen/>>. Acesso em: 1 maio. 2022.

NOGUEIRA, P. D. M.; JÚNIOR, D. G. S.; RAGAGNIN, V. A. Clorofila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. **Global Science and Technology**, v. 3, n. 2, 16 ago. 2010.

OLIVEIRA JUNIOR, A. de; CASTRO, C. de; PEREIRA, L. R.; DOMINGOS, C. da S. **Estádios fenológicos e marcha de absorção de nutrientes da soja**. Paçandu: Fortgreen; Londrina: Embrapa Soja, 2016. 1 cartaz, color., 70 cm x 100 cm.

PAVINATO, Paulo Sérgio. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR. Acesso em: 24 out. 2022.

OLIVEIRA, L. E. Z. **Plantas de cobertura: características, benefícios e utilização**. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica)—Brasília: Universidade de Brasília, 2014.

OVALLE M, C. *et al.* Arrowleaf Clover (*Trifolium vesiculosum* Savi): A New Species of Annual Legumes for High Rainfall Areas of the Mediterranean Climate Zone of Chile. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 70, n. 1, mar. 2010.

PAULINO, M. F. *et al.* **Suplementação de Bovinos em pastagens: uma visão sistêmica**. IV Simpósio de Produção de Gado de Corte. **Anais...** Em: IV SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE. Viçosa: UFV, 2004.

- PENNING, P.D. Animal-based techniques for estimating herbage intake. Em: PENNING, P. D. (ED.). **Herbage intake handbook**. 2.ed ed. Reading: British Grassland Society, 2004.
- PEZZATO, A. C. *et al.* Avaliação nutricional, em tilápias-do-nilo, de farinhas de sangue bovino obtidas por três métodos de processamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 491–500, mar. 2012.
- PILAU, A. *et al.* Recria de novilhas de corte com diferentes níveis de suplementação energética em pastagem de aveia preta e azevém. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 2104–2113, dez. 2004.
- PINAZZA, L. A.; ALIMANDRO, R. O que é que o bovino tem. **Agroanalysis**, Especial: Pecuária. v. 20, n. 6, p. 18–20, jun. 2000.
- PIRES, G. C. *et al.* Arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of soybean in integrated crop livestock systems with intercropping in the pasture phase. **Rhizosphere**, v. 17, p. 100270, 1 mar. 2021.
- PIZZUTI, L. A. D. *et al.* Production parameters and forage loss of oat and rye grass pastures managed with beef heifers fed diets with energy supplementation. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1928–1936, ago. 2012.
- POPPI, D. P.; MCLENNAN, S. R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 1, p. 278–290, jan. 1995.
- PÖTTER, L. *et al.* **Suplementação de bovinos de corte: potencialidades na metade Sul - farelo de arroz**. In: Jornada técnica em sistemas de produção de bovinos de corte e cadeia produtiva, Porto Alegre, BR: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008, p.80-86.
- RASHID, M. I. *et al.* The chemical convergence and decomposer control hypotheses explain solid cattle manure decomposition in production grasslands. **Applied Soil Ecology**, v. 113, p. 107–116, 1 maio 2017.
- RASHID, M. I. *et al.* Home field advantage of cattle manure decomposition affects the apparent nitrogen recovery in production grasslands. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 57, p. 320–326, 1 fev. 2013.
- REIS, R. A.; CARDOSO, A. S.; RUGGIERI, A. N. **Eficiência na produção de bovinos e o impacto ambiental da atividade pecuária**. Eficiência produtiva e impacto ambiental na produção de ruminantes. **Anais...** Em: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO. Uberlândia: UFU, out. 2010.
- REIS, R. A. *et al.* Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 147–159, jul. 2009.

- RIBEIRO, Telma Regina *et al* . Tamanho de Órgãos e Vísceras de Bezerros Holandeses, para Produção de Vitelos, Recebendo Dietas com Diferentes Níveis de Concentrado. **Rev. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 30, n. 6, supl. p. 2163-2168, Dez. 2001
- RICHARDS, I. R.; WOLTON, K. M. The spatial distribution of excreta under intensive cattle grazing. **Grass and Forage Science**, v. 31, n. 2, p. 89–92, 1976.
- ROCHA, M. G. DA *et al*. Produção animal e retorno econômico da suplementação em pastagem de aveia e azevém. **Ciência Rural**, v. 33, p. 573–578, jun. 2003.
- RODRIGUES, A. M. *et al*. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 990–997, jun. 2008.
- RODRIGUES, R. de A. R.; MELLO, W. Z. de; CONCEIÇÃO, M. C. G. da; SOUZA, P. A. de; SILVA, J. J. N. da. Dinâmica do nitrogênio em sistemas agrícolas e florestais tropicais e seu impacto na mudança do clima. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 9, n. 5, p. 1868-1886, set./out. 2017.
- RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F. DE. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 1839–1849, dez. 2004.
- ROTTA, P. P. *et al*. Exigências de proteína para bovinos de corte. Em: VALADARES FILHO, S. C. *et al*. (Ed.). **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados - BR-CORTE**. 3. ed. Brasil: Produção Independente, 2016. p. 185–212.
- SAGGAR, S. *et al*. Denitrification and N₂O:N₂ production in temperate grasslands: processes, measurements, modelling and mitigating negative impacts. **The Science of the Total Environment**, v. 465, p. 173–195, 1 nov. 2013.
- SALTON, J. C. *et al*. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Integrated Crop-Livestock System Impacts on Environmental Processes. v. 190, p. 70–79, 1 jun. 2014.
- SANTOS, A. de D.; FONSECA, D. M. da; SOUSA, B. M. de L.; SANTOS, M. E. R.; CARVALHO, A. N. de. Estrutura do pasto e produção de bovinos suplementados em pastagens diferidas com capim braquiária. **Ciência Animal Brasileira / Brazilian Animal Science**, Goiânia, v. 21, n. 1, 2020.
- SANTOS, H. P. *et al*. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 8, n. 1, p. 49–56, 28 mar. 2013.
- SCHEEREN, F. B. **Alternativas para intensificar a produção de bovinos de corte em sistema de integração lavoura-pecuária**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)—Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.

SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (ed.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

SELBIE, D. R.; BUCKTHOUGHT, L. E.; SHEPHERD, M. A. The Challenge of the Urine Patch for Managing Nitrogen in Grazed Pasture Systems. Em: SPARKS, D. L. (Ed.). **Advances in Agronomy**, Academic Press, 2015. v. 129, p. 229–292.

SHARIFF, A. R.; BIONDINI, M. E.; GRYGIEL, C. E. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. **Journal of Range Management**, 1 nov. 1994.

SILVA, L. S. *et al.* Does grass-legume intercropping change soil quality and grain yield in integrated crop-livestock systems? **Applied Soil Ecology**, v. 170, p. 104257, 1 fev. 2022.

SILVA, F. D. *et al.* Pasture grazing intensity and presence or absence of cattle dung input and its relationships to soybean nutrition and yield in integrated crop–livestock systems under no-till. **European Journal of Agronomy**, Integrated crop-livestock. v. 57, p. 84–91, 1 jul. 2014.

SILVA, F. F. DA *et al.* Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 371–389, jul. 2009.

SILVA, E. C. D. *et al.* Acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura e no milho cultivado em sucessão sob diferentes doses de nitrogênio em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 02, 2006.

SIMIONI, T. A. *et al.* Effects of mineral or protein-energy supplementation and genetic group on metabolism parameters of young beef bulls grazing tropical grass during the rainy season. **Livestock Science**, v. 255, p. 104805, 1 jan. 2022.

SLEUGH, B. *et al.* Binary Legume–Grass Mixtures Improve Forage Yield, Quality, and Seasonal Distribution. **Agronomy Journal**, v. 92, n. 1, p. 24–29, 2000.

SOUZA, C. F. *et al.* **Desempenho forrageiro de azevém e aveia cultivados na fronteira oeste do Rio Grande do Sul**. IX Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão. **Anais...** Em: IX SALÃO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO. Porto Alegre: UERGS, 2017.

TONELLO, C. L. *et al.* Suplementação e desempenho de bovinos de corte em pastagens: tipo de forragem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, p. 199–205, jun. 2011.

TORRES, J. L. R. *et al.* Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609–618, jul. 2005.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. Em: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVERA, S. G. (Eds.). **Nutrição de Ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 161–189.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Comstock Pub, 1994.

WILLIAMS, P. Nutritional composition of red meat. **Nutrition & Dietetics**, v. 64, n. s4, p. S113–S119, 2007.

WILM, H. G.; COSTELLO, D. F.; KLIPPLE, G. E. Estimating Forage Yield by the Double-Sampling Method ¹. **Agronomy Journal**, v. 36, n. 3, p. 194–203, mar. 1944.

WRUCK, F. J.; BEHLING, M.; ANTONIO, D. B. A. Sistemas integrados em Mato Grosso e Goiás. Em: SEIXAS, C. D. S.; NEUMAIER, N.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LEITE, R. M. V. B. de C. (Eds.). **Tecnologias de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. 347 p. (Embrapa Soja. Sistemas de Produção, 17).

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, Á. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 29–42, mar. 2016.