

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

JOÃO DE ASSIS FARIAS FILHO

**CICLAGEM DE NITROGÊNIO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA COM IRRIGAÇÃO E LEGUMINOSA FORRAGEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DOIS VIZINHOS

2018

JOÃO DE ASSIS FARIAS FILHO

**CICLAGEM DE NITROGÊNIO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA COM IRRIGAÇÃO E LEGUMINOSA FORRAGEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor

Co-orientador: Prof. Dr. Adalberto Luiz de Paula

DOIS VIZINHOS

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Dois Vizinhos
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

**CICLAGEM DE NITROGÊNIO EM SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-
PECUÁRIA COM IRRIGAÇÃO E LEGUMINOSA FORRAGEIRA**

por

JOÃO DE ASSIS FARIAS FILHO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 14 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Orientador Laércio Ricardo Sartor
UTFPR – Dois Vizinhos

Wagner Paris
UTFPR – Dois Vizinhos

Paulo Fernando Adami
UTFPR – Dois Vizinhos

Angélica Signor Mendes
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Lucas da Silva Domingues
Coordenador do Curso de Agronomia
UTFPR – Dois Vizinhos

Na lavoura da vida, todo resíduo também vira adubo e todo tropeço também vira aprendizado, que se recicla e se transforma em nutriente para nutrir novas plantas, novos sonhos.

O autor

Dedico este trabalho,

À minha Mãe Creuza, que sempre me apoiou em meus objetivos e me inspira todos os dias a buscar ser alguém melhor.

Ao meu pai João Farias (in memorian), pelo exemplo de vida, pela herança do gosto à vida no campo e pela inspiração diária.

À minha vó Valdemarina (in memorian), que sempre deixei com lágrimas e orações rumo a um caminho incerto.

Aos saudosos amigos e conterrâneos Edivan Azevedo e Salim Jacuína e também à eterna colega de trabalho Rose Rocha, que no decorrer desses 5 anos de faculdade partiram para junto de Deus morar mas se fazem presentes em nossos corações.

AGRADECIMENTOS

Ao meu bom Deus, sem o qual nada existiria e ao qual agradeço todos os dias pelo dom da vida, pelas oportunidades e pela força nos momentos difíceis.

Aos meus pais João Farias (*in memoriam*) e Creuza Ribeiro, a quem devo toda honra e respeito pela criação, educação, apoio e por todos os ensinamentos. Espero um dia poder retribuir toda essa confiança e enchê-los de orgulho.

Ao Dr. Laércio Sartor e Dr. Adalberto de Paula, agradeço pela orientação, amizade, conselhos e por acreditarem em minha capacidade e aceitarem esta empreitada como orientadores, estando dispostos a contribuir com minha formação.

Ao Dr. Paulo Adami e Dr. Wagner Paris que aceitaram participar da banca deste trabalho, agradeço pela paciência, pela disposição e pela essencial contribuição para a melhoria desta pesquisa.

À Dra. Angélica Mendes, responsável pelas disciplinas de TCC I e TCC II, agradeço pela paciência, pelas informações e pela disponibilidade em nos ajudar.

A todos os professores que até hoje contribuíram para minha formação profissional, sejam estes do primário à graduação, os quais são a base do conhecimento e essenciais à formação de qualquer profissional.

Aos meus amigos conterrâneos, irmãos e outros familiares, agradeço por sempre me apoiarem nessa caminhada e que apesar da distância se mantiveram firmes na amizade.

À uma amiga em especial, Luna Dias, agradeço pelas conversas diárias, pelos conselhos, apoio em momentos de difíceis decisões, pela companhia e por algumas observações neste trabalho.

Aos meus amigos de graduação Alisson, Ezequiel, Junimar e Vitor, verdadeiros irmãos do dia a dia, agradeço pela parceria, convivência, gargalhadas, aprendizados e pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos/irmãos da República Socanelas, que durante todos estes anos de graduação foram minha família nessa cidade onde nunca imaginei que estaria.

Aos amigos e pós-doutorandos Roberta Farenzena, Olmar Denardin e Fabiana Matielo, pela ajuda durante as análises laboratoriais, pelas caronas e pela orientação paralela quando necessária.

Aos integrantes do grupo NEPRU, pela ajuda na condução deste trabalho, e aos professores Luís Fernando e Wagner Paris que me permitiram participar deste grupo de pesquisa onde pude aprender na prática muito do que irei usar na vida profissional.

Aos funcionários da Fazenda Experimental, que na maioria das vezes são esquecidos mas que são essenciais à realização dos trabalhos ali realizados.

Aos amigos do Laboratório de Bromatologia, principalmente à Andreia Fiorelli, que me ajudaram e me aturaram nessa difícil e exaustiva missão dentro do laboratório.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, espero que tal ajuda seja recompensada na geração do conhecimento científico.

RESUMO

FARIAS FILHO, João de Assis. Ciclagem de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária com irrigação e leguminosa forrageira. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

Diante da crescente utilização da integração lavoura-pecuária é de grande importância a realização de estudos para compreender o funcionamento dos mais diversos tipos de sistemas integrados e mitigar as dúvidas existentes a respeito desses sistemas, sendo assim necessário compreender a ciclagem de nutrientes mediante às práticas adotadas nesses sistemas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da leguminosa e da irrigação na ciclagem de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária. O experimento foi realizado em área pertencente à Fazenda Experimental da UTFPR - Campus Dois Vizinhos durante o período de abril de 2016 a março de 2017, sendo avaliados quatro tratamentos em esquema fatorial 2x2 (irrigado e não irrigado x consorciado e não consorciado com leguminosa), no delineamento experimental inteiramente casualizado contendo três repetições. Durante o inverno/primavera a área foi cultivada com pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) sobressemeada em Estrela Africana (*Cynodon* sp.) e, nos piquetes consorciados, foi implantada também ervilhaca (*Vicia sativa*). Durante o período de verão um piquete de cada tratamento foi cultivado com milho (*Zea mays*). Para avaliação da ciclagem de nutrientes, foram determinadas as quantidades de nitrogênio que retornaram ao solo via fezes, urina, resíduos da pastagem e resíduos da cultura do milho. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando apresentarem diferença significativa foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Não foram observados efeitos significativos da irrigação e nem da leguminosa durante o período de inverno/primavera nos teores e retorno de nitrogênio da pastagem, das fezes, da urina e dos resíduos da pastagem, além de serem observadas semelhanças também no consumo e retenção de N pelos animais. Durante o período de verão os fatores avaliados também não causaram influências significativas na produção de grãos e de palhada e nem na extração, exportação e retorno de nitrogênio pela cultura do milho. Considerando a ciclagem total no sistema, foi observada maior exportação de N onde não houve a inserção da leguminosa (242,77 kg ha⁻¹). O retorno total e a quantidade total de N ciclado ficaram na média de 335,61 kg ha⁻¹ e 567,13 kg ha⁻¹, respectivamente, não sendo influenciados de forma significativa pelos fatores avaliados. O uso da irrigação e do consórcio com leguminosa não influenciaram na ciclagem de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária após um ano de avaliação.

Palavras-chave: agricultura sustentável, balanço de nutrientes, rendimento de grãos, sistemas integrados

ABSTRACT

FARIAS FILHO, João de Assis. Nitrogen cycling in a crop-livestock integration system with irrigation and forage legume. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

In view of the increasing use of crop-livestock integration, it is of great importance to carry out studies to understand the operation of the most diverse types of integrated systems and to mitigate the doubts about these systems, so it is necessary to understand the nutrient cycling through the practices adopted these systems. In this context, the objective of this work was to evaluate the effect of legume and irrigation on nitrogen cycling in a crop-livestock integration system. The experiment was carried out in an area belonging to the Experimental Farm of UTFPR - Campus Dois Vizinhos during the period from April 2016 to March 2017. Four treatments were evaluated in a 2x2 factorial scheme (irrigated and non - irrigated x consortium and non - intercropped with legumes) in a completely randomized experimental design with three replicates. During winter / spring the area was cultivated with black oats (*Avena strigosa*) and ryegrass (*Lolium multiflorum*) grown on African Star (*Cynodon* sp.), And in the intercropped pickets, vetch (*Vicia sativa*) was also implanted. During the summer period a picket of each treatment was cultivated with maize (*Zea mays*). To evaluate the nutrient cycling, the amounts of nitrogen returned to the soil via feces, urine, pasture residues and maize crop residues were determined. The data were submitted to analysis of variance and when they presented a significant difference, the Tukey test was performed at a 5% probability of error. There were no significant effects of irrigation or legume during the winter / spring period on the levels and nitrogen return of pasture, feces, urine and pasture residues, as well as similarities in N intake and retention animals. During the summer period, the evaluated factors also did not cause significant influences on the production of grains and straw, nor on the extraction, export and return of nitrogen by maize. Considering the total cycling in the system, it was observed a higher N export where there was no legume insertion (242.77 kg ha⁻¹). The total return and the total amount of N cycling were in the mean of 335.61 kg ha⁻¹ and 567.13 kg ha⁻¹, respectively, and were not significantly influenced by the evaluated factors. The use of irrigation and the legume consortium did not influence the nitrogen cycling in a crop-livestock integration system after one year of evaluation.

Keywords: sustainable agriculture, nutrient balance, grain yield, integrated systems

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	JUSTIFICATIVAS	12
3	OBJETIVOS	13
3.1	OBJETIVO GERAL	13
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4	REVISÃO DE LITERATURA	14
4.1	INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA	14
4.2	CICLAGEM DE NUTRIENTES	15
4.3	CONSÓRCIO DE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS	17
4.4	USO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA	18
5	MATERIAL E MÉTODOS	20
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	20
5.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	20
5.3	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	21
5.3.1	Monitoramento das condições climáticas e manejo da irrigação	21
5.3.2	Implantação, adubação e manejo da pastagem	22
5.3.3	Implantação, adubação e manejo da cultura do milho	23
5.4	AMOSTRAGENS, ANÁLISES E DETERMINAÇÕES	24
5.4.1	Pastagem	24
5.4.2	Animais e dejetos	25
5.4.3	Milho	28
5.4.4	Ciclagem de nitrogênio	29
5.4.4.1	Ciclagem de nitrogênio pela pastagem	29
5.4.4.2	Ciclagem de nitrogênio pelos animais	29
5.4.4.3	Ciclagem de nitrogênio pela cultura do milho	32
5.4.4.4	Ciclagem de nitrogênio total no sistema	33
5.5	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	34
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
7	CONCLUSÕES	54
8	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A integração entre lavoura e pecuária é uma alternativa promissora para o desenvolvimento sustentável da agricultura, uma vez que a produção animal e vegetal quando trabalhadas em conjunto promovem interações positivas que proporcionam resultados benéficos ao ambiente e de forma altamente viável (ALLEN et al., 2007). Quando se adota um sistema integrado a produção da propriedade é verticalizada, reduz-se a utilização de insumos, há melhora na eficiência de uso da terra, da estrutura e da mão de obra, reduzindo os custos de produção e minimizando os riscos econômicos por diversificar as fontes de renda à propriedade (MORAES et al., 2007).

Na região sul do Brasil, essa prática surgiu principalmente como opção de utilização de áreas durante o período de inverno, uma vez que em decorrência da baixa valorização dos cereais produzidos nessa época do ano as áreas agrícolas vinham sendo mantidas em pousio ou sobre cultivo de plantas de cobertura, o que no primeiro caso resulta em sérias consequências mediante às perdas de nutrientes e riscos de erosão e, no segundo caso, significa manter as áreas agricultáveis durante alguns meses sem dar o retorno econômico que potencialmente possuem (ASSMANN et al., 2003).

Entretanto, muitos produtores ainda resistem à adoção desta prática, principalmente produtores de grãos que acreditam que a presença de animais na mesma área onde há produção agrícola pode ocasionar efeitos negativos na produção de grãos devido à compactação, extração de nutrientes e redução da cobertura do solo (CARVALHO et al., 2005). Por outro lado, estudos têm mostrado que a presença de animais em pastejo pode gerar efeito positivo sobre a transferência de nutrientes para a cultura em sucessão (ASSMANN et al., 2003), uma vez que os processos de mastigação e digestão dos alimentos promovidos pelos animais em pastejo acelera a ciclagem de nutrientes, retornando estes nutrientes ao solo por meio das excreções fecal e urinária, sendo liberados em formas disponíveis para serem absorvidos pelo sistema radicular das plantas (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

Além dos efeitos que o processo de pastejo em si pode ocasionar, há também os efeitos que podem ser ocasionados devido às práticas adotadas na composição e manejo da pastagem durante o inverno, tais como o uso do consórcio entre gramíneas e leguminosas forrageiras e o uso da irrigação, assim como os efeitos das práticas adotadas no manejo da cultura em sucessão.

Considerando a utilização de leguminosas em pastagens sobre áreas de integração lavoura-pecuária, Carvalho et al. (2005) destaca que esta prática pode ser uma oportunidade a ser aproveitada por parte dos produtores, uma vez que estas pastagens são cultivadas em condições de solo com maior fertilidade e as espécies leguminosas são geralmente mais exigentes em solos férteis. Quando utilizadas em sistemas pastoris, são observados três benefícios inerentes a estas plantas, o primeiro se refere à fixação biológica de N_2 , o segundo à maior diversidade do ecossistema e o terceiro refere-se às melhorias na dieta dos animais ao promover aumento no teor de proteína bruta, cálcio e fósforo (ANDRADE, 2012).

Da mesma forma, a adoção de sistemas de irrigação pode ser considerada uma importante ferramenta para equilibrar a oferta e qualidade da forragem, proporcionando aumento da produtividade, maior produção de folhas, maior teor de proteína bruta e maior digestibilidade da forrageira (SANCHES et al., 2015), além de influenciar na taxa de crescimento das raízes, velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos e outros fatores inerentes à ação microbiológica nesses sistemas, logo, influenciando na quantidade e disponibilidade de nutrientes no sistema. Além disso, o uso da irrigação pode ser uma prática importante para promover o aumento de produção e redução da alternância entre as safras de milho em decorrência da falta de chuvas. De acordo com Bergamaschi et al. (2006), o rendimento de lavouras de milho pode ser afetado mesmo em anos de condições climáticas favoráveis mas que haja déficit hídrico no período considerado mais crítico para a cultura em relação ao déficit hídrico, período este que vai da pré-floração ao enchimento de grãos.

Portanto, entendendo que fatores relacionados às interações entre a produção animal e vegetal e às práticas de manejo da pastagem e da lavoura podem influenciar também na ciclagem de nutrientes, torna-se necessária a realização de estudos para compreendê-los. A partir da determinação das quantidades e do conhecimento da velocidade de transferência dos nutrientes entre os compartimentos que compõe cada ciclo de um sistema integrado pode-se chegar ao balanço do nutriente no sistema e, a partir deste conhecimento, promover uma melhor utilização do solo, dos resíduos e dos fertilizantes (ANGHINONI et al., 2011).

2 JUSTIFICATIVAS

Em decorrência da crescente utilização de sistemas de integração lavoura-pecuária diante às exigências de uma agricultura sustentável, torna-se necessário conhecer os diferentes efeitos que estes sistemas podem causar quando implantados em uma propriedade rural. Nesse sentido, conhecer os aspectos relacionados à ciclagem e balanço de nutrientes nesses sistemas é de extrema importância para definir as melhores práticas a serem utilizadas visando um melhor uso da terra e redução da utilização de insumos.

Diante desse contexto, o uso de irrigação e leguminosas forrageiras, quando utilizados em conjunto ou isoladamente em pastagens de inverno e culturas de verão, podem causar influências significativas na ciclagem e balanço de nutrientes, assim como na produção animal e na produção das culturas em sucessão, relacionando-se à fixação biológica de nitrogênio pelas leguminosas e aos efeitos positivos dos suprimento de água nos períodos de déficit hídrico, resultando em maior produção de biomassa no sistema.

Portanto, é de grande relevância a realização de estudos que visem identificar e quantificar os diferentes fatores afetados com relação à ciclagem de nutrientes em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e consórcio entre gramíneas e leguminosas, para a partir destes estudos coletar informações importantes para produtores e pesquisadores a fim de se chegar a conclusões concretas e comprovadas cientificamente sobre tais influências.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da leguminosa e irrigação na ciclagem de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o consumo e retenção de nitrogênio por bovinos de corte mantidos em pastagem durante o inverno.
- Avaliar o retorno de nitrogênio por meio dos dejetos de bovinos de corte, de resíduos da pastagem durante o inverno e por meio dos resíduos culturais do milho.
- Avaliar a produtividade do milho irrigado e não irrigado, cultivado em área remanescente de pastagens hibernais irrigadas e consorciadas com ervilhaca.
- Avaliar a quantidade total de nitrogênio retornada, exportada e ciclada no sistema sob influência da irrigação e consórcio entre gramíneas e leguminosas.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA

A produção integrada entre lavoura e pecuária não é uma prática recente, pelo contrário, é tão antiga quanto a própria domesticação dos animais e das plantas, sendo praticada em diversos países nas mais variáveis combinações de atividades, de acordo com as demandas e aptidões de cada local (CARVALHO et al., 2005).

Integrar lavoura e pecuária é uma prática que caracteriza-se como uma alternativa promissora para o desenvolvimento sustentável da agricultura devido às interações positivas existentes entre a produção animal e vegetal, o que proporciona resultados benéficos ao ambiente e de forma altamente viável (ALLEN et al., 2007). A adoção de sistemas integrados causa a verticalização da produção, reduzindo a utilização de insumos, melhorando a eficiência de uso da terra, da estrutura e da mão de obra, reduzindo os custos de produção e minimizando os riscos econômicos ao promover a diversificação de fontes de renda à propriedade (MORAES et al., 2007).

Na região sul do Brasil, tal prática surgiu como uma opção de renda e utilização da terra nos períodos compreendidos entre a produção de lavouras de verão, visto que, em decorrência da baixa rentabilidade obtida com o cultivo de cereais de inverno e da ausência de outras opções de cultivo para essa época do ano, uma grande parte das áreas agricultáveis vinham sendo destinadas ao plantio de plantas de cobertura ou deixadas em pousio durante o período de inverno (CARVALHO et al., 2005).

De acordo com Moraes et al. (2002), as pesquisas em sistemas de produção integrada nessa região tem sido desenvolvidas dentro de duas realidades distintas: a primeira diz respeito à entrada de animais em regiões tipicamente agrícolas como uma opção de diversificação e melhor aproveitamento das plantas de cobertura e/ou pastagens hibernais em rotação com cultivo de grãos; a segunda se refere à entrada da agricultura em regiões tipicamente pecuárias como alternativa para recuperar o potencial produtivo das pastagens, aumentando a fertilidade do solo e promovendo o controle de plantas daninhas, além de tornar o sistema produtivo mais diversificado.

Na região Centro-Oeste, mais especificamente no município de Tangará da Serra, estado do Mato Grosso, ao comparar a viabilidade econômica de sistemas de produção,

incluindo entre eles um sistema de ILP, Gomes (2015) observou que o sistema integrado apresentou maior chance de sucesso econômico, o que comprova que a integração entre lavoura e pecuária é capaz de mitigar os riscos da atividade agrícola. No entanto, este mesmo autor chegou à conclusão de que nestes sistemas é exigido maior conhecimento e habilidade de gestão por parte dos produtores para que possam lidar de forma eficiente com os diversos fatores de produção.

De acordo com Carvalho et al. (2005) muitos produtores, principalmente produtores de grãos, apresentam uma certa resistência em adotar sistemas integrados por entenderem quem a presença de animais na mesma área onde há produção agrícola pode ocasionar efeitos negativos na produção de grãos devido à compactação, extração de nutrientes e redução da cobertura do solo.

Diante desse contexto, é de grande importância a realização de estudos que busquem compreender o funcionamento dos mais diversos tipos de sistemas integrados e mitigar as dúvidas existentes a respeito da produção que integre pecuária e agricultura. Para isso, Balbino et al. (2011) afirma que são necessários estudos para identificação das culturas e espécies forrageiras que podem ser utilizadas solteiras ou em consórcio nesses sistemas, visando entender as suas inter-relações técnicas e os resultados econômicos. Nesse contexto, a adoção da irrigação se insere como um outro fator preponderante e que poderá influenciar nas respostas das culturas e das forrageiras, logo, necessitando ser estudada também a sua influência nesses sistemas.

4.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES

O termo ciclagem é utilizado para caracterizar o fluxo dos nutrientes entre os diversos componentes de um sistema agropecuário, onde estes nutrientes são transferidos de um componente para outro por meio de inúmeros processos que compõem os ciclos biogeoquímicos (ANGHINONI et al., 2011).

Em um sistema de produção integrado, a ciclagem de nutrientes tende a se tornar mais complexa, pois o aporte de resíduos culturais da lavoura é diferenciado dos monocultivos, tanto na superfície quanto em profundidade (SALTON et al., 2002). Além disso, o manejo do pastejo, principalmente no que diz respeito à intensidade, influencia diretamente no

crescimento radicular das plantas e no aporte de matéria orgânica do solo em profundidade, havendo assim diferentes deposições de resíduos animais e vegetais no sistema (SOUZA et al., 2009).

Conhecer os efeitos dos animais sobre a ciclagem de nutrientes é de grande importância para a melhor utilização do solo, dos resíduos e dos fertilizantes, tornando necessária a determinação das quantidades e a medição da velocidade de transferência dos nutrientes entre os compartimentos que compõe cada ciclo para, por fim, chegar ao balanço do nutriente no sistema (ANGHINONI et al., 2011).

Considerando solos sob pastagens, observa-se heterogeneidade nas características químicas desses solos como resultado da deposição desuniforme de dejetos sobre a área, o que ocasiona a ocorrência de manchas de solo com fertilidade e atividade biológica mais elevada, implicando na absorção e desenvolvimento das plantas (SALTON e CARVALHO, 2007).

De acordo com Balbinot Junior et al. (2009), a presença de animais em pastejo atua com grande relevância ao promover a aceleração da ciclagem de nutrientes, pois grande parte do que é ingerido pelos animais retorna ao solo por meio das excreções fecal e urinária, sendo liberados na solução do solo em formas disponíveis para serem absorvidos pelo sistema radicular das plantas. Em experimentos realizados por Assmann et al. (2003), os autores puderam observar efeito positivo do pastejo sobre a transferência de nitrogênio de pastagens de aveia + azevém consorciadas com trevo branco para a cultura do milho em sucessão.

Observa-se que, ao ser considerada a produção animal inserida juntamente com a produção vegetal, a complexidade do sistema aumenta, pois o ganho por animal e o ganho por área são definidos pelo manejo da quantidade e qualidade da biomassa aérea, que pode influenciar diretamente na ingestão e seleção do alimento por parte dos animais, considerando ainda que o nível ótimo de biomassa para se alcançar ótimo desempenho animal são diferentes dos níveis ótimos para se ter uma satisfatória cobertura de solo e produtividade de grãos (CARVALHO et al., 2005). Dessa forma, fatores que influenciam no desempenho e na participação do animal podem influenciar também na ciclagem de nutrientes e no rendimento das culturas em sucessão, tornando necessária a realização de estudos para compreendê-los.

Segundo Haynes e Williams (1993), até 90% dos nutrientes que os animais ingerem em pastejo retornam ao solo via fezes e urina. Em experimentos realizados por Ferreira et al. (2011), os autores observaram que a quantidade de potássio que cicla no sistema aumentou com o aumento da intensidade de pastejo e teve influência significativa da quantidade de matéria seca na pastagem. Da mesma forma, Saraiva (2010) observou decréscimo linear para

o retorno de magnésio e nitrogênio nas fezes de vacas de leite na medida em que aumentaram as alturas de resíduo pós-pastejo.

Entretanto, em sistemas integrados de produção há ainda a demanda por trabalhos que possam oferecer informações referentes à quantificação do retorno e disponibilidade de nutrientes nos diversos componentes deste sistema para que se possa ter um melhor entendimento dos mesmos (DIEL et al., 2014).

4.3 CONSÓRCIO DE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS

A adubação nitrogenada em áreas de pastagens é uma prática importante para suprir as necessidades nutricionais das forrageiras quanto ao nitrogênio e garantir o sucesso no manejo das pastagens, porém, a utilização de grandes quantidades de adubos nitrogenados pode representar uma situação de risco à qualidade das águas subterrâneas devido à contaminação destas águas por meio da lixiviação (PRIMAVESI et al., 2001; PINHEIRO et al., 2014). Nesse contexto, a utilização de leguminosas em pastagens tem se mostrado uma prática opcional para suprir as necessidades de nitrogênio em pastagens e minimizar o uso de fontes artificiais e, com isso, reduzir os riscos ambientais.

Quando utilizadas as leguminosas em sistemas pastoris, são observados três benefícios inerentes a estas plantas, o primeiro se refere à fixação biológica de N_2 via simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*, o segundo diz respeito à maior diversidade do ecossistema e o terceiro refere-se às melhorias na dieta dos animais por meio do maior teor de proteína bruta, cálcio e fósforo, das menores concentrações de parede celular e do menor efeito da maturação fisiológica sobre o valor nutritivo se comparadas a gramíneas (ANDRADE, 2012).

Em sistemas de integração lavoura-pecuária o uso de leguminosas forrageiras em pastagens hibernais pode ser uma oportunidade a ser aproveitada, uma vez que estas pastagens são cultivadas em condições de solo com maior fertilidade e estas espécies são geralmente mais exigentes em solos férteis (CARVALHO et al., 2005).

Avaliando a inserção de leguminosas hibernais em pastagens de aveia + azevém, Assmann et al. (2004) observaram maior duração do período de pastejo e melhor desempenho animal em área de integração-lavoura pecuária. Entretanto, Assmann et al. (2010) estudando a inclusão do trevo-branco consorciado à aveia + azevém observaram que o uso desta

leguminosa sem a utilização de nitrogênio artificial não é suficiente para manutenção de elevadas produtividades da forragem e dos animais, sendo assim necessário o aporte adicional de nitrogênio via adubo químico.

Nesse sentido, considerando que o uso de leguminosas forrageiras pode influenciar as respostas de pastagens quanto à produção e valor nutritivo, estas espécies também podem influenciar na passagem dos nutrientes pelos diversos componentes de um sistema integrado, caracterizando assim a influência destas espécies na ciclagem e balanço de nutrientes e as necessidades de estudos para compreender estas influências.

4.4 USO DA IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

O suprimento de água às plantas forrageiras é um dos fatores mais importantes a serem considerados na produção de bovinos a pasto, uma vez que a falta deste fator ocasiona sazonalidade na produção de forragem durante o ano, seja em regiões de ocorrências de estações definidas de seca e das águas ou em regiões que mesmo com alta pluviosidade apresentam alguns períodos de déficit hídrico ao longo do ano e das estações. Nesse sentido, o uso da distribuição artificial de água via irrigação é uma técnica que serve para garantir a produção da maneira como planejada sem que a falta de chuvas, seja em período de seca ou em ocorrência de veranicos, comprometa a produtividade e rentabilidade da atividade (BARBOSA et al., 2008).

De acordo com Sanches et al. (2015), a irrigação é uma importante ferramenta para promover o equilíbrio entre oferta e qualidade de forragem, proporcionando aumento da produtividade, maior produção de folhas, maior teor de proteína bruta e maior digestibilidade da forrageira. Oliveira et al. (2016) afirma que o uso da irrigação permite planejar de forma adequada o sistema de produção, otimizando os ganhos por animal e por área por meio do aumento da capacidade suporte durante os períodos críticos do ano, fazendo com que o fator água deixe de ser um limitante na produção animal a pasto. Nesse sentido, vale ressaltar que na região Sudoeste do Estado do Paraná, apesar de não ocorrer um período de seca definido durante o ano, apresenta alguns períodos de déficit hídrico intercalados durante as estações, sendo mais pronunciados os efeitos negativos na transição de uma estação para outra.

Da mesma forma que para pastagens, o uso da irrigação pode ser uma prática importante para promover o aumento de produção e redução da alternância entre as safras de milho em decorrência da falta de chuvas. Segundo Bergamaschi et al. (2006), o rendimento de lavouras de milho pode ser afetado mesmo em anos em que o clima favoreça, mas que haja déficit hídrico no período considerado mais crítico para a cultura em relação ao déficit hídrico, período este que vai da pré-floração ao enchimento de grãos.

Por influenciar na produção de biomassa, seja de pastagens ou de lavouras de milho, o uso da irrigação pode ter influências diretas na ciclagem e balanço de nutrientes e essas influências podem ser ainda maiores ao considerar que a irrigação poderá influenciar também em outros fatores associados ao ciclo dos nutrientes, como exemplos os efeitos sobre a lixiviação e decomposição de resíduos. Em trabalho realizado por Mendes et al. (2015) os autores observaram que quanto maiores as lâminas de irrigação maiores serão as perdas de nitrato por lixiviação, principalmente em solos arenosos. Da mesma forma, Souza et al. (2014) observaram que quanto maiores as lâminas de irrigação mais rápida será a decomposição de resíduos vegetais da superfície do solo, principalmente de resíduos de leguminosas.

Portanto, considerando que podem ocorrer influências da irrigação de diferentes formas em fatores que podem influenciar a ciclagem de nutrientes, se faz necessário a realização de estudos para avaliar essas respostas.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado em área pertencente à UNEPE Bovinocultura de Corte da Fazenda Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos, com altitude de 520 metros, latitude de 25°44" S e longitude de 54°04" W, em Nitossolo Vermelho Distroférico e clima subtropical úmido mesotérmico (Cfa) segundo a classificação de Köppen (MAAK, 1968), com pluviosidade anual entre 1800 a 2000 mm.

Há mais de quatro anos no local vem sendo cultivada pastagem de Estrela Africana solteira durante o verão e sobressemeada com aveia preta e azevém durante o período de inverno, sob pastejo de bovinos de corte. Em parte desta área há instalado um sistema de irrigação por aspersão, composto por 60 aspersores NY 25 com vazão de 597 litros/hora e taxa de aplicação de 2,2 mm/h, a 2 m de altura em relação ao solo, com distância de 18 m entre linhas e 15 m entre aspersores.

Durante o período de inverno/primavera de 2016 a área foi subdividida em 12 módulos de 4 piquetes de 0,072 ha, sendo cada módulo correspondente à uma repetição de um tratamento. Nesses módulos foi cultivada pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) sobressemeada em Estrela Africana (*Cynodon* sp.), submetida ou não à irrigação, com e sem consórcio com ervilhaca (*Vicia sativa*).

Durante o período de verão do mesmo ano um piquete de cada módulo foi cultivado com milho (*Zea mays*), sendo mantidos os mesmos tratamentos do inverno.

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro tratamentos em esquema fatorial 2x2, contendo três repetições:

Fator A: uso ou não da irrigação

Fator B: uso ou não do consórcio aveia + azevém + ervilhaca

5.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

5.3.1 Monitoramento das condições climáticas e manejo da irrigação

A temperatura e precipitação pluviométrica durante o período experimental foram monitoradas utilizando dados da estação meteorológica da Fazenda Experimental, localizada próxima ao local do experimento.

Para elaboração do gráfico e melhor demonstração da situação à campo, cada mês foi dividido em 3 períodos de 10 dias e foram considerados os valores da temperatura média e precipitação acumulada em cada um desses períodos.

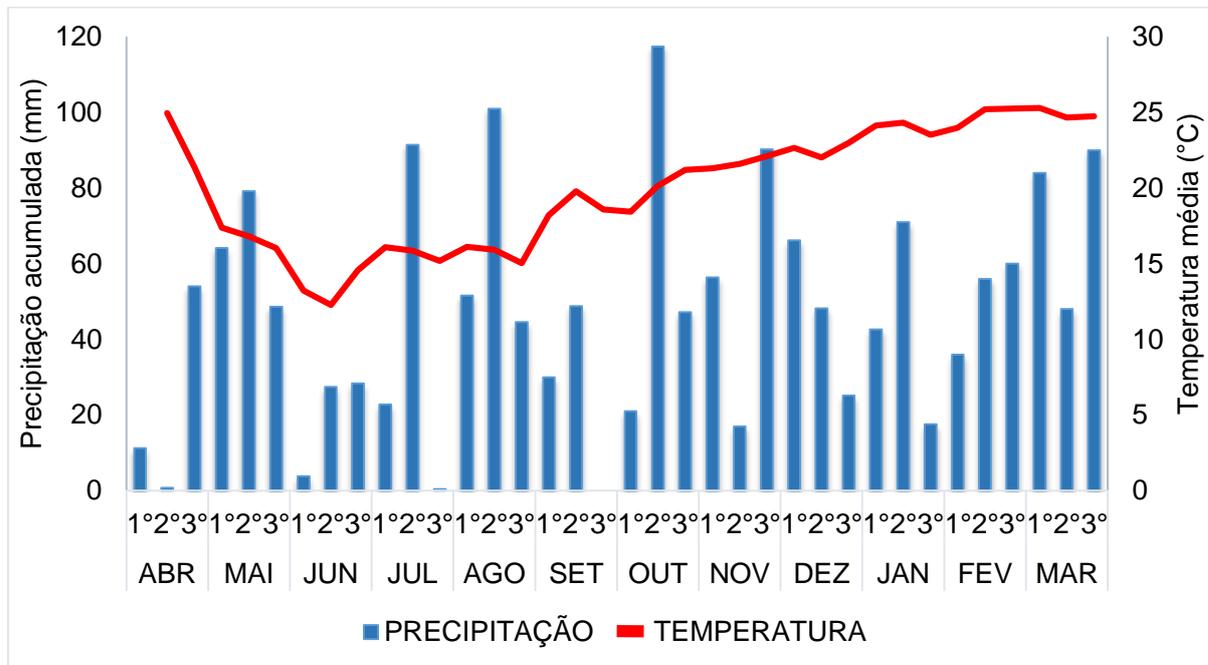


Figura 1 – Precipitação acumulada e temperatura média de abril de 2016 a março de 2017 no município de Dois Vizinhos/PR.

Fonte: Gebiomet (2017)

O manejo do sistema de irrigação foi baseado na curva de retenção de água no solo de acordo com a leitura dos tensiômetros instalados na área, sendo acionado o sistema toda vez que o potencial mátrico atingiu o valor igual ou superior a 10 kPa.

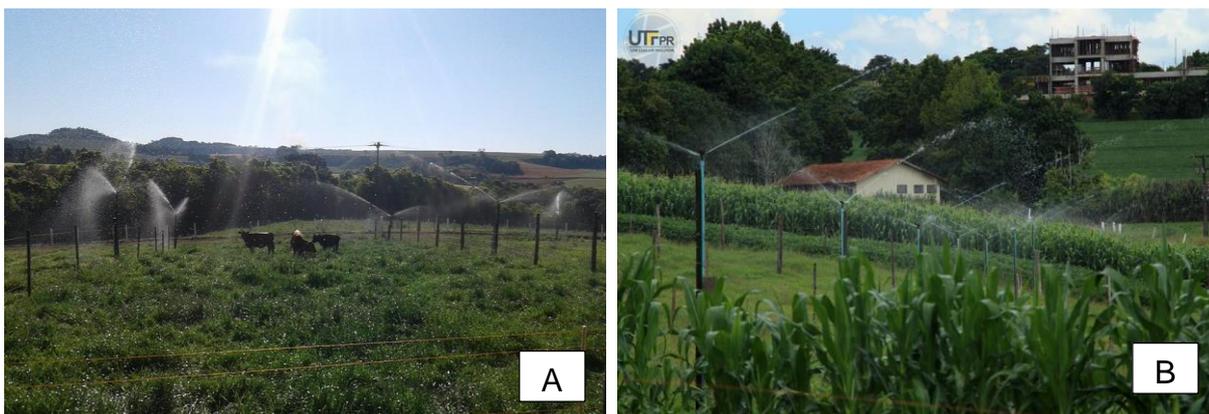


Figura 2 - Sistema de irrigação acionado durante o período de inverno/primavera (A) e durante o período de verão (B).

Fonte: Paulo Ricardo Korb (B)

5.3.2 Implantação, adubação e manejo da pastagem

A implantação da pastagem foi realizada no dia 29 de abril de 2016. Para isso, o pasto de Estrela Africana foi rebaixado com roçadeira rente ao solo e foi semeada a aveia preta (*Avena strigosa*) cv. BRS 139 com semeadeira de plantio direto, sendo utilizados 60 kg de sementes por hectare, num espaçamento entre linhas de 17 cm e profundidade aproximada de 3 cm. Juntamente foi realizada também a semeadura do azevém (*Lolium multiflorum*) cv. Fepagro São Gabriel, sendo esta realizada a lanço e utilizando 55 kg de sementes por hectare. Nos piquetes consorciados, a ervilhaca (*Vicia sativa*) cv. Ametista foi semeada com o mesmo espaçamento e profundidade da aveia, utilizando 30 kg por hectare, com linhas no sentido perpendicular ao sentido das linhas de aveia.

Junto ao plantio, independente do tratamento, foi realizada a adubação de base utilizando 300 kg ha⁻¹ de NPK (5-20-20). Foi também realizada adubação de cobertura utilizando ureia (45% N), aplicada a lanço com uma dose de 150 kg ha⁻¹ de N dividida em 5 aplicações.

O método de pastejo adotado foi o rotacionado, com altura de entrada de 30 cm, medida com régua em cinco locais distintos no piquete. A saída dos animais foi baseada na entrada do piquete seguinte, pois sempre que o próximo piquete atingia a altura de entrada os animais eram mudados, independente da altura no piquete atual até um limite mínimo de 10

cm. Caso no piquete seguinte não fosse alcançada a altura de entrada e no piquete atual a altura da pastagem atingisse o limite de 10 cm, os animais eram retirados, pesados e mantidos em área semelhante até a possibilidade de reentrada, sendo este período fora considerado nos cálculos para aferir a carga animal.

Foram utilizados 24 novilhos de corte das raças Angus e Charolês em fase de recria, com aproximadamente $162 \pm 11,3$ kg PV inicial e idade variando entre 6 a 10 meses. Estes animais entraram nos piquetes primeiramente no dia 20 de junho para um período de adaptação de 18 dias e aí permaneceram durante todo o período de inverno/primavera.

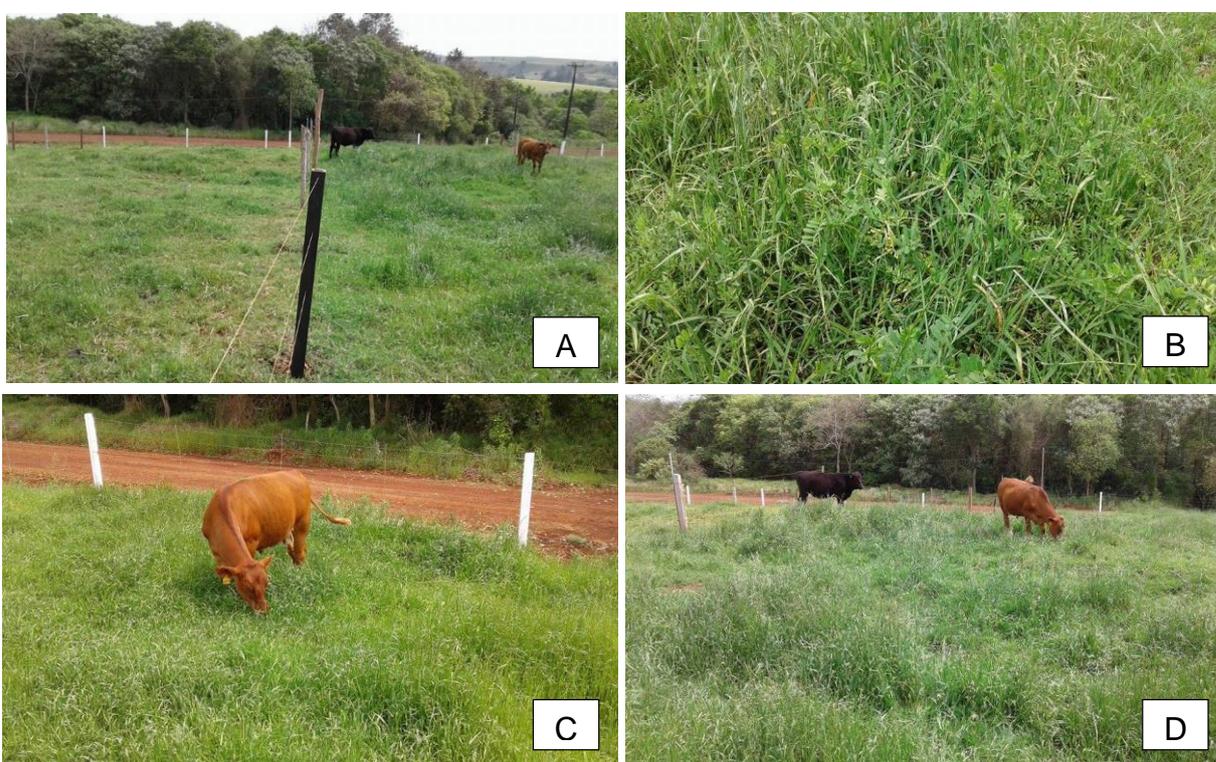


Figura 3 – Momento de mudança dos animais de um piquete para o seguinte (A), pastagem consorciada de aveia preta + azevém + ervilhaca (B) e animais em pastejo (C e D).

5.3.3 Implantação, adubação e manejo da cultura do milho

Antes da implantação da cultura do milho, os piquetes onde a lavoura foi implantada foram isolados do pastejo no dia 28 de outubro, totalizando assim 130 dias considerados como o período total de pastejo dos animais. Nesses piquetes, o resíduo da pastagem foi

dessecado no dia 04 de novembro utilizando herbicida a base de glifosato, numa dose de 3L ha⁻¹, com aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda.

A semeadura foi realizada no dia 17 de novembro utilizando semeadeira de plantio direto, sendo alocadas 3,6 sementes por metro linear do híbrido Pioneer 30F53vyh, num espaçamento entre linhas de 45 cm e profundidade de 2 a 4 cm. Junto ao plantio foi realizada a adubação de base utilizando 439 kg de NPK (8-20-10) por hectare, sendo também realizada adubação de cobertura utilizando ureia (45% N) aplicada a lanço em uma única aplicação de 90 kg ha⁻¹ de N, quando a cultura atingiu o estágio V6.

O controle de pragas foi realizado uma única vez no dia 15 de dezembro, quando a cultura estava no estágio V4, utilizando inseticida do grupo químico dos piretróides (LAMBDA-CIALOTRINA) e antranilamida (CLORANTRANILIPROLE), numa dose de 150 mL ha⁻¹, com aplicação de 200 L ha⁻¹ de calda, visando o controle de lagartas do cartucho mediante ataque destas pragas. Devido à considerável quantidade de palha em cobertura e considerando um histórico de uso da área com capim estrela africana que tem uma alta competitividade em suprimir plantas daninhas, foi observada a ausência destas plantas nas fases iniciais do milho, sendo assim, a aplicação de herbicidas foi considerada desnecessária, não sendo realizada nenhuma aplicação além da dessecação anterior ao plantio. Da mesma forma, foi considerada desnecessária a aplicação de qualquer tipo de fungicida.

5.4 AMOSTRAGENS, ANÁLISES E DETERMINAÇÕES

5.4.1 Pastagem

Avaliou-se a taxa de acúmulo de matéria seca a partir das amostras da pastagem coletadas em quatro pontos aleatórios no momento de entrada (pré-pastejo) e de saída (pós-pastejo) dos animais, utilizando quadrado metálico de 0,25 m² e cortando toda a massa presente na área do quadrado. Estas amostras foram pesadas separadamente e homogeneizadas para a retirada de duas amostras compostas, uma destinada à separação botânica para determinação da porcentagem de material morto e de ervilhaca e outra que foi submetida à secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 h para determinação do teor de matéria seca da forragem. A partir dos valores do peso de cada

amostra fresca e da porcentagem de matéria seca, foram calculadas a massa de forragem no pré e pós pastejo. A partir destes valores e sabendo o número de dias que os animais levaram para retornar ao piquete avaliado, calculou-se a taxa de acúmulo diário (kg ha⁻¹de MS), que serviu para calcular a produção total de matéria seca (kg ha⁻¹ de MS).

TAD = (MF_{pré} – MF_{pós ant.})/DIAS, onde:

TAD = taxa de acúmulo diário (kg ha⁻¹de MS)

MF_{pré} = massa de forragem no pré pastejo (kg ha⁻¹de MS)

MF_{pós ant.} = massa de forragem no pós pastejo anterior (kg ha⁻¹de MS)

DIAS = período entre a saída e entrada dos animais no mesmo piquete (dias)

PTMS = (TAD x DIAS) + MF_{ent}, onde:

PTMS = produção total de matéria seca (kg ha⁻¹ de MS).

TAD = taxa de acúmulo diário (kg ha⁻¹de MS)

DIAS = período total de avaliação no inverno/primavera (dias)

MF_{ent} = massa de forragem na entrada do primeiro pastejo (kg ha⁻¹de MS)

No segundo dia após a entrada dos animais no piquete avaliado foram coletadas as amostras de pastagem por simulação de pastejo (EUCLIDES et al., 1992), visando coletar amostras mais representativas do pasto consumido pelos animais. Essas amostras foram posteriormente secas em estufa e moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm para determinação da digestibilidade *in vitro* (TILLEY e TERRY, 1963) e para determinação do teor de nitrogênio presente no pasto ingerido pelos animais, que assim como as amostras de material morto, foram submetidas às análises do teor de nitrogênio conforme metodologias descritas por Myazawa et al. (2009).

5.4.2 Animais e dejetos

Os animais foram pesados a cada 28 dias, após serem submetidos a jejum de 12 horas. A partir do somatório de peso vivo de cada animal e da área de cada piquete, foi calculada a carga animal (kg PV ha⁻¹).

Para a avaliação da ciclagem de nutrientes via animal, foi necessário quantificar a quantidade de cada elemento ingerida pelos animais e a quantidade excretada via fezes e urina ao longo de todo o período de inverno/primavera. Para estas avaliações, foram utilizados quatro novilhos de mesmo grupo genético dos demais, submetidos aos tratamentos em um quadrado latino 4 x 4 (4 tratamentos x 4 períodos), mantidos em cada módulo durante 7 dias de adaptação e 12 dias de avaliações.

Durante o período de avaliações, a cada um destes animais foram fornecidos diariamente 10 g de dióxido de titânio (TiO₂) às 10:00 horas, via sonda esofágica. Do 8º ao 12º dia foram coletadas amostras de fezes diretamente do reto dos animais durante duas vezes ao dia (às 10:00 e às 16:30 horas). Posteriormente, estas amostras foram armazenadas em sacos plásticos, identificadas e congeladas a -10°C. Para a análise, as amostras de fezes foram secas em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C por 72 h e moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm, sendo posteriormente elaboradas amostras compostas por animal e período experimental. A partir destas amostras obteve-se a concentração de titânio nas fezes, servindo como base para determinação da produção fecal (g kg PV dia⁻¹) e consumo diário de matéria seca (g kg PV dia⁻¹) dos animais, de acordo com métodos descritos por Myers et al. (2004) e utilizando as seguintes equações adaptadas:

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

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)

$$CMS = PF / (1 - DIVMS), \text{ onde:}$$

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

PF = produção fecal (g kg PV dia⁻¹)

DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%)

As amostras de urina foram coletadas diariamente às 10:00 horas do 8º ao 12º dia, na forma *spot*, ou seja, de uma única amostra diária de urina. Uma alíquota de 10 mL de urina foi acidificada com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N) para determinação do teor de N total da urina e uma outra alíquota de 50 mL foi mantida pura para determinação do teor de creatinina, sendo identificadas e congeladas em freezer a -10°C. Para as análises, as amostras de urina

foram descongeladas, filtradas e compostas por animal e período experimental, a partir das quais foi obtida a concentração de creatinina utilizando kit comercial (LABTEST), que serviu como base para determinação da produção diária de urina (mL kg PV dia^{-1}), de acordo com metodologia proposta por Chizzotti et al. (2008) e utilizando as seguintes equações adaptadas:

EDCRE = 32,27 - 0,01093 x PV, onde:

EDCRE = excreção diária de creatinina (mg dia^{-1})

PV = peso vivo (kg)

PU = {(EDCRE / CRE) x 1000} / PC, onde:

PU = produção diária de urina (mL kg PV dia^{-1})

EDCRE = excreção diária de creatinina (mg dia^{-1})

CRE = concentração de creatinina na urina (mg L^{-1})

PV = peso vivo (kg)

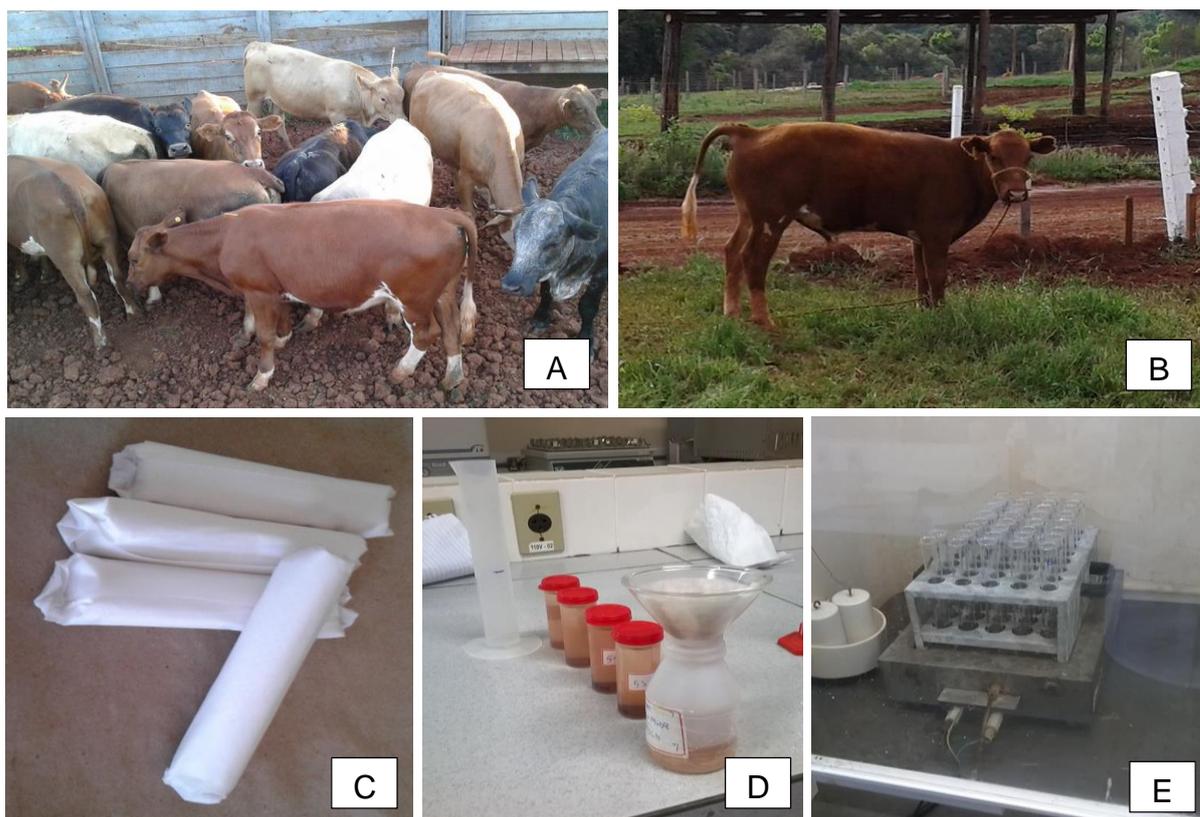


Figura 4 – Animais em jejum antes da pesagem (A), animal utilizado para coleta de fezes e urina (B), pastilhas contendo dióxido de titânio (C), amostras de urina sendo filtradas para elaboração de amostra composta (D) e amostras sendo digeridas em bloco digestor (E).

Fonte: autor

Tanto as amostras compostas de urina quanto as amostras compostas de fezes foram submetidas às análises dos teores de nitrogênio de acordo com metodologias descritas por Myazawa et al. (2009).

5.4.3 Milho

Uma semana após o início do florescimento coletou-se a primeira folha oposta abaixo da espiga principal de 20 plantas consecutivas de 3 linhas de plantas de cada piquete, sendo estas utilizadas para avaliação do estado nutricional das plantas de milho, uma vez que a concentração de nutrientes na folha como diagnóstico nutricional tem alta correlação com o rendimento das culturas (SBCS, 2004). Essas folhas foram misturadas para obtenção de uma amostra por linha, secas em estufa de ventilação forçada de ar sob temperatura controlada de 55°C por 72 h e moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm, para posteriores análises laboratoriais.

Para avaliação da produtividade da cultura do milho, no dia 27 de março foram colhidas as espigas das plantas presentes em 2 linhas com comprimento de 4m, localizadas uma ao lado da outra, em quatro pontos de cada piquete, representando um total de 4 unidades amostrais por piquete. Em seguida, todas as espigas coletadas de cada amostra foram debulhadas em batedor mecânico e os grãos obtidos foram pesados e utilizados para determinação do teor de umidade nos grãos (%) e produção total de grãos (kg ha^{-1}), com umidade corrigida para 13%.

Além disso, retirou-se uma amostra de grãos de cada unidade amostral, sendo posteriormente seca em estufa de ventilação forçada de ar sob temperatura controlada de 55°C por 72 h e moída em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm para posteriores análises laboratoriais.

Para determinação da quantidade de resíduo da cultura do milho, em cada unidade experimental foram também coletadas as plantas (sem grãos) de 2 linhas de 1m de comprimento, localizadas uma ao lado da outra. Essas amostras foram pesadas e uma amostra de cada unidade experimental retirada e colocada para secar em estufa de ventilação forçada de ar sob temperatura controlada de 55°C por 72 h e novamente pesada para determinação do

teor de matéria seca do resíduo. Essas amostras foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm para posteriores análises laboratoriais.

A partir das amostras de folhas, de grãos e de resíduo, determinou-se o teor de nitrogênio de acordo com metodologias descritas por Myazawa et al. (2009).

5.4.4 Ciclagem de nitrogênio

5.4.4.1 Ciclagem de nitrogênio pela pastagem

A avaliação da quantidade de nitrogênio ciclado pela pastagem foi obtida a partir da quantidade de resíduo da pastagem antecedente à implantação da lavoura e da concentração de nitrogênio nesse resíduo, utilizando a seguinte equação:

$RN_{mm} = (RPL \times [N_{res}]) / 1000$, onde:

RN_{mm} = retorno de nitrogênio pelo material morto da pastagem ($kg\ ha^{-1}$)

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

$[N_{res}]$ = concentração de nitrogênio no resíduo ($g\ kg\ MS^{-1}$)

A quantidade de nitrogênio que retornou via material morto durante o período de pastejo não foi contabilizada devido às perdas de amostras desse material. Entretanto, devido à baixa concentração de N nos tecidos mortos e à baixa produção de material morto observada no trabalho (8% da produção total de forragem), a quantidade retornada pode ser considerada irrelevante.

5.4.4.2 Ciclagem de nitrogênio pelos animais

5.4.4.2.1 Consumo de nitrogênio pelos animais

O consumo diário de nitrogênio foi calculado a partir da concentração do nutriente presente nas amostras obtidas por simulação de pastejo e das estimativas do consumo de matéria seca dos animais, sendo calculado a partir da seguinte equação:

CN = (CMS/1000) x [N_{pasto}], onde:

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

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

[N_{pasto}] = concentração de nitrogênio no pasto (g kg MS⁻¹)

A partir do consumo diário de nitrogênio por quilograma de peso vivo, foi calculado o consumo de nitrogênio por hectare, baseado pela carga animal e obtido de acordo com 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)

Com base no consumo diário de nitrogênio por hectare e no período total de avaliação experimental até o momento de saída dos animais para implantação da lavoura, período este de 130 dias, foi calculado o consumo total de nitrogênio por hectare.

5.4.4.2.2 Retorno de nitrogênio pelos animais

O retorno diário de nitrogênio pelas fezes foi calculado a partir da concentração do nutriente presente nas amostras de fezes e das estimativas da produção fecal dos animais, sendo calculado a partir da seguinte equação:

RN_{fezes} = (PF/1000) x [N_{fezes}], onde:

RN_{fezes} = retorno diário de nitrogênio pelas fezes (g kg PV dia⁻¹)

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

[N_{fezes}] = concentração de nitrogênio nas fezes (g kg MS⁻¹)

O retorno diário de nitrogênio pela urina 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:

$RN_{urina} = (PU/1000) \times [N_{urina}]$, onde:

RN_{urina} = retorno diário de nitrogênio pela urina (g kg PV dia⁻¹)

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

$[N_{urina}]$ = concentração de nitrogênio na urina (g L⁻¹)

O retorno de nitrogênio pelas fezes e pela urina foram somados e obteve-se o retorno diário de nitrogênio excretado (g kg PV dia⁻¹). A partir desse valor foi calculado o retorno diário de nitrogênio excretado por hectare, baseado pela carga animal e obtido de acordo com a seguinte equação:

$RN_{excH} = (RN_{exc} \times CA)/1000$, onde:

RN_{excH} = retorno diário de nitrogênio excretado por hectare (kg ha dia⁻¹)

RN_{exc} = retorno diário de nitrogênio excretado (g kg PV dia⁻¹)

CA = carga animal (kg PV ha⁻¹)

Com base no retorno diário de nitrogênio excretado por hectare e no período total de avaliação experimental até o momento de saída dos animais para implantação da lavoura, foi calculado o retorno total de nitrogênio por hectare durante o inverno/primavera multiplicando por 130 dias correspondente à duração considerada desse período, sendo acrescido o retorno de nitrogênio pelo material morto da pastagem.

5.4.4.2.3 Retenção de nitrogênio pelos animais

A retenção diária de nitrogênio pelos animais foi calculada a partir da diferença entre a quantidade de nitrogênio consumida e a quantidade excretada diariamente, sendo calculado a partir da seguinte equação:

$REN = CN - RN_{exc}$, onde:

REN = retenção diária de nitrogênio (g kg PV dia⁻¹)

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

RN_{exc} = retorno diário de nitrogênio excretado (g kg PV dia⁻¹)

A partir da retenção diária de nitrogênio por quilograma de peso vivo, foi calculada a retenção diária de nitrogênio por hectare, baseado pela carga animal e obtido de acordo com a seguinte equação:

$$\mathbf{RENH} = (\mathbf{REN} \times \mathbf{CA})/1000, \text{ onde:}$$

$$\text{RENH} = \text{retenção diária de nitrogênio por hectare (kg ha dia}^{-1}\text{)}$$

$$\text{REN} = \text{retenção diária de nitrogênio (g kg PV dia}^{-1}\text{)}$$

$$\text{CA} = \text{carga animal (kg PV ha}^{-1}\text{)}$$

Com base na retenção diário de nitrogênio por hectare e no período total de avaliação experimental até o momento de saída dos animais para implantação da lavoura, período este de 130 dias, foi calculada a retenção total de nitrogênio por hectare.

5.4.4.3 Ciclagem de nitrogênio pela cultura do milho

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

$$\mathbf{EN}_{\text{grão}} = (\mathbf{PG} \times [\mathbf{N}_{\text{grão}}])/1000, \text{ onde:}$$

$$\text{EN}_{\text{grão}} = \text{exportação de nitrogênio pelos grãos de milho (kg ha}^{-1}\text{)}$$

$$\text{PG} = \text{produção de grãos de milho (kg ha}^{-1}\text{)}$$

$$[\mathbf{N}_{\text{grão}}] = \text{concentração de nitrogênio nos grãos de milho (g kg}^{-1}\text{)}$$

O retorno de nitrogênio pelos resíduos da cultura do milho foi calculado a partir da concentração do nutriente presente nos resíduos e das estimativas da massa de resíduo pós-colheita, sendo calculada a partir da seguinte equação:

$$\mathbf{RN}_{\text{resíduo}} = (\mathbf{RM} \times [\mathbf{N}_{\text{resíduo}}])/1000, \text{ onde:}$$

$$\text{RN}_{\text{resíduo}} = \text{retorno de nitrogênio pelos resíduos da cultura do milho (kg ha}^{-1}\text{)}$$

$$\text{RM} = \text{massa seca de resíduos da cultura do milho (kg ha}^{-1}\text{)}$$

$$[\mathbf{N}_{\text{resíduo}}] = \text{concentração de nitrogênio nos resíduos da cultura do milho (g kg MS}^{-1}\text{)}$$

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

$$\mathbf{EXTN = EN_{gr\tilde{a}o} + RN_{res\tilde{a}duo}, \text{ onde:}}$$

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

EN_{grão} = exportação de nitrogênio pelos grãos de milho (kg ha^{-1})

RN_{resíduo} = retorno de nitrogênio pelos resíduos da cultura do milho (kg ha^{-1})

5.4.4.4 Ciclagem de nitrogênio total no sistema

O retorno total de nitrogênio foi calculado a partir da soma dos retornos durante o período de inverno (via fezes, urina e resíduos da pastagem) com o retorno durante o período de verão, que basicamente se resume aos restos culturais do milho. Para esse cálculo utilizou-se a seguinte equação:

$$\mathbf{RTS = RTI + RN_{res\tilde{a}duo}, \text{ onde:}}$$

RTS = retorno total de nitrogênio no sistema (kg ha^{-1})

RTI = retorno total de nitrogênio por hectare durante o inverno (kg ha^{-1})

RN_{resíduo} = retorno de nitrogênio pelos resíduos da cultura do milho (kg ha^{-1})

A exportação total de nitrogênio foi calculada a partir da soma da quantidade de nitrogênio retida e exportada pelos animais com a quantidade de nitrogênio exportada nos grãos de milho, sendo utilizada a seguinte equação:

$$\mathbf{ETN = REI + EN_{gr\tilde{a}o}, \text{ onde:}}$$

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

REI = retenção total de nitrogênio por hectare durante o inverno (kg ha^{-1})

EN_{grão} = exportação de nitrogênio pelos grãos de milho (kg ha^{-1})

A quantidade total de nitrogênio ciclada no sistema foi obtida a partir da soma entre o retorno total com a exportação total de nitrogênio no sistema, utilizando a seguinte equação:

$$\mathbf{CTN = RTS + ETN, \text{ onde:}}$$

CTN = quantidade total de nitrogênio ciclado (kg ha^{-1})

RTS = retorno total de nitrogênio no sistema (kg ha^{-1})

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

5.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando apresentaram diferença significativa foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SAS.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso vivo médio dos animais, a carga animal e a produção total de matéria seca não diferiram estatisticamente sob efeito dos fatores avaliados (Tabela 1). Estudos mostram que o uso da irrigação promove maior taxa de acúmulo diário de matéria seca e conseqüentemente uma maior produção total de matéria seca (SANCHES et al., 2015), entretanto, a distribuição regular de chuvas (Figura 1) durante o período de inverno/primavera favoreceu para que a quantidade de água no solo fosse o suficiente para suprir a exigência hídrica das plantas e que o sistema de irrigação fosse utilizado poucas vezes, logo, não sendo o suficiente para causar efeito significativo na produção de matéria seca. Conseqüentemente, a carga animal também não foi influenciada significativamente pela irrigação.

Tabela 1 – Peso vivo médio, carga animal, taxa de acúmulo de matéria seca e massa de resíduo da pastagem anterior ao plantio do milho em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Irrigação	Consortiação			CV (%)
	Consortiado	Não Consortiado	Média	
Peso vivo médio (kg)				
Irrigado	215,33	227,65	221,49 ^{ns}	7,54
Não Irrigado	221,00	223,19	222,10	
Média	218,17 ^{ns}	225,42		
Carga animal (kg PV ha ⁻¹)				
Irrigado	1782,77	2058,29	1920,53 ^{ns}	9,23
Não Irrigado	2016,92	1941,01	1978,97	
Média	1899,90 ^{ns}	1999,65		
Produção total de matéria seca (kg ha ⁻¹ de MS)				
Irrigado	11746,89	11180,50	11463,70 ^{ns}	13,25
Não Irrigado	12203,13	11416,69	11809,91	
Média	11975,01 ^{ns}	11298,60		
Resíduo da pastagem (kg ha ⁻¹ de MS)				
Irrigado	3621,00	3147,33	3384,16 ^{ns}	15,91
Não Irrigado	2908,04	2950,76	2929,40	
Média	3264,52 ^{ns}	3049,04		

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

De acordo com Martha Junior (2003), acréscimos na produção de forragem devido ao uso da irrigação somente serão observados em períodos de seca, durante a transição entre épocas de seca e de chuvas e também durante eventuais ocorrências de veranicos no período das águas. Nesse caso, não aconteceu nenhum destes eventos durante a realização deste

experimento, onde a distribuição de chuvas foi regular e em média a pluviosidade foi de 132 mm mensais, não havendo assim a ocorrência de períodos acentuados de déficit hídrico que viessem a ocasionar resultados negativos no acúmulo de matéria seca das plantas forrageiras. De acordo com Possenti et al. (2007), dados históricos de mais de 30 anos de observações relacionados à precipitação para a região de Dois Vizinhos mostram pluviosidade média anual de 2.044 mm e com a maioria dos meses com pluviosidade média acima de 150 mm, logo, sistemas de irrigação nessas condições tendem a apresentar poucas respostas positivas, com exceção da ocorrência de anos e períodos atípicos.

O resíduo da pastagem que serviu como palhada para o plantio do milho em sucessão ficou em média de 3156,78 kg ha⁻¹ de MS e não foi influenciado significativamente pelos fatores avaliados (Tabela 1). Esses resultados estão relacionados com a saída dos animais do piquete avaliado para posterior dessecação, visto que o momento em que os animais realizaram o último pastejo em cada piquete não teve diferença superior a dois dias entre os tratamentos e a massa pós-pastejo também não diferiu, logo, não resultando em diferenças estatísticas na massa de resíduo no momento da dessecação.

A concentração de nitrogênio nas amostras obtidas por simulação de pastejo durante o período de inverno/primavera e no resíduo da pastagem anterior à implantação da lavoura não foram influenciadas significativamente pelos fatores avaliados (Tabela 2).

Em condições desfavoráveis, o uso da irrigação resulta em acréscimo de nitrogênio na pastagem irrigada se comparada à pastagem não irrigada e com isso resulta numa massa pastejada pelos animais com maior teor de proteína bruta, visto que o suprimento artificial de água pode causar diferenciação na estrutura do pasto, resultando em maior produção de folhas (SANCHES et al, 2015) e com isso um maior valor nutritivo. Entretanto, devido à pouca utilização do sistema de irrigação durante o período avaliado, o suprimento artificial de água não foi suficiente para influenciar na estrutura da pastagem e, conseqüentemente, não influenciou no teor de proteína bruta.

Da mesma forma, as pastagens consorciadas geralmente apresentam um maior teor de nitrogênio, visto que a inserção de leguminosas em sistemas pastoris pode aumentar a entrada de nitrogênio devido à fixação biológica de N₂ via simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e com isso ocasionar melhorias na dieta dos animais por meio do maior teor de proteína bruta (LOISEAU et al., 2001; ANDRADE, 2012), o que não foi observado neste trabalho devido à baixa participação da ervilhaca no dossel forrageiro.

Tabela 2 – Concentrações de nitrogênio nas amostras obtidas por simulação de pastejo, no resíduo da pastagem anterior ao plantio do milho, nas fezes e na urina de novilhos de corte em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Irrigação	Consortiação			CV (%)
	Consoiciado	Não Consoiciado	Média	
Simulação de pastejo (g kg MS ⁻¹)				
Irrigado	34,38	32,56	33,47 ns	18,33
Não Irrigado	34,11	34,31	34,21	
Média	34,25 ns	33,44		
Resíduo da pastagem (g kg MS ⁻¹)				
Irrigado	25,45	26,40	25,93 ns	9,32
Não Irrigado	26,14	24,95	25,55	
Média	25,80 ns	25,68		
Fezes (g kg MS ⁻¹)				
Irrigado	26,89	27,81	27,35 ns	16,12
Não Irrigado	26,38	27,93	27,16	
Média	26,64 ns	27,87		
Urina (g L ⁻¹)				
Irrigado	7,76	7,43	7,60 ns	14,90
Não Irrigado	8,33	6,88	7,61	
Média	8,05 ns	7,16		

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

Para se ter um sistema sustentável, Cadish et al. (1994) sugerem que a participação da leguminosa seja de aproximadamente 13 a 23% da massa de forragem. Da mesma forma, Thomas (1992) sugere a participação de 30% da leguminosa para proporcionar o suprimento de nitrogênio que compense as perdas deste nutriente no sistema, contribuindo na manutenção da fertilidade do solo e com produtividade satisfatória, além de promover melhorias na dieta dos animais com incremento no teor de proteína bruta. No entanto, a participação desta leguminosa no dossel forrageiro neste trabalho foi de aproximadamente 2 a 5%, um valor que pode ser considerado menor do que o preconizado e que não foi suficiente para resultar em influências significativas no teor de proteína bruta das amostras obtidas por simulação de pastejo e nem no resíduo da pastagem. Essa baixa participação da ervilhaca pode estar relacionada com o efeito da competição desta espécie com as gramíneas, que normalmente são mais competitivas e persistentes sob pastejo.

Estudos realizados por Farias Filho et al. (2016) evidenciam o efeito da competição de plantas de aveia sobre a produção da ervilhaca, onde o aumento da proporção de plantas da gramínea resulta em redução do acúmulo de matéria seca e maior porcentagem de tecidos

mortos da ervilhaca, logo, a leguminosa tem seu estabelecimento e manutenção afetados. Além disso, a ervilhaca e o azevém possuem ciclo mais tardio, tendo desenvolvimento mais acentuado durante o período de primavera, período este em que a Estrela Africana volta a rebrotar e acaba exercendo maior competição, prejudicando assim o seu desenvolvimento e persistência da ervilhaca na pastagem sobressemeada.

As concentrações de nitrogênio na urina e nas fezes também não diferiram estatisticamente entre os tratamentos impostos (Tabela 2). Observa-se que em média o teor de nitrogênio nas fezes foi de $27,25 \text{ g kg MS}^{-1}$, o que se aproxima dos 24 g kg MS^{-1} citados por Bellows (2001) como valores comuns em fezes de bovinos. Na urina a concentração média de N foi de $7,60 \text{ g L}^{-1}$, valor este que se aproxima aos $2 \text{ a } 20 \text{ g L}^{-1}$ citados por Rufino et al. (2006) como comuns na urina de bovinos.

Quanto à ausência de efeitos significativos dos fatores avaliados nas concentrações de N na urina e nas fezes, atribui-se as semelhanças observadas entre os tratamentos à ausência de efeito significativo da irrigação e do consórcio com leguminosa no teor de proteína bruta da forragem consumida, uma vez que a excreção de N na urina e nas fezes é proporcional à proteína bruta do alimento (WILKERSON et al., 1997).

O consumo de matéria seca foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 3), variando entre $32,10 \text{ a } 33,79 \text{ g kg PV dia}^{-1}$, o que representa $3,21 \text{ a } 3,38\%$ do PV. O consumo diário de nitrogênio por quilograma de peso vivo também não diferiu entre os tratamentos (Tabela 3), uma vez que não houveram diferenças significativas no consumo de matéria seca e no teor de N na pastagem, variáveis estas diretamente proporcionais ao consumo diário de nitrogênio. Da mesma forma, e devido a não diferença na carga animal, o consumo diário e total de nitrogênio por hectare durante os 130 dias mostrou-se semelhante sob efeito dos fatores avaliados (Tabela 3), com valores médios de $2,18 \text{ e } 282,70 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente.

Pensando no componente animal, o consumo diário de nitrogênio é uma variável importante que permite avaliar o suprimento de proteína para os animais de forma a verificar se a fração consumida deste nutriente atende às exigências diárias da dieta de acordo com as características dos animais e predição de ganhos. De acordo com o NRC (1996), para novilhos de corte em fase de crescimento com aproximadamente 230 kg PV é necessário o consumo de aproximadamente $0,520 \text{ kg}$ de proteína diariamente para sua manutenção, o que representa $0,36 \text{ g kg PV dia}^{-1}$, podendo o excedente ser utilizado para o crescimento ou excretado quando em excesso ou não metabolizado. Na situação deste estudo, os animais consumiram em média $1,12 \text{ g kg PV dia}^{-1}$ de N, logo, pode-se inferir que a quantidade de

nitrogênio consumida pelos animais foi suficiente para a manutenção e ainda houve uma sobra significativa que pode ter sido utilizada para ganho de peso, o que depende ainda do aproveitamento desta proteína pelo metabolismo do 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 (130 dias) em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Irrigação	Consortiação			CV (%)
	Consoiciado	Não Consoiciado	Média	
Consumo de matéria seca (g kg PV dia ⁻¹)				
Irrigado	33,79	33,32	33,56 ns	8,39
Não Irrigado	32,10	32,65	32,38	
Média	32,95 ns	32,99		
Consumo diário de N (g kg PV dia ⁻¹)				
Irrigado	1,16	1,09	1,13 ns	19,51
Não Irrigado	1,09	1,12	1,11	
Média	1,13 ns	1,11		
Consumo diário de N por hectare (kg ha dia ⁻¹)				
Irrigado	2,07	2,24	2,16 ns	9,08
Não Irrigado	2,21	2,18	2,20	
Média	2,14 ns	2,21		
Consumo total de N por hectare (kg ha ⁻¹)*				
Irrigado	269,08	291,20	280,14 ns	9,10
Não Irrigado	287,30	283,40	285,35	
Média	278,05 ns	287,30		

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

Pensando no sistema pastoril, a determinação do consumo de nitrogênio pelos animais é uma variável importante para identificar a quantidade deste nutriente que é extraída da pastagem e que passará pelo processo de digestão, sendo assim mobilizado e acelerada a ciclagem do nutriente no sistema. Nesse experimento, por meio do processo de pastejo, em média 282,70 kg ha⁻¹ de N foram mobilizados pelos animais durante o período de avaliação, o que permite que um mesmo átomo de N possa sair do componente vegetal, passar pelo animal e retornar ao solo mais vezes do que quando em comparação com áreas sem pastejo onde esse nitrogênio é acumulado e fica retido nas plantas até a decomposição da palhada.

As produções diárias de fezes e de urina não foram influenciadas de forma significativa pela irrigação e nem pelo consórcio com ervilhaca (Tabela 4). Conseqüentemente, e devido às semelhanças nos teores de nitrogênio das fezes e da urina, o

retorno diário de nitrogênio fecal, urinário e total excretado por quilograma de peso vivo não foi influenciado significativamente pelos fatores avaliados (Tabela 4), o que pode ser atribuído à ausência de efeito significativo da irrigação e do consórcio com leguminosa sobre o teor de proteína bruta da pastagem e, conseqüentemente, ao consumo de proteína bruta pelos animais, visto que há relação entre a quantidade de proteína consumida e a quantidade de N excretado (WILKERSON et al., 1997).

Multiplicando o retorno diário de N pela carga animal obtém-se o retorno diário de nitrogênio por hectare, que também não apresentou diferenças estatísticas (Tabela 4). Conseqüentemente, o retorno total de nitrogênio excretado por hectare não variou significativamente sob efeito da irrigação e/ou consórcio com leguminosa (Tabela 4).

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 do milho e total por hectare durante o inverno/primavera (130 dias) em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Irrigação	Consociação			CV (%)
	Consociado	Não Consociado	Média	
Produção fecal (g kg PV ⁻¹)				
Irrigado	6,02	5,19	5,61 ns	8,06
Não Irrigado	5,28	5,37	5,33	
Média	5,65 ns	5,28		
Produção urinária (mL kg PV ⁻¹)				
Irrigado	60,44	68,58	64,51 ns	19,30
Não Irrigado	61,79	58,98	60,39	
Média	61,12 ns	63,78		
Retorno diário de N-fezes (g kg PV ⁻¹)				
Irrigado	0,16	0,15	0,16 ns	16,33
Não Irrigado	0,14	0,15	0,15	
Média	0,15 ns	0,15		
Retorno diário de N-urina (g kg PV ⁻¹)				
Irrigado	0,47	0,51	0,49 ns	17,66
Não Irrigado	0,51	0,41	0,46	
Média	0,49 ns	0,46		
Retorno diário de N-excretado (g kg PV ⁻¹)				
Irrigado	0,63	0,66	0,65 ns	14,11
Não Irrigado	0,65	0,56	0,61	
Média	0,64 ns	0,61		
Retorno diário de N-excretado por hectare (kg ha dia ⁻¹)				
Irrigado	1,12	1,36	1,24 ns	9,54
Não Irrigado	1,31	1,09	1,20	
Média	1,22 ns	1,23		

		Retorno total de N-urina por hectare (kg ha ⁻¹)			
Irrigado		108,54	136,34	122,44 ns	
Não Irrigado		134,80	102,52	118,66	9,76
Média		121,67 ns	119,43		
		Retorno total de N-fezes por hectare (kg ha ⁻¹)			
Irrigado		37,52	38,62	38,07 ns	
Não Irrigado		36,52	37,85	37,19	9,12
Média		37,02 ns	38,24		
		Retorno total de N-excretado (kg ha ⁻¹)			
Irrigado		146,06	174,96	160,51 ns	
Não Irrigado		171,31	140,37	155,84	9,60
Média		158,69 ns	157,67		
		Retorno total de N-resíduo (kg ha ⁻¹)			
Irrigado		91,90	83,19	87,55 ns	
Não Irrigado		75,88	67,28	71,58	21,81
Média		83,89 ns	75,24		
		Retorno total de N por hectare durante o inverno (kg ha ⁻¹)			
Irrigado		237,96	258,16	248,06 ns	
Não Irrigado		247,20	207,65	227,43	9,87
Média		242,58 ns	232,91		

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

O retorno total de nitrogênio via excreções animais foi em média de 158,18 kg ha⁻¹ de N, dos quais 76% correspondem ao nitrogênio excretado via urina e 24% via fezes. Esses valores relativos se aproximam aos citados por Barcellos et al. (2008), onde relatam que 50 a 80% do nitrogênio excretado retorna ao solo via urina. Essa proporção entre as vias de retorno do nitrogênio são importantes para se ter uma noção do aproveitamento que poderá ter esse nutriente no solo.

Na urina 60 a 90% do nitrogênio está na forma de ureia, sendo o restante representado por outros compostos nitrogenados (RUFINO et al., 2006). No solo a ureia proveniente da urina será rapidamente hidrolisada e convertida em amônia por ação da enzima urease, sendo este novo composto de alta volatilidade (HAYNES e WILLIANS, 1993), portanto, o N-urinário se torna mais susceptível a perdas e seu aproveitamento dependerá de algumas condições do ambiente, tais como a temperatura, cobertura vegetal, umidade e textura do solo. Em sistemas pastoris geralmente de 5 a 25% do N-urinário sofre o processo de volatilização e a lixiviação da urina de gado geralmente pode chegar a uma profundidade de aproximadamente 40 cm (BELLOWS, 2001), porém, as perdas por lixiviação são pequenas e normalmente representam aproximadamente 2% do N excretado (STOUT et al., 1997). Por escoamento superficial as perdas também são pequenas, porém, por desnitrificação esses

valores podem variar de 5 a 30% do N urinário, sendo a maior parte na forma de N_2 e uma pequena parcela de N_2O (ROTZ, 2004).

Nas fezes de ruminantes o nitrogênio se encontra principalmente como componente de microrganismos da indigesta, podendo ser também originário de alimentos não digeridos e de perdas endógenas (RUFINO et al., 2006), sendo a liberação do N-fecal para o solo muito variável e normalmente tem-se efeito limitado da disponibilização desse N para as plantas a curto prazo (BOSSHARD et al., 2011). Em comparação com o N-urinário, o nitrogênio das fezes apresenta volatilização quase insignificante, o que pode ser atribuído em parte à formação de uma crosta na superfície das fezes que impede fisicamente a aeração e dessa forma, com predominante anaerobiose, a ação da urease passa a ser retardada (MCCARTY e BREMNER, 1991; PETERSEN et al., 1998; MULVANEY et al., 2008). Outro fator importante que ocasiona baixa volatilização de amônia nas fezes são as condições químicas no interior da placa fecal, onde à medida que a amônia se difunde no interior das fezes em direção à superfície oxigenada, o processo de nitrificação na superfície pode reduzir o pH superficial e assim mudar o equilíbrio para amônio, resultando em menor produção de amônia e menor volatilização (MULVANEY et al., 2008).

O retorno total de nitrogênio via resíduo da pastagem anterior à implantação da lavoura foi estatisticamente semelhante entre os tratamentos (Tabela 4), uma vez que não houveram diferenças significativas na quantidade de resíduo e nem no teor de nitrogênio do resíduo. Em média, a quantidade retornada via resíduo da pastagem foi de $79,56 \text{ kg ha}^{-1}$ de N.

Somando o retorno total de nitrogênio excretado com o retorno de nitrogênio via resíduo da pastagem obtém-se o retorno total de nitrogênio durante o período de inverno/primavera, que não foi influenciado de forma significativa pelos fatores avaliados (Tabela 4). Considerando que esse retorno é dependente do consumo e aproveitamento do nitrogênio pelos animais, assim como pela quantidade de peso vivo animal sobre a área, as semelhanças observadas para o retorno total de nitrogênio excretado são decorrentes da ausência de efeitos significativos da irrigação e do consórcio em variáveis que o influenciam, tais como a carga animal, proteína bruta da pastagem e consumo de proteína bruta.

Em média, o retorno de nitrogênio total no inverno/primavera foi de $237,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, sendo que desse total 67% corresponde ao nitrogênio que retornou via fezes e urina dos animais e 33% corresponde ao nitrogênio do resíduo do pasto.

Estabelecendo um comparativo com o uso da aveia preta e ervilhaca comum como plantas de cobertura e avaliadas em alguns trabalhos (HENRICHS et al., 2001; SILVA et al.,

2007; DONEDA et al., 2012; ZIECH et al., 2015), observa-se valores do retorno de nitrogênio maiores neste experimento do que o N acumulado na aveia preta (42 a 75 kg ha ano⁻¹ de N), na ervilhaca (68 a 86 kg ha ano⁻¹ de N) e no consórcio aveia preta + ervilhaca (50 a 118 kg ha ano⁻¹ de N). Vale salientar, entretanto, que o total de nitrogênio retornado durante o período de pastejo não representa necessariamente a quantidade de nitrogênio que ficará no sistema para a cultura em sucessão devido à dinamicidade que tem este nutriente, no entanto, dá ideia de quanto o nitrogênio passou pelos componentes do sistema e foi submetido à reciclagem. Dessa forma, estabelecendo uma comparação hipotética com os valores anteriormente citados para plantas de cobertura, observa-se que o processo de pastejo promoveu aumento do retorno e reciclagem do nutriente no sistema, conforme afirmado por Balbinot Junior et al. (2009).

Outro ponto importante a ser observado quanto ao retorno total de N durante o inverno/primavera é a quantidade retornada no resíduo da pastagem, que por si só aproximou-se das médias observadas nos trabalhos anteriormente citados quanto ao uso de plantas de cobertura. Além disso, McNaughton (1985) afirma que há maior taxa de decomposição do resíduo de áreas pastejadas em comparação com os resíduos de áreas não pastejadas, o que pode ser atribuído à constante remoção da parte aérea das forrageiras por meio do pastejo, resultando na renovação dos tecidos vegetais e diminuição da relação C/N, o que acelera a decomposição do material e a liberação de nutrientes. Em pesquisa realizada por Ghizzi (2015) essas diferenças são notórias, uma vez que o autor observou que a decomposição da matéria seca de aveia preta + azevém com ou sem ervilhaca em áreas pastejadas foi maior do que nas áreas sem pastejo e que, em média, aos 35 dias após o início da decomposição 50% do nitrogênio presente nos resíduos das pastagens já havia sido liberado.

A retenção diária de nitrogênio por quilograma de peso vivo não apresentou diferenças significativas pelos fatores irrigação e consórcio (Tabela 5), sendo estes valores em média de 0,54 g kg PV⁻¹ de N. De acordo com Silva e Leão (1979), saber a quantidade de nitrogênio aproveitada pelo animal, expressa através do balanço de N, permite realizar uma análise e estimativa do metabolismo das proteínas e com isso ter uma base para avaliar a qualidade dos alimentos e o estado nutricional do animal. Quanto maior o balanço de nitrogênio, maior está sendo o aproveitamento da proteína da dieta, logo, espera-se respostas positivas no incremento de ganho de peso dos animais de produção (COSTA et al., 2011).

Em pastagens temperadas, a retenção de nitrogênio pelos animais normalmente é elevada se comparada com valores observados em animais mantidos em pastagens tropicais,

uma vez que em pastagens temperadas os teores de proteína bruta geralmente são mais elevados, associados a uma maior digestibilidade. Em experimento realizado por Lorensetti (2016) avaliando o valor nutricional de pastagens temperadas associadas à leguminosa ou suplementação energética, o autor observou retenção média equivalente a 67% do nitrogênio ingerido. Em média, os valores obtidos neste trabalho representam uma retenção relativa que varia de 47 a 50% do nitrogênio consumido diariamente, o que pode ter relação com a alta digestibilidade comumente observada em pastagens temperadas e com o teor de proteína bruta elevado da forragem consumida.

Tabela 5 - Retenção diária e total de nitrogênio por quilograma de peso vivo e por hectare durante o inverno/primavera (130 dias) em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Irrigação	Consortiação			CV (%)
	Consoiciado	Não Consoiciado	Média	
Retenção diária de N (g kg PV ⁻¹)				
Irigado	0,54	0,54	0,54 ns	37,41
Não Irigado	0,52	0,56	0,54	
Média	0,53 ns	0,55		
Retenção diária de N por hectare (kg ha dia ⁻¹)				
Irigado	0,96	1,11	1,04 ns	9,12
Não Irigado	1,05	1,09	1,07	
Média	1,01 ns	1,10		
Retenção total de N por hectare (kg ha ⁻¹)				
Irigado	125,15	144,49	134,82 ns	9,20
Não Irigado	136,35	141,31	138,83	
Média	130,75 ns	142,90		

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

Devido às semelhanças na retenção diária de nitrogênio por quilograma de peso vivo e na carga animal, a retenção diária e total de nitrogênio por hectare também não foi influenciada significativamente pela irrigação e nem pelo consórcio (Tabela 5).

Pensando no uso do nitrogênio no sistema como um todo e na propriedade, a retenção deste nutriente pelos animais representa a quantidade que poderá ser metabolizada e utilizada para manutenção ou para produção e dessa forma não retorna para o solo, o que nesse caso ficou na média de 1,05 kg ha⁻¹ de N diariamente e 136,8 kg ha⁻¹ de N durante o período de inverno/primavera. A partir destes valores e tendo como base algumas estimativas de perdas de nitrogênio por outras vias (volatilização, lixiviação, desnitrificação e outros) é possível

estimar a quantidade aproximada de nitrogênio que sai de um sistema pastoril e que deve ser suprida para manutenção da sustentabilidade.

Durante o cultivo de milho no verão, observou-se que as concentrações de nitrogênio na folha bandeira não diferiram estatisticamente (Tabela 6). De acordo com SBCS (2004), a concentração de nutrientes na folha como diagnóstico nutricional baseia-se na correlação existente entre o teor de nutrientes nos tecidos foliares da planta com o rendimento das culturas, indicando que para o nitrogênio os teores de 2,7 a 3,5% deste nutriente nas folhas são adequados para o desenvolvimento do milho, logo, observa-se que os valores obtidos para o teor de N na folha bandeira do milho neste trabalho estão de acordo com os recomendados, sendo o nitrogênio aplicado o suficiente para garantir uma produção satisfatória e não se caracterizar como um fator limitante ao desempenho da cultura.

Em experimentos realizados por Lourente et al. (2007) os autores observaram diferenças do teor de N-foliar do milho em função de doses de nitrogênio e de plantas antecessoras num sistema de sucessão. Da mesma forma, Hurtado et al. (2009) observaram acréscimo do teor de N-foliar conforme aumento das doses de N aplicadas em cobertura. Nesse sentido, pode-se inferir que as semelhanças no teor de N na folha bandeira do milho obtidas nesse estudo podem estar relacionadas à aplicação de mesma dose de N em cobertura e da disponibilidade semelhante de N nos resíduos culturais da pastagem e das excreções dos animais.

Tabela 6 – Concentrações de nitrogênio na folha bandeira, nos grãos e na palhada do milho em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Irrigação	Consortiação			CV (%)
	Consortiado	Não Consortiado	Média	
Folha bandeira do milho (g kg MS ⁻¹)				
Irigado	33,88	30,99	32,44 ns	9,91
Não Irrigado	33,50	34,42	33,96	
Média	33,69 ns	32,71		
Grãos de milho (g kg MS ⁻¹)				
Irigado	9,62	9,66	9,64 ns	9,12
Não Irrigado	10,62	10,38	10,50	
Média	10,12 ns	10,02		
Palhada de milho (g kg MS ⁻¹)				
Irigado	10,44	9,42	9,93 ns	15,81
Não Irrigado	9,38	9,53	9,46	
Média	9,91 ns	9,48		

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

Quanto aos teores de nitrogênio nos grãos e na palhada, não foram observadas efeitos significativos dos fatores avaliados (Tabela 6), sendo estas semelhanças relacionadas aos mesmos motivos das semelhanças observadas nos teores de N na folha, uma vez que as concentrações de N na planta de milho são também proporcionais à disponibilidade e extração deste nutriente pela cultura (BORTOLINI et al., 2002), o que nesse caso se mostrou semelhante conforme a diagnose foliar realizada no florescimento.

A produção de grãos manteve-se na média de 9.497 kg ha⁻¹ e a produção de palhada nos 10.976 kg ha⁻¹, sendo que ambas as variáveis não foram influenciadas significativamente pelos fatores irrigação e consórcio com leguminosa durante o inverno (Tabela 7). Estudos mostram que o uso da irrigação pode promover aumento na produção de grãos, uma vez que o rendimento de lavouras de milho pode ser afetado positivamente pelo uso da irrigação mesmo em anos em que o clima favoreça mas que haja déficit hídrico no período considerado mais crítico para a cultura, período este que vai da pré-floração ao enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al., 2006). Da mesma forma, o uso da irrigação poderia promover maior produção de matéria seca e resultar em maior quantidade de palha, uma vez que a disponibilidade de água propicia maior entrada de CO₂ para fotossíntese e auxilia na termorregulação da planta, afetando assim a sua taxa fotossintética e respiratória (CHARLES-EDWARDS, 1982), podendo resultar em maior acúmulo de matéria seca, visto que esse acúmulo é resultante da incorporação de matéria orgânica por meio do mecanismo fotossintético (BERGONCI et al., 2001). Entretanto, assim como o ocorrido durante o período de inverno/primavera, a pluviosidade média mensal de 162 mm associada à distribuição regular de chuvas durante o desenvolvimento da cultura (Figura 1), inclusive nos períodos considerados críticos, foram suficientes para suprir a demanda hídrica das plantas de milho de forma que o sistema de irrigação tenha sido acionado poucas vezes e o suprimento artificial de água não tenha sido suficiente para ocasionar diferenças significativas na produção de grãos e de matéria seca.

Quanto ao consórcio entre gramíneas e leguminosas em pastejo durante o inverno/primavera e o cultivo de milho em sucessão, as semelhanças entre os tratamentos obtidas para a produção de grãos podem ser decorrentes da baixa participação da leguminosa durante o período de inverno, não caracterizando uma quantidade de N residual superior ao cultivo da pastagem solteira que pudesse influenciar na produção de grãos de milho. Entretanto, mesmo em outros estudos onde a participação da leguminosa na pastagem durante o inverno foram significativas, observa-se que as respostas da inserção destas plantas no

sistema não ocasionaram aumento na produção de grãos de milho, assim como observado por Assmann et al. (2003) e Ghizzi (2015) avaliando a inserção de trevo branco e ervilhaca, respectivamente, em sistemas de integração lavoura-pecuária.

Tabela 7 – Produção de grãos e de palhada, exportação de N nos grãos, retorno de N na palhada e extração de N do milho em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Irrigação	Consociaçãoção			CV (%)
	Consoiciado	Não Consoiciado	Média	
Produção de grãos (kg ha ⁻¹)				
Irrigado	8683,34	9930,56	9306,95 ns	11,45
Não Irrigado	9472,23	9900,01	9686,12	
Média	9077,79 ns	9915,29		
Produção de palhada (kg ha ⁻¹)				
Irrigado	10710,55	12182,81	11446,68 ns	13,94
Não Irrigado	10275,15	10733,91	10504,53	
Média	10492,85 ns	11458,36		
Exportação de N-grãos (kg ha ⁻¹ de N)				
Irrigado	77,84	96,53	87,19 ns	16,07
Não Irrigado	101,19	103,21	102,20	
Média	89,52 ns	99,87		
Retorno de N-palhada (kg ha ⁻¹ de N)				
Irrigado	113,06	90,28	101,67 ns	20,01
Não Irrigado	88,13	100,01	94,07	
Média	100,60 ns	95,15		
Extração de N (kg ha ⁻¹ de N)				
Irrigado	190,90	188,43	189,67 ns	9,86
Não Irrigado	188,50	212,90	200,70	
Média	189,70 ns	200,67		

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

A partir das produções de grãos e de palhada, associadas às concentrações de nitrogênio nos grãos e na palhada, permitiu-se calcular a exportação, retorno e extração de nitrogênio pela cultura do milho, que foram semelhantes estatisticamente (Tabela 7).

A exportação de N nos grãos de milho e na palhada foi em média de 94,69 e 97,87 kg ha⁻¹, respectivamente, que relacionados com a produção de grãos e com a massa de palhada, obtém-se uma exportação média de 9,95 kg ton⁻¹ de N nos grãos e 8,97 kg ton⁻¹ de N na palha. Quando somados os valores de exportação nos grãos e retorno na palhada obtém-se o total extraído pela cultura, que permaneceu na média de 195,18 kg ha⁻¹ de N, não havendo diferenças estatísticas entre os tratamentos. As semelhanças obtidas para estas variáveis são

resultantes das semelhanças observadas na produção de grãos e de palhada e nas concentrações de N nos grãos e na palhada, uma vez que os valores da exportação e retorno são diretamente proporcionais a estas variáveis, que não variaram estatisticamente devido às ausências de efeitos significativos da irrigação e da inserção de leguminosas no sistema.

Com base num apanhado geral da ciclagem de nitrogênio durante o período de inverno/primavera e durante o verão, foi avaliada a ciclagem total de nitrogênio no sistema. As médias do retorno, exportação e quantidade total ciclada, assim como seus coeficientes de variação, estão dispostas na Tabela 8 e representadas graficamente nas Figuras 3, 4 e 5.

O retorno total de nitrogênio no sistema não apresentou diferenças significativas quanto ao efeito da irrigação e do consórcio (Tabela 8). Em média o retorno total foi de aproximadamente 336 kg ha⁻¹ de N, sendo composto por 29% (98 kg) referente ao N dos resíduos do milho, 24% (80 kg) ao N dos resíduos da pastagem, 36% (121 kg) ao N-urinário e 11% (38 kg) ao N-fecal (Figura 3).

Tabela 8 – Retorno, exportação e quantidade total ciclada de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Irrigação	Consortiação			CV (%)
	Consortiado	Não Consortiado	Média	
Retorno total de N no sistema (kg ha⁻¹ de N)				
Irrigado	351,02	348,44	349,73 ns	9,27
Não Irrigado	335,33	307,66	321,50	
Média	343,18 ns	328,05		
Exportação total de N no sistema (kg ha⁻¹ de N)				
Irrigado	202,99	241,02	222,01 ns	6,27
Não Irrigado	237,54	244,52	241,03	
Média	220,27 B	242,77 A		
Quantidade total de N ciclado (kg ha⁻¹ de N)				
Irrigado	554,01	589,46	571,74 ns	6,24
Não Irrigado	572,87	552,18	562,53	
Média	563,44 ns	570,82		

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

Do retorno total de nitrogênio no sistema, 71% são referentes ao nitrogênio retornado durante o período de inverno/primavera, dos quais dois terços correspondem ao N presente nas excretas dos animais. Como discutido anteriormente, a forma como o nitrogênio retorna ao solo pode indicar uma estimativa de como este nutriente será reaproveitado pelo sistema e a sua susceptibilidade a perdas.

Apesar da não verificação de diferenças significativas quanto ao uso da irrigação e consórcio com leguminosa no que diz respeito ao retorno de nitrogênio, é possível que estas práticas reduzam as perdas e aumentem a reciclagem do nitrogênio. De acordo com Rotz (2004), a prática da irrigação pode melhorar a distribuição de nutrientes e aumentar a absorção pelas raízes das plantas, além de reduzir as perdas por volatilização e consequentemente reduzir as perdas totais. Da mesma forma, a inserção de leguminosa pode reduzir a utilização de fertilizantes nitrogenados e com isso reduzir a quantidade de nitrogênio susceptível a perdas (GARWOOD e RYDEN, 1986; ROTZ, 2004).

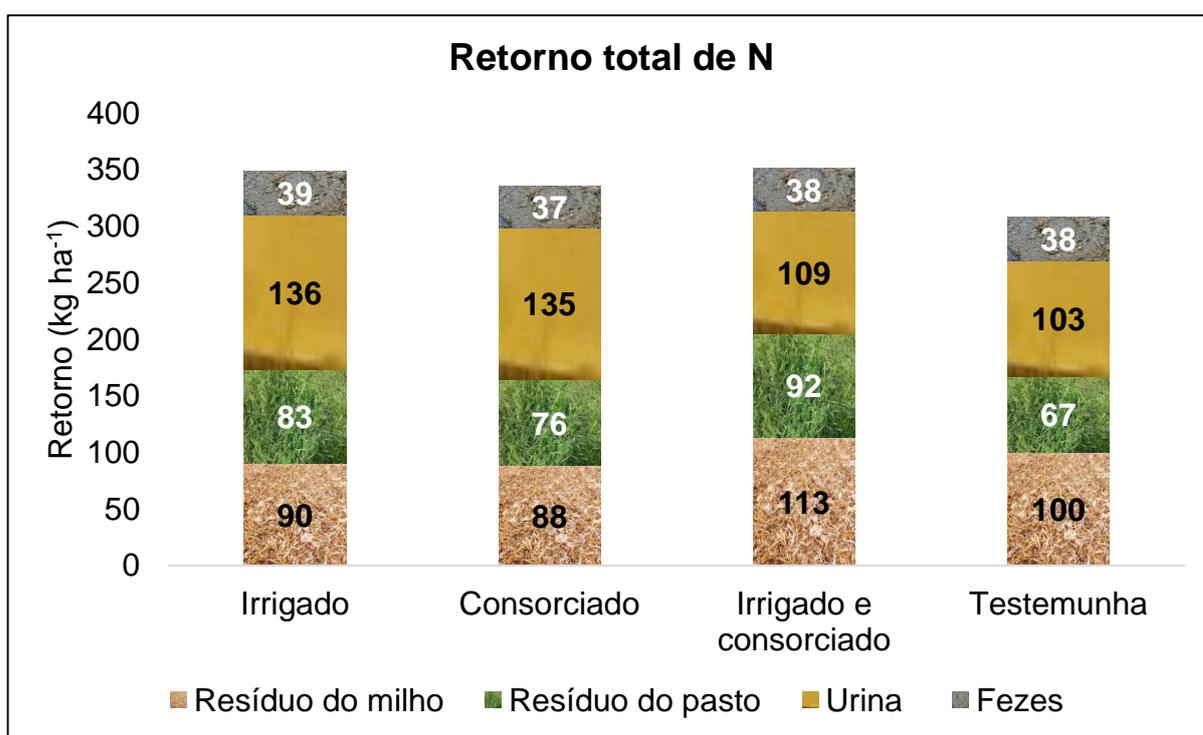


Figura 3 – Retorno total de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018

Além do retorno durante o inverno/primavera, tem-se ainda 29% do total de nitrogênio retornado que foi originário dos resíduos culturais do milho, o que representam 98 kg ha^{-1} de N que ficaram sobre o solo em 10976 kg ha^{-1} de palha, sujeitos à decomposição e mineralização para a cultura seguinte. Em estudos realizados por Calonego et al. (2012) os autores observaram 41% de redução da palhada aos 135 dias de decomposição e que nesse período 41% do nitrogênio da palha do milho foi liberado para a cultura seguinte. De acordo com Crusciol et al. (2008), a decomposição dos resíduos acontece inicialmente de forma rápida nos componentes da planta de baixa relação C:N e posteriormente de forma lenta em

materiais mais resistentes. Nesse contexto, pode-se inferir que os 98 kg ha⁻¹ de nitrogênio presente na palhada do milho contribuirá com o suprimento de N para a cultura seguinte de maneira mais significativa no início da decomposição e de maneira mais lenta e gradativa posteriormente, sendo que o aproveitamento deste nutriente proveniente da palhada dependerá também do intervalo entre a colheita do milho e o plantio da cultura seguinte.

A exportação total de nitrogênio no sistema apresentou diferenças significativas apenas sob a influência do consórcio, onde observa-se maior exportação do nutriente nas áreas não consorciadas (Tabela 8). Quanto ao uso da irrigação, não foi observado efeito significativo na exportação total de nitrogênio (Tabela 8).

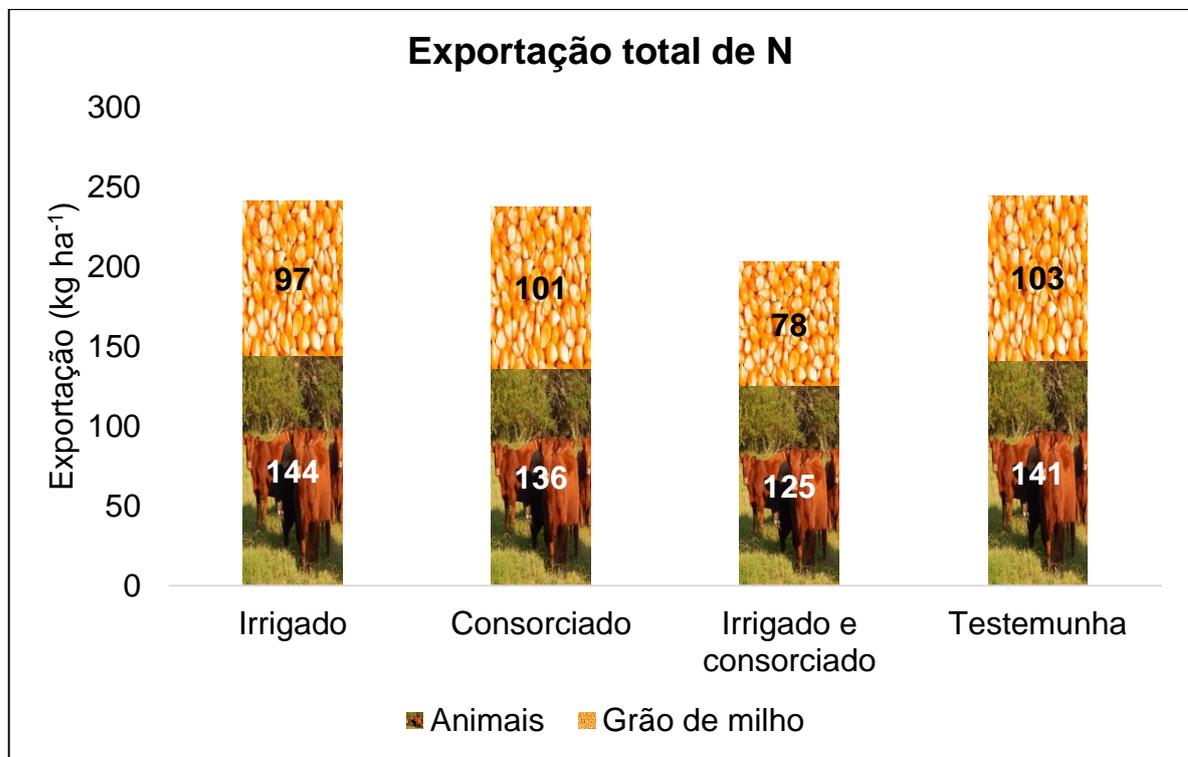


Figura 4 – Exportação total de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Em média, do total de nitrogênio exportado 59% (137 kg) são referentes à exportação via animal e 41% (95 kg) via grãos de milho (Figura 4). Considerando os 137 kg ha⁻¹ de N relacionados ao animal, vale ressaltar que nem toda esta quantidade foi de fato utilizada para a composição de tecido muscular e saiu do sistema na forma de carne, uma vez que este nitrogênio dentro do animal passa por um complexo de atividades metabólicas e pode ter sido utilizado para suprir as exigências de manutenção ou até mesmo utilizado como fonte de

energia (SANTOS e PEDROSO, 2011), o que não é desejável visto que há outras fontes de energia a serem exploradas no alimento.

A diferença na exportação de N entre as áreas consorciadas e não consorciadas é resultante dos efeitos acumulados das diferenças numéricas observadas na retenção total de N pelos animais e na exportação de N nos grãos. Apesar de não apresentarem diferenças significativas, a retenção de N pelos animais mantidos em áreas não consorciadas foi de 12,15 kg ha⁻¹ a mais do que a retenção pelos animais mantidos em pastagens consorciadas. Da mesma forma, a exportação de N nos grãos produzidos onde não houve a inserção da ervilhaca no inverno foi 10,35 kg ha⁻¹ a mais que na área com presença da leguminosa. Somadas estas diferenças, obtém-se um total de 22,5 kg ha⁻¹ de N a mais nas áreas onde não houve o consórcio, sendo este valor suficiente para causar diferenças significativas na exportação total de nitrogênio no sistema quanto à inserção da leguminosa.

Hoek (1998) afirma a importância de se quantificar a razão entre as entradas e saídas de nitrogênio utilizado no sistema para avaliar a eficiência de uso deste nutriente na propriedade. Na situação do presente estudo, foram aplicados 15 kg ha⁻¹ de N na adubação de base e 150 kg ha⁻¹ de N na adubação de cobertura para produção de pastagem durante o período de inverno/primavera, sendo exportados em média 137 kg ha⁻¹ de N pelos animais, o que permite chegar a um balanço positivo de 28 kg ha⁻¹ de N que permaneceram no sistema ou que, em parte, podem ter saído na forma de perdas as quais o nutriente está susceptível. Da mesma forma, considerando as entradas e saídas de N para o cultivo de milho no verão, permite-se chegar a um balanço positivo de 30 kg ha⁻¹ de N na lavoura. Nesse caso pode-se inferir que, tanto na produção de carne durante o inverno/primavera quanto na produção do milho no verão, a quantidade de nitrogênio que entrou via fertilizantes foi suficiente para suprir as demandas olhando do ponto de vista da propriedade, no entanto, o balanço real a nível de campo só pode ser quantificado quando considerado o nitrogênio presente no solo e nos resíduos, sendo este o que ficará no sistema para poder ser disponibilizado e utilizado pela cultura em sucessão num sistema de integração lavoura-pecuária.

Somando a quantidade de nitrogênio exportada à quantidade de nitrogênio que retornou ao solo é possível de se obter a quantidade total de nitrogênio ciclado, que não foi influenciada pelo uso da irrigação e nem pela inserção de leguminosa no sistema (Tabela 8). Em média foram ciclados aproximadamente 567 kg ha⁻¹ de nitrogênio, que apesar de não ser a quantidade real de átomos de N que passaram pelo sistema devido à dinamicidade do

nutriente, esses valores permitem avaliar a forma como o nutriente foi utilizado e também comparar diferentes situações quanto à eficiência de uso deste nutriente.

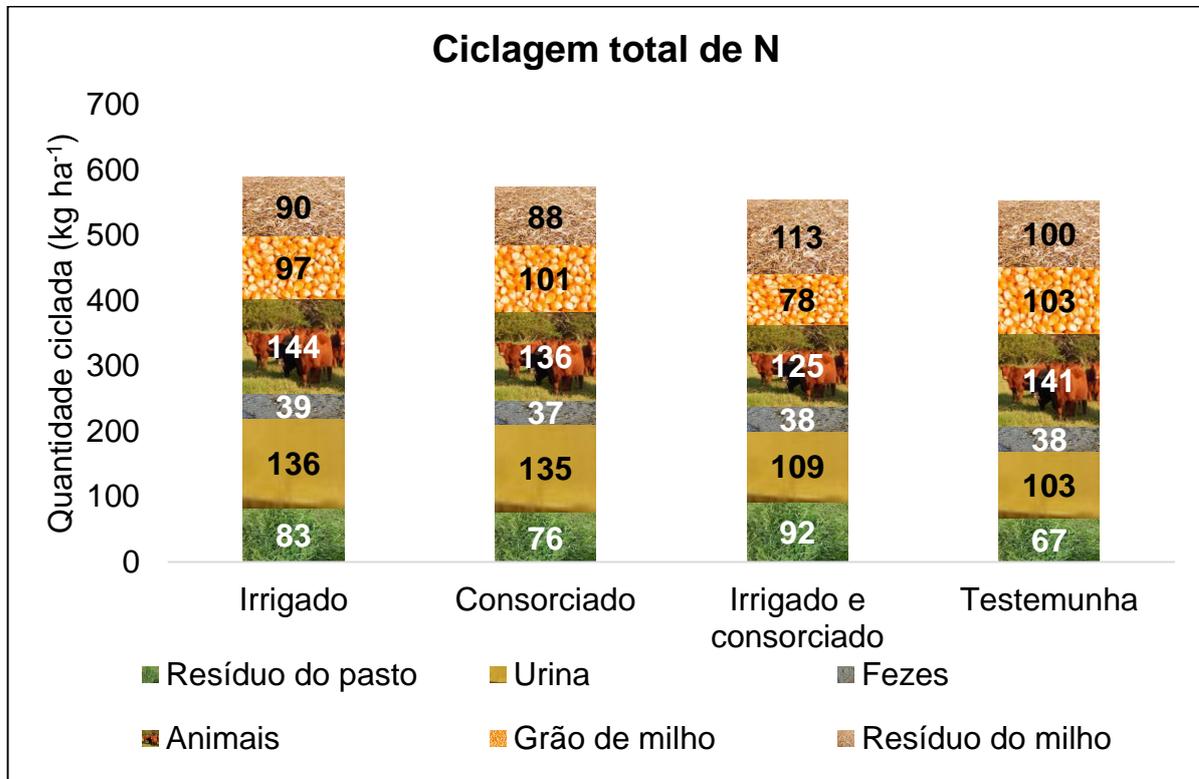


Figura 5 – Ciclagem total de nitrogênio em sistema de integração lavoura-pecuária sob uso de irrigação e/ou consórcio com leguminosa. Dois Vizinhos, 2018.

Dos 567 kg ha^{-1} de nitrogênio total ciclado, 14% correspondem ao N ciclado via resíduos da pastagem, 21% via urina, 7% via fezes e 24% que foi retido pelos animais, que somados representam o total ciclado durante o inverno (375 kg ha^{-1}), o que corresponde a 66% do total ciclado no sistema durante todo o período de avaliação (Figura 5). Vale ressaltar que destes 375 kg ha^{-1} de nitrogênio, aproximadamente 295 kg ha^{-1} passaram em algum momento pela pastagem e pelos animais, o que não seria possível caso não houvesse o processo de pastejo mobilizando e submetendo este nitrogênio ao processo de reciclagem.

Considerando que foram aplicados ao todo 290 kg ha^{-1} de N durante todo o período experimental (pastagem + milho) na forma de fertilizantes e relacionando este valor à quantidade total de nitrogênio ciclado que foi de aproximadamente 567 kg ha^{-1} de N, ressalta-se a importância da eficiente utilização e manutenção do nutriente no sistema como um todo, pois a quantidade ciclada é praticamente o dobro da quantidade aplicada, fato este que ocorre

principalmente devido a influência do animal atuando na mobilização do nitrogênio da pastagem por meio do processo de pastejo e pela reciclagem deste nutriente nas excretas.

Enquanto que num sistema de plantas de cobertura, por exemplo, tem-se uma quantidade de nitrogênio que vai ser acumulada nas plantas e, na sua maioria ao final do ciclo, será submetida à decomposição e à gradativa liberação de nutrientes, num sistema onde são inseridos os animais essa decomposição e liberação ocorre mais intensamente a todo momento, uma vez que o nutriente é extraído pelas forrageiras, consumido pelo animal e retornado ao solo pelas excreções fecal e urinária, podendo ser novamente absorvido pelas forrageiras e passar por esse ciclo várias vezes, permitindo assim que uma mesmo átomo de nitrogênio cicle mais de uma vez no sistema e assim seja melhor aproveitado. Por outro lado, nessas condições há também uma maior possibilidade de perdas, uma vez que o nitrogênio quando liberado nas fezes e na urina fica mais susceptível do que quando retido nas plantas.

7 CONCLUSÕES

O consumo e retenção de nitrogênio pelos animais durante o período de inverno não foi influenciado pela irrigação e nem pelo consórcio.

O uso da irrigação e do consórcio com ervilhaca não influenciou no retorno de nitrogênio por meio dos dejetos dos animais, dos resíduos da pastagem e dos resíduos culturais do milho.

A produção de grãos de milho foi semelhante entre áreas irrigadas e não irrigadas, assim como em áreas consorciadas e não consorciadas durante o inverno.

O uso da irrigação e do consórcio com ervilhaca não influenciou na quantidade total de nitrogênio retornada e ciclada no sistema, porém, observou-se maior exportação total de nitrogênio em áreas sem a inserção da leguminosa.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, Vivien Goten et al. Integrated irrigated crop– livestock systems in dry climates. **Agronomy Journal**. v.99, p.346–360, 2007. Disponível em: <<https://ttuir.tdl.org/ttuir/bitstream/handle/2346/1625/Int.Irrig.Crp.Livestock.Dry.Climates.pdf?sequence=1>> Acesso em: 02 mai. 2017

ANDRADE, Carlos Maurício Soares de. Importância das leguminosas forrageiras para a sustentabilidade dos sistemas de produção de ruminantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO, 2012, Uberlândia. Anais de palestras... Uberlândia, 2012. Disponível em: <http://www.sbprc.famev.ufu.br/sites/sbprc.famev.ufu.br/files/Carlos%20Maur%C3%ADcio%20Andrade_As%20leguminosas%20e%20a%20sustentabilidade.pdf> Acesso em: 02 mai. 2017

ANGHINONI, Ibanor et al. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. In: III ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASI, 2011, Pato Branco. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/gpep/documents/artigos/2011/Ciclagem%20de%20nutrientes%20em%20iLP.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2017.

ASSMANN, Alceu Luiz 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. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982004000100006>.> Acesso em: 20 mai. 2017.

ASSMANN, Tangriani Simioni et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p.675-683, ago. 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832003000400012>.> Acesso em: 15 mai. 2017

ASSMANN, Tangriani Simioni et al. Produção de gado de corte e de pastagem de aveia em sistema de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 39, n. 7, p.1387-1397, jul. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982010000700001>.> Acesso em: 20 mai. 2017.

BALBINO, Luiz Carlos et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p.i-xii, out. 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2011001000001>> Acesso em: 20 mai. 2017.

BALBINOT JUNIOR, Alvadi Antonio et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p.1925-1933, set. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782009005000107>> Acesso em: 20 mai. 2017.

BARBOSA, Rogério Zanarde et al. O uso de irrigação em pastagens em diferentes regiões do país. *Revista Científica Eletônica de Agronomia*, n.14, dez. 2008. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/zbfB9bJWXQ9FsA0_2013-5-10-12-0-29.pdf> Acesso em: 20 mai. 2017.

BARCELLOS, Alexandre de Oliveira 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**, [s.l.], v. 37, n. , p.51-67, jul. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982008001300008>> Acesso em: 26 mai 2018.

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

BERGAMASCHI, Homero et al. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileir**, v. 41, n. 2, p.243-249, fev. 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2006000200008>> Acesso em: 20 mai. 2017.

BERGONCI, João Ito. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.36, p.949-956, 2001. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/103923/1/pab0949.pdf>> Acesso em: 24 mai 2018.

BORTOLINI, C. G. et al. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.361-366, jun. 2002. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832002000200009>> Acesso em: 24 mai 2018.

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, 2011. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-011-9437-1>> Acesso em: 20 mai 2018.

CADISH, G.; SCHUNKE, R.M.; GILLER, K.E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grasslands**, v.28, p.43-52, 1994. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AU19950065476> > Acesso em: 24 mai 2018.

CALONEGO, J.C. et al. Persistência e liberação de nutrientes da palha de milho, braquiária e labe-labe. *Bioscience Journal*, v.28, p.770-781, 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13885/10558>> Acesso em: 24 mai 2018.

CARVALHO, Paulo César Faccio de et al. O estado da arte em integração lavoura e pecuária. In: **CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS**, 10., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Canoas: ULBRA, 2005. p.7-44. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/530cf0c0bc80e.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2017.

CHARLES-EDWARDS, D. A. **Physiological determinants of crop growth**. London: Academic Press, 1982. 161 p.

CHIZZOTTI, Mario Luiz et al. Determination of creatinine excretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. **Livestock Science**, v. 113, n. 2-3, p.218-225, fev. 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.013>> Acesso em: 12 mai. 2017.

COSTA, Viviane A. C. et al. Digestibilidade total e parcial e balanço nitrogenado em bovinos em pastejo no período das águas recebendo suplementos com nitrogênio não-proteico e/ou proteína verdadeira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p.2815-2826, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1516-35982011001200028>> Acesso em: 20 mai 2018.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, v. 67, n. 2, p.481-489, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0006-87052008000200024>> Acesso em: 12 mai. 2017.

DIEL, Debora et al. Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 8, p.639-647, ago. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2014000800008>> Acesso em: 15 mai. 2017.

DONEDA, Alexandre et al. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 6, p.1714-1723, dez. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832012000600005>> Acesso em: 18 mai 2018.

EUCLIDES, Valéria Pacheco Batista. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, p.691-702, 1992.

FARIAS FILHO, João de Assis et al. Competitive effect between bristle oat (*Avena strigosa*) and common vetch (*Vicia sativa*) plants in consortium under diverse populational densities. **Journal of Agronomy**, v.15, p.184-190, 2016. Disponível em: <<http://docsdrive.com/pdfs/ansinet/ja/2016/184-190.pdf>> Acesso em: 6 jun 2018.

FERREIRA, Eric Victor de Oliveira 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. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832011000100015>> Acesso em: 15 mai. 2017.

GARWOOD, E.A.; RYDEN, J. C. Nitrate loss through leaching and surface runoff from grassland: Effects of water supply, soil type and management. In: RYDEN, J.C. e ENNIK, G. C., ed. **Nitrogen fluxes in intensive grassland systems**. Netherlands: Martinus Nihoff Publishers, Dordrecht, 1986.

GHIZZI, Lucas Ghedin. **Ciclagem de nutrientes, produção de milho em sistema de integração lavoura-pecuária subsequente ao consórcio de pastagens hibernais**. 2015. 73 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2015.

GOMES, Elisa Mauro. **Risco econômico em sistemas de produção com integração lavoura pecuária (iLP): um estudo de caso em Tangará da Serra – MT**. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

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. Disponível em:<[http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113\(08\)60794-4](http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2113(08)60794-4)> Acesso em: 12 mai. 2017.

HEINRICHS, Regis 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, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832001000200010> > Acesso em: 18 mai 2018.

HOEK, Klaas W. van Der. Nitrogen efficiency in global animal production. **Environmental Pollution**, v. 102, n. 1, p.127-132, 1998. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491\(98\)80025-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0269-7491(98)80025-0)> Acesso em: 26 mai 2018.

HURTADO, Sandro Manuel Carmelino et al. Variação espacial da resposta do milho à adubação nitrogenada de cobertura em lavoura no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p.300-309, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2009000300012>> Acesso em: 20 mai 2018.

LOISEAU, P. et al. Effect of soil-N and urine-N on nitrate leaching under pure grass, pure clover and mixed grass/clover swards. **European Journal Of Agronomy**, v. 14, n. 2, p.113-121, mar. 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/s1161-0301\(00\)00084-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1161-0301(00)00084-8)> Acesso em: 24 mai 2018.

LORENSETTI, Cassiano Albino. **Avaliação nutricional de pastagens temperadas associadas à leguminosa ou suplementação energética na dieta de bovinos**. 2016. 82f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2016.

LOURENTE, E.R.P. et al. Culturas antecessoras, doses e fontes de nitrogênio nos componentes de produção do milho. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, p.55-61, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v29i1.66>> Acesso em: 20 mai 2018.

MAAK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 350p, 1968.

MCCARTY, G.W. and BREMNER, J.M. Production of urease by microbial activity in soils under aerobic and anaerobic conditions. **Biol. Fertil. Soils**. v11, p.228–230, 1991. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF00335772>> Acesso em: 17 mai 2018.

MCNAUGHTON, S.J. Ecology of a Grazing Ecosystem: The Serengeti. **Ecological Monographs**, v. 55, n. 3, p.259-294, 1985. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2307/1942578>> Acesso em: 20 mai 2018.

MARTHA JÚNIOR, G. B. Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia. 2003. 149 p. Tese (Doutorado) – Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2003.

MENDES, Walter da Costa et al. Lixiviação de nitrato em função de lâminas de irrigação em solos argiloso e arenoso. **Irriga**, v. 1, n. 2, p.47-56, 31 ago. 2015. Disponível: <<http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2015v1n2p47>> Acesso em: 12 mai. 2017.

MORAES, Aníbal de et al. Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. In: **I Encontro de integração lavoura-pecuária no sul do Brasil**. p.3-42. 2002.

MORAES, Aníbal de. Sistemas de integração lavoura-pecuária no Sub-trópico da América do Sul: Exemplos do Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL EM INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA, 2007, Curitiba. **Anais**. Curitiba: UFPR, 2007.

MULVANEY, Michael J. et al. Ammonia Emissions from Field-Simulated Cattle Defecation and Urination. **Journal Of Environment Quality**, v. 37, n. 6, p.2022-2027, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2134/jeq2008.0016>> Acesso em: 20 mai 2018.

MYAZAWA, Mário et al. Análise química de tecido vegetal. In: DA SILVA, Fábio César (ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

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, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2527/2004.821179x>> Acesso em: 12 mai. 2017.

NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7 ed. Washington, DC: National Research Council, 1996.

OLIVEIRA, Vinicius da Silva et al. **Efeito da irrigação na produção e qualidade de pastagens durante o período da seca**. Revista Científica de Medicina Veterinária, n. 26, p.1-10, 2016. Disponível em: <<http://revistas.bvs-vet.org.br/rcemv/article/view/35675/40086>> Acesso em: 20 mai. 2017.

PETERSEN, S.O et al. Ammonia losses from urine and dung of grazing cattle: Effect of N intake. **Atmos. Environ**, v.32, p.295–300, 1998. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231097000435>> Acesso em: 17 mai 2018.

PINHEIRO, Alyson Andrade et al. Produção e valor nutritivo da forragem, e desempenho de bovinos Nelore em pastagem de capim-Tanzânia adubado com nitrogênio ou consorciado com estilosantes Campo Grande. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p.2147-2158, 27 ago. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4p2147>> Acesso em: 20 mai. 2017.

POSSENTI, Jean Carlo et al. Distribuição da precipitação pluvial em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. In: I SEMINÁRIO SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 2007, Dois Vizinhos. Disponível em: <revistas.utfpr.edu.br/dv/index.php/SSPA/article/download/813/312> Acesso em: 14 mai 2018.

PRIMAVESI, O. et al. **Adubação com uréia em pastagem de Cynodon dactylon cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiência e perdas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001. 42 p.

ROTZ, C. A. Management to reduce nitrogen losses in animal production. **Journal of animal science**, v. 82, n. 13_suppl, p. E119-E137, 2004. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15471791>> Acesso em: 24 mai 2018.

RUFINO, Mariana C. et al. Nitrogen cycling efficiencies through resource-poor African crop–livestock systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 112, n. 4, p.261-282, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2005.08.028>> Acesso em: 26 mai 2018.

SALTON, Júlio César et al. Pastoreio da aveia e compactação do solo. *Revista Plantio Direto*, mai/jun. 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1022574/1/Plantio.pdf>> Acesso em: 20 mai. 2017.

SALTON, Júlio César; CARVALHO, Paulo César Faccio de. **Heterogeneidade da pastagem – causas e consequências**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2007. 41p.

SANCHES, Arthur C. et al. Produtividade e valor nutritivo do capim Tifton 85 irrigado e sobressemeado com aveia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.126-133, fev. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p126-133>> Acesso em: 12 mai. 2017.

SANTOS, Flávio Augusto Portela; PEDROSO, Alexandre Mendonça. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, Telma Teresinha; PIRES, Alexandre Vaz; OLIVEIRA, Simone Giseli. Ed. *Nutrição de Ruminantes*. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2011.

SARAIVA, Felipe Martins. **Ciclagem de nutrientes em pastagens de gramíneas tropicais manejadas sob diferentes intensidades de pastejo**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife, 2010.

SILVA, Adriano Alves da et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 37, n. 4, p.928-935, ago. 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-84782007000400002>> Acesso em: 18 mai 2018.

SBCS - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Fertilidade do Solo: manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. Ed. Porto Alegre : Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004.

SOUZA, Adilson Pacheco de et al. Taxas de decomposição de resíduos vegetais submetidos a lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 19, n. 3, p.512-527, 10 nov. 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2014v19n3p512>> Acesso em: 12 mai. 2017.

SOUZA, Edicarlo Damacena de et al. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p.1829-1836, dez. 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832009000600031>> Acesso em: 20 mai. 2017.

STOUT, W. L. et al. Nitrate Leaching from Cattle Urine and Feces in Northeast USA. **Soil Science Society Of America Journal**, v. 61, n. 6, p.1787-1794, 1997. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1997.03615995006100060034x>> Acesso em: 16 mai 2018.

THOMAS, R. J.. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. **Grass And Forage Science**, v. 47, n. 2, p.133-142, jun. 1992. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.1992.tb02256.x>> Acesso em: 24 mai 2018.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A.. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Grass And Forage Science**, v. 18, n. 2, p.104-111, jun. 1963. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x>> Acesso em: 12 mai. 2017.

WILKERSON, V.a.; MERTENS, D.r.; CASPER, D.p.. Prediction of Excretion of Manure and Nitrogen by Holstein Dairy Cattle. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 80, n. 12, p.3193-3204, dez. 1997. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(97\)76292-1](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(97)76292-1)> Acesso em: 24 mai 2018.

ZIECH, Ana Regina Dahlem et al. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hibernar na região Sul do Brasil. **Pesq. Agrop. Brasileira**, v. 50, n. 5, p.374-382, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2015000500004>> Acesso em: 18 mai 2018.