

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Suprimento de nitrogênio para culturas de verão pela aplicação
antecipada em azevém pastejado por ovinos**

RUBENS CHERUBINI ALVES
Engenheiro Agrônomo - UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia
Área de Concentração Plantas Forrageiras

Porto Alegre (RS), Brasil
Abril de 2015

CIP - Catalogação na Publicação

Alves, Rubens Cherubini

Suprimento de nitrogênio para culturas de verão
pela aplicação antecipada em azevém pastejado por
ovinos / Rubens Cherubini Alves. -- 2015.

49 f.

Orientadora: Carolina Bremm.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2015.

1. Integração lavoura pecuária. 2. ciclagem de
nutrientes. I. Bremm, Carolina, orient. II. Título.

FOLHA DE HOMOLOGAÇÃO

RUBENS CHERUBINI ALVES
Engenheiro Agrônomo

DISSERTAÇÃO

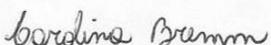
Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

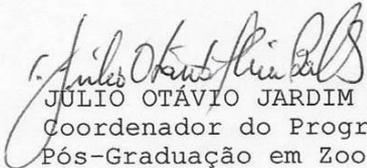
MESTRE EM ZOOTECNIA

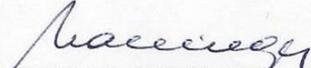
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 02.03.2015
Pela Banca Examinadora

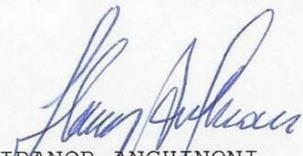
Homologado em: 22.04.2015
Por


CAROLINA BREMM
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador


JULIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia


CARLOS NABINGER
PPG ZOOTECNIA-UFRGS


TANGRIANI SIMIONI ASSMANN
PPG AGRONOMIA/UTFPR


IVANOR ANGHINONI
PPG CIÊNCIA DO SOLO/UFRGS


PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de Agronomia

“Sei lá, sei lá, só sei que é preciso paixão.
Sei lá, sei lá, a vida tem sempre razão”

Vinicius de Moraes

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus por ter guiado os meus caminhos até este momento.

Agradeço à meus pais e irmãos pelo apoio. Em especial ao meu Pai Armando que me ensinou as coisas do campo e me influenciou a seguir no caminho das ciências agrárias e a minha Mãe Beatriz por ter nos oferecido condições de seguir em frente após a perda de nosso Pai.

Agradeço à minha namorada Tamires, por ter aguentado a minha ausência nestes dois anos de muito trabalho, estudo e dedicação, e ter me ajudado nos trabalhos de campo e pesagem das amostras. Considero ser a única pessoa que realmente sabe o que foi passado neste período.

À equipe PGW Sementes por ter me apoiado e compreendido a minha ausência em alguns momentos. Em especial ao meu chefe Homero que me ofereceu esta oportunidade de estudar em paralelo ao trabalho na empresa.

Ao colega Cleist, com o qual compartilhamos bons e maus momentos na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, onde algo sempre insistia em dar errado. Aprendi muito contigo meu amigo, em especial como ser mais comunicativo e interativo com as pessoas ao redor.

Aos colegas e amigos do GPEP que nos ajudaram, em especial aos bolsistas de iniciação científica que nos cederam alguns de seus finais de semana.

Por fim ao diretor, Renato Levian, e todos os funcionários da Estação Experimental Agronômica, que em muito nos ajudaram, em especial, Paulo Lima, Claudio, Maninho, Marcelo, Zezinho, Pantera, Roberto, Marquinhos, entre outros, além as tias da cozinha, do alojamento e a equipe das roçadeiras. Grande parte do aprendizado obtido foi por meio de vocês e sem a vossa ajuda tudo seria muito mais difícil.

SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO PARA CULTURAS DE VERÃO PELA APLICAÇÃO ANTECIPADA EM AZEVÉM PASTEJADO POR OVINOS¹

Autor: Rubens Cherubini Alves

Orientadora: Carolina Bremm

Resumo - A agropecuária tem um importante papel na economia do Brasil. Fertilizantes nitrogenados estão entre os principais insumos da agropecuária mundial, e o seu uso em grandes volumes geram problemas ambientais. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs) buscam a maior eficiência no uso dos recursos naturais em comparação às monoculturas agrícolas, reduzir as perdas de nutrientes e promover a ciclagem do nitrogênio (N). O animal é considerado um catalizador da ciclagem de nutrientes e em um SIPA a intensidade de pastejo e a fertilização, são as principais variáveis a ser manejada na fase pastagem, pois determinam a cobertura do solo, que é transferida para a fase lavoura e influencia a sua produtividade. A soja e o milho estão entre as mais importantes culturas da agricultura Brasileira. A soja tem o potencial de suprir parte das suas demandas através da Fixação Biológica de N, já o milho é dependente do solo para atender a sua necessidade por N. A adubação antecipada baseia-se em que a exportação de nutrientes na fase lavoura é maior do que na fase pastagem. Propõe-se que a adubação seja realizada no inverno, promovendo maiores rendimentos da fase pastagem e a ciclagem dos nutrientes para a fase lavoura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada em pastagem de azevém pastejada por ovinos sob diferentes intensidades de pastejo e métodos de pastoreio no índice de nutrição nitrogenada das culturas de verão em SIPAs. Este estudo foi realizado entre os anos 2013 e 2014, em um experimento de longa duração iniciado em 2003, em SIPA, o qual é composto por 32 unidades experimentais delineados em blocos casualizados, com quatro tratamentos, dois métodos de pastoreio, contínuo e rotativo, duas intensidades de pastejo, moderada e baixa em pastagem de azevém-anual pastejada por ovinos, no período de inverno e dois sistemas de cultivos de verão, monocultivo de soja e rotação soja/milho, com quatro repetições. A fertilização foi realizada exclusivamente na fase pastagem com 75 kg de N e 60 kg de P₂O₅ e K₂O ha⁻¹. A massa de forragem residual (MFR) foi avaliada ao final da fase pastagem. Durante o verão foram avaliados o rendimento de fitomassa das culturas de verão durante a fase vegetativa, o teor de N na fitomassa e o Índice de Nutrição Nitrogenada (INN) das culturas. Para a cultura do milho, houve efeito das intensidades de pastejo (P<0,05) para INN e MFR. Para as culturas da soja houve efeito das intensidades de pastejo (P<0,05) apenas para a MFR. Não foi encontrada diferença entre os métodos de pastoreio para as duas culturas. A MFR é uma importante fonte de N para a cultura de verão subsequente. Menores intensidades de pastejo resultam em maiores MFR e, conseqüentemente, maiores INN para a cultura do milho. A adubação nitrogenada antecipada não apresentou efeito sobre a soja uma vez que esta cultura tem a capacidade de atender a sua demanda por N através da Fixação Biológica de N.

Palavras-chave: Sistema integrado; soja; milho; ciclagem de nutrientes; *Lolium multiflorum*.

¹Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (47 p.) Abril, 2015.

SUMMER CROPS NITROGEN SUPPLY BY EARLY APPLICATION IN RYEGRASS GRAZED BY SHEEPS¹

Author: Rubens Cherubini Alves

Advisor: Carolina Bremm

Abstract - Agriculture has an important role in Brazilian economy. Nitrogen fertilizers are among the main inputs of worldwide agriculture, and its use in large volumes has generated environment problems. Integrated Crop Livestock Systems (ICLS) search for a more efficient use of natural resources than monoculture agriculture systems, reduce Nitrogen (N) losses and promote its cycling. The animal is consider a catalyst for nutrient cycling and in an ICLS, the grazing intensity along with fertilization, are the main variable to be manage in the pasture phase, since it determines the soil cover, which is transfer to the crop stage and directly influences its yield. Soybean and maize are among the most important crops of the Brazilian agriculture. Soybean has the potential to attend most of their demands for nitrogen (N) through the Biological Fixation, on the other hand, maize is dependent on soil fertility to attend their need for this nutrient. Early fertilization is based on that the export of nutrients in the crops phases is greater than pasture phase. Is propose that the fertilization should be manage on winter, because it would provide higher yields of pasture phase and recycling of nutrients to the crop stage. The objective of this study was to evaluate the effect of early nitrogen fertilization on Italian ryegrass pasture grazed by sheep under different grazing intensities and grazing methods on ICLS summer crops nitrogen nutrition index. This work was perform between 2013 and 2014, in a long-term ICLS experiment, with 32 experimental units designed in a randomized block with four treatments and four replications. The treatments were two stocking methods, continuous and rotational grazing, two grazing intensities, moderate and low, with Italian ryegrass grazed by sheep on winter, and two cropping systems, soybean monoculture and soybean/maize crop rotation, on summer. The fertilization management was 75 kg of N, 60 kg of P₂O₅ and K₂O ha⁻¹. The residual forage mass (RFM) on the end of grazing phase. During summer were evaluate the crops biomass yield on vegetative phase, the N content on the phytomass, and the crops NNI. On maize crop area were found effect of the grazing intensities (P<0.05) on the RFM and NNI. On soybean crop area was found effect of the grazing intensities (P<0.05) on the RFM. There were no differences between the grazing methods in both crop systems, and on RFM and NNI of soybeans areas (P>0.05). The RFM is an important summer crop N source. Lowest grazing intensities result on higher RFM, and consequently in higher NNI on maize crop. The early fertilization does not cause effects on soybean, once this crop has the ability to meet its demand for N by N Biological Fixation.

Keywords: Integrated systems; soybean; maize, nutrient cycling; *Lolium multiflorum*.

¹Master of Science dissertation in Forrage Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (47 p.) April, 2015.

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	12
2.	Revisão bibliográfica	14
2.1.	Sistemas Integrados de Produção Agropecuária	14
2.2.	Fase pastagem do SIPA	15
2.3.	Fase lavoura do SIPA	17
2.4.	Nitrogênio no SIPA.....	19
2.5.	Modelo conceitual	21
3.	Material e Métodos	24
3.1.	Descrição da área experimental.....	24
3.2.	Descrição das práticas de manejo	25
3.3.	Parâmetros avaliados.....	25
3.4.	Análise estatística	26
4.	Resultados	27
4.1.	Dados climáticos	27
4.2.	Massa de forragem residual.....	28
4.3.	Rendimento de matéria seca da lavoura.....	28
4.4.	Percentual de N e INN	29
5.	Discussão	31
5.1.	Cultura da soja	31
5.2.	Cultura do milho	32
5.3.	Disponibilidade de N no solo.....	32
5.4.	Água no solo	33
5.5.	Exportação de N.....	33
5.6.	Fertilização antecipada	34
6.	Conclusões.....	35
7.	Considerações finais	36
8.	Referências bibliográficas.....	37
9.	Apêndices	43
10.	Vita.....	48

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1. Massa de forragem residual do pasto de azevém (MFR, kg MS ha⁻¹) antecedente às culturas de soja e milho fertilizadas através de adubação sistêmica em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. 28

Tabela 2. Rendimento de fitomassa (T MS ha⁻¹), teor de nitrogênio (N, %) e índice de nutrição nitrogenada (INN, %) das culturas de soja e milho fertilizadas através de adubação sistêmica em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária..... 29

RELAÇÃO DE FIGURAS

- Figura 1. Modelo teórico conceitual de um sistema integrado de produção de ovinos em pastagem de azevém no inverno, e soja e milho no verão. 23
- Figura 2. Precipitações acumuladas na EEA/UFRGS durante período experimental (2013/2014) e precipitações e temperaturas médias históricas. Eldorado do Sul, RS..... 27
- Figura 3. Balanço hídrico da EEA/UFRGS calculado pelo método Penman-Monteith durante período experimental (2013/2014) 28
- Figura 4. Modelo de curva de diluição de nitrogênio (●) e relação entre teor de N (%) e rendimento (ton MS ha⁻¹) da cultura de milho fertilizada através de adubação sistêmica em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária ($y = 2,21 - 0,132x$; $R^2 = 0,2280$; $DPR = 0,50$; $P < 0,0001$; $n = 159$). 30
- Figura 5. Modelo de curva de diluição de nitrogênio (●) e relação entre teor de N (%) e rendimento (ton MS ha⁻¹) da cultura de soja fertilizada através de adubação sistêmica em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária ($y = 4,6 - 0,288x$; $R^2 = 0,1735$; $DPR = 0,65$; $P < 0,0001$, $n = 190$) 30

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

C	Carbono
cm	Centímetro
DFV	Duração de Vida da Folha
EEA	Estação Experimental Agronômica
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
GPV	Ganho de Peso Vivo
°C	Graus Celsius
ha	Hectare
INN	Índice de Nutrição Nitrogenada
kg	Quilograma
m	Metro
MF	Massa de Forragem
MFR	Massa de Forragem Residual
MOS	Matéria Orgânica do Solo
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
P	Fósforo
PV	Peso Vivo
SIPA	Sistema Integrado de Produção Agropecuária
TA	Taxa de Acúmulo de Forragem
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
W	Massa Seca da Cultura
2.5	Oferta de forragem 2,5 vezes o potencial de consumo animal
5.0	Oferta de forragem 5,0 vezes o potencial de consumo animal

1. INTRODUÇÃO

A agricultura e a pecuária exercem papéis importantes na atividade econômica do Brasil, sendo responsável por aproximadamente 22% do Produto Interno Bruto. O desenvolvimento deste setor da economia foi alcançado por meio da aplicação de técnicas de manejo desenvolvidas durante a “revolução verde”. Tal revolução foi capaz de aumentar a produção de alimento e atender as demandas de uma sociedade crescente em termos de população, reduzindo a fome e melhorando a qualidade nutricional das dietas. O modelo empregado, no entanto, tem gerado efeitos negativos, como contaminação das águas e do solo, erosão, emissão de gases de efeito estufa e perda na biodiversidade (Franzluebbers, 2007). Tais consequências geraram questionamentos sobre o uso destas técnicas produtivas. A sociedade clama por sistemas ambientalmente sustentáveis, socialmente aceitos e economicamente viáveis. Além disso, a população mundial continua a crescer, o que vem gerando um contínuo aumento na demanda por produtos da agropecuária, como alimentos, fibras e combustíveis. Modelos de produção complexos, como os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, uma vez abandonados por terem sido considerados pouco produtivos, hoje retornam ao cenário, por contemplarem componentes considerados fundamentais para uma agricultura sustentável, como o pastejo, as rotações de culturas, as culturas de cobertura, e a ciclagem de nutrientes (Anghinoni et al., 2013; Carvalho et al, 2014). Sistemas Integrados de Produção Agropecuária são considerados sistemas conservacionistas, pois tem o potencial de aumentar a ciclagem de nutrientes, a fertilidade dos solos, a biodiversidade, mitigar gases de efeito estufa e diminuir os riscos econômicos da agropecuária (Carvalho et al, 2014; Savian et al., 2014). São sistemas possíveis de implantação por qualquer produtor rural, independentemente do porte de sua propriedade. Por estas razões, têm gerado grande interesse da pesquisa, dos agricultores e até mesmo dos governos. Um exemplo disso é o Plano de Agricultura de Baixo Carbono, do governo federal brasileiro, que estimula a implantação de boas práticas agropecuárias, como o sistema de plantio direto, os sistemas integrados de produção, o uso da fixação biológica do nitrogênio, entre outras.

O desafio imposto à agricultura e à pesquisa é desenvolver sistemas de produção capazes de aumentar a produção de modo a atender as necessidades da sociedade, de um modo sustentável. Isto é, sem comprometer o meio ambiente e utilizando a menor quantidade de recursos oriundos de fontes não renováveis. Entre os recursos externos mais importantes e utilizados na agricultura e pecuária está o Nitrogênio. Este nutriente influencia diretamente as taxas de desenvolvimento das plantas e os principais fertilizantes nitrogenados utilizados são originados a partir de fontes não renováveis, desta

forma, além de aumentar o custo de produção, também pode gerar problemas ambientais. Para aumentar os índices produtivos dos sistemas de produção e reduzir os impactos ambientais, é necessário o aumento da eficiência de uso do Nitrogênio. Grande parte do que é aplicado deste recurso é perdido, sendo assim, o uso da ciclagem de nutrientes, através do reaproveitamento de dejetos de origem animal e culturas de cobertura são importantes técnicas para aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes. Porém, ainda não se sabe se a lenta liberação dos nutrientes provenientes de resíduos orgânicos pode ser manejada de forma a atender de maneira adequada e sincronizada as demandas das culturas. Para Jeuffroy et al., (2002) para aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes e reduzir os impactos ambientais, faz-se necessário aumentar a precisão dos volumes de fertilizantes aplicados, assim como dos momentos de sua realização. Sendo assim, estratégias para realizar o diagnóstico das deficiências nutricionais das plantas, como o índice de nutrição nitrogenada, fazem-se necessários. A este encontro, surge este estudo, na busca de estratégias para aumentar a eficiência da agropecuária, com a hipótese de que em um SIPA, a adubação Nitrogenada pode ser realizada durante a fase pastagem (inverno) para suprir as necessidades deste nutriente na fase lavoura (verão), e o nível de suprimento será distinto para as culturas da soja e milho.

O Índice de Nutrição Nitrogenada (INN) é uma importante ferramenta por analisar o estado nutricional das plantas ao longo de seu desenvolvimento (Jeuffroy et al., 2002; Lemaire & Gastal, 2009). Podemos avaliar se as demandas por esse nutriente estão sendo atendidas, qual a real necessidade e quais os volumes de fertilizantes a serem aplicados. Com isso, evitando a aplicação de dosagens inadequadas e melhorando a eficiência de uso desse recurso. Neste sentido, a avaliação do INN é empregada com o objetivo de aumentar a eficiência de utilização do Nitrogênio, evitando dosagens acima do necessário e dando suporte à aplicação de volumes adequados e em momentos estratégicos. Esse trabalho objetivou avaliar o efeito da adubação nitrogenada em pastagem de azevém pastejada por ovinos sob diferentes intensidades de pastejo e métodos de pastoreio no índice de nutrição nitrogenada das culturas de verão em SIPAs. Como objetivos específicos, propomos:

1. Avaliar se em um SIPA, o volume de resíduo de palhada proveniente da fase pastagem, em decorrência do manejo da intensidade de pastejo com ovinos, interfere no índice nitrogenado da lavoura em sucessão.

2. Avalizar se em um SIPA, o método de pastoreio rotativo com ovinos na fase pastagem, por oferecer uma distribuição mais homogênea dos resíduos quando comparado ao pastoreio contínuo, pode melhorar o índice de nutrição nitrogenada das culturas de verão.

3. Avaliar se em um SIPA, o índice de nutrição nitrogenada da cultura da soja, que apresenta relação de simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp., é menos afetado do que o milho pela adubação nitrogenada na fase pastagem.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistemas Integrados de Produção Agropecuária

Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPAs) possuem o potencial de beneficiar o ambiente e a sustentabilidade dos sistemas de produção. São mais eficientes no uso dos recursos naturais, promovem a ciclagem de nutrientes e melhoram o solo, mantêm níveis de produtividade elevados e produzem inúmeros serviços ambientais (Carvalho et al., 2014). Estes sistemas costumavam ser comuns antes da moderna revolução industrial e agrícola do século XX e ressurgem como uma alternativa a esse modelo que buscou aumento de produtividade pela intensificação da produção, de engenharia genética, maquinários e produtos químicos. Tais tecnologias influenciaram e modificaram os sistemas de produção e, em muitos casos, eliminando a pecuária. O uso de insumos externos não renováveis e a simplificação das técnicas de manejo gerou impactos negativos no meio ambiente. Tais impactos, como contaminação da água, aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, erosão do solo e perda de biodiversidade, não são mais tolerados pela sociedade (Lemaire et al., 2014). Atualmente surgem preocupações de cunho social e ambiental e, neste sentido, o SIPA retorna ao cenário devido ao seu potencial de beneficiar o ambiente e a sustentabilidade dos sistemas de produção (Franzluebbers, 2007; Balbino et al., 2011).

Segundo Carvalho et al. (2014), os SIPAs são constituídos pela combinação de ciclos de agricultura com ciclos de pecuária, em sucessão na mesma área. Busca-se, no SIPA, explorar os sinergismos entre os componentes, a exploração mais eficiente do espaço e diversificação de renda. Áreas sob este sistema de produção crescem em um ritmo acelerado. Estima-se a sua presença em 25 milhões de km² (Bell e Moore, 2012). De acordo com Anghinoni et al. (2013), os SIPAs são complexos por natureza e impõem inúmeras interações espaço-temporais, as quais tem o potencial de gerar constantes alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Entende-se que a compreensão e o manejo de tais interações nessa escala são desafios para a pesquisa.

É reconhecido, no SIPA, o potencial de intensificação da produção e sustentabilidade do sistema. A aplicação do sistema plantio direto é fundamental para a implantação de sistemas de produção sustentáveis nas regiões de clima tropical e subtropical. Tal prática é responsável por reorganizar a estrutura do solo, reestabelecer a biomassa microbiana, aumentar os teores de nutrientes do solo, aumentar o C e o N orgânicos além da CTC e, promover um elevado e contínuo fluxo de nutrientes e de água entre as culturas, diminuindo, inclusive, as perdas de nutrientes do sistema (Anghinoni et al.,

2013). Além disso, os teores de carbono lábil, um indicador de qualidade do solo, tendem a ser superiores em sistemas com a presença de animais (Salton et al., 2014). Sendo assim, nesse ambiente, a produtividade das culturas pode aumentar substancialmente com o tempo no sistema plantio direto, devido as propriedades emergente que são criadas. Diversos autores discutem que o desafio atual é desenvolver SIPAs que utilizem tecnologias modernas capazes de prover benefícios sociais, econômicos e ambientais. Provoca-se a sociedade a alterar os sistemas baseados em padronizações e simplificações por aqueles onde há diversidade em níveis de campo e paisagem, a fim de otimizar a produtividade por unidade de recurso natural (Franzluebbers, 2007; Balbino et al., 2011; Lemaire et al., 2014).

2.2. Fase pastagem do SIPA

A produção animal vem crescendo pelo aumento da demanda por proteína animal para a alimentação humana, especialmente em países em desenvolvimento. O aumento da renda per capita também tem papel importante em tal crescimento (Lemaire et al., 2014). Ao manejar animais em SIPAs, busca-se atingir níveis ótimos de produção sem ignorar a sustentabilidade da atividade. Um dos principais fatores envolvidos no desenvolvimento da pastagem que é determinante do acúmulo de massa de forragem é o desenvolvimento e emissão de novos perfilhos. Este processo é dependente de uma séria de fatores, como genótipo, controle hormonal, auxinas, além de fatores ambientais como temperatura, luz, suprimento de água e nutrição mineral. O aparecimento e morte de perfilhos é altamente influenciado pelo tipo de desfolhação a que a pastagem é submetida (Barth Neto, 2013). Quando a forrageira emite um novo perfilho, ela também produz novas raízes para suprir a demanda deste perfilho. Para Carvalho et al. (2006), na fase pastagem a intensidade de pastejo é a principal variável a ser manejada. Tal parâmetro interfere tanto em níveis de produção animal, como na condição de solo e no volume de palhada que será transferida para a fase agrícola. Diversos estudos realizados em um experimento de SIPA de longa duração apresentam os impactos de diferentes intensidades de pastejo (Carvalho et al., 2011) nos resultados produtivos da fase pastagem. Quanto à produtividade animal, o ganho de peso por área é maior no tratamento 10 cm em relação aos tratamentos 20, 30 e 40 cm (Lopes et al., 2008; Carvalho et al., 2011; Kunrath et al., 2014). Quanto ao ganho de peso diário por animal, os resultados apresentam um comportamento quadrático (Carvalho et al., 2011, Kunrath et al., 2014). A produção de forragem é diretamente afetada pela intensidade de pastejo. Ao longo de 10 anos de experimento, a produção de forragem foi crescente nos tratamentos 10, 20, 30 e 40 cm (Aguinaga et al., 2008; Kunrath et al., 2014), porém foi observada uma relação inversa quanto ao crescimento radicular (Carvalho et al., 2011). Na situação de pastejo moderado, houve menor produção de raízes do que em áreas de pastejo intenso, leve ou até mesmo sem pastejo (Souza et al., 2009). Além da intensidade de pastejo, a disponibilidade de N para as pastagens também tem um papel fundamental nos índices de produção dessa fase, uma vez que uma maior disponibilidade de N tem o potencial de aumentar a produção de forragem, o que influencia a produtividade animal e o volume de palhada

transferida para a fase lavoura. Segundo Pellegrini et al. (2010), para cada kg de N aplicado em uma pastagem de Azevém pastejada por ovinos, ocorre acréscimo de 2,82 kg de forragem por hectare. Ao pastejar, o animal remove parte das laminais foliares do pasto, que ao mesmo tempo que serve como alimento, também é responsável pela interceptação de luz e consequente fixação de carbono através da fotossíntese. Desta forma, a intensidade de remoção das folhas pelo pastejo afeta a área foliar e a interceptação luminosa do dossel, afetando a taxa de fotossíntese e a capacidade de produzir novas folhas (Carvalho, 2009).

O componente animal modifica os fluxos nos componentes clima-solo-planta, pela ingestão de nutrientes da forragem. Tais nutrientes retornam ao sistema, via fezes e urina, em uma distribuição espacial heterogênea e em uma forma concentrada. A interferência na distribuição espacial heterogênea dos nutrientes, pelo animal, ao pastejar de forma seletiva, também se dá pela criação de mosaicos de altura de pasto e composição morfológicas (Carvalho et al., 2010a). Quando bem conduzidos, os SIPAs têm o potencial de aumentar o teor de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, os estoques de C e N ao longo do tempo (Anghinoni et al., 2011). Para Balbinot Junior et al. (2009), os animais atuam como catalizadores da ciclagem de nutrientes, uma vez que cerca de 70 a 95% dos nutrientes ingeridos retornam ao solo via fezes e urina, sendo liberados à solução do solo em curto intervalo de tempo, estando disponíveis para, novamente, serem absorvidos pelas raízes das plantas. Segundo os mesmos autores, altos teores de carbono orgânico proporcionam maior capacidade do solo em gerar bens para a humanidade e desempenhar suas funções no ambiente.

Os animais em pastejo criam pequenas depressões no solo, por ação do casco, capazes de aumentar o tempo de armazenamento da água na superfície, favorecendo a taxa de infiltração da água no solo e retardando e reduzindo as enxurradas. Conseqüentemente, contribui com a sustentabilidade do sistema produtivo e do meio ambiente pela redução das perdas de solo, água e contaminantes (Anghinoni et al., 2011). Este efeito é importante para contrapor o paradigma técnico do impacto do pisoteio animal no solo (Carvalho et al., 2009). Estudos realizados em um protocolo de longa duração de SIPA em rotação soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e uma pastagem mista de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) apontam que o impacto do pisoteio animal nos atributos físicos do solo, macroporosidade e densidade manifestam-se apenas na camada superficial do solo, entre 0 e 5 cm de profundidade, sendo afetada pelo aumento da pressão de pastejo. Porém, este efeito negativo é reversível, retornando aos valores iniciais na fase lavoura do sistema (Flores et al., 2007; Souza et al., 2010; Carvalho et al., 2011).

Segundo Barth Neto et al., (2013), na fase pastagem o azevém anual tem destacada importância por ser amplamente utilizado no Sul do Brasil. Trata-se de uma forrageira de clima temperado, que apresenta alta palatabilidade, elevado valor nutritivo, tolerância ao pisoteio e boa capacidade de rebrote (Carvalho et al., 2010b). Esta forrageira tem o potencial de persistir através da ressemeadura natural, iniciando o seu desenvolvimento antes da colheita da lavoura de grãos e produzir a palhada necessária para o Plantio

Direto, reduzindo o custo da implantação da pastagem e intensificando o uso da terra. Como estratégia complementar para intensificar a produtividade do sistema está a introdução de novos genótipos de forrageiras, através da introdução de cultivares de maior potencial produtivo.

Como estratégias de manejo do pasto, dois métodos comumente utilizadas são o pastoreio contínuo e o rotativo (Hodgson, 1990). Segundo o primeiro método, os animais permanecem num mesmo piquete por um longo período, sendo mais comumente empregado em sistemas de pecuária de corte e de grandes escalas espaciais. Já no pastoreio rotativo, o piquete é dividido em diversas unidades onde os animais circulam em um ritmo dependente da definição da duração do ciclo de pastejo empregado. Neste manejo, há um período de descanso definido para o rebrote. O método rotativo predomina em propriedades menores, particularmente em sistemas de pecuária leiteira (Carvalho et al., 2007). Segundo Barbosa (2007), os dois métodos de pastoreio têm o mesmo potencial de produção de carne por unidade de área, porém os ganhos obtidos por unidade animal são superiores no método contínuo, onde o animal pode selecionar a forragem colhida. Briske et al. (2008), comparando os métodos de pastoreio (contínuo e rotativo) de vários experimentos em diversos países, comprovou que a produção vegetal é igual ou maior sob pastoreio contínuo em comparação com o rotacionado em 87% dos experimentos. Além disso, a produção por animal e por área foi semelhante ou maior no método contínuo em relação ao rotacionado em 92% e 84% dos experimentos, respectivamente.

Ao final da fase pastagem no SIPA, a maior parte dos nutrientes que o animal consumiu, via forragem, retorna ao solo. Ao ser retirado do sistema, o animal exporta muito pouco dos nutrientes que foram adicionados na adubação. Na média de 10 anos de um experimento de SIPA em longa duração, com produção média de 360 kg de peso vivo (PV) por ha, foi exportado do sistema anualmente, via produto animal, apenas 14, 6,0, e 0,6 kg por ha de N, P₂O₅ e K₂O por hectare, respectivamente, segundo estimativa com base na literatura (Anghinoni et al., 2011). Do ponto de vista econômico, o acréscimo da pecuária gera melhores resultados ao diversificar a atividade, o que traz uma maior estabilidade e sustentabilidade ao sistema (Oliveira et al., 2013).

2.3. Fase lavoura do SIPA

A fase lavoura é diretamente relacionada com a fase pastagem. Segundo Balbinot Junior et al. (2009), um SIPA bem conduzido deve ter como objetivo a obtenção de elevados rendimentos, tanto do componente animal como do vegetal. Na região de clima subtropical, esses sistemas devem ser projetados com a prática de cinco fundamentos básicos: correção da acidez e fertilidade do solo, uso do sistema plantio direto, rotação de culturas, uso de genótipos de vegetais melhorados e o manejo correto da pastagem antecedente, uma vez que, para um bom desenvolvimento da lavoura em sistema plantio direto, é indispensável garantir a cobertura do solo adequada com resíduos vegetais oriundos da fase pastagem. Os mesmos autores citam estudos em que a produção de grãos em SIPAs bem manejados é igual ou

superior à de sistemas sem o fator pecuária, somente sendo inferior em situações de elevadas pressões de pastejo.

A soja é o mais importante produto do Agronegócio Brasileiro, movimentando mais de US\$ 31.470,51 milhões em exportações no ano de 2014 (CONAB, 2014), e, por esta razão, é muito utilizada em SIPAs (Balbino et al., 2011). Oriunda da China e cultivada em diversas regiões do mundo, essa leguminosa anual foi introduzida no Brasil em 1882 e ganhou maior importância na agricultura nacional a partir na década de 1960. Estima-se que a área colhida desse grão no mundo, na safra 2013/2014, foi de 113,049 milhões de hectares, o que resultou em uma produção de 283,873 milhões de toneladas (USDA, 2014). O Brasil é o segundo maior produtor de soja, com uma área colhida de 30,105 milhões de hectares e produção de 86,052 milhões de toneladas (30% da produção mundial) (CONAB, 2014). Estima-se que, para a produção de 1.000 kg de grãos de soja, a cultura necessite um total de 80 kg de N (Hungria et al., 2001). A adubação nitrogenada dessa cultura não é recomendada no Brasil devido ao potencial da fixação biológica de N (FBN) suprir grande parte as necessidades dessa cultura por esse nutriente (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004). O processo da FBN ocorre a partir da relação de simbiose da cultura com bactérias das espécies *Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii*. A soja apresenta uma relação específica com essas espécies de *Bradyrhizobium* que não são encontradas naturalmente no Brasil. Por essa razão, faz-se necessária a inoculação das sementes com o inóculo específico (Hungria et al., 2001). Neste processo, a simbiose entre as bactérias e a soja leva à formação de nódulos nas raízes da soja, onde a bactéria encontra o microclima ideal para transformar o N₂ gasoso presente na atmosfera do solo em duas moléculas de amônia (NH₃). Em contrapartida, a planta oferece às bactérias carboidratos oriundos do processo da fotossíntese (Jones et al., 2007). Estima-se que 70 a 85% do N total acumulado pelas plantas de soja são provenientes da FBN (Hungria et al., 2001).

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie de gramínea anual oriunda das Américas e também muito utilizado em SIPAs (Balbino et al., 2011) por tratar-se de uma cultura muito versátil, sendo cultivado para a produção de grãos e silagem (Alvarenga et al., 2006). Ao se tratar de questões de segurança alimentar, o milho surge como um dos principais recursos para a alimentação humana e animal (Wu & Guclu, 2013). Estima-se que a área colhida deste grão no mundo, na safra 2013/2014, foi de 180,1 milhões de hectares, com produção de 991,6 milhões de toneladas (USDA, 2014). O Brasil é o terceiro maior produtor de milho do mundo, com uma área colhida na safra 2013/2014 de 15,726 milhões de hectares, o que resultou em uma produção de 77,886 milhões de toneladas (CONAB, 2014). A palhada do milho possui relação C/N superior a de leguminosas, como a soja. Tal característica faz com que a sua velocidade de decomposição seja mais lenta, e com que permaneça sobre a superfície do solo por um período mais longo, protegendo o solo contra efeitos do ambiente, como erosão, que pode ocasionar redução da sua capacidade produtiva. Tal proteção possibilita a manutenção do SIPA a médio e longo prazo (Sandini et al., 2011). O N é um dos nutrientes requerido em maior quantidade pelas gramíneas, e a sua escassez o torna um dos principais

limitantes ao desenvolvimento destas espécies. A cultura do milho busca suprir as suas necessidades dos estoques de N do solo, que pode ter origem da ciclagem dos nutrientes ou da adubação. A cultura pode, em condição favorável ao seu desenvolvimento, necessitar de uma quantidade deste nutriente superior à 150 kg ha^{-1} . Quando insuficiente, faz-se indispensável o fornecimento de fertilizantes nitrogenados na quantidade necessária (Amado et al., 2002). As recomendações de adubação nitrogenada para o milho nos estados do RS e SC são baseadas no teor de matéria orgânica do solo e na expectativa de rendimento de grãos, contando com o aproveitamento do efeito residual deste nutriente do cultivo antecessor (Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004). Como alternativa para contribuir na recomendação de adubação mais precisa está o INN, uma vez que essa técnica tem o potencial de indicar o real estado nutricional da cultura e colaborar em um melhor ajuste das necessidades de fertilização das culturas ao longo de seu desenvolvimento.

Ao final da fase Lavoura dos SIPAs é importante analisar o que é transferido para a fase Pastagem, e como isso afeta diretamente a sua implantação. Tratando-se de nutrientes, a produção de grãos de soja extrai aproximadamente 50 kg de N por tonelada de grãos produzido, já o milho, cerca de 16 kg de N por tonelada de grãos produzido (Pauletti, 2004; Embrapa, 2005). Barth Neto et al., (2013) observou que a massa de forragem de azevém, no mesmo experimento SIPA realizado na EEA/UFRGS, foi em média 48% maior na área com soja como antecessora. Entre as razões para esse comportamento, pode-se citar a melhor ciclagem e disponibilidade de nutrientes no solo, a menor relação C/N nos restos culturais, que faz com que haja uma menor imobilização do N e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade de N no solo e uma melhor eficiência de uso do N aplicado durante a adubação. Devido a isso, o início do pastejo pode ser antecipado nas áreas cultivadas com soja.

2.4. Nitrogênio no SIPA

O N é considerado um dos maiores limitantes ao desenvolvimento das culturas, tanto de lavouras como de pastagens. Além disso, esse nutriente é sujeito a perdas por erosão, desnitrificação, volatilização e lixiviação (Amado et al., 2002). Um dos resultados da prática dos sistemas de produção agropecuária desenvolvidos no século XX é o crescente uso dos fertilizantes nitrogenados, sendo aqueles produzidos pelo processo industrial Haber-Bosch a principal fonte externa de N mineral nos sistemas agropecuários brasileiros. O uso de tais fertilizantes, somado à queima de combustíveis fósseis, aceleraram o ciclo do N e geraram problemas ambientais (Soussana & Lemaire, 2012), com isso, a sua eficiência de uso vem sendo questionada (Cassmal, 2007). Desta forma, busca-se melhorar a eficiência de uso do N, através de estratégias para aumentar a produção vegetal, a ciclagem e diminuição das perdas desse tão importante nutriente. Temos na avaliação do Índice de Nutrição Nitrogenada (INN) uma estratégia para analisar o estado nutricional das plantas ao longo de seu desenvolvimento e, com isso, contribuir no entendimento da dinâmica desse nutriente. Assim, é possível avaliar se as

demandas por N estão sendo atendidas, qual a real necessidade e quais os volumes de fertilizantes a serem aplicados.

O N tem um papel fundamental na fotossíntese, uma vez que faz parte da molécula de clorofila e de proteínas, como a Rubisco. Desta forma, a taxa de fotossíntese é diretamente dependente da concentração de N nas folhas. Para construir sistemas de produção mais sustentáveis é necessário entender a dinâmica dos processos e do N em sistemas agropecuários. Em solos sem restrição de oxigênio, a maior parte do N absorvido pelas plantas encontra-se na forma de nitrato (NO_3^-). O nitrato está sujeito a perdas por lixiviação para as camadas mais profundas do solo, quando o N é aplicado em excesso, devido à baixa interação química do nitrato com os minerais do solo. A lixiviação é considerada a principal forma de perda de N em áreas com alta precipitação pluviométrica, principalmente nos solos de países de clima tropical e subtropical (Cantarella, 2007). A captação e acúmulo do N nas culturas representa os dois maiores componentes do ciclo desse nutriente nos sistemas agropecuários (Gastal & Lemaire, 2002). O N, juntamente com o C, são os principais elementos da Matéria Orgânica do Solo (MOS). Para compreender a dinâmica do N no solo, deve-se considerar a dinâmica do C. A adição da matéria orgânica no solo é proveniente do sequestro de C atmosférico por meio da fotossíntese. SIPAs podem aumentar o C orgânico no solo ao longo do tempo, uma vez que viabiliza o crescimento contínuo de plantas em rotação de culturas com pastagens influenciadas pelo pastejo (Tracy & Zhang 2008). Porém, SIPAs podem ser uma fonte ou um dreno de C atmosférico, dependendo do manejo da pastagem. Segundo Silva et al. (2014b), sob alta intensidade de pastejo, o sistema comporta-se como uma fonte de C, já em baixa intensidade de pastejo, este mesmo sistema torna-se um dreno de C atmosférico. Maiores teores de MOS provocam maior agregação das partículas e a reorganização da estrutura do solo, o que leva à maior proteção da própria MOS e a diminuição das perdas de C e N (Souza et al., 2009). Tais resultados são vistos no experimento de SIPA localizado em Tupanciretã, onde manejou-se a pastagem com intensidades de pastejo moderadas (entre 20 e 40 cm de altura), os estoques de C e N do solo cresceram ao longo dos anos, porém, sob altas intensidade de pastejo (10 cm de altura), estes estoques decresceram (Souza et al., 2009). O animal tem o potencial de aumentar a eficiência de uso do N, uma vez que o pastejo estimula o perfilhamento e a produção de raízes das pastagens, o que, conseqüentemente, gera uma maior produção de massa de forragem (Souza et al., 2008). Além disso, o animal também pode ser visto como um agente reciclador dos nutrientes, já que até 90% dos nutrientes ingeridos retornam ao solo (Balbinot Junior et al., 2009). Segundo Sandini et al. (2011), o pastejo não influencia na produtividade de grãos da cultura do milho, entretanto, o N aplicado na pastagem afeta a produtividade da cultura do milho em sucessão.

A exportação de nutrientes nas fases lavoura é maior do que na fase pastagem. Sabendo a importância da manutenção da fertilidade e da ciclagem dos nutrientes no SIPA, propõe-se a realização da adubação antecipada da lavoura, onde deve-se adubar a pastagem com objetivo de também fertilizar a lavoura, promovendo um maior rendimento do pasto e do animal e da ciclagem dos nutrientes para ambas fases produtivas (Anghinoni et al., 2013). A cultura

da soja, através da relação de simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp. é autossuficiente em relação ao N, já a cultura do milho necessita do N na solução do solo para atender suas demandas. Segundo Assmann et al. (2003), a produção de fitomassa pela cultura do milho, em um protocolo SIPA, é influenciada pela dosagem de adubação N aplicada na fase pastagem. Segundo esses autores, as parcelas de milho que receberam as mais altas doses de N no inverno não responderam à adubação de verão, evidenciando a ciclagem da adubação nitrogenada no inverno.

Segundo Lemaire & Gastal (2009), o N crítico pode ser utilizado como um indicador do estado nutricional das culturas, sendo assim, pode-se diagnosticar se o manejo da fertilização está atendendo as demandas do sistema através da avaliação do INN das plantas (Li et al., 2012).

Sabe-se que as fontes de matéria prima para a produção de fertilizantes industriais tendem a chegar aos seus limites, é importante promovermos a diminuição das perdas e a ciclagem dos nutrientes, em especial do N. Para isso, devemos conhecer os fluxos dos nutrientes entre todos compartimentos do sistema, como resíduo da palhada, do esterco e da urina. Os SIPAs devem ser vistos como estratégias para aumentarem a eficiência dos solos em produzir alimentos (Salton et al., 2014; Anghinoni et al., 2013), e a adubação de tais sistemas deverá considerar a demanda nutricional da cultura, a cinética de liberação de nutrientes dos resíduos, o quanto o solo é capaz de suprir, além da expectativa de rendimento (Anghinoni et al., 2011).

2.5. Modelo conceitual

Nesse sistema de produção, onde temos uma pastagem formada por azevém, pastejada por ovinos no inverno, e lavouras de grãos, soja e milho, no verão, os nutrientes presentes no solo foram adicionados durante a adubação no inverno, fluem da fase pastagem (inverno) à fase lavoura (verão), assim como a água em seu ciclo hidrológico. A água após uma precipitação, infiltra-se no solo, onde é absorvida e em seguida é transpirada pelas plantas, quando retorna à atmosfera. A disponibilidade de água para a pastagem tem papel determinante no volume de massa de forragem produzida. As raízes da pastagem de azevém absorvem a água com nutrientes solubilizados (solução do solo) e seus órgãos aéreos absorvem a energia proveniente da radiação solar. Com isso, realizam a fotossíntese, absorvendo o CO₂ da atmosfera ao mesmo tempo que liberam O₂, produzindo compostos orgânicos. Na respiração, tanto as plantas como os animais produzem energia, absorvendo O₂ e liberando CO₂. Através destes processos, as plantas se desenvolvem, acumulando fitomassa, composta de C orgânico, água e demais nutrientes. Assim como ocorre com a água, a disponibilidade dos nutrientes, em especial o N, influencia diretamente o volume de massa de forragem produzida. O ovino consome a forragem de azevém, ganha peso vivo e elimina grande parte dos nutrientes absorvidos pelas fezes e urina. Quanto maior a produção de massa de forragem, e portanto a disponibilidade de forragem para os animais, maior será o ganho de peso pelos animais. O corte da forragem por ação do pastejo estimula o perfilhamento do azevém, por efeito da radiação solar que é interceptada pelas porções mais baixas das plantas. A ação dos cascos dos ovinos tem o potencial de alterar a estrutura do solo na profundidade de até 5

cm. Ao final da fase pastagem, os animais são retirados da área, levando consigo alguns nutrientes, especialmente C, dando espaço para a fase lavoura. As culturas de grãos (soja e milho) são implantadas sobre o resíduo (palhada) da fase pastagem. Tal palhada, além da proteção física do solo, principalmente contra a erosão, tem grande importância na ciclagem e liberação dos nutrientes, uma vez que é onde os nutrientes são armazenados e transferidos entre a fase pastagem para a fase lavoura. A ação do maquinário, no processo de semeadura do sistema plantio direto, cria sulcos no solo, onde as sementes são depositadas, novamente modificando a estrutura do solo. Os nutrientes presentes nos resíduos da pastagem e nos dejetos dos animais sofrem a ação da microbiota do solo, que os disponibilizam para as culturas. Quanto maior a disponibilidade de nutrientes no solo, e, portanto, quanto maior a quantidade de nutrientes ciclados entre a fase pastagem e a fase lavoura, maior é a produção de massa das culturas. Sendo assim, quanto maior a quantidade de resíduos transferidos da fase pastagem para a fase lavoura, maior será a ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, a produção da fase lavoura. Bactérias nos nódulos desenvolvidos nas raízes das plantas de soja, contribuem com a FBN, transformando N_2 atmosférico em N orgânico. Os nutrientes na solução do solo, que foram disponibilizados pela ação da microbiota do solo, são absorvidos pelas culturas, que também realizam a fotossíntese e se desenvolvem. Ao final da fase lavoura, é realizada a colheita. Neste processo, grande parte dos nutrientes aportados no sistema, durante a adubação e na FBN, são extraídos pelos grãos de soja e milho. Como parte do fluxo dos nutrientes, não podemos deixar de considerar o que é perdido via erosão, desnitrificação, volatilização e principalmente lixiviação. Do ponto de vista econômico, a comercialização da produção das fases lavoura e pastagem em SIPAs pode gerar recursos para a compra de insumos necessários para a produção agropecuária, como fertilizantes, sementes, inoculantes, maquinários, defensivos químicos, medicamentos e novos animais.

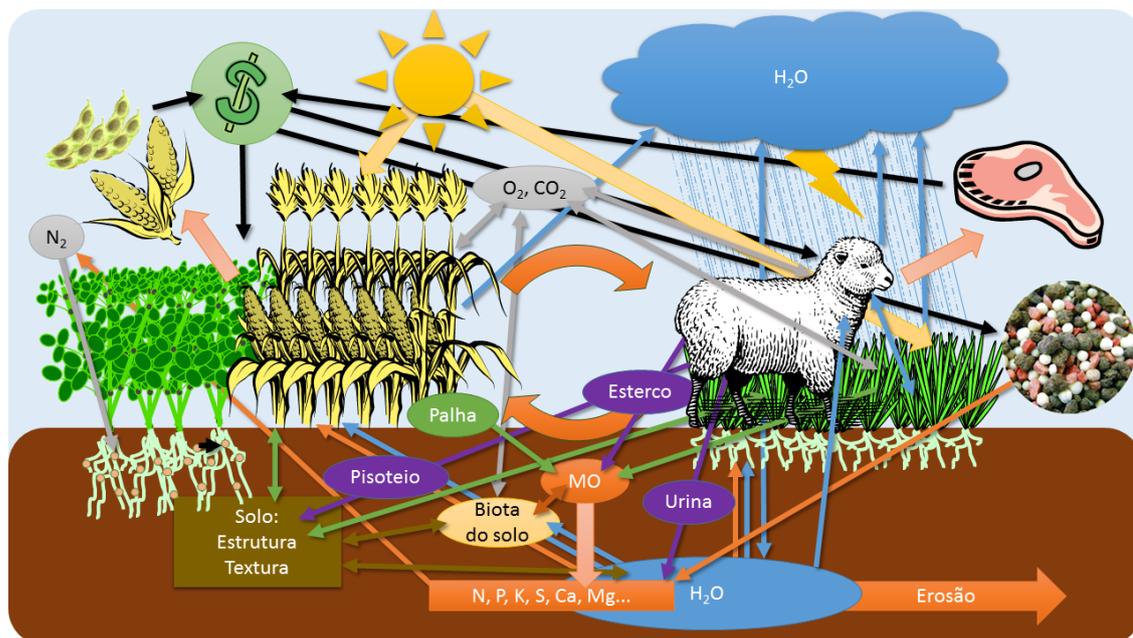


Figura 1. Modelo teórico conceitual de um sistema integrado de produção de ovinos em pastagem de azevém no inverno, e soja e milho no verão.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área experimental

As avaliações descritas neste artigo foram realizadas em um protocolo de longa duração em Sistema Integrados de Produção Agropecuária, estabelecido em 2003 na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul, RS (latitude 30°05'22" S, longitude 51°39'08" W e altitude de 46 m). A área experimental encontra-se em um terreno de relevo levemente ondulado sobre um Argissolo Vermelho Distrófico Típico (Sistema, 2006). Trata-se de um solo profundo, apresentando perfil com gradiente textural, bem drenado, com saturação por bases menor que 50%. O solo apresenta baixa fertilidade natural, baixo pH, alta saturação por alumínio (Streck et al. 2008). O experimento teve início no ano de 2003, sendo fertilizado anualmente, durante a fase pastagem, com doses de 150 kg de N e entre 40 e 120 kg de P₂O₅ e 40 e 60 kg de K₂O por hectare, de acordo com o recomendado pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). Em 2003 foi aplicado 1 tonelada de calcário por hectare. O clima da região é Subtropical úmido “CFa” segundo a classificação de Köppen. Os dados climáticos foram obtidos através da estação meteorológica automática da EEA/UFRGS, localizada à uma distância de 800 m do experimento. O balanço hídrico foi calculado pelo método de Penman-Monteith.

Este protocolo é composto por 16 piquetes, com áreas entre 0,23 e 0,41 ha, ocupando uma área total de 4,8 ha. Cada piquete é dividido em dois sistemas de cultivos de verão, monocultivo de soja e rotação soja/milho, sendo cada metade uma unidade experimental, o que resulta em 32 unidades experimentais. Na fase pastagem, período inverno/primavera, as unidades experimentais foram mantidas com uma cobertura vegetal formada por azevém anual estabelecidos através da ressemeadura natural e pastejados por ovinos. O experimento foi delineado em blocos casualizados, sendo os tratamentos organizados em um esquema fatorial 2x2x2, com quatro repetições. Na fase pastagem, os tratamentos são compostos por dois métodos de pastoreio e duas intensidades de pastejo. Os métodos de pastoreio são o contínuo e o rotativo, e as intensidades de pastejo correspondem a oferta de 2,5 e 5,0 vezes o potencial de consumo de forragem pelos animais (intensidades de pastejo moderada e baixa, respectivamente) (NRC, 1985). Em 2013, as cargas animais médias utilizadas nas unidades experimentais de intensidade moderada e baixa foram de 1.095 ± 120 kg PV ha⁻¹ e 768 ± 90 kg PV ha⁻¹, respectivamente. Após a retirada dos animais, no período verão/outono, cada UE foi semeada no esquema de monocultivo de soja, ou na rotação soja/milho. Os dados

apresentados neste trabalho foram obtidos na Safra 2013/2014, quando as unidades experimentais em rotação de culturas foram semeadas com milho.

3.2. Descrição das práticas de manejo

A fertilização do solo no ano de 2013 foi realizada inteiramente durante a fase pastagem, no dia 27 de Junho de 2013, com 75 kg de N e 60 kg de P e de K ha⁻¹. Para o N aplicado em forma de ureia, a adubação realizada foi a metade da quantidade recomendada, que seria de 150 kg de N ha⁻¹, com objetivo de avaliar se a fertilidade do solo construída ao longo dos dez anos do experimento iria contribuir para o suprimento de N das culturas de verão (Barbosa et al., 2007; Lunardi et al., 2008; Savian et al., 2014).

O período experimental a que se refere o presente trabalho, iniciou no dia 08 de julho de 2013, com a entrada dos animais no experimento, sendo conduzida pela técnica da taxa de lotação variável (Mott & Lucas, 1952) para o ajuste das ofertas de forragem preconizadas. Foram utilizados ovinos machos castrados, sendo três animais-teste por unidade experimental, com peso inicial médio de 27,4 ± 1,0 kg. Nos tratamentos de pastoreio rotativo as unidades experimentais foram divididas em faixas, as quais deveriam ser ocupadas por um período de dois dias. Os ciclos de pastejo foram calculados através da duração de vida da folha (DVF) (Pontes et al., 2003), com isso foram calculados quatro ciclos de pastejo de 37, 29, 29 e 23 dias, respectivamente. Os animais nos tratamentos de pastoreio contínuo permaneceram constantemente em suas unidades experimentais durante cada ciclo de pastejo, com acesso livre a toda unidade experimental.

A retirada dos ovinos da área experimental foi em 02 de novembro de 2013, posteriormente procedeu-se a dessecação da pastagem, com uma dose de 2 L ha⁻¹ de Glifosato. A semeadura da soja cultivar BRX Potencia RR e do milho híbrido DKB 290 ocorreram nos dias 25 e 27 de novembro de 2013, respectivamente. O estabelecimento das culturas ocorreu pelo sistema de semeadura direta em linha, com a utilização de máquina semeadora, com espaçamento de 40 cm entrelinhas em ambas as culturas. As sementes de soja foram inoculadas com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* sp. Durante o desenvolvimento das culturas, foram realizadas três aplicações de defensivos químicos, fungicidas de forma preventiva (Tebuconazole, Piraclostrobina, Epoxiconazol, Azoxistrobina e Ciproconazol) e inseticidas quando constatada a presença de população de insetos acima do nível de controle (Diflubenzurom, Tiametoxam e Lambda-Cialotrina), para o controle fitossanitário, além da aplicação do herbicida Glifosato para o controle de plantas daninhas.

3.3. Parâmetros avaliados

A avaliação do resíduo da pastagem foi realizada por meio de amostras de forragem cortadas rente ao solo, com auxílio de uma moldura metálica com medida de 0,5 por 0,5 m (0,25 m² de área). Foram realizadas três amostragens em cada unidade experimental, sendo estas unidades divididas em três porções (frente, meio e fundo) ao longo de seu comprimento, e um local escolhido ao acaso de cada porção foi amostrado. Para a análise do Índice de Nutrição Nitrogenada (INN) das culturas, realizaram-se três amostragens de plantas, cortadas rente ao solo, nos dias 22 de janeiro, 01 e 08

de fevereiro de 2014. As amostragens nas lavouras seguiram o mesmo critério das amostragens de resíduo de pasto, cada unidade experimental foi dividida em três porções. Desta forma, foi realizada uma amostragem em cada porção, resultando em três amostras de soja ou milho por unidade experimental. Em cada amostra foram coletadas todas as plantas em duas linhas de plantio paralelas, de 60 cm de comprimento, cortadas rentes ao solo. As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa de ar forçado a 60° C e secas até atingirem peso constante e posteriormente pesadas. Após a pesagem as amostras foram moídas em um moinho tipo “Willey”. Por meio do peso das amostras e do tamanho da superfície amostrada, calculou-se o rendimento da cultura, isto é, a biomassa da cultura, expressa em kg MS ha⁻¹. Em seguida, as amostras foram conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRGS, para avaliação do teor de N nos tecidos, conforme metodologia Micro-Kjeldahl (Prates, 2002). Os resultados de teor de N foram associados à quantidade de fitomassa aérea das culturas e comparados ao modelo de diluição de nitrogênio descrito por Lemaire & Gastal (2009).

O N crítico foi utilizado como indicador do estado nutricional das culturas. Para tal, o modelo matemático utilizado foi: $\%N_c = a_c.W^b$. Para calcular a percentagem de N ($\%N_c$) na massa seca das culturas (W) utilizou-se como coeficiente “a” (concentração de N necessária para a produção de uma tonelada de massa seca por hectare) e como coeficiente “b” (relação entre o declínio do $\%N$ da planta e a sua taxa de crescimento) os seguintes valores, respectivamente: Para o milho 3,4 e 0,37 (Lemaire & Gastal, 2009) e para a soja 4,8 e 0,32 (Lemaire & Sallete, 1984). O INN foi calculado pela equação $INN = \%N_a/\%N_c$, onde $\%N_a$ corresponde à concentração de N da amostra (Lemaire & Gastal, 2009).

3.4. Análise estatística

Os dados obtidos de rendimento de MS, percentual de N e INN das culturas de verão foram submetidos à análise de variância separadamente para cada cultura (soja e milho), considerando nível de 5% de significância. No modelo, foram incluídos os efeitos fixos de método de pastoreio, intensidade de pastejo e suas interações, e as datas de avaliação foram analisadas como medidas repetidas no tempo, entrando como componente aleatório no modelo, assim como o bloco. Para os dados de massa de forragem residual do pasto (MFR), foi inserido como efeito fixo no modelo o efeito da cultura de verão, assim como suas interações com método de pastoreio e intensidade de pastejo. Quando detectadas diferenças entre as médias, estas foram comparadas pelo Teste de Tukey (P<0,05). Foram realizadas análises de correlação de Pearson entre a MFR do pasto e o INN das culturas de verão (P<0,05). Para relacionar o teor de N e o rendimento das culturas de verão, foram testadas regressões lineares e polinomiais (P<0,05). Quando as equações de regressão apresentaram similaridade entre os métodos de pastoreio e intensidades de pastejo, foi realizada a comparação entre elas através do teste de paralelismo e, havendo igualdade (P<0,05), foi gerada uma nova equação a partir do conjunto de dados dos tratamentos semelhantes. Foi utilizado o software estatístico SAS (v.9.0).

4. RESULTADOS

4.1. Dados climáticos

As ocorrências de precipitações estiveram dentro da média histórica durante o inverno, abaixo da média em julho e setembro e acima da média em agosto e outubro de 2013 (Figura 2). Durante o verão, foram registradas precipitações 108% acima da média histórica em novembro de 2013, no entanto, o período de dezembro de 2013 a fevereiro de 2014 foi caracterizado por chuvas inferiores à média histórica. Segundo os cálculos do balanço hídrico, houve um período de déficit hídrico no período de final de novembro a janeiro (Figura 3).

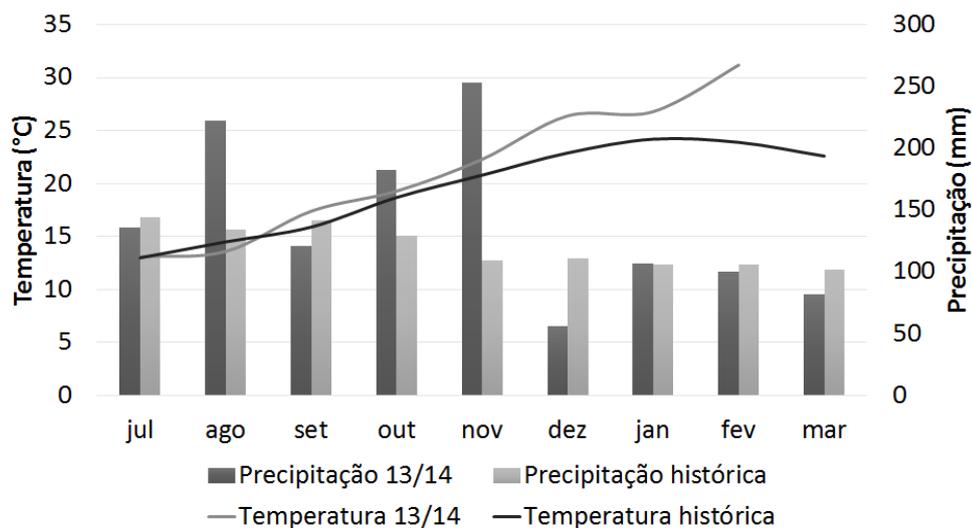


Figura 2. Precipitações acumuladas na EEA/UFRGS durante período experimental (2013/2014) e precipitações e temperaturas médias históricas. Eldorado do Sul, RS.

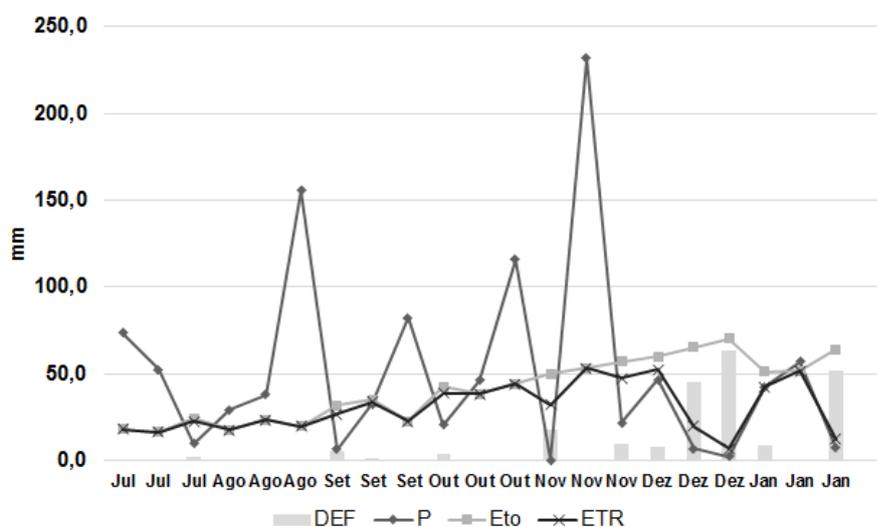


Figura 3. Balanço hídrico da EEA/UFRGS calculado pelo método Penman-Monteith durante período experimental (2013/2014) (DEF = déficit hídrico, P = precipitação, Eto = Evapotranspiração de referência, ETR = Evapotranspiração de real).

4.2. Massa de forragem residual

Ao avaliar a massa de forragem residual (MFR) (Tabela 1), não foi observada diferença entre as culturas de verão e entre métodos de pastoreio ($P > 0,05$). Detectou-se efeito das intensidades de pastejo ($P < 0,05$) independente da cultura avaliada, sendo que nas áreas sob intensidade de pastejo baixa a MFR média encontrada foi superior à da intensidade moderada.

Tabela 1. Massa de forragem residual do pasto de azevém (MFR, kg MS ha⁻¹) antecedente às culturas de soja e milho fertilizadas através de adubação sistêmica em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.

Cultura	Contínuo		Rotativo		Média ± EPM
	2,5	5,0	2,5	5,0	
Soja	2517	3371	3899	4210	3432 ± 246
Milho	2499	4463	2931	4496	3597 ± 275
Média	2446b	3917a	3343b	4353a	3514 ± 183

Letras distintas na linha diferem pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$). EPM: erro padrão da média

4.3. Rendimento de matéria seca da lavoura

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre as intensidades e métodos de pastoreio no rendimento da MS das culturas de soja e milho (Tabela 2). Os níveis de N da amostra e INN na cultura do milho apresentaram diferença entre as intensidades de pastejo, sem diferença entre os métodos de pastoreio ($P > 0,05$), sendo as médias para a intensidade de pastejo moderada menores do que para a intensidade de pastejo baixa. Quanto à cultura da soja, não foram encontradas diferenças entre as intensidades de pastejo e entre os métodos de pastoreio ($P > 0,05$) para N da amostra e INN.

Tabela 2. Rendimento de fitomassa (T MS ha⁻¹), teor de nitrogênio (N, %) e índice de nutrição nitrogenada (INN, %) das culturas de soja e milho fertilizadas através de adubação sistêmica em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária.

Variáveis	Contínuo		Rotativo		Média ± EPM	P _I	P _M	P _{IxM}
	2,5	5,0	2,5	5,0				
Soja								
Rendimento	3,0a	3,2a	3,2a	2,8 ^a	3,0 ± 0,07	0,3123	0,6115	0,1002
N (%)	3,6 ^a	3,7a	3,7a	3,8 ^a	3,7 ± 0,05	0,0896	0,2073	0,8757
INN (%)	105,2 ^a	110,1a	110,2 ^a	109,0a	108,6 ± 1,4	0,4418	0,5030	0,2491
Milho								
Rendimento	4,8a	5,5 ^a	4,5a	4,1 ^a	4,7 ± 0,16	0,4039	0,0576	0,0677
N (%)	1,5b	1,6 ^a	1,5b	1,8 ^a	1,6 ± 0,04	0,0114	0,2516	0,3267
INN (%)	74,0b	85,8a	73,0b	84,1 ^a	79,2 ± 2,1	0,0027	0,8181	0,9556

Letras distintas na linha diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05). EPM: erro padrão da média; P_I: valor de P para intensidade de pastejo; P_M: valor de P para método de pastoreio; P_{IxM}: valor de P para interação intensidade x método

4.4. Percentual de N e INN

Os modelos de diluição de N são apresentados nas Figuras 4 e 5. Independentemente dos métodos e intensidades de pastejo (P>0,05), o percentual de N das amostras decresceu com o rendimento de matéria seca da cultura, conforme prevê o modelo. Para a cultura do milho os teores de N médios ficaram abaixo da curva de diluição, o que indica que, de modo geral, houve limitações na disponibilidade de N e esta cultura não teve a sua demanda por este nutriente suprida. Para a cultura da soja, observa-se que os pontos estiveram mais próximos ou acima da curva de diluição, o que indica que estas plantas sempre estiveram em uma condição de consumo de N acima do necessário, o que significa que a disponibilidade de N não foi limitante.

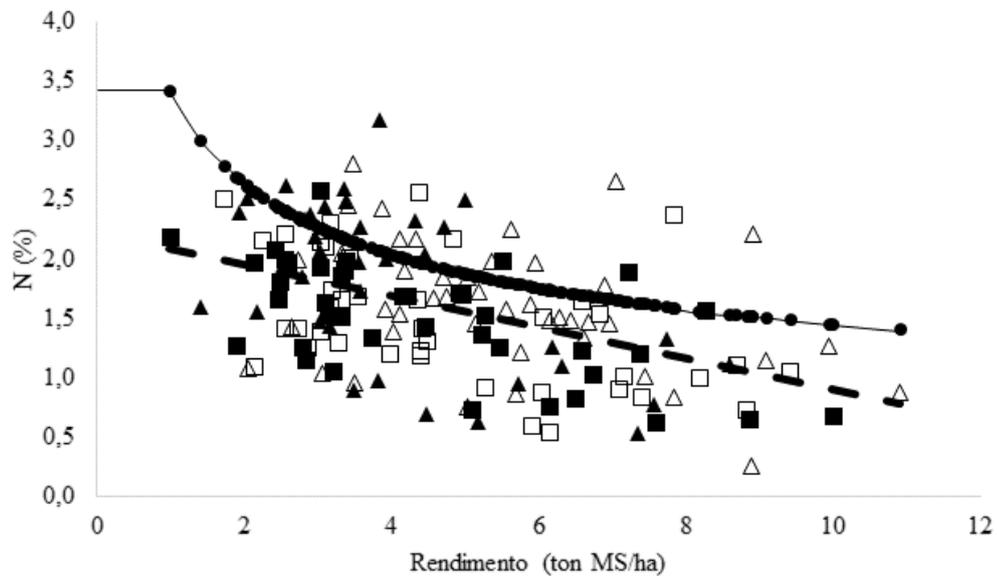


Figura 4. Modelo de curva de diluição de nitrogênio (●) e relação entre teor de N (%) e rendimento (ton MS ha⁻¹) da cultura de milho fertilizada através de adubação sistêmica em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária ($y = 2,21 - 0,132x$; $R^2 = 0,2280$; $DPR = 0,50$; $P < 0,0001$; $n = 159$). (tratamentos: □ Contínuo moderada; ■ Rotativo moderada; △ Contínuo baixa; ▲ Rotativo baixa).

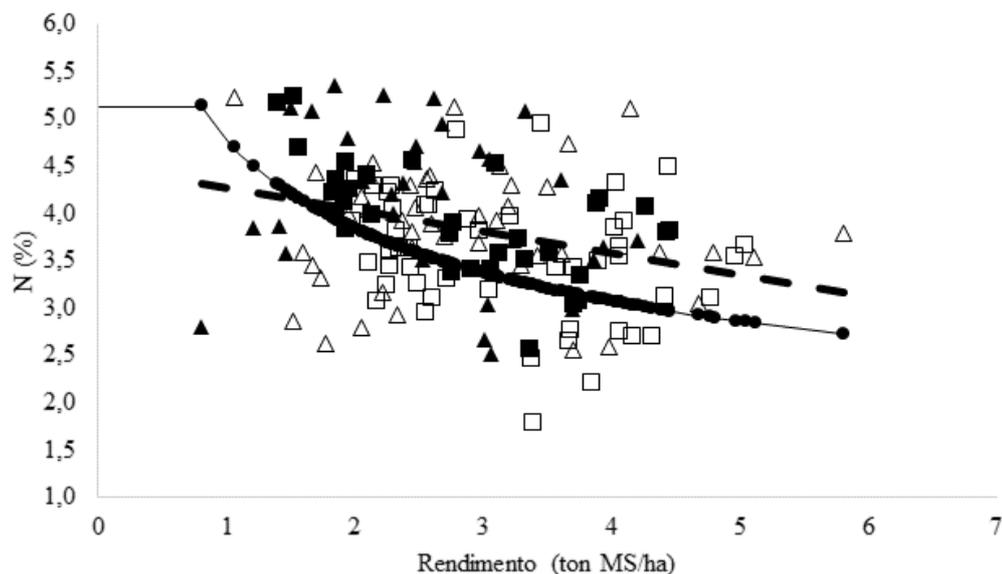


Figura 5. Modelo de curva de diluição de nitrogênio (●) e relação entre teor de N (%) e rendimento (ton MS ha⁻¹) da cultura de soja fertilizada através de adubação sistêmica em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária ($y = 4,6 - 0,288x$; $R^2 = 0,1735$; $DPR = 0,65$; $P < 0,0001$, $n = 190$). (tratamentos: □ Contínuo moderada; ■ Rotativo moderada; △ Contínuo baixa; ▲ Rotativo baixa).

5. DISCUSSÃO

A construção de SIPAs, a organização e estabilização de seus componentes leva ao surgimento de propriedades novas, ditas emergentes, como a própria fertilidade do solo (Anghinoni et al., 2013). Desta forma, espera-se encontrar efeitos de tais propriedades emergentes, e em que maneira o solo manejado neste sistema, após um período de mais de 10 anos, pode suprir as demandas das culturas, mesmo sobre uma aplicação de N em uma dose menor do que a recomendada.

5.1. Cultura da soja

Os resultados deste estudo indicam que, para a cultura de soja, não ocorrem limitações na nutrição nitrogenada (Tabela 2). Isso indica que a cultura está adequadamente nutrida quanto a este nutriente, o que é observado pelo fato dos teores de N estarem, em sua maior parte, acima da curva de diluição de N, indicando um consumo maior do que a cultura necessita (figura 5). Independentemente do manejo do pastoreio realizado durante o período inverno, não foi encontrada diferença no INN para a cultura da soja, uma vez que esta cultura tem a capacidade de atender uma importante fração de sua demanda por N através da Fixação Biológica de N (FBN). Lunardi et al. (2008), avaliando o rendimento de grãos de soja neste mesmo protocolo experimental, também não encontraram diferença no rendimento de grãos da cultura da soja entre intensidades de pastejo e entre métodos de pastoreio. Não foi detectada relação entre os resultados do INN com a MFR (Tabela 1) na cultura da soja, a qual tem o potencial de suprir as demandas de N através da FBN, mesmo sob situação de estresse, como por exemplo déficit hídrico, quando há diminuição na taxa de desenvolvimento (Streeter, 2008). Silva et al. (2014a), ao estudar o comportamento da soja em um experimento de SIPA com mais de 10 anos de implantação, também não encontraram diferença nos teores de N em plantas de soja sob diferentes intensidades de pastejo e em duas fases de seu desenvolvimento. Por outro lado, ao comparar os teores de outros nutrientes entre as intensidades de pastejo, estes autores detectaram diferenças nos teores de fósforo (P) no estágio V8, indicando a influência dos resíduos de palhada da fase pastejo sobre a disponibilidade de nutrientes que esta cultura busca no solo. Desta forma, quanto maior a quantidade de resíduos na superfície do solo e das raízes, maior é o volume de nutrientes que pode ser ciclado entre as duas fases, indicando serem os resíduos o meio de transporte dos nutrientes entre a fase pastagem e a fase lavoura.

5.2. Cultura do milho

A cultura do milho busca absorver, e conseqüentemente, suprir as suas demandas por nutrientes, entre eles, o N, através do solo. A maior eficiência da fertilização de inverno em atender as demandas de N na cultura do milho foi comprovada por Assmann et al. (2003) e Sandini et al. (2011), que avaliaram o rendimento de grãos sob diferentes doses de N realizadas na fase pastagem. Estes autores constataram que parcelas que receberam dosagens de 200 kg de N ha⁻¹ no inverno não responderam à aplicação de uma nova dosagem de N no verão. Porém, dosagens menores, de 100 kg de N ha⁻¹ na fase pastagem, não foram suficientes para a obtenção de maiores rendimentos de grãos das lavouras de verão.

5.3. Disponibilidade de N no solo

Existem dois fatores importantes para compreender como a demanda de N das culturas é atendida pelo solo: a disponibilidade inicial de N no solo e a mineralização do N ao longo do desenvolvimento da cultura (Sadras & Lemaire, 2014). A disponibilidade inicial de N, além do que pode ser adicionado via fertilização, está diretamente relacionada com o volume da MFR (Souza et al., 2009), uma vez que o estoque de N no solo ocorre em forma orgânica, como parte da matéria orgânica do solo (MOS) (Cantarella, 2007). A taxa de mineralização do N é dependente da qualidade da MFR, isto é, a sua relação C/N (Silva et al., 2007). Segundo Aita & Giacomini (2003), resíduos com baixa relação C/N são rapidamente decompostos, o que resulta em um assincronismo entre a liberação de seu N e a demanda em N pelo milho em sucessão. A quantidade de MFR ao final do ciclo pastejo foi positivamente correlacionada com o INN da cultura de milho ($r = 0,60$; $P < 0,05$). Em situações de maior intensidade de pastejo, como nos tratamentos de intensidade moderada, observou-se menor INN na cultura do milho. Nesta situação, a MFR foi menor (Tabela 1), sendo possivelmente menos fibrosa, o que facilita a decomposição e, com isso, o processo de mineralização do N é dominante em relação à imobilização. Segundo Pitta et al. (2013), o pastejo sobre aveia preta mantida entre 15 e 20 cm, tornou a MFR menos fibrosa, e com isso as taxas de decomposição do resíduo e de desaparecimento do N disponível na solução do solo são mais rápidas, quando comparadas com uma área sem pastejo. Desta forma, a maior parte do N foi mineralizada e reabsorvida pelas culturas logo nas fases iniciais, sobrando pouco N para o restante do período de desenvolvimento da cultura, resultando em assincronia entre a liberação e as necessidades de N da planta de milho. Comportamento semelhante foi observado por Aita & Giacomini (2003), que estudaram a decomposição de resíduos de diferentes plantas de cobertura. Segundo estes autores, a velocidade de liberação de N é inversamente proporcional à relação C/N do resíduo cultural. Quanto ao tratamento de baixa intensidade de pastejo, onde o INN do milho foi superior, houve maior MFR (Tabela 1). Esta maior biomassa residual pode resultar em um maior suprimento de N pela pastagem e, conseqüentemente, ocasionar menores perdas por lixiviação. Além disso, maiores teores de MOS favorecem o deslocamento do nitrato para a solução do solo (Cantarella, 2007). Segundo esse mesmo autor, maiores volumes de resíduos no solo também favorecem a retenção do amônio, podendo reduzir as

perdas do N por volatilização. Desta forma, faz-se importante a manutenção de resíduos com uma adequada relação C/N.

5.4. Água no solo

A água é o principal agente transportador do N no solo e tem um papel determinante no ciclo do N. Baixos teores de umidade do solo podem reduzir a disponibilidade e conseqüentemente a absorção de N pelas culturas, resultando em menores valores de INN (Gonzalez-Dugo et al., 2010; Sadras & Lemaire, 2014). Tal relação faz com que a água tenha um papel preponderante na absorção de N na cultura do milho. Gonzales-Dugo et al. (2005), ao estudarem o efeito de diferentes doses de adubação N e da presença ou ausência de irrigação sobre o INN de áreas cultivadas de azevém anual e festuca (*Festuca arundinacea* L.), observaram que a ausência da irrigação ocasionou a redução do INN nas duas espécies. Durante o desenvolvimento da cultura (entre dezembro de 2013 e fevereiro de 2014), foi observado déficit hídrico (Figura 3), o que pode ter comprometido o crescimento de biomassa das culturas e a sua absorção de nutrientes (Bergamaschi et al., 2006; Gonzalez-Dugo et al., 2010). Uma vez que a MFR, que corresponde à cobertura vegetal do solo, foi inferior no tratamento de intensidade moderada, é esperado que, nestas unidades experimentais, ocorra uma menor retenção de água no perfil do solo devido à menor proteção da superfície do solo e, conseqüentemente, uma menor disponibilidade hídrica e de nutrientes para as plantas. Derpsch et al. (1985), ao estudar diferentes coberturas de solo, observaram que nas situações onde houveram maiores produções de palhada no inverno, maiores foram os teores de umidade do solo no verão. Desta forma, podemos supor que para a cultura do milho, que supre toda a sua necessidade por N no solo, o maior INN observado nos tratamentos com intensidade baixa pode ter sido influenciado pela melhor condição de solo em disponibilizar água e nutrientes à cultura, uma vez que estava melhor protegido contra a evaporação, e manteve a umidade no seu perfil.

5.5. Exportação de N

Quanto ao efeito da exportação do N via produção animal do sistema sobre o INN, dados históricos deste mesmo protocolo experimental apontam que o ganho de peso vivo por hectare na intensidade de pastejo moderada é maior do que na intensidade baixa (Barbosa et al., 2007; Macari et al., 2011; Savian et al., 2014). Por esta razão, menores ofertas de forragem poderiam resultar em maiores exportações relativas de nutrientes, uma vez que a quantidade de fertilizantes aplicado foi igual em todos os tratamentos. Souza et al. (2009) comentaram que são esperadas maiores perdas de C e N do sistema por respiração sob uma maior intensidade de pastejo tanto pelo animal em pastejo, como pela respiração microbiana do solo. Da mesma forma, podemos supor que não foi observada diferença no INN da cultura do milho entre os métodos de pastoreio (rotativo e contínuo) devido à pequena diferença na produção animal entre os métodos (Barbosa et al., 2007; Macari et al., 2011; Savian et al., 2014), além da semelhança observada para MFR entre os métodos (Tabela 1). Desta forma, não há diferença na exportação de N entre os métodos de pastoreio. Considerando que, com uma produção de 360 kg de

carne se exporta 14 kg de N (Anghinoni et al., 2013), e que foi obtida uma produção animal de aproximadamente 274 e 128 kg de PV ha⁻¹ nos tratamentos sob intensidades moderada e baixa, respectivamente, foi exportado entre 10,66 e 4,98 kg de N ha⁻¹, ou 14,2% e 6,6% do volume adicionado via adubação do sistema. Uma diferença de aproximadamente 5,7 kg de N ha⁻¹. Tal diferença pode parecer pequena, mas representa 7,6% do N total aplicado. Além disso, para atingir um INN de 100%, teoricamente há um déficit de aproximadamente 24 e 14 kg de N ha⁻¹ nos tratamentos de intensidade moderada e baixa, respectivamente. Logo, em uma situação de fertilização em doses inferiores às recomendadas, esta exportação de N não pode ser desconsiderada.

5.6. Fertilização antecipada

É importante considerar que a dose de N aplicado durante o inverno foi baixa, o que pode ter comprometido o desenvolvimento da pastagem e da lavoura. Logo, o sistema não estava bem nutrido, porém foram observados resultados interessantes, como por exemplo os índices de INN em torno de 85% e 70% para a cultura do milho nas intensidades de pastejo baixa e moderada, respectivamente, mesmo sob uma situação de déficit hídrico. De qualquer forma, fica comprovado que doses de N na ordem de 75 kg por hectare não são recomendadas para sistemas de produção onde o objetivo for a obtenção de elevados rendimentos. Fica demonstrado neste trabalho o efeito das diferentes intensidades de pastejo sobre a ciclagem do N para a cultura do milho. Sendo os fertilizantes nitrogenados responsáveis por grande custo de implantação da cultura do milho, é importante manter a fertilidade do solo e, conseqüentemente, a viabilidade do sistema de produção. É fundamental aplicar técnicas de manejo capazes de aumentar a eficiência dos insumos, em especial o N, para aproveitar ao máximo os recursos aplicados, diminuindo as perdas (Jeuffroy et al., 2002; Sadras e Lemaire, 2014). Portanto, os sistemas de produção que integram os componentes agrícola e pecuário, são de fundamental importância para uma boa ciclagem dos nutrientes e manutenção da fertilidade do solo.

6. CONCLUSÕES

A biomassa residual da fase pastagem é uma importante fonte de N para a cultura de verão em sucessão em sistemas integrados de produção agropecuária. Menores intensidades de pastejo resultam em maior massa de forragem residual e, conseqüentemente, em maiores índices de nutrição nitrogenada para a cultura do milho em sistemas com deficiência de nitrogênio.

A adubação sistêmica não foi fator limitante ao crescimento da soja, uma vez que esta supre grande parte de sua demanda de nitrogênio pelo processo da fixação biológica.

O uso de diferentes métodos de pastoreio não influencia o índice de nutrição nitrogenada das culturas sucessoras de soja e milho em sistemas com deficiência de nitrogênio.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) tem o potencial de aumentar a eficiência de uso dos recursos produtivos, uma vez que com os mesmos insumos pode-se realizar dois ciclos produtivos, pastagem e lavoura. Este estudo demonstrou que, em um SIPA de longa duração, a realização da adubação no inverno, mesmo em doses de Nitrogênio (N) abaixo do recomendado, pode suprir até 86% do N necessário da cultura do milho. É provável que, se a adubação Nitrogenada fosse realizada de acordo com o recomendado, isto é, 150 kg de N por hectare, teríamos atendido por completo a demanda da cultura do milho por este nutriente e não teríamos observado diferença entre os tratamentos de intensidade de pastejo. A cultura da soja mostra-se como uma ótima ferramenta para os SIPAs, além do fator econômico, tem a capacidade de aportar N no sistema, pelo processo da Fixação Biológica do N. A maior parte das áreas agricultáveis do Rio Grande do Sul são cultivadas com as culturas da soja, milho e arroz, porém apenas uma pequena porção destas áreas são cultivadas com forrageiras para o pastejo e utilização na produção animal.

Conhecendo os benefícios destes sistemas e a busca por uma agropecuária mais sustentável, o emprego de técnicas como o SIPA nestas áreas é de grande interesse para a sociedade. Porém a aplicação desta prática deve ser realizada respeitando alguns conceitos, como a adequada intensidade de pastejo e a correta fertilização. Estes nutrientes são reabsorvidos pelas forrageiras e transferidos da fase pastagem para a fase lavoura através da massa de forragem residual, da massa de raízes residual e da excretas dos animais, portanto, a manutenção de uma boa palhada é fundamental para a fase lavoura não só para a proteção do solo no sistema plantio direto e da manutenção da umidade do solo, mas também para proporcionar uma maior ciclagem dos nutrientes. Por ser um tema complexo, novos processos ainda precisam ser conhecidos.

Como propostas para próximos estudos em SIPAs fica a dinâmica da ciclagem de outros macronutrientes, tais como, fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio, entre as fases do sistema, a deposição de fezes nas áreas amostradas para massa de forragem e um estudo semelhante a este, porém com tratamentos de diferentes dosagens de N na adubação sistêmica. É de fundamental importância a realização de um maior controle dos fatores do meio do nível da EU, como temperatura e disponibilidade hídrica. O acompanhamento do status nitrogenado deve ser por um maior período do desenvolvimento das culturas e com um controle mais frequente. É importante também a busca pela utilização de genótipos e cultivares de plantas forrageiras mais produtivas para aumentar a eficiência do sistema.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUINAGA, A. A. Q. et al. Componentes morfológicos e produção de forragem de pastagem de aveia e azevém manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 9, p. 1523-1530, 2008.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, p. 601-612, 2003.

ALVARENGA, R. C. et al. **A cultura do milho na integração lavoura-pecuária**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 14p. (Circular Técnica n.80).

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C.. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p.241-248, 2002.

ANGHINONI, I. et al. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. **Synergismus Scientifica**. Pato Branco, v. 6, p. 1-8, 2011.

ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F.; COSTA, S. E. V. G. A. Abordagem sistêmica do solo em sistemas integrados de produção agrícola e pecuária no subtropical brasileiro. In: ARAUJO, A. P.; AVELAR, B. J. R., (Ed.) **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: UFV, 2013. v. 8. p. 221-278.

ASSMANN, T. S. 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**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 675-683, 2003.

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p.

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

BARBOSA, C. M. P. et al. Terminação de cordeiros em pastagens de azevém anual manejadas em diferentes intensidades e métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.6, p.1953-1960, 2007.

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

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

BERGAMASCHI, H. et al. Déficit Hídrico e Produtividade na Cultura do Milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BRISKE, D. D. et al. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. **Rangeland Ecology & Management**, Denver, v. 61, n. 1, p. 3–17, 2008.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al.(Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CARVALHO, P. C. F. et al. Manejo da Integração Lavoura-Pecuária para a região de clima subtropical.. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 2006, Uberaba. **Integrando Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente**. Uberaba, 2006. p. 177-184.

CARVALHO, P. C. F. et al. Manejo de animais em pastejo em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTERNATIONAL CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 2007, Curitiba. **Proceedings...** Curitiba, 2007. 1 CD-ROM

CARVALHO, P. C. F. et al. Indicadores para avaliar sistemas de integração lavoura e pecuária de corte. In: WORKSHOP INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NO BIOMA PAMPA, 2009, Pelotas. **[Anais]**. Pelotas, 2009. 1 CD ROM.

CARVALHO, P. C. F. et al. Característica produtiva e estrutural de pastos mistos de aveia e azevém manejados em quatro alturas sob lotação contínua. **Revista brasileira de zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 9, p. 1857-1865, 2010a.

CARVALHO, P. C. F. et al. Forrageiras de Clima Temperado. In: FONSECE, D. M.; MARTUSCELLO, J. A.. (Org.). **Plantas Forrageiras**. Viçosa: UFRV, 2010b. v. 1, p. 494-537.

CARVALHO, P. C. F. et al. **Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil**. Porto Alegre: UFRGS, 2011. 60 p.

CARVALHO, P.C.F. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n.5, p. 1040-1046, 2014.

CASSMAL, K.G.. Climate change, biofuels, and global food security. **Environmental Research Letters**, London, v. 2. p. 11–12, 2007.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS-NRS/EMBRAPARA-CNPT, 2004. 400 p.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Junho, 2014. (Safra 2013/14. N.9 – Nono levantamento). Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_16_14_59_31_boletim_graos_junho_2014.pdf> Acesso em: 30 Dez 2014

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F. X.. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773. 1985.

EMBRAPA. **Tecnologia de produção de soja – Região Central do Brasil**. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 225 p. (Embrapa Soja. Sistema de Produção, n.9).

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

FRANZLUEBBERS, A. J. Integrated crop-livestock systems in the Southern USA. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, n. 2, p. 362-372, 2007.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G.. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 370, Inorganic Nitrogen Assimilation Special Issue, p. 789–799, 2002.

GONZALEZ-DUGO, V.; DURAND, J.L.; GASTAL, F.. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. New Delhi, v. 30, p. 529–544, 2010.

JONES, K. M. et al. How rhizobial symbionts invade plants: the Sinorhizobium-Medicago model. **Nature Reviews Microbiology**, London, v. 5, n. 8, p. 619-633, 2007.

HODGSON, J.. **Grazing Management: Science into Practice**. New York: John & Sons, Inc. 1990. 203 p. (Longman Handbooks in Agriculture)

HUNGRIA, M.; CAMPO, J. R.; MENDES, I. C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 2001. 48p.

- JEUFFROY, M. H.; NEY, B.; OURRY, A. Integrated physiological and agronomic modelling of N capture and use within the plant. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 370, p. 809-823, 2002.
- KUNRATH, T. R. et al. Management targets for continuously stocked mixed oat annual ryegrass pasture in a no-till integrated crop-livestock system. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 57, p. 71-76, 2014.
- LEMAIRE, G.; SALETTE, J. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de pré-peuplement de graminée lors de l'établissement d'un pâturage pour un rés. I. Etude de l'effet du milieu. **Agronomie**, Paris, v. 4, p. 423-430, 1984.
- LEMAIRE, G.; GASTAL, F. Quantifying crop responses to nitrogen deficiency and avenues to improve nitrogen use efficiency. In: SADRAS, V.O.; CALDERINI, D.F. (Eds.) **Crop Physiology**. Applications for genetic improvement and agronomy. Adelaide: Academic Press, Elsevier, 2009. p. 171-199.
- LEMAIRE, G. et al. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 190, p. 4-8, 2014.
- LI, W.; HE, P.; JIN, J.. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for spring maize in north-east china. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 35, p. 1747–1761, 2012.
- LOPES, M. L. T, et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: desempenho e qualidade da carcaça de novilhos superprecoces terminados em pastagem de aveia e azevém manejada sob diferentes alturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 1765-1773, 2008.
- LUNARDI, R. et al. Rendimento de soja em sistema de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 795-801, 2008.
- MACARI, S. et al. Recria de borregas sob diferentes métodos de pastoreio em azevém anual em sucessão a lavoura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1401-1408, 2011.
- MOTT, G. O.; LUCAS, H. L. The Design, Conduct and Interpretation of Grazing Trials on Cultivated and Improved Pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6., Pennsylvania. **Proceedings**. Pennsylvania: State College Press, 1952. p. 1.380-1.385.
- NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Sheep**. 6th ed. Washington: National Academic of Science, 1985. 99 p.

OLIVEIRA, C. A. O. et al. Comparison of an integrated crop-livestock system with soybean only: Economic and production responses in southern Brazil. *Renewable Agriculture and Food Systems*, Cambridge, v. 1, p. 1-9, 2013.

PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. 2 ed. Castro: Fundação ABC, 2004. 86p.

PELLEGRINI, L. G. et al. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.39, n.9, p.1894-1904, 2010.

PITTA, C. S. R. et al. Decomposition and nitrogen release in areas with and without grazing and its influence on corn. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 34, n. 2, p. 905-920. 2013.

PONTES, L.S. et al. Variáveis morfológicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 814-820, 2003.

PRATES, Ê. R. **Técnicas de pesquisa em nutrição animal**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 414p.

SANDINI, I. E. et al. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 41, n.8, p. 1315-1322, 2011.

SADRAS, V. O.; LEMAIRE, G.. Quantifying crop nitrogen status for comparisons of agronomic practices and genotypes. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 164, p. 54–64, 2014.

SALTON, J. C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 190, p. 70-79, 2014.

SAVIAN, J. V. et al. Grazing intensity and stocking methods on animal production and methane emission by grazing sheep: Implications for integrated crop-livestock system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, v. 190, p. 112-119, 2014.

SILVA, A. A. da. et al. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. *Ciência Rural*, Santa Maria, 2007, vol.37, n.4, pp. 928-935

SILVA, F. D. et al. Soil carbon indices as affected by 10 years of integrated crop-livestock production with different pasture grazing intensities in Southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Amsterdam, p. 1-9, 2014a.

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

SISTEMA brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SOUSSANA, J.F., LEMAIRE, G. Coupling the carbon and nitrogen cycles through improved grassland management and crop – livestock integration In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 2., 2012, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: INRA/UFPR/UFRGS/USDA, 2012. 16p.

SOUZA, E. D. de. et al. Carbono orgânico e microbiano em sistema de integração agricultura-pecuária submetido a diferentes intensidades de pastejo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1273-1282, 2008.

SOUZA, E. D. 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**, Viçosa, v. 33, p. 1829-1836, 2009.

SOUZA, E. D. et al. Soil aggregation in a crop-livestock integration system under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, 2010.

STREETER, J.G. Effects of drought on nitrogen fixation in soybean root nodules. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v. 26, n. 8, p. 1199–1204, 2008.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

TRACY, B. F.; ZHANG, Y. Soil compaction, corn yield response, and soil nutrient pool dynamics within an integrated crop livestock system in Illinois. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 3, p. 1211-1218, 2008.

USDA. **Production, Supply and Distribution Online**. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>> Acesso em: 30 Dez 2014

WU, F.; GUCLU, H.. Global Maize Trade and Food Security: Implications from a Social Network Model. **Risk Analysis**, McLean, v. 33, n. 12, p. 2168-2178, 2013.

9. APÊNDICES

Balanço hídrico

	P	Eto	P-ETP	NA	A	ΔA	ETR	DEF	EXC
Jul	73,6	18,0	55,6	0	50	0	18	0,0	55,637
Jul	52,6	16,3	36,3	0	50	0	16	0,0	36,31132
Jul	9,6	24,3	-14,7	-14,7	37,00037	-12,9996	23	1,7	0
Ago	29,0	17,6	11,4	-1,6	48,35946	11,35909	18	0,0	0
Ago	38,0	23,5	14,5	0,0	50	1,640541	23	0,0	12,88739
Ago	155,6	19,7	135,9	0,0	50	0	20	0,0	135,8924
Set	6,4	31,8	-25,4	-25,4	29,68833	-20,3117	27	5,1	0
Set	32,4	34,9	-2,5	-28,0	28,17598	-1,51235	34	1,0	0
Set	82,4	22,4	60,0	0,0	50	21,82402	22	0,0	38,17664
Out	20,6	42,5	-21,9	-21,9	31,89644	-18,1036	39	3,8	0
Out	46,2	38,5	7,7	-11,4	39,58059	7,684148	39	0,0	0
Out	115,9	44,1	71,8	0,0	50	10,41941	44	0,0	61,42296
Nov	0,0	49,7	-49,7	-49,7	18,03601	-31,964	32	17,8	0
Nov	231,8	53,3	178,5	0,0	50	31,96399	53	0,0	146,4932
Nov	21,6	57,0	-35,4	-35,4	24,19072	-25,8093	47	9,6	0
Dez	46,8	60,0	-13,2	-48,6	18,45319	-5,73753	53	7,5	0
Dez	7,0	65,1	-58,1	-106,7	5,605396	-12,8478	20	45,2	0
Dez	2,4	70,3	-67,9	-174,6	1,391208	-4,21419	7	63,7	0
Jan	42,4	51,3	-8,9	-183,5	1,159018	-0,23219	43	8,7	0
Jan	57,0	51,4	5,6	-97,4	6,781353	5,622334	51	0,0	0
Jan	7,4	63,9	-56,5	-153,9	2,129286	-4,65207	12	51,8	0

CAD 50. P

Análise estatística

----- Cultura=milho -----

The MEANS Procedure

Variable	Mean	Minimum	Maximum	Coeff of Variation	Std Dev
rendimento	4.7761195	0.9910000	10.9160000	43.0934583	2.0581951
Namostra	1.5860254	0.2526400	3.1660600	35.8194939	0.5681063
INN	0.7920755	0.1700000	1.6100000	33.3885930	0.2644629

Variable	Std Error
rendimento	0.1632255
Namostra	0.0450538
INN	0.0209733

----- Cultura=soja -----

Variable	Mean	Minimum	Maximum	Coeff of Variation	Std Dev
rendimento	3.0450053	0.8060000	7.2410000	33.8961839	1.0321406
Namostra	3.7332306	1.7964300	5.3555300	19.1112999	0.7134689
INN	1.0859259	0.5400000	1.6800000	17.8158823	0.1934673

Variable	Std Error
rendimento	0.0748793
Namostra	0.0517605
INN	0.0140727

Cultura=milho

Dependent Variable rendimento
Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Metodo	1	3	9.01	0.0576
Intensidade	1	149	0.70	0.4039
Metodo*Intensidade	1	149	3.39	0.0677

----- Effect=Metodo*Intensidade Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=3 -----

Obs	Cultura	Metodo	Intensidade	Estimate	Standard Error	Alpha	Lower	Upper	Letter Group
5	milho	C	5	5.7617	0.5461	0.05	4.6826	6.8408	A
6	milho	C	2.5	5.0973	0.5518	0.05	4.0069	6.1876	A
7	milho	R	2.5	4.7954	0.5533	0.05	3.7019	5.8888	A
8	milho	R	5	4.5454	0.5642	0.05	3.4304	5.6604	A

Cultura=soja
Dependent Variable rendimento
Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Metodo	1	3	0.32	0.6115
Intensidade	1	180	1.03	0.3123
Metodo*Intensidade	1	180	6.74	0.1102

----- Effect=Metodo*Intensidade Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=6 -----

Obs	Cultura	Metodo	Intensidade	Estimate	Standard Error	Alpha	Lower	Upper	Letter Group
13	soja	R	2.5	3.2826	0.2574	0.05	2.7746	3.7906	A
14	soja	C	5	3.2706	0.2561	0.05	2.7653	3.7759	A
15	soja	C	2.5	3.0914	0.2557	0.05	2.5868	3.5961	A
16	soja	R	5	2.8741	0.2568	0.05	2.3673	3.3809	A

Cultura=milho
Dependent Variable Namostra
Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Metodo	1	3	2.01	0.2516
Intensidade	1	149	6.56	0.0114

```

Metodo*Intensidade      1      149      0.97      0.3267
----- Effect=Intensidade  Method=Tukey-Kramer(P<0.05)  Set=2 -----
Obs Cultura Metodo Intensidade Estimate Standard
                                Error      Alpha      Lower      Upper      Letter
                                Alpha      Lower      Upper      Group
3 milho      5      1.6430  0.1213  0.05  1.4032  1.8827  A
4 milho      2.5  1.4618  0.1208  0.05  1.2230  1.7006  B

----- Effect=Metodo*Intensidade  Method=Tukey-Kramer(P<0.05)  Set=3 -----
Obs Cultura Metodo Intensidade Estimate Standard
                                Error      Alpha      Lower      Upper      Letter
                                Alpha      Lower      Upper      Group
5 milho      R      5      1.7290  0.1348  0.05  1.4627  1.9953  A
6 milho      C      5      1.5569  0.1285  0.05  1.3029  1.8109  A
7 milho      R      2.5  1.4780  0.1311  0.05  1.2189  1.7372  B
8 milho      C      2.5  1.4455  0.1305  0.05  1.1877  1.7033  B

```

Cultura=soja
Dependent Variable Namostra
Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Metodo	1	3	2.57	0.2073
Intensidade	1	180	2.91	0.0896
Metodo*Intensidade	1	180	0.02	0.8757

```

----- Effect=Metodo*Intensidade  Method=Tukey-Kramer(P<0.05)  Set=7 -----
Obs Cultura Metodo Intensidade Estimate Standard
                                Error      Alpha      Lower      Upper      Letter
                                Alpha      Lower      Upper      Group
13 soja      C      5      3.6985  0.1551  0.05  3.3924  4.0046  A
14 soja      C      2.5  3.5432  0.1548  0.05  3.2377  3.8486  A
15 soja      R      5      3.8193  0.1557  0.05  3.5121  4.1264  A
16 soja      R      2.5  3.6900  0.1562  0.05  3.3818  3.9983  A

```

Cultura=milho

Dependent Variable INN

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Metodo	1	3	0.06	0.8181
Intensidade	1	149	9.31	0.0027
Metodo*Intensidade	1	149	0.00	0.9556

```

----- Effect=Intensidade  Method=Tukey-Kramer(P<0.05)  Set=2 -----
Obs Cultura Metodo Intensidade Estimate Standard
                                Error      Alpha      Lower      Upper      Letter
                                Alpha      Lower      Upper      Group
3 milho      5      0.8435  0.04900  0.05  0.7467  0.9404  A
4 milho      2.5  0.7321  0.04869  0.05  0.6359  0.8283  B

```

```

----- Effect=Metodo*Intensidade  Method=Tukey-Kramer(P<0.05)  Set=3 -----

```

```

Obs Cultura Metodo Intensidade Estimate Standard
                                Error      Alpha      Lower      Upper      Letter
                                Alpha      Lower      Upper      Group

```

5	milho	C	5	0.8492	0.05372	0.05	0.7431	0.9554	A
6	milho	C	2.5	0.7357	0.05492	0.05	0.6272	0.8443	B
7	milho	R	5	0.8378	0.05751	0.05	0.7242	0.9515	A
8	milho	R	2.5	0.7284	0.05529	0.05	0.6192	0.8377	B

Cultura=soja

Dependent Variable INN

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Metodo	1	3	0.58	0.5030
Intensidade	1	179	0.59	0.4418
Metodo*Intensidade	1	179	1.34	0.2491

----- Effect=Metodo*Intensidade Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=7 -----

Obs	Cultura	Metodo	Intensidade	Estimate	Standard Error	Alpha	Lower	Upper	Letter Group
13	soja	C	5	1.0980	0.03454	0.05	1.0298	1.1662	A
14	soja	C	2.5	1.0474	0.03439	0.05	0.9795	1.1152	A
15	soja	R	2.5	1.0977	0.03501	0.05	1.0286	1.1668	A
16	soja	R	5	1.0876	0.03501	0.05	1.0185	1.1567	A

----- Cultura=milho -----

The MEANS Procedure

Analysis Variable : MFmantilho

Mean	Minimum	Maximum	Coeff of Variation	Std Dev	Std Error
7731.23	1776.00	21896.00	53.9152251	4168.31	817.4729397

----- Cultura=soja -----

Analysis Variable : MFmantilho

Mean	Minimum	Maximum	Coeff of Variation	Std Dev	Std Error
7558.90	3528.00	12432.00	28.9042839	2184.84	405.7155157

Cultura=milho

Dependent Variable MFmantilho

Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Metodo	1	3	0.73	0.4546
Intensidade	1	16	7.09	0.0170
Metodo*Intensidade	1	16	0.89	0.3598

----- Effect=Intensidade Method=Tukey(P<0.05) Set=2 -----

Obs	Cultura	Metodo	Intensidade	Estimate	Standard Error	Alpha	Lower	Upper	Letter Group
1	milho		5	9638.95	1038.75	0.05	7436.90	11841	A

2 milho 2.5 5726.71 1038.75 0.05 3524.66 7928.76 B

----- Effect=Metodo*Intensidade Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=3 -----

Obs	Cultura	Metodo	Intensidade	Estimate	Standard Error	Alpha	Lower	Upper	Letter Group
5	milho	Contínuo	5	10961	1411.38	0.05	7968.58	13953	A
6	milho	Rotativo	5	8317.33	1524.47	0.05	5085.61	11549	A
7	milho	Rotativo	2.5	5790.00	1524.47	0.05	2558.28	9021.72	B
8	milho	Contínuo	2.5	5663.43	1411.38	0.05	2671.43	8655.42	B

Cultura=soja

Dependent Variable MFmantilho
Type 3 Tests of Fixed Effects

Effect	Num DF	Den DF	F Value	Pr > F
Metodo	1	3	0.81	0.4353
Intensidade	1	19	2.07	0.1661
Metodo*Intensidade	1	19	0.01	0.9050

----- Effect=Metodo*Intensidade Method=Tukey-Kramer(P<0.05) Set=6 -----

Obs	Cultura	Metodo	Intensidade	Estimate	Standard Error	Alpha	Lower	Upper	Letter Group
13	soja	Rotativo	5	8660.19	988.14	0.05	6591.99	10728	A
14	soja	Rotativo	2.5	7613.50	909.66	0.05	5709.56	9517.44	A
15	soja	Contínuo	5	7550.00	909.66	0.05	5646.06	9453.94	A
16	soja	Contínuo	2.5	6665.55	945.39	0.05	4686.83	8644.27	A

10. VITA

Rubens Cherubini Alves, nasceu no dia 7 de março do ano de 1985, filho de Armando Santos Alves e Beatriz Regina Cherubini Alves, viveu e cresceu em Porto Alegre, RS, onde estudou o ensino fundamental no Colégio Bom Conselho e o ensino médio no Colégio Leonardo Da Vinci – Alfa. Realizou um intercâmbio cultural no Estado do Kansas, dos Estados Unidos da América onde cursou o Senior Year na Douglass High School entre os anos de 2002 e 2003. Ao retornar ao Brasil ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde realizou atividades de monitoria e iniciação científica no Departamento de Fitossanidade. Durante os verões, no período do curso, de 2004 à 2009, foi estagiário na empresa Yoki Alimentos S.A. trabalhando com a cultura de Milho Pipoca. Após colar o grau de Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2010, ingressou na empresa Neo Zelanda PGG Wrightson Seeds (PGW Sementes) onde trabalhou com pecuária, plantas forrageiras e sistemas pastoris. No mês de dezembro de 2012 foi aprovado no processo seletivo do Departamento de Zootecnia/UFRGS na área de concentração Plantas Forrageiras, para o Curso de Mestrado. Durante os anos de 2013 e 2014 realizou o curso de mestrado atuando paralelamente como Engenheiro Agrônomo na PGW Sementes. Em fevereiro de 2015 submeteu esta dissertação para apreciação dos pares e julgamento ao título de Mestre em Zootecnia.