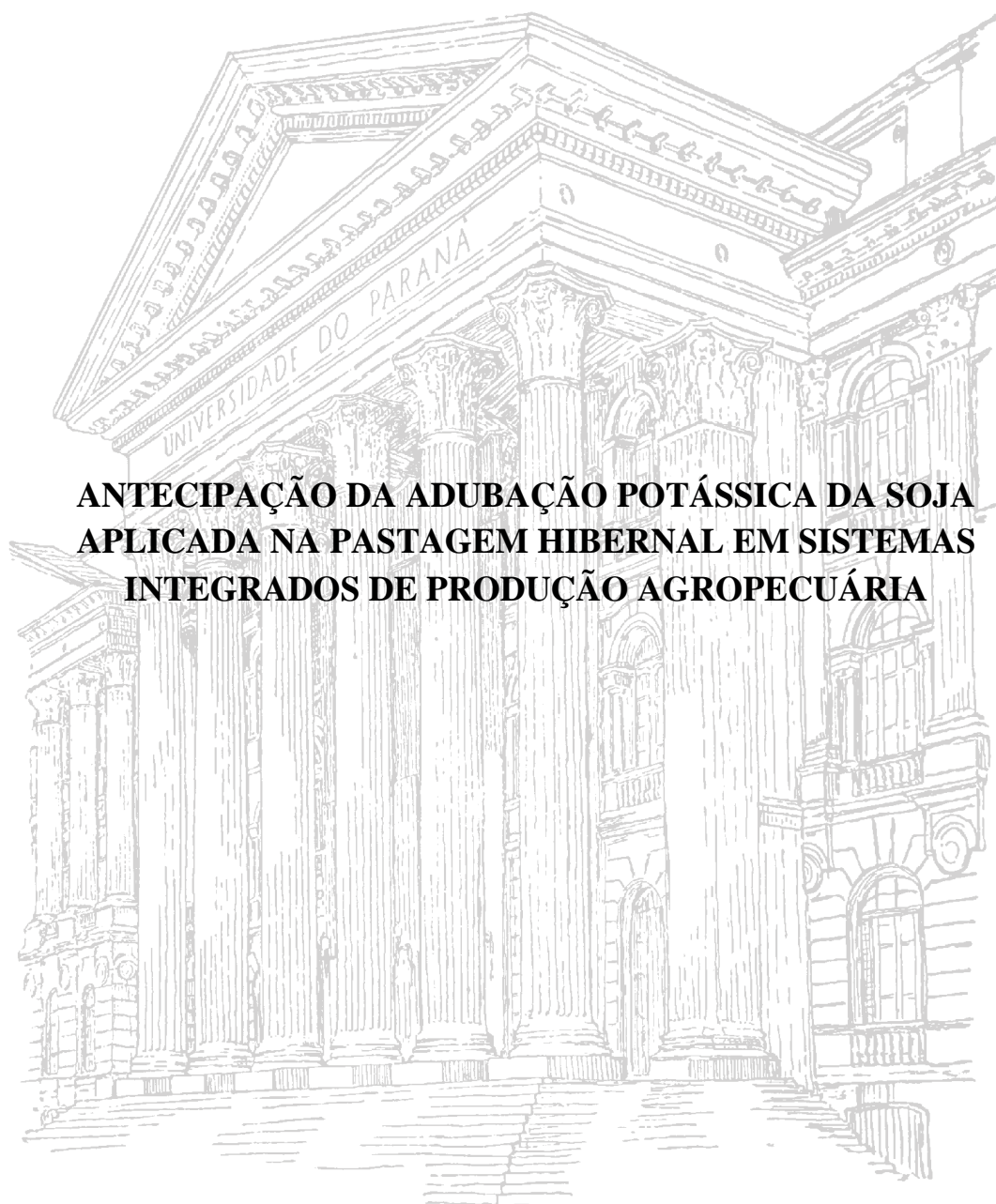


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JUSSARA MARIA FERRAZZA



**ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA DA SOJA
APLICADA NA PASTAGEM HIBERNAL EM SISTEMAS
INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

CURITIBA

2016

JUSSARA MARIA FERRAZZA

Zootecnista (UDESC)

MSc. Agronomia (UTFPR)

**ANTECIPACÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA DA SOJA APLICADA
NA PASTAGEM HIBERNAL EM SISTEMAS
INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Aníbal de Moraes

Co-Orientador: Dra. Claudete R. Lang

Dra. Tangriani S. Assmann

CURITIBA

2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL

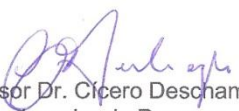


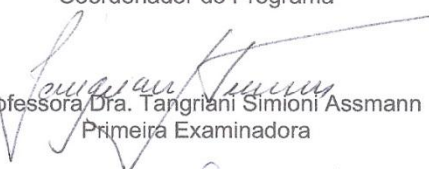
PARECER

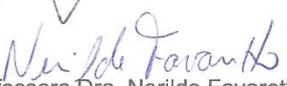
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pela candidata **JUSSARA MARIA FERRAZZA**, sob o título **"ANTECIPAÇÃO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA DA SOJA APLICADA NA PASTAGEM HIBERNAL EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA"**, para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.


Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Tese.

Curitiba, 26 de Fevereiro de 2016.

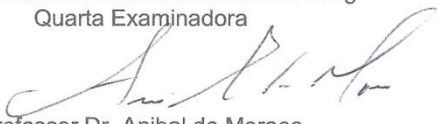

Professor Dr. Cícero Deschamps
Coordenador do Programa


Professora Dra. Tangriani Simioni Assmann
Primeira Examinadora


Professora Dra. Nerilde Favaretto
Segunda Examinadora


Dr. Edilson Batista de Oliveira
Terceiro Examinador


Professora Dra. Claudete Reisdorfer Lang
Quarta Examinadora


Professor Dr. Anibal de Moraes
Presidente da Banca e Orientador

Aos meus pais,
Antonio Vilmar Ferrazza e Neiva Maria Giasson Ferrazza,
Ao meu noivo,
Vinícius Nicola,
Ao meus irmãos,
Daiane, Tiago e Fernanda,
Ofereço e Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por me conceder saúde e oportunidade de conhecer pessoas exemplares, pela companhia e força, levando-me a superar obstáculos e a alcançar meus objetivos;

À Universidade Federal do Paraná – UFPR, por disponibilizar excelentes professores, ensino gratuito e de qualidade. À UTFPR – Campus Pato Branco por permitir a utilização do laboratório de solos em especial ao professor Luis Cesar Cassol e professora Tangriani Simioni Assmann. Ao IAPAR de Pato Branco, pela disponibilidade da utilização da estufa e dos laboratórios para a preparação das amostras em especial ao Dr. Alceu Luiz Assmann;

À Capes pela concessão da bolsa de estudos;

Ao professor e orientador Dr. Anibal de Moraes e sua esposa Dra. Claudete R. Lang, agradeço por todos os conhecimentos e ensinamentos, pela dedicação na realização dos trabalhos, pela amizade e principalmente pela compreensão e apoio, que foram imprescindíveis para chegar até aqui;

À professora Dra. Tangriani S. Assmann pela co-orientação, ensinamentos, profissionalismo, conselhos e amizade;

À minha família, pelo apoio incondicional. Ao meu pai, Antonio V. Ferrazza, pelo exemplo de ser humano, por disponibilizar a área, os animais e tudo o que se fez necessário para a realização do trabalho, além de toda a sua ajuda durante as avaliações, e em toda a minha caminhada. À minha mãe pelo carinho e esforço, pela ajuda no trabalho e principalmente pelo “colo” nos momentos difíceis. Não existem pais melhores. Aos meus irmãos, Daiane, Tiago e Fernanda pelos incentivos e cada um ajudando sempre com o que estava ao seu alcance. Compartilho com vocês a minha alegria e conquista.

Ao meu noivo, Vinícius Nicola, por seu amor, carinho, apoio, confiança, compreensão, ajuda incondicional, dedicação e cuidado. Meu amor eterno.

Aos nossos colaboradores, Ivan, Odair e André, e ao meu primo Joenei, pela ajuda na instalação e condução do experimento. Muito obrigada;

Aos amigos que fiz durante esses quatro anos de estudo, em especial a Marciela e Milena, com quem além de dividir a morada, dividia também todas as minhas angústias e alegrias.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, que me incentivaram e deram forças para continuar até o final desta jornada, superando todos os desafios.

ANTECIPACAO DA ADUBAÇÃO POTÁSSICA DA SOJA APLICADA NA PASTAGEM HIBERNAL EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA¹

Autor: MSc. Jussara Maria Ferrazza

Orientador: Dr. Aníbal de Moraes

Co-orientador: Dra. Claudete R. Lang e Tangriani S. Assmann

RESUMO

Sistemas integrados de produção agropecuária estão sendo cada vez mais adotados no país e existe um grande potencial, na região sul, de integrar a pecuária nas grandes extensões de pastagens hibernais cultivadas, antecedendo as lavouras de verão, como milho e soja. O trabalho foi realizado no período de maio de 2013 a abril de 2014 com objetivo de avaliar os efeitos da adubação antecipada do potássio em SIPA sobre a produção de matéria seca da pastagem de aveia+avevém, rendimentos da cultura da soja em sucessão, e os níveis do potássio no solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, consistindo um fatorial 2 x 2 em parcela subdividida, sendo o primeiro fator Pastejo (Com e Sem) e segundo as épocas de aplicação de potássio (na forrageira e na soja). Para as variáveis de solo analisada, o delineamento experimental foi um fatorial, 2 x 2 x 4, em parcelas subsubdivididas. As variáveis avaliadas foram: produção total de matéria seca da pastagem, matéria seca residual, teor de potássio na matéria seca residual, teor de potássio no solo, produtividade e componentes de rendimento da soja e teor de potássio no grão. Foram avaliados também a curva de diluição de nitrogênio e potássio, e índice nutricional de nitrogênio (INN) e potássio (INK) para a cultura forrageira e da soja, e avaliação da decomposição da biomassa forrageira (MS remanescente e K remanescente). A época de aplicação do potássio não afetou a produção de matéria seca total e nem da matéria seca residual da pastagem, porém estes foram afetados pelo pastejo. A ausência de pastejo, apesar de propiciar menor ciclagem de K, resultou em maiores teores do nutriente no solo, principalmente nas camadas mais superficiais, em relação às áreas com pastejo, provavelmente pela exportação de nutrientes via fezes e urina, devido ao manejo do pastejo ter sido rotativo. O pastejo não afetou a produtividade de grãos de soja, entretanto, o K aplicado na pastagem proporcionou menor rendimento de grãos, que quando aplicado na soja. O pastejo rotativo influenciou negativamente o INK da pastagem, devido à exportação do K nas áreas pastejadas. Já o INN e INK da soja foram influenciados apenas pela época de aplicação de K, sendo que as áreas que receberam o K no verão, apresentaram melhor

¹Tese de doutorado em Produção Vegetal. Programa de pós-graduação em Agronomia área de concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, PR, Brasil. (94p.). Fevereiro de 2016.

condição nutricional que as que receberam K no inverno, o que pode ter ocorrido pela perda de K para o ambiente nas áreas adubadas no inverno.

Termos para indexação: Adubação de sistema, aveia e azevém, SIPA, curva de diluição, matéria seca remanescente

ANTICIPATING POTASSIUM FERTILIZATION SOY APPLIED IN GRASSLAND
WINTRY IN AGRICULTURAL PRODUCTION INTEGRATED

Autor: MSc. Jussara Maria Ferrazza

Orientador: Dr. Aníbal de Moraes

Co-orientador: Dra. Claudete R. Lang e Tangriani S. Assmann

ABSTRACT

Integrated systems of agricultural production are being increasingly adopted in the country and there is great potential in the southern region, to integrate livestock in large tracts of cultivated wintry pastures, preceding summer crops such as corn and soybeans. The study was conducted from May 2013 to April 2014 to evaluate the effects of early potassium fertilization in SIPA on the dry matter production of oat + ryegrass pasture, soybean yield in succession, and potassium levels in the soil. The experimental design was a randomized block design with four replications, consisting factorial 2 x 2 in a split plot, the first grazing factor (with and without) and according to the potassium application times (in forage and soybeans). For soil variables analyzed, the experiment was a three-factor, 2 x 2 x 4, subdivided into installments. The variables evaluated were: total dry matter of the pasture, residual dry matter content of potassium in the residual dry matter content of potassium in the soil, yield and yield components of soybean and potassium content in the grain. They were also evaluated nitrogen and potassium dilution curve, and nutritional nitrogen index (INN) and potassium (INK) for forage crop and soybeans, and evaluate the decomposition of forage biomass (MS remaining and remaining K). A time of potassium application did not affect the production of dry matter and not the residual dry matter pasture, but these were affected by grazing. The absence of grazing, although providing less cycling K, resulted in higher nutrient levels in the soil, especially in the surface layers, in relation to areas with grazing, probably due to nutrient export via faeces and urine due to grazing management being rotary. Grazing did not affect the productivity of soybeans, however, the K applied on grassland provided lower yield, which when applied in soybeans. The rotational grazing negatively influenced INK pasture due to export of K in grazed areas. But the INN and INK soybeans were influenced only by the K application time, and the areas that received the K in the summer, had better nutritional condition than those who received K in winter, which may have occurred by the loss of K by leaching areas fertilized in winter.

Index terms: system of fertilization, oats and ryegrass, Integrated Crop-Livestock Systems, dilution curve, remaining dry matter.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	13
1.1 Introdução geral.....	14
1.2 Revisão de literatura	17
1.2.1 Sistemas integrados de produção agropecuária e seus benefícios.....	17
1.2.2 O potássio no solo/planta/animal	26
1.2.3 Adubação antecipada de sistemas: ênfase na adubação potássica.....	31
CAPÍTULO 2. ADUBAÇÃO TOTAL DE POTÁSSIO EM PASTAGEM HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA	37
2.1 Resumo	38
2.2 Abstract	39
2.3 Introdução.....	40
2.4 Material e Métodos.....	42
2.5 Resultados e Discussão.....	46
2.6 Conclusões.....	55
2.7 Literatura citada.....	55
CAPÍTULO 3. ESTADO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO E DECOMPOSIÇÃO DA PASTAGEM HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA	58
3.1 Resumo	59
3.2 Abstract	60
3.3 Introdução.....	61
3.4 Material e Métodos.....	63
3.5 Resultados e Discussão.....	70
3.6 Conclusões.....	80
3.7 Literatura citada.....	81
CAPÍTULO 4. CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	83
CAPÍTULO 5. REFERÊNCIAS	86

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2. ADUBAÇÃO TOTAL DE POTÁSSIO EM PASTAGEM HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA

Figura 1- Dados meteorológicos (Precipitação e Temperatura) observados durante o período de maio de 2013 e abril de 2014. Pato Branco - PR, 2016.....42

Figura 2 – Teor de K no solo após a fase de pastagem nas diferentes profundidades em função do Pastejo (A) e da época de aplicação de potássio (B). Pato Branco, 2016.49

Figura 3 – Teor de K no solo após a colheita da sojam nas diferentes profundidades em função da época de aplicação de potássio. Pato Branco, 2016.....51

CAPÍTULO 3. ESTADO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO E DECOMPOSIÇÃO DE FORRAGEIRA HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA

Figura 1 - Dados meteorológicos (Precipitação e Temperatura) observados durante o período de maio de 2013 e abril de 2014. Pato Branco - PR, 2016.....63

Figura 2 - Curva de diluição de nitrogênio da pastagem (Figura 2A) e da soja (Figura 2B) em função do pastejo (Com e Sem) e da época de aplicação de potássio (Kforr e Kgrão). Pato Branco, 2016.....71

Figura 3 - Curva de diluição de potássio da pastagem (Figura 3A) e da soja (Figura 3B) em função do pastejo (Com e Sem) e da época de aplicação de potássio (Kforr e Kgrão). Pato Branco, 2016.....72

Figura 4 - Matéria seca remanescente da pastagem ao longo dos 135 dias de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Pato Branco, 2016.....77

Figura 5 – Potássio remanescente da pastagem nas áreas Sem Pastejo (Figura A) e Com Pastejo (Figura B) ao longo dos 135 dias de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Pato Branco, 2016.78

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2. ADUBAÇÃO TOTAL DE POTÁSSIO EM PASTAGEM HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA

Tabela 1 Características químicas do solo antes do início do experimento. Pato Branco – PR, 2016.43

Tabela 2 - Valores de F, produção de matéria seca total (MST), matéria seca residual (MSR) e teor de K na matéria seca residual (K MSR) da forrageira, em função da época de aplicação de potássio e do pastejo (com e sem). Pato Branco –PR, 2016.....47

Tabela 3 – Valores de F, teor médio de K no solo em função da época de aplicação de K, do pastejo (com e sem) e da profundidade de amostragem. Pato Branco – PR, 2016.49

Tabela 4 - Valores de F, teor médio de K nos grãos de soja e características agronômicas: número de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹, número de grãos planta⁻¹, peso de mil grãos e produtividade da soja em função da época de aplicação de K e do pastejo (com e sem). Pato Branco – PR, 2016.....52

Tabela 5 - Peso de mil grãos de soja (g) em função do pastejo e da época de aplicação de potássio. Pato Branco, 2016.55

CAPÍTULO 3. ESTADO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO E DECOMPOSIÇÃO DE FORRAGEIRA HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA

Tabela 1 - Características químicas do solo antes do início do experimento. Pato Branco – PR, 2016.64

Tabela 2 – Valor de F e Índice de nutrição de nitrogênio (INN) e potássio (INK) médio das plantas em função do pastejo e da época de aplicação de potássio. Pato Branco, 2016.74

Tabela 3 – Valores de F da MS Remanescente e do K Remanescente em função da época de aplicação de K, do pastejo (com e sem) e do tempo de decomposição. Pato Branco – PR, 2016.76

Tabela 4 - Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos de matéria seca remanescente (MSR) e potássio remanescente (KR) bem como as constantes de decomposição (*ka*), tempo de meia vida (*t*_{1/2}) e valores de R². Pato Branco,2016.....76

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, devido as suas proporções continentais, a produção agrícola e pecuária se dá de forma bastante distintas, pois há sistemas com baixa e alta tecnologia que proporcionam rendimentos diferenciados. Porém, tem sido verificado que com a adoção dos sistemas integrados de produção agropecuária pelas propriedades rurais, consegue-se aumentar a produtividade e rentabilidade das mesmas, sem a necessidade de abertura de novas áreas. Isso vem ocorrendo principalmente pela utilização mais eficiente dos fertilizantes nesses sistemas, devido aos diferentes sistemas radiculares das culturas, grãos e pastagens, e ao efeito do animal na ciclagem de nutrientes. Nesse contexto, o potássio, segundo nutriente exigido em maior quantidade pelas plantas devido as suas funções nas mesmas, merece muita atenção, pois é um elemento finito e de alto valor econômico, sendo de grande importância o estudo de práticas que otimizem a sua utilização.

Tem-se observado que no Sul do Brasil, as entidades de pesquisa estão realizando muitos trabalhos com o objetivo de fornecer informações que contribuam para o desenvolvimento sustentável da agricultura e pecuária, possibilitando grande avanço nos Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. Apesar disto, estudos como os realizados neste trabalho ainda são reduzidos, principalmente no que se refere ao estudo de adubação de sistemas.

Sistemas de produção, como a Integração Lavoura-Pecuária, hoje denominados de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) (Carvalho et al., 2014), são alternativas que visam à diversificação das atividades nas propriedades rurais com a inserção da pecuária em áreas antes utilizadas somente com lavouras de verão e alguma cultura de cobertura na entressafra (Balbinot Jr et al., 2009). Por isso, os SIPA podem ajudar a alcançar esses objetivos, pois os mesmos pressupõe o uso contínuo das áreas agrícolas e a melhoria da qualidade do solo ao longo do tempo (Entz et al., 2002), além de considerar as práticas

adequadas de manejo racional dos recursos naturais, as premissas do Sistema Plantio Direto (SPD) e a utilização adequada dos insumos.

Dentre muitos assuntos, a prática da adubação é um dos mais discutidos, pois existem muitas divergências sobre quando e como adubar. Uma das estratégias que tem ganhado espaço na agricultura é a chamada “adubação de sistema” ou “adubação antecipada de agroecossistema”, que consiste na antecipação da aplicação total ou parcial da dose de fertilizante recomendada para a cultura de verão, sendo aplicado a lanço ou em linha em uma cultura antecessora, sobre a qual será efetuada a semeadura direta da cultura de verão (Francisco et al.; 2007), visando uma maior operacionalidade e aumento da rentabilidade. Segundo Segatelli (2008), com a adubação antecipada, conseqüentemente, também são antecipadas a manipulação desses fertilizantes, permitindo que a semeadura da cultura de verão ocorra de forma mais rápida e eficiente. Além disso a adubação antecipada da cultura antecessora, tem como vantagem a formação de palhada para a semeadura direta, gerando incremento na produção de material orgânico para o agroecossistema, favorecendo a conservação do solo, a manutenção da umidade e a ciclagem de nutrientes, que por mineralização da matéria orgânica, passarão às formas disponíveis à cultura sucessora. Dessa forma com a dessecação da cultura de cobertura, os nutrientes fornecidos antecipadamente retornarão para o sistema e estarão disponíveis à cultura principal.

A antecipação da adubação potássica em SIPA pode se tornar uma prática muito interessante devido a maior ciclagem de nutrientes que esse sistema proporciona (Carvalho et al., 2010). Além de proporcionar benefícios econômicos potencializados pelo componente animal, através da ciclagem de nutrientes. Considerando apenas o potássio, do total ingerido pelos animais, até 90% retorna ao solo via fezes e urina (Haynes & Williams, 1993). Sendo assim, uma das grandes vantagens dos SIPAs é o aproveitamento de um mesmo nutriente para a produção animal e vegetal, podendo reduzir as perdas de nutrientes para o ambiente e

favorecendo a ciclagem dos mesmos dentro dos componentes solo-planta-animal (Assmann et al., 2002).

O baixo nível de fertilidade das pastagens verificada na maioria das regiões Sul do Brasil, em que os produtores optam por adubar somente a cultura de verão, e pouquíssimas vezes as pastagens de inverno, tem levado ao fracasso da pecuária nesses sistemas. Sendo essa uma das justificativas para a realização deste trabalho, o qual buscou obter respostas do efeito da adubação antecipada da cultura da soja em SIPA, devido ao potencial da aveia preta e do azevém como recicladores de nutrientes e a busca por técnicas que ajudem no manejo do agroecossistema de forma mais sustentável e funcional. Tendo esse trabalho a seguinte hipótese: como o pastejo afeta positivamente a ciclagem de nutrientes, a antecipação da adubação potássica da soja para a cultura da aveia+azevém não prejudica a produtividade agrícola da soja em sucessão em SIPA.

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da adubação antecipada do potássio em SIPA sobre a produção de matéria seca da pastagem de aveia+azevém, produtividade da cultura da soja, níveis do potássio no solo após cada cultivo, bem como o status nutricional de cada cultura.

Objetivos específicos:

- Avaliar a produção de matéria seca da aveia+azevém, a produtividade da soja e os níveis de potássio no solo em função da época de aplicação de potássio e do pastejo.
- Avaliar o status nutricional da aveia+azevém e da soja, a decomposição da matéria seca residual e a liberação de potássio da pastagem em função da época de aplicação de potássio e do pastejo.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E SEUS BENEFÍCIOS

Os SIPA são caracterizados por serem planejados para explorar sinergismos e propriedades emergentes, fruto de interações nos compartimentos solo-planta-animal-atmosfera de áreas que integram atividades de produção agrícola e pecuária (Moraes et al., 2012). São interações em diferentes escalas espaço-temporais que abrangem a exploração de cultivos agrícolas e produção animal numa mesma área de forma concomitante ou sequencial, entre áreas distintas ou em sucessão. Segundo Moraes et al. (2012) no Brasil esses sistemas são mais conhecidos como integração lavoura-pecuária, que corresponde a associações entre pecuária de leite ou corte e cultivos como soja, milho, eucalipto, entre outros, em escala de fazenda (Carvalho & Moraes, 2011).

No Sul do Brasil esse sistema é adotado facilmente sobre a estratégia de utilizar pastagens anuais de inverno e culturas para produção vegetal no verão. Estratégia de elevada importância, pois existem muitas culturas economicamente viáveis para o uso do solo no verão, como soja, milho e feijão, enquanto que no inverno há carência de cultivos agrícolas (Balbinot Jr., 2007). Além disso, existem muitas espécies de pastagens anuais de inverno que são adaptadas às condições edafoclimáticas do Sul do Brasil como a aveia preta, aveia branca, azevém, etc, e que apresentam elevado potencial de rendimento e qualidade, que fornecem alimento aos animais no período de maior escassez de forragem oriunda de campos naturais e de pastagens perenes de verão.

Segundo Herrero et al. (2010) o SIPA é responsável por aproximadamente 50% da produção mundial de alimentos, e está presente em 25 milhões de km² (Bell & Moore, 2012). Devido essa representatividade é considerado vital para a segurança alimentar no mundo. O

futuro da alimentação do planeta está nas mãos de tecnologias de intensificação sustentável que promovam maior eficiência para se produzir mais alimentos, sem utilizar mais área, água e insumos (Herrero et al., 2010).

Os SIPA são um dos poucos sistemas de produção considerados sustentáveis pela FAO, e isso se deve por apresentarem uma gama de atributos raros, como maior eficiência no uso dos recursos naturais, promover a ciclagem de nutrientes, redução dos custos de produção, produções elevadas e prestações de serviços ecossistêmicos. Segundo Lemaire et al. (2014) esse sistema retomou sua importância após décadas de utilização de sistemas intensivos de produção, caracterizados por pouca diversidade e elevado consumo de insumos, o que torna o sistema insustentável ao longo do tempo.

Os SIPA tem potencial em fornecer uma variedade de benefícios ao sistema solo por alterações em suas características físicas, químicas e biológicas (Franzluebbers & Stuedemann, 2008; Vilela et al., 2011), na conservação da água e na ciclagem de nutrientes, reduzindo riscos econômicos e ambientais e aumentando a lucratividade (Franzluebbers & Stuedemann, 2007).

Os animais são considerados agentes aceleradores da ciclagem de nutrientes. Isso ocorre pelo consumo de nutrientes, via desfolhação das plantas da pastagem, e seu retorno ao solo via fezes e urina, os quais são liberados à solução do solo em um curto espaço de tempo, estando prontamente disponíveis para serem absorvidos pelas raízes das plantas novamente (Nascimento Jr. & Cavalcante, 2001; Balbinot Jr et al., 2009). Segundo Powell & Williams (1993) isso ocorre porque a mastigação e a digestão aceleram a mineralização dos nutrientes da massa vegetal, e essa aceleração da ciclagem de nutrientes pode vir a diminuir as perdas por lixiviação e erosão.

O manejo de nutrientes é mais complexo sob pastejo, pois o animal modifica os fluxos clima-solo-planta pela ingestão dos nutrientes pela forragem consumida, sua digestão, e

retorno ao solo via excretas que são distribuídas de forma heterogênea no mesmo. Ele também impõe heterogeneidade na distribuição espacial dos nutrientes ao pastejar de forma seletiva e criar mosaicos de alturas de pastos e composições morfológicas diferentes no dossel forrageiro (Anghinoni et al., 2011). O impacto dos sistemas de pastejo e de manejo animal na ciclagem de nutrientes é expresso pelas taxas de consumo da forragem por área, distribuição das excretas e efeitos da desfolhação na rebrota da planta e no crescimento radicular. Segundo Souto (2006) a quantidade das excretas como fonte de nutrientes depende da distribuição dos mesmos na pastagem, da categoria e espécie animal, da quantidade consumida e da composição química das plantas ingeridas. Os nutrientes que retornam a pastagem via fezes e urina tem distribuição irregular na área, portanto, são influenciados pela taxa de lotação animal, método de pastejo, pela espécie, raça e sexo do animal, pela quantidade e frequência das excreções, pela área de descanso, pelas localização de aguadas e sombra, etc. (Rodrigues et al., 2008). Devido ao retorno dos nutrientes ingeridos, é de suma importância que nos SIPA a excreta dos animais seja alocada na área manejada, sendo recomendado que os pontos de concentração de animais, como bebedouros e saleiros, estejam dentro das áreas agrícolas (Balbinot Jr. et al., 2009).

Deve-se considerar que a forragem não consumida pelos animais nesses sistemas também é uma fonte de retorno de nutrientes para o mesmo, destacando a distribuição uniforme das plantas na área da pastagem. Pois as pastagens além de proporcionarem alta produção de massa seca, também proporcionam grande absorção de nutrientes, especialmente de potássio (K), pois elas tem o efeito em trazer os nutrientes das camadas mais profundas para as mais superficiais do solo, devido a maior produção de raízes e matéria seca, desta forma aumentando a disponibilidade do mesmo para a cultura subsequente (Anghinoni et al.; 2011), contribuindo desta forma, para que menores perdas ocorram por lixiviação e erosão, promovendo a ciclagem deste nutriente.

Cabe ressaltar que a ciclagem de nutrientes em SIPA e, conseqüentemente, a maior eficiência do uso dos mesmos por plantas e animais, está diretamente ligada à velocidade de decomposição dos resíduos vegetais e das excretas. Essa ciclagem se torna mais complexa em sistemas em que os animais estão presentes, uma vez que eles alteram a taxa de ciclagem através da produção de excretas implicando na disponibilidade dos nutrientes a cultura subsequente (Carvalho et al., 2010). Segundo Shariff et al. (1994) o pastejo também pode acelerar a decomposição dos resíduos vegetais, por promover aumento na concentração de nutrientes nos tecidos aéreos das plantas e alterar a qualidade dos resíduos animal e vegetal que retornam ao solo (lignina, relação C/N). De 70 a 90% do potássio ingerido pelos animais é excretado via fezes e urina, sendo que apenas 10 a 30% é excretado via fezes. Aparentemente quase todo o potássio excretado encontra-se na forma iônica, que por sua vez é solúvel e está prontamente disponível para as plantas (Mathews & Sollenberger, 1996).

Outro benefício proveniente do SIPA é a melhoria da qualidade do solo. Os sistemas integrados podem aumentar as concentrações de carbono orgânico do solo, devido ao crescimento contínuo das plantas na área, seja por utilização de pastagens por vários meses ou culturas de exploração vegetal, o não revolvimento do solo, rotação de culturas, e aumento de massa produzida por tempo em decorrência do pastejo e maior ciclagem de nutrientes (Balbinot Jr. et al., 2009; Assmann, 2013). Segundo Salton et al. (2002) as pastagens, principalmente gramíneas, por possuírem sistema radicular fasciculado e agressivo tendem a promover maior agregação do solo, ficando a matéria orgânica protegida no interior dos agregados, evitando sua decomposição, além das raízes facilitarem trocas gasosas e movimentação de água no sistema solo.

Para Conceição et al., (2005) o teor de carbono orgânico (matéria orgânica) é um atributo que pode servir de indicador de qualidade do solo, já que este afeta diretamente os atributos físicos, químicos e biológicos do mesmo.

Campos et al. (1999) avaliando espécies hibernais de cobertura de solo, constataram que o sistema radicular da aveia preta proporcionou maior estabilidade de agregados que a de outras espécies de inverno. Podendo-se afirmar que, em sistemas de manejo que proporcionem boa adição de resíduos ao solo por espécies que apresentem bom desenvolvimento radicular, ocorre maior estabilização dos agregados, promovendo maior proteção física da matéria orgânica no interior dos mesmos.

Várias são as formas pelas quais o carbono pode ser aportado ao solo: pelos resíduos vegetais sobre o solo após a colheita das culturas, raízes das plantas, exsudatos e micorrizas, que primeiramente irão decompor pela ação da mesofauna e, microorganismos do solo (Assmann, 2013). Porém, esses processos dependem das condições ambientais, da capacidade produtiva das espécies vegetais e do sistema de manejo utilizado. Sendo que em áreas de pastejo, as excretas produzidas pelos animais, podem ser um fator de reciclagem de nutrientes e de concentração de carbono no solo.

Inicialmente o acúmulo de carbono orgânico em sistemas integrados com pastagens ocorre na superfície do solo, sendo que com o decorrer do tempo, ocorre acúmulo em profundidade no perfil do solo (Haynes & Williams, 1999). Segundo Dubeux et al. (2004) o aumento de carbono orgânico no solo se deve ao manejo sustentável do mesmo, resultando em melhorias na meio ambiente (sequestro de carbono), nas características químicas (aumento da CTC) e físicas do solo (formação de agregados), proporcionando no aumento da produção e tipos de produtos e da renda do sistema explorado.

Trabalhos apontam que a utilização do SPD promove aumento nos estoques de carbono no solo. Lovato et al (2004) estudando um Argissolo, constatou que o estoque de carbono original na camada de 0 a 17,5 cm passou de 32,5 Mg ha⁻¹ para 36,2 Mg ha⁻¹ no plantio direto, enquanto no convencional diminuiu para 29,6 Mg ha⁻¹. No caso de sistemas florestais, o maior acúmulo de carbono ocorre na parte aérea das plantas. Já as pastagens

apresentam alto aporte de carbono abaixo da superfície do solo, pelo sistema radicular, sendo maior na camada superficial e criando gradiente em profundidade. Lal (2002) atribui ao sistema radicular das pastagens, a grande capacidade de acumular carbono no solo.

A adubação das pastagens também pode potencializar a capacidade das mesmas em acumularem carbono no solo. Shunke (2000) constatou aumento da massa seca de raízes de *Braquiaria decumbens* de 6,8 Mg ha⁻¹ para 7,7 Mg ha⁻¹, e da liteira de 10,9 Mg ha⁻¹ para 12,4 Mg ha⁻¹ com a utilização de adubação potássica e fosfatada. Além do uso direto da adubação, as pastagens podem aproveitar o resíduo da adubação das culturas antecessoras de grãos em SIPA.

Carvalho et al (2009) estudando a dinâmica do carbono em SIPA na Amazônia e no Cerrado, verificaram que a implantação desses sistemas em áreas com sucessão de cultivos provocou aumento nos estoques de carbono no solo, variando de 0,82 a 2,58 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, concluindo que a magnitude do acúmulo no solo depende das culturas implantadas, das condições edafoclimáticas e também do tempo de adoção do SIPA.

Os SIPAs além das vantagens biológicas apresentadas acima possuem várias vantagens econômicas como: diversificação de renda, resultante da produção animal e vegetal na mesma área e aumento de renda por área (Fontaneli et al., (2000); e redução de risco de insucesso econômico, devido a maior diversificação das atividades (Ambrosi et al.,2001). Segundo Moraes et al. (2004) isso ocorre devido ao uso contínuo das áreas durante o ano todo, ao aumento do rendimento animal e vegetal e à redução de custos de produção provocados pelas vantagens biológicas. De acordo com Kluthcouski et al. (2003) o produtor também pode se beneficiar do SIPA de forma ecológica, reduzindo a quantidade de pragas, doenças, menor uso de agrotóxicos e menores risco de erosão, e de forma social, gerando mais empregos e movimentando o produto interno bruto do Brasil.

Apesar dos SIPA apresentarem vantagens em relação aos sistemas não integrados de produção, seu sucesso depende do adequado conhecimento do sistema como um todo. Sendo que o manejo da propriedade deve ser realizado com o objetivo de obter elevados rendimentos, tanto no componente vegetal como no animal. Por isso esse sistema pressupõe a prática de alguns fundamentos básicos: correção da acidez e fertilidade do solo, pois a maioria dos solos do Sul do Brasil possui acidez elevada e baixos níveis de fósforo (Sociedade..., 2004), sendo que a correção destes níveis é fundamental para conseguir alto rendimento das pastagens e das culturas de grãos; uso do sistema plantio direto, pois a manutenção da palhada sobre o solo é fator chave para que o mesmo suporte o pisoteio animal sem que haja compactação (Braidá et al., 2006); rotação de culturas, sendo esta imprescindível para a sustentabilidade do sistema, pois melhora a qualidade do solo, reduz a incidência de doenças, pragas e plantas daninhas além da diversificação da exploração econômica (Balbinot Jr. et al., 2009); uso de genótipos animais e vegetais melhorados, que apresentem característica de alto rendimento, qualidade e rusticidade; e manejo correto da pastagem, principalmente no que se refere a adubação e altura de pastejo.

Segundo Cardoso et al. (2007) o manejo correto das pastagens é fator crucial para o sucesso do sistema. A maioria das espécies forrageiras apresenta elevada resposta produtiva quando adubadas, sendo que a deficiência de nutrientes, principalmente do nitrogênio, fósforo e potássio, comumente encontrado nas pastagens, limitam o rendimento das gramíneas, que são à base da produção de pastagens no Brasil (Soares & Restle, 2002). Assmann et al. (2003) avaliando a adubação nitrogenada em pastagens em sistemas integrados, verificou que a adubação além de aumentar a produção de forragem, melhorou o desempenho das culturas semeadas em sucessão, devido ao aproveitamento do nitrogênio residual.

Independente do método de pastejo utilizado, contínuo ou rotativo, é importante respeitar a altura de plantas recomendada para cada espécie, a fim de obter melhores

rendimentos e qualidade de forragem, melhoria da qualidade do solo e também evitar a compactação do solo devido ao pisoteio. Pastagens pastejadas em excesso apresentam baixo índice de área foliar, conseqüentemente redução da capacidade fotossintética e comprometimento do rebrote. Por outro lado, pastagens mantidas em altura elevadas, apresentam menor qualidade forrageira, devido ao baixo teor de proteína e elevado teor de fibra, reduzindo seu consumo pelos animais, além de ocorrer perdas da pastagem por senescência (Balbinot Jr., et al., 2009).

Apesar das vantagens proporcionadas pelos SIPAs, muitos produtores relutam em adotar esses sistemas, pelo receio de que, a presença de animais nas áreas de lavouras de verão provoque a compactação do solo, e também à maior complexidade do sistema e necessidade de altos investimentos na aquisição de máquinas e implementos (Braz, et al., 2012). A compactação do solo altera a estrutura do solo, aumenta a resistência mecânica ao crescimento de raízes, reduz a porosidade do solo, a disponibilidade de nutrientes e água, e a difusão de gases.

Em partes os produtores tem razão, pois quando a carga animal não é manejada de forma correta, o pisoteio pode resultar em compactação do solo. Segundo Flores (2008) o pisoteio intenso de animais em solos úmidos causa compactação, resultando em redução na macroporosidade, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água nas camadas mais superficiais do solo.

São discrepantes na literatura os resultados quanto ao efeito do pisoteio na compactação de solos cultivados em sistemas integrados. De acordo com Lanzanova et al. (2007), em pastagens de aveia preta e azevém, com períodos de descanso de 14 dias, houve redução da taxa de infiltração de água no solo, quando comparado com a área sem pastejo. Segundo Albuquerque et al. (2001), em solos argilosos o pisoteio animal pode compactar a camada superficial e dificultar o crescimento de raízes e rendimento das culturas. Nicoloso et

al. (2006) ressaltaram que pode ocorrer redução do rendimento das culturas em sucessão quando há manejo inadequado da pastagem.

Por outro lado, Coimbra et al. (1996), ao avaliarem o efeito do impacto animal em áreas de semeadura direta em SIPA, mostraram que os efeitos negativos do pisoteio são revertidos rapidamente após o cultivo da lavoura de verão. Flores et al. (2007) avaliando uma pastagem de aveia consorciada com azevém, verificou que o pisoteio ocasionou pequeno aumento na densidade do solo na camada superficial, em comparação a área não pastejada, porém isso não acarretou em redução da produção da soja semeada em sucessão. O efeito do pisoteio animal sobre as propriedades físicas do solo é limitado às suas camadas mais superficiais, podendo ser temporário e reversível quando a pastagem é bem manejada pelo controle da carga animal, tempo de pastejo, resíduo de forragem pós-pastejo, bem como pelo uso de nitrogênio para melhorar a capacidade de suporte da pastagem, com maior produção de forragem, e causar efeito residual na cultura sucessora (Cassol, 2003).

Vários trabalhos realizados no Sul do Brasil comprovam o potencial de produção de carne e leite em pastagens anuais de inverno (Roso & Restle, 2000; Assmann et al., 2004; Nicoloso et al., 2006; Soares & Restle, 2002; Santos et al. 2002). Segundo Balbinot Jr. et al. (2009) há variações expressivas em termos de ganho de peso vivo por área, velocidade de acabamento de carcaças e produção de leite em pastagens anuais de inverno, pois o desempenho do animal está associado aos fatores que afetam a produção forrageira (método de pastejo, adubação, etc.), a utilização da massa vegetal pelos animais e a conversão da massa vegetal consumida em carne ou leite.

Com relação às culturas, como soja e milho, resultados de pesquisas comprovam que quando o sistema SIPA é conduzido seguindo seus fundamentos, a produção não é afetada negativamente, sendo igual ou até mesmo superior a sistemas exclusivamente agrícolas. Assmann et al. (2003) verificaram que o pastejo de aveia branca e azevém não afetou o

desempenho do milho semeado em sucessão, quando comparado a áreas não pastejadas. Balbinot Jr. (2007) verificou similar rendimento de milho quando foi semeado após pastagem ou cobertura de solo, ambas compostas por aveia preta, azevém, ervilhaca e trevo vesiculoso. Sandini et al. (2011) avaliando doses de nitrogênio em áreas pastejadas e não pastejadas, concluíram que o pastejo não afetou a produtividade de grãos de milho, mas sim o nitrogênio aplicado na pastagem.

Para a cultura da soja, Nicoloso et al. (2006) determinaram que o uso de pastagem de aveia preta consorciada com azevém, manejada com alturas de 10 a 40 cm, não afetou o estabelecimento e rendimento da soja cultivada em sucessão. Santos et al. (2013), não observaram diferenças no rendimento de grãos, na estatura de plantas e na altura de inserção dos primeiros legumes de soja entre diferentes sistemas integrados de produções avaliados. Lunardi et al. (2008) verificaram que a soja cultivada após pastagem de inverno apresentou rendimento de grãos superior à soja cultivada após cobertura do solo, sem pastejo. Ferreira et al. (2011), em experimento de longa duração, avaliando quatro intensidades de pastejo (10, 20, 30 e 40 cm) e uma testemunha sem pastejo, não observaram diferenças entre a presença ou não do animal ou entre as intensidades de pastejo utilizadas, na produtividade da soja em duas safras avaliadas, corroborando com os dados obtidos por Flores et al. (2007) e Lopes et al. (2009). Esses resultados obtidos comprovam que os sistemas integrados podem gerar elevados rendimentos tanto no componente animal como no vegetal.

1.2.2 O POTÁSSIO NO SOLO/PLANTA/ANIMAL

O K é um dos nutrientes mais abundantes nos solos, e em concentrações que variam de 0,3 a 30 g kg⁻¹ de K total. Essas variações são atribuídas aos diferentes processos pedogenéticos que contribuem para a formação de cada solo, pois todo o K existente no solo

provém do material de origem, com teores mais elevados em solos menos intemperizados, como alguns localizados no Sul do Brasil (Nachtigall & Raij, 2005). De 90 a 98% do K total encontra-se na estrutura de minerais primários e secundários (K estrutural) e o restante encontra-se em formas mais disponíveis às plantas, na solução do solo (K solução) (0,1 a 0,2%) ou ligado às cargas elétricas negativas (K trocável) (2 a 8%) (Sparks, 2000).

Segundo Sparks & Huang (1985) o suprimento de K para as plantas se dá pela solução do solo e dos sítios de troca dos colóides do solo que estão em equilíbrio com o K não trocável e com o estrutural dos minerais. De acordo com Raij et al. (1996), nos solos da maior parte da região tropical do Brasil, os colóides são formados principalmente por matéria orgânica, caulinita e óxidos de ferro e alumínio, sendo desta forma o K trocável a fração disponível mais importante às plantas. Porém, o K não trocável e o K dos resíduos vegetais também podem contribuir para a nutrição das plantas.

Em solos com baixos teores de potássio, pode ocorrer a passagem de K trocável para formas não trocáveis, fato comprovado por Rosolem et al. (2006), em que verificaram que o K lixiviado da palhada do milho e provindo da adubação, elevaram os teores de K não trocável do solo. De acordo com Melo et al. (2003) pode-se ter ausência de respostas de produtividade das culturas frente às aplicações de fertilizantes potássicos, quando as formas de K não trocáveis contribuem com a maior parte do K absorvido pelas plantas, podendo ocorrer desperdícios de adubo, aumento dos custos de produção e potenciais riscos de contaminação ambiental. Brunetto et al. (2005) relatam que é possível obter altas produções com baixas doses de potássio, pelo fato da fração argila apresentar minerais ilíticos e K em formas não trocáveis. O K ligado à fase sólida do solo está em equilíbrio com o K da solução, sendo que, quando ocorre absorção de K do solo pelas plantas, o K da solução tende ser repostado pela liberação de K da fase sólida (Nachtigall & Vahl, 1991).

Segundo Meurer & Anghinoni (1993) a capacidade de troca de cátions (CTC) está relacionada ao teor de argila, que por sua vez está relacionada à capacidade de retenção de água no solo, e que afeta diretamente a difusão de K até as raízes. Esse é o principal mecanismo de transporte de K no solo, apesar de o fluxo de massa contribuir significativamente quando a concentração de K no solo é elevada (Ruiz et al. (1999). Segundo Mielniczuk (1982) a CTC varia em função do teor de matéria orgânica, do tipo e da quantidade de argila e do pH, e é quem determina a relação de K trocável: K da solução do solo, sendo que para uma mesma quantidade de K total haverá menos K na solução em solos com alta CTC, o que pode diminuir perdas de K por lixiviação, menor retirada desnecessária de K pelas plantas e maiores reservas do mesmo para as culturas.

Segundo Malavolta & Crocomo (1982) o potássio está relacionado ao metabolismo e formação de carboidratos, a quebra e translocação do amido, atuando no metabolismo do nitrogênio e na síntese de proteína, controle e regulação da atividade de vários nutrientes, ativador de enzimas, promotor do crescimento de tecidos meristemáticos e ajuste da relação entre o movimento estomatal e a água. Huber & Anry (1985) relataram que o potássio tem relação com a redução da ocorrência e severidade de doenças e, plantas, agindo na redução do potencial de inóculo e elevando o acúmulo de fitoalexinas e fenóis ao redor dos sítios de infecção. De acordo com Mascarenhas et al. (1988) este nutriente possui grande destaque na cultura do soja, pois ajuda na formação de nódulos, reduz a deiscência de vagens, aumenta o teor de óleo nas sementes e, também beneficia seu vigor e qualidade, além de aumentar a resistência ao fungo causador da doença cancro da haste (*Diaporthe phaseolorum sojæ*).

Dos nutrientes minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas, o potássio é o segundo após o nitrogênio, e não possui função estrutural no metabolismo vegetal, permanecendo quase totalmente na forma iônica nos tecidos (Marschner, 1995). No caso da cultura da soja, o nitrogênio atualmente é suprido pela fixação biológica, já o potássio deve

ser aplicado no solo via fertilizantes, pois a maioria dos solos brasileiros em que a soja é cultivada encontra-se em regiões tropicais com baixos níveis desse nutriente (Silva & Lazarini, 2014). Segundo Malavolta (1993) altos teores de potássio no tecido foliar estão associados à elevada produtividade das culturas, e de acordo com Borkert et al.(1997), uma produtividade de soja em torno de 3000 kg ha^{-1} está relacionada a teores acima de $17,1 \text{ g kg}^{-1}$ de K nas folhas, na época da floração.

Na soja, o período de maior exigência de potássio se dá no estágio de crescimento vegetativo, cuja velocidade máxima de absorção ocorre aos trinta dias que antecedem ao florescimento (Tanaka et al. 1993). Já Bataglia & Mascarenhas (1978) mostraram que existe uma maior exigência do nutriente no estágio de crescimento vegetativo, sendo máxima, a velocidade de absorção, no período de trinta a sessenta dias após a semeadura, na fase de pré-florescimento.

A absorção desse nutriente pelas plantas é feita na forma iônica, K^+ , e o transporte do mesmo na planta é feito tanto pelo floema como pelo xilema, e a sua redistribuição pelo floema bastante fácil, com o potássio se deslocando dos órgãos mais velhos para os mais novos ou para frutos em desenvolvimento (Malavolta et al.,1997). Devido a essa mobilidade dentro da planta, sintomas de deficiência surgem primeiramente nas folhas mais velhas das plantas, apresentando clorose nas bordas das folhas, seguido de necrose. Segundo Ernani et al. (2007), redução do crescimento das plantas, retardamento de frutificação e frutos de menor tamanho são alguns dos problemas causados pela deficiência de potássio.

Nos tecidos vegetais o K se encontra na forma livre, podendo após a senescência, ser facilmente removido pela água (Mielniczuk, 2005), sendo essa lavagem de nutriente muito importante, pois promove a ciclagem e a fertilização das camadas superficiais do solo. Cottica et al. (1999) observaram que, após 55 dias da dessecação da aveia preta, o teor de K na palha havia diminuído em 92%. Segundo Marschner (1995) o potássio não é metabolizado na planta

e forma ligações de fácil reversibilidade com moléculas orgânicas. Portanto, após a senescência das plantas, ele retorna rapidamente à solução do solo, se tornando disponíveis às plantas (Epstein & Bloom, 2006). Rosolem et al. (2003) verificaram rápida saída de K dos resíduos vegetais para o solo, e a perda do mesmo pela enxurrada. Portanto, o K da parte aérea das plantas de cobertura pode ser uma fonte importante do mesmo para as culturas subsequentes (Rosolem et al., 2006).

A retenção de nutrientes consumidos em produtos de animais ruminantes como carne, leite, lã, entre outros é baixa, e varia de 5 a 30%, dependendo do tipo do produto. Além disso, a retenção dos mesmos pelos animais é influenciada pela idade, estágio de lactação, quantidade ingerida, etc. (Wilkinson & Lowrey, 1973). Portanto, o retorno dos nutrientes para a pastagem via excretas, é o maior componente do seu ciclo (Rotz et al., 2005), e o efeito da ciclagem de K, através do animal é aumentar a disponibilidade do nutriente. Teixeira (1987) verificou que de $51,33 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K consumido pelos animais, somente 0,86% ficou retido nos mesmos, sendo a maior parte retornada a pastagem via fezes e urina. Do total de K retornado ao solo pelos animais, 70 a 90% é excretado via urina, na forma iônica, solúvel em água e prontamente disponível para ser absorvido pelas plantas (Haynes & Williams, 1993). Esses mesmos autores, verificaram que o retorno de K via fezes é de 45 kg ha^{-1} , quando animais pastejaram em áreas com produção de 15 Mg ha^{-1} de matéria seca. Rodrigues et al. (2008) verificaram que a produção média de urina animal pode variar de 7,2 a $20,4 \text{ L animal}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, e a concentração de K na mesma de 180 a 310 g L^{-1} .

Segundo Haynes & Williams (1993), é muito heterogênea a distribuição espacial de placas de fezes e urina contendo K, sendo que a uniformização da distribuição das excretas pode ser melhorada com aumento da densidade de lotação animal (Peterson & Gerrish, 1996). Segundo Oliveira (2008) até 34% da área pode ser atingida com a distribuição de fezes e urina, sendo a área, dependente do manejo adotado, como pastejo rotativo ou contínuo,

lotação e pressão de pastejo. Por isso, animais pastejando possuem papel fundamental na ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta animal, e tem influência na fertilidade dos solos pelo retorno de excretas.

1.2.3 ADUBAÇÃO ANTECIPADA DE SISTEMAS: ÊNFASE NA ADUBAÇÃO POTÁSSICA

Nas pesquisas agronômicas, são comuns trabalhos sobre modos de aplicação de fertilizantes, visando reduzir perdas por lixiviação e aumento da eficiência de uso nas lavouras. Segundo Lopes (2005) o cloreto de potássio (KCl) é a principal fonte de potássio utilizada nas culturas produtoras de grãos, sendo que este sal é altamente solúvel em água, e o íon K^+ apresenta baixa força de adsorção aos colóides do solo. Segundo Bernardi et al. (2009), em solos arenosos, com baixa capacidade de troca de cátions (CTC), a aplicação de altas doses de potássio, no sulco de semeadura, deve ser evitada, afim de evitar o efeito salino e devido às perdas por lixiviação. Por isso doses elevadas devem ser reduzidas na semeadura, e o restante pode ser aplicado em cobertura, no período de maior exigência da cultura. Sendo desta forma recomendado o parcelamento de doses de K_2O acima de 60 a 80 kg ha⁻¹ (Raij et al., 1997). Em solos argilosos, com alta CTC, há menos potássio na solução do solo e mais ligados aos colóides, fato que contribui na redução de perdas por lixiviação dos nutrientes, porém deve se considerar que nesse tipo de solo, a adubação tardia, em cobertura a lanço, pode não ser eficiente (Johnston, 2000).

Segundo Silva & Lazarini (2014) em áreas aonde vem sendo cultivada soja há vários anos com aplicações corretas de potássio, geralmente o teor desse nutriente tende a manter equilíbrio no solo, chegando a níveis de bom a alto, tendo no solo potássio suficiente para a planta por determinado período. De acordo com Zancanaro et al. (2009) nestes casos, os cuidados recaem sobre a quantidade de potássio exportados pela colheita da soja, que são

próximas de 20 kg ha^{-1} de K_2O para cada 1000 kg ha^{-1} de grãos. Além da exportação também devem-se considerar as perdas por lixiviação e erosão. Por isso a adubação de manutenção para repor as quantidades exportadas e perdidas deve ser realizada. Em tese, a grande quantidade de potássio exportada pelos grãos, implicaria na necessidade de usar doses mais elevadas do que aquelas atualmente recomendadas nas diversas regiões produtoras do Brasil, onde são obtidas altas produtividades, devido ao uso de cultivares com maior potencial genético.

Com a adoção de um sistema de produção conservacionista, como o SPD e a entrada de plantas de cobertura no sistema, incluindo forrageiras em SIPA, a dinâmica de nutrientes no solo, neste caso o potássio é alterada, exigindo novas linhas de pesquisa cujos resultados possam direcionar os produtores para o manejo eficiente do uso de fertilizantes, e ainda criar alternativas que facilitem as operações no campo (Carvalho et al., 2012).

Uma das alternativas que vem surgindo é a adoção da técnica conhecida como “adubação de sistema”, que consiste na antecipação da aplicação total ou parcial da dose recomendada de fertilizante, para a cultura de verão, no momento da adubação da cultura antecessora, na forma de adubação à lanço ou incorporada (Francisco et al., 2007). Essa prática apresenta vantagens operacionais, tais como maior flexibilidade de uso de máquinas e mão-de-obra e, e aproveitamento da umidade do solo ideal para o plantio, corroborando para melhorar o rendimento operacional no processo de instalação da lavoura, visto que um dos fatores determinantes para a obtenção de elevada produtividade na cultura da soja é a semeadura em época recomendada, pois o desenvolvimento da planta é influenciado pela variação do fotoperíodo e da temperatura (Peixoto et al., 2000). Essa prática possui muitas outras vantagens como a redução de custos, otimização das operações, diminuição da quantidade de adubos na linha de semeadura, redução da perda por lixiviação dos nutrientes e aumento do desenvolvimento vegetativo da cultura de cobertura, e rendimentos das culturas

agrícolas (Foloni & Rosolem, 2008; Francisco et al., 2007; Matos et al., 2006; Silva & Lazarini, 2014). Além do mais, tem sido observados incrementos nos rendimentos de grãos de soja decorrentes da antecipação da adubação potássica e fosfatada em plantas de cobertura (Francisco et al., 2007).

Outra vantagem da adubação antecipada na cultura antecessora, é o maior desenvolvimento vegetativo dessa cultura de cobertura do solo e evitar que as mesmas sofram com deficiência nutricional, que por sua vez, acarretará em incremento de matéria orgânica para o agroecossistema, melhorando a conservação do solo, a manutenção da umidade e a reciclagem de nutrientes (Silva & Rosolem, 2001). Pois após a dessecação da cultura de cobertura, os nutrientes serão liberados pela decomposição, via mineralização da matéria orgânica, passando para as formas disponíveis e poderão ser absorvidos pela cultura sucessora, auxiliando na ciclagem de nutrientes no sistema (Carvalho et al., 2012).

Segundo Marshner (1995) o potássio não possui função estrutural no metabolismo vegetal, permanecendo quase que totalmente na forma iônica nos tecidos. Como o potássio dos restos vegetais não fica incorporado às cadeias carbônica, pois permanece na forma iônica, após a senescência das plantas ele volta rapidamente ao solo em forma prontamente disponíveis para as culturas, tornando a palhada um reservatório considerável de potássio a curto prazo (Rosolem et al., 2007). Assim em SPD, as quantidades de potássio na parte aérea das plantas de cobertura constituem uma fonte expressiva do nutriente para as culturas subsequentes, por isso a opção de se usar plantas de cobertura que tenham alta capacidade de produção de matéria seca e de absorção de potássio.

Borkert et al.(1993) apontam a aveia-preta como sendo uma espécie de cobertura com alta capacidade recicladora de potássio do solo, por apresentar elevado teor deste nutriente na sua parte aérea, além de possuir sistema radicular profundo, permitindo trazer o potássio contido nas camadas mais profundas do solo para as mais superficiais. Cultivo de plantas com

diferentes capacidades em absorver potássio causam impacto no solo, podendo modificar as formas de potássio adsorvidas com alta energia, pois alguns estudos indicam a capacidade de algumas espécies (*B. brizantha* e *B. decumbens*) em absorver formas consideráveis não-trocáveis de potássio, fazendo com que muitas vezes não se obtenha resposta à adubação potássica, principalmente em solos argilosos, onde a reserva de potássio é maior (Garcia et al., 2008).

Dentro dos sistemas de produção, o manejo das culturas quando bem conduzidos pode também reduzir as perdas por lixiviação de potássio. Pois nos sistemas sem intervalos de pousio, o potássio permanece a maior parte do tempo no tecido vegetal vivo, ficando protegido destas perdas. Além disso, ocorre melhora gradativa das condições de pH e matéria orgânica, promovendo elevação da CTC do solo e também diminuição das perdas por lixiviação (Rosolem et al., 2007). Segundo Franchini et al. (1999), a palhada das plantas de cobertura proporciona a liberação de ácidos orgânicos na superfície do solo, alterando a ordem de lixiviação de cátions no solo e permitindo acúmulo de potássio nas camadas mais superficiais com maior lixiviação de cátions divalentes ou trivalentes.

A antecipação da adubação potássica dos sistemas tem se mostrado uma prática eficiente, pois além dos aspectos operacionais e do incremento de matéria orgânica ao sistema, essa eficiência se deve à capacidade cicladora das plantas de cobertura e a rápida liberação de potássio após a senescência. Ou seja, as plantas de cobertura absorvem quantidades expressivas de potássio e o liberam, por ocasião da senescência, de forma rápida e prontamente disponível no solo, o que pode acontecer em sincronia com a cultura cultivada em sucessão (Castoldi et al., 2012).

Num estudo conduzido durante três safras agrícolas em Latossolo vermelho de textura média, em Botucatu-SP, Foloni & Rosolem (2008) verificaram que a antecipação da adubação potássica na semeadura do milho não comprometeu o acúmulo de potássio e nem a

produtividade da soja em sucessão e ainda minimizou a exportação de potássio nos grãos de soja. Bernardi et al. (2009) em estudo realizado em Latossolo vermelho de textura argilosa, demonstraram que a antecipação da adubação potássica do algodoeiro para o milho foi mais eficiente que a adubação convencional, realizada no sulco de semeadura e em cobertura no algodoeiro.

Em pesquisas realizadas por Guareshi et al. (2008) e Santos & Vargas (2012), avaliando a melhor época de aplicação de potássio para cultura da soja (antecipada, semeadura e em cobertura), observaram que não houve diferença de produtividade de grãos de soja entre as épocas de aplicação de potássio, comprovando a eficiência da adubação antecipada.

Silva & Lazarini (2014) avaliando o estudo de doses e épocas de aplicação de potássio para a cultura da soja cultivada em sucessão a plantas de cobertura em sistema de plantio direto num Latossolo Vermelho distroférico argiloso na região de cerrado, não obtiveram resposta a doses de potássio aplicadas. Podendo a adubação potássica ser aplicada totalmente antecipada na cultura de cobertura, na semeadura ou em cobertura na cultura da soja, obtendo nesse trabalho produção média de soja de 2395,6 kg ha⁻¹. Francisco et al. (2007) e Silva et al. (2013) também verificaram que a aplicação de potássio quando a aplicado superficialmente em SPD, independente da época de aplicação (antecipada ou em cobertura) acrescentaram ganhos significativos em produtividade por hectare, quando comparado ao tratamento em que não se aplicou fertilizantes.

Embora hajam diversos resultados de pesquisa comprovando a eficiência da antecipação da adubação potássica para as culturas de cobertura, e a eficiência de espécies gramíneas como recicladora de potássio, em sistemas exclusivamente agrícolas, há carência de informações incluindo a antecipação do adubo potássico para a cultura da aveia-preta+azevém e a sua disponibilidade para a cultura da soja cultivada em sucessão,

especialmente em sistemas integrados de produção agropecuária, sobretudo na região Sul do Brasil.

CAPÍTULO 2. ADUBAÇÃO TOTAL DE POTÁSSIO EM PASTAGEM HIBERNAL
INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA

ADUBAÇÃO TOTAL DE POTÁSSIO EM PASTAGEM HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA

2.1 RESUMO

O trabalho foi realizado no período de maio de 2013 a março de 2014 com objetivo de avaliar os efeitos da adubação antecipada do potássio em SIPA sobre a produção de matéria seca da pastagem de aveia+azevém, rendimentos da cultura da soja em sucessão, e os níveis do potássio no solo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, consistindo um fatorial 2 x 2 em parcela subdividida, sendo o primeiro fator Pastejo (Com e Sem) e segundo as épocas de aplicação de potássio (na pastagem e na soja). A época de aplicação do potássio não afetou a produção de matéria seca total e nem da matéria seca residual da pastagem, porém estes foram afetados pelo pastejo. A ausência de pastejo, apesar de propiciar menor ciclagem de K, resultou em maiores teores do nutriente no solo, principalmente nas camadas mais superficiais, em relação às áreas com pastejo, provavelmente pela exportação de nutrientes via fezes e urina, devido ao manejo do pastejo ter sido rotativo. O pastejo não afetou negativamente a produtividade de grãos de soja, entretanto, o K aplicado na pastagem proporcionou menor rendimento de grãos, que quando aplicado na soja.

Termos para indexação: adubação de sistema, aveia e azevém, integração lavoura-pecuária.

TOTAL POTASSIUM FERTILIZATION IN INTEGRATED WINTER PASTURE TO SOYBEAN

2.2 ABSTRACT

The study was held from May 2013 to March 2014 to evaluate the effects of early potassium fertilization on integrated crop-livestock systems on the dry matter production of oat + ryegrass pasture, soybean yield in succession, and potassium levels in the soil. The experimental design was a randomized block design with four replications, consisting factorial 2 x 2 in a split plot, the first factor was Grazing (with and without) and the second factor was Potassium Application Time (on the pasture or on the soybean). The Potassium Application Time did not affect the production of dry matter and neither the residual pasture dry matter but, these were affected by Grazing Factor. The absence of grazing, although has reduced the cycling K in the system soil-plant, resulted in higher nutrient levels in the soil, especially in the surface layers, in relation to areas with grazing. Probably due to the nutrients exportation via feces and urine since the animals were removed from the plots after one hour of grazing. Grazing did not affect the productivity of soybeans, however, in the plots where K fertilizers were applied just the on the pasture phase, the soybean yield was lower in relation to the plot that received K fertilization in the soybean phase.

Key- words: system of fertilization, oats and ryegrass, Integrated Crop-Livestok Systems

2.3 INTRODUÇÃO

O Brasil na atual conjuntura econômica tem crescente a demanda de aumento na produtividade e rentabilidade das suas propriedades rurais, para que os produtores continuem na atividade agropecuária. A partir disso surgem os Sistemas de Integração Lavoura Pecuária (ILP), atualmente denominados Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) (Carvalho et al., 2014), proposta de diversificação das atividades na propriedade com a inserção da pecuária em áreas antes utilizadas somente com lavoura no verão e alguma cultura de cobertura na entressafra (Balbinot Jr. et al. 2009)

A sustentabilidade dessas integrações fundamenta-se no manejo do solo, das plantas forrageiras e das culturas comerciais, e dos animais de forma que, ao mesmo tempo, não cause restrições ao ambiente radicular e produza quantidades de resíduos suficientes para a consolidação do sistema (Ferreira et al.; 2011). A presença dos animais nas pastagens influencia a ciclagem e a distribuição dos nutrientes no solo, pela desfolhação das plantas, e o seu retorno ao solo, via excreção como esterco e urina (Nascimento Jr. & Cavalcante, 2001), além de trazer nutrientes como o potássio (K), das camadas mais profundas para as mais superficiais do solo, devido a maior produção de raízes e matéria seca, aumentando a disponibilidade do mesmo para a cultura subsequente (Anghinoni et al.; 2011).

Conceitos como “adubação de sistema”, que consiste na antecipação da aplicação total ou parcial da dose de fertilizante recomendada para a cultura de verão, no momento da adubação da cultura antecessora, sobre a qual será efetuada a semeadura direta da cultura de verão (Francisco et al.; 2007), ganha força na agricultura moderna com a crescente demanda de redução de custos e aumento de produtividade, além das preocupações ambientais (Castoldi et al. 2012). A adubação antecipada tem como vantagem a formação de palhada para a semeadura direta, gerando incremento de matéria orgânica para o sistema, favorecendo a conservação do solo, a manutenção da umidade e a ciclagem de nutrientes, que por

mineralização da matéria orgânica, passarão as formas disponíveis à cultura de verão em sucessão (Silva & Rosolem, 2001).

De acordo com Marschner (1995), o K desempenha papel fundamental no desenvolvimento e produção da soja, sendo o segundo nutriente mineral requerido pelas plantas em termos de quantidade, inferior apenas para o nitrogênio (N). Sendo que para a cultura da soja, o N atualmente é suprido pela fixação biológica, já o K deve ser aplicado no solo via fertilizantes (Tanaka et al. 1993). Por não possuir função estrutural no metabolismo vegetal, o K permanece na forma iônica nos tecidos, sendo assim, como o K nos restos vegetais não fica ligado as cadeias carbônicas da matéria orgânica do solo, após a senescência das plantas ele retorna ao solo rapidamente em forma prontamente disponível para as culturas (Rosolem et al., 2003).

Devido à exigência de K em grandes quantidades pela cultura da soja, doses, épocas e métodos de aplicação dos fertilizantes potássicos são amplamente estudados e utilizados no Brasil em sistemas exclusivamente agrícolas, principalmente em SPD, sendo poucos os estudos em SIPA. Portanto, a soja como cultura sucessora a pastagem hiberna ocupada por ruminantes e com a aplicação de K sobre a pastagem, poderia proporcionar além da produtividade animal e vegetal, a adição de resíduos com maiores teores de K que seriam disponibilizados à cultura da soja em sucessão, possibilitando a manutenção do sistema integrado a médio e longo prazo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos da adubação antecipada do potássio em SIPA sobre a produção de matéria seca da pastagem de aveia+azevém, sobre os caracteres produtivos e produtividade da cultura da soja em sucessão, e os níveis do potássio no solo após cada cultivo.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 03 de maio de 2013 a 24 de março de 2014, na Fazenda Santo Antonio, município de Pato Branco-PR, com coordenadas 26°07'S e 52°41'W, altitude de 700 m. O clima da região é o subtropical úmido do tipo (Cfa), conforme classificação de Köppen (Maack, 1968), sendo que na Figura 1 estão apresentados os dados meteorológicos observados durante o período experimental. De acordo com Bhering et al. (2008) o solo predominante na área pertence à unidade de mapeamento LATOSSOLO VERMELHO distroférico úmbrico, de textura argilosa, com 54% de argila, 25% de silte e 21% de areia, formado a partir de derramamento basáltico. A Tabela 1 apresenta características químicas do solo coletadas antes da implantação do experimento.

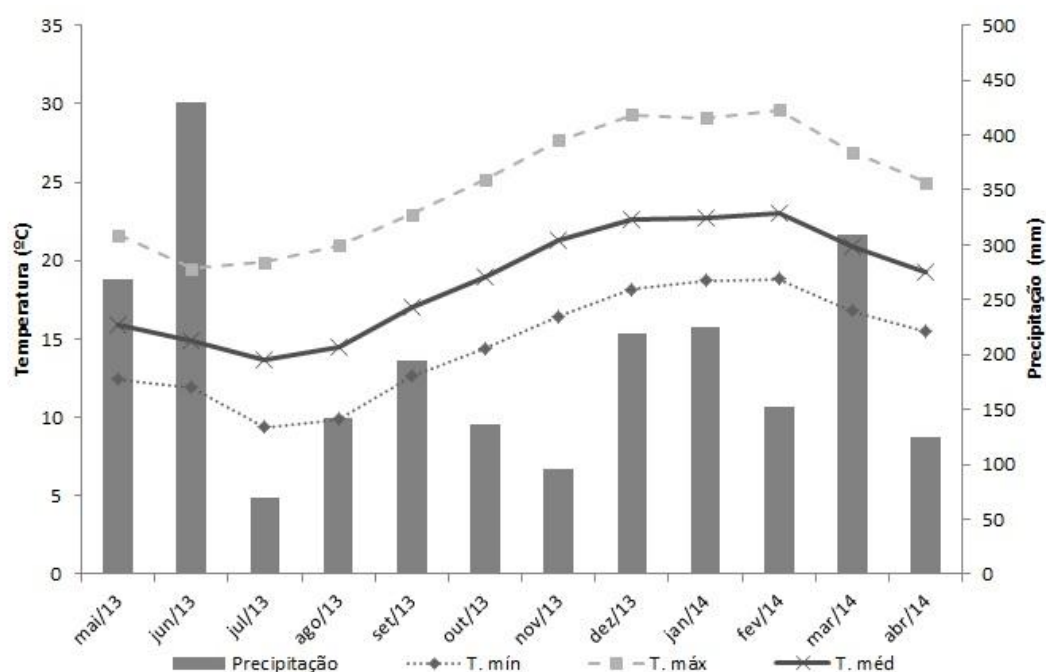


Figura 1 Dados meteorológicos (Precipitação e Temperatura) observados durante o período de maio de 2013 e abril de 2014. Pato Branco - PR, 2016.

A área experimental vem sendo utilizada no sistema plantio direto, sendo que nos dois últimos anos foi realizada a sucessão rotação de soja no verão e aveia preta+avevém no inverno.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, consistindo um fatorial 2 x 2 em parcela subdividida, sendo o primeiro fator Pastejo (Com e Sem) e segundo as épocas de aplicação de potássio, na pastagem (Kpast) e na cultura da soja (Ksoja), resultando em 4 tratamentos por bloco. O fator Pastejo caracterizou as parcelas e a época de aplicação de potássio as subparcelas, arranjado desta forma pela facilidade operacional. Para as variáveis de solo analisadas o experimento foi um fatorial, 2 x 2 x 4, em blocos ao acaso com parcelas subdivididas. A área experimental ocupou um total de 1280 m², e as unidades experimentais foram as subparcelas de 80 m² (10 x 8 m).

Tabela 1 Características químicas do solo antes do início do experimento. Pato Branco – PR, 2016.

Camada	pH	MO	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	K ⁺	P	V	CTC
Cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----			-----		mg dm ⁻³	---%--	----
0-2,5	5,2	64,3	8,47	2,67	0,00	5,01	0,60	25,5	70,1	16,7
2,5-7,5	5,0	53,6	7,11	2,60	0,05	5,47	0,45	9,88	65,3	15,7
7,5-15	4,7	50,9	5,21	2,31	0,12	7,13	0,23	6,52	52,1	14,9
15-30	4,4	48,2	3,57	1,38	0,82	7,2	0,15	6,12	46,9	10,9

MO=Matéria orgânica; V= Saturação por bases;

A semeadura da aveia-preta IAPAR 61 (*Avena Sativa*) foi realizada no dia 03 de maio de 2013 utilizando 60 kg ha⁻¹ de semente e em espaçamento entre linhas de 17 cm, e o avevém (*Lolium multiflorum* Lam.) se estabeleceu por ressemeadura natural. No momento da semeadura foi realizada a adubação de base com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de fosfato super simples. E adubação de cobertura constou de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado no início do perfilhamento da aveia.

Nos tratamentos com K na pastagem (Kpast), a adubação potássica foi realizada em cobertura no início do perfilhamento da aveia+avevém, utilizando cloreto de potássio como fonte de K. A quantidade de potássio aplicada foi de acordo com a recomendação da CQFRS

(2004) para a cultura da soja, numa quantidade equivalente a 95 kg ha^{-1} de K_2O , sendo que para se obter a quantidade de potássio que deveria ser aplicado, fez-se uma média ponderado do teor de potássio presente no solo na camada de 0 – 30 cm, e posteriormente fez-se a equivalência para a camada de 0-20 cm. Já nos tratamentos com aplicação de K na cultura da soja (Ksoja), 60 kg ha^{-1} de K_2O foi aplicado na linha no momento da semeadura da soja (formulado 6-16-16), e 35 kg ha^{-1} de K_2O foi aplicado em cobertura (na forma de cloreto de K), quando as plantas já apresentavam o terceiro trifólio, procurando-se evitar possíveis danos com salinização.

Nos tratamentos com pastejo foi utilizado o método de pastoreio rotativo, em que os animais entravam nos piquetes no momento em que a pastagem atingisse 25 cm de altura, e permaneciam no piquete até rebaixarem a pastagem à altura de 15 cm, momento de saída. Os animais eram bovinos da raça Charolês, com aproximadamente 250 kg de peso vivo, e permaneciam nos piquetes por aproximadamente 90 min, depois eram deslocados para outras áreas. Semanalmente eram realizadas as avaliações de altura do dossel das plantas com um bastão graduado (*Sward stick*) para determinar o momento de entrada e saída dos animais dos piquetes. Após o final do período de pastejo, no dia 30 de outubro de 2013 a área foi dessecada com glifosato, e no dia 06 de novembro realizado a semeadura da soja (*Glycine Max* Mehill), cultivar Dom Mario 5.9i (Alvo), na densidade de 240.000 sementes por hectare. As sementes foram inoculadas com inoculante comercial turfoso Masterfix®, com as estirpes Semia 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*) e Semia 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*) na dosagem de 200g para 50 kg de semente, e a adubação de fósforo para a cultura constou de 50 kg ha^{-1} de P_2O_5 . Os controles de plantas daninhas e fitossanitários foram realizados de forma preventiva a fim de proporcionar o melhor desenvolvimento das culturas.

As variáveis avaliadas foram: teor de potássio no solo (K solo , $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), produção de matéria seca total da pastagem (MST, kg MS ha^{-1}), produção de matéria seca residual da

pastagem (MSR, kg MS ha⁻¹), teor de potássio na matéria seca residual (K MSR, %), produtividade da soja (kg ha⁻¹), peso de mil grãos (g), grãos por planta, vagem por planta, número de grãos por vagem e teor de K no grão.

Para a análise de teor de potássio no solo, foi realizada a coleta de solo no final do ciclo da pastagem e após colheita da soja, sendo feita a amostragem de solo em quatro profundidades: 0 - 2,5 cm; 2,5 - 7,5 cm; 7,5 - 15 cm e 15 - 30 cm. As análises foram realizadas segundo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Para a determinação da produção de matéria seca total (MST) nos tratamentos com pastejo, foi mensurada a massa de forragem nas condições de pré e pós-pastejo, por meio do corte rente ao solo de dois quadros de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m²) em cada parcela. As amostras após coletadas foram pesadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C até peso constante. O acúmulo de forragem (kg MS ha⁻¹) foi calculado a partir da diferença entre a massa de forragem no pré-pastejo atua e no pós-pastejo anterior. E a produção de matéria seca total no período experimental foi calculada pelo somatório do acúmulo de forragem parcial em cada ciclo de pastejo e a produção de matéria seca residual (MSR). Para os tratamentos sem pastejo a avaliação da produção de matéria seca total foi realizada no final do ciclo da aveia+azevém, sendo coletadas duas amostras de 0,25 m² cada, rente ao solo.

Após determinado o último pastejo, foram coletadas a matéria seca residual de todas as parcelas por meio de um quadro amostral de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m²). As amostras foram pesadas e levadas para estufa de circulação forçada de ar a 55°C até peso constante, posteriormente foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1mm e determinado o teor de K na matéria seca residual, pelo método sugerido por Tedesco et al. (1995).

As plantas de soja foram colhidas manualmente, cinco a oito dias após o estágio de desenvolvimento R8, ou seja, quando 95% das vagens apresentavam a coloração típica de vagem madura (FEHR et al., 1971). A contagem do número de vagens por planta, número de

grãos por vagem e número de grãos por planta foi realizada manualmente, sendo utilizadas para esta avaliação 10 plantas por unidade experimental.

A produtividade de grãos foi determinada utilizando amostras do peso de grãos de 9 metros linear (4,05 m²), estimando-se esta para um hectare. Para o cálculo do rendimento, o grau de umidade das sementes, foi corrigido para 13%. Em seguida, determinada a massa de mil sementes, por meio da pesagem de quatro subamostras de 100 sementes, para cada repetição, com o auxílio de balança analítica com precisão de um miligrama. Posteriormente a colheita foi realizada a determinação do teor de K dos grãos de soja, os grãos foram secos em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até peso constante e posteriormente moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1mm e determinado o teor de K pelo método sugerido por Tedesco et al. (1995).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico Statigraphic Plus 4.1 sendo realizado teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 2 efeito significativo do fator pastejo (com e sem) para as variáveis: produção de matéria seca total (MST) e matéria seca residual (MSR). Para a produção de matéria seca total observou-se que as áreas pastejadas produziram em média 7825,6 kg ha⁻¹ de MS e as áreas Sem Pastejo produziram 9260 kg ha⁻¹ de MS. Adami (2012) avaliando diferentes intensidades de pastejo em sistemas rotativo, também verificou diferença significativa para a produção de matéria seca total; pois de acordo com Da Silva & Pedreira (1997), o pastejo afeta a área foliar e a interceptação de luz pelo dossel, conseqüentemente afetando as taxas de fotossíntese e a capacidade de produzir novas folhas. Essas alterações no

processo fotossintético, principalmente no pastejo rotativo, devido à desfolhação intensa em curto período de tempo, afetam a taxa de acúmulo e a produtividade total de matéria seca.

Tabela 2 - Valores de F, produção de matéria seca total (MST), matéria seca residual (MSR) e teor de K na matéria seca residual (K MSR) da forrageira, em função da época de aplicação de potássio e do pastejo (com e sem). Pato Branco –PR, 2016.

Tratamentos	MST	MSR	K MSR
	Kg ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	%
Pastejo (A)			
Com	7825,6 b	3833,4 b	2,01
Sem	9260,0 a	9260,0 a	1,94
Época Aplicação (B)			
K na Pastagem	8680,25	6621,9	2,04
K na Soja	8405,35	6471,5	1,91
Valor de F			
Patejo (A)	118,40*	759,16*	0,58 ns
Época (B)	1,87 ns	0,93 ns	1,86 ns
A x B	0,18ns	1,81 ns	2,00 ns
CV (%)	9,46	43,18	17,61
Média Geral	8542,8	6546,7	1,98

Ns não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A não observação de efeito de época de aplicação de potássio na produção de matéria seca da aveia corrobora com os resultados obtidos por Segatelli (2008), que avaliando a antecipação da adubação fosfatada e potássica da soja para o capim-galinha (*Eleusine coracana* L. Gaerth) durante três anos de experimentação, verificou que nos dois primeiros anos não houve diferença estatística entre os tratamentos, mostrando que a antecipação da adubação da soja para o capim –galinha não acarretou em aumentos na produção de matéria seca pelo mesmo. Porém no terceiro ano de avaliação e na média dos três anos, verificou-se que a antecipação da adubação da soja para o capim-galinha acarretou em maiores produções, indicando que com a antecipação da adubação fosfatada e potássica recomendada para a cultura da soja, a produção de matéria seca do capim pode ser incrementada.

Além da produtividade de forragem, o pastejo alterou a quantidade de matéria seca residual (Tabela 2). Isto se deve ao fato de que com o pastejo ocorre redução da área de folhas, uma vez que existe uma relação inversa entre a massa de forragem e a intensidade de

pastejo (Pontes et al., 2004). De acordo com Davidson & Milthorpe (1966) também ocorre esgotamento das reservas das plantas ocasionando redução no crescimento e na matéria seca residual. As quantidades de matéria seca residual verificados neste trabalho foram superiores aos encontrados por Flores et al. (2007), que obtiveram quantidades de matéria seca residual variando de 1850 a 6050 kg ha⁻¹ de MS respectivamente para o tratamento manejado a 10 cm de altura e o tratamento sem pastejo, indicando que a altura de manejo do pastejo adotado é fator determinante para a quantidade de matéria seca residual. Resultados semelhantes foram obtidos por Silveira et al. (2012) e Janssen (2009) que verificaram diminuição na matéria seca residual de aveia e azevém pastejados, quando comparados a sistemas de forrageiras para cobertura de solo.

Para teor de potássio na matéria seca residual (Tabela 2) não se observou efeito significativo da época de aplicação de K e nem do pastejo. Francisco et al. (2007) trabalhando com antecipação da adubação da cultura da soja para o capim-de-galinha em sistema exclusivamente agrícola, observou diferença significativa na concentração de K na parte aérea do capim, sendo maior nos tratamentos que não receberam aplicação de K antecipada e menor naqueles que receberam e com elevada produção de matéria seca. Fato atribuído ao efeito de diluição da concentração do nutriente causado pela maior quantidade de matéria seca produzida.

Para teor de potássio no solo após a fase da pastagem verificou-se interação significativa entre pastejo (com e sem) e profundidade de amostragem e entre época de aplicação de potássio e profundidade de amostragem (Tabela 3).

Na figura 2 – A, observa-se diminuição do teor de potássio no solo com o aumento das profundidades de amostragem, sendo que na profundidade de amostragem de 0-2,5 cm observou-se diferença significativa entre os sistemas de produção, fato não ocorrido nas demais profundidades.

Tabela 3 – Valores de F, teor médio de K no solo em função da época de aplicação de K, do pastejo (com e sem) e da profundidade de amostragem. Pato Branco – PR, 2016.

Tratamentos	K solo após aveia+azevém cmol _c dm ⁻³	K solo após soja cmol _c dm ⁻³
Pastejo (A)		
Com	0,33	0,29
Sem	0,42	0,28
Época de aplicação (B)		
K na pastagem	0,42	0,30
K soja	0,33	0,26
Profundidade (C)		
0 - 2,5 cm	0,63 a	0,55 a
2,5 -7,5 cm	0,44 b	0,29 b
7,5 -15 cm	0,27 c	0,17 c
15 – 30 cm	0,16 d	0,12 d
Valor de F		
Pastejo(A)	1,63 ns	0,05 ns
Época (B)	3,98 ns	5,314 ns
Profundidade (C)	82,78*	407,02*
A x B	2,71 ns	1,73 ns
A x C	10,69*	2,95 ns
B x C	4,38 *	4,66*
A x B x C	1,27 ns	1,72 ns
CV (%)	63,96	65,19
Média geral	0,37	0,28

Ns não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

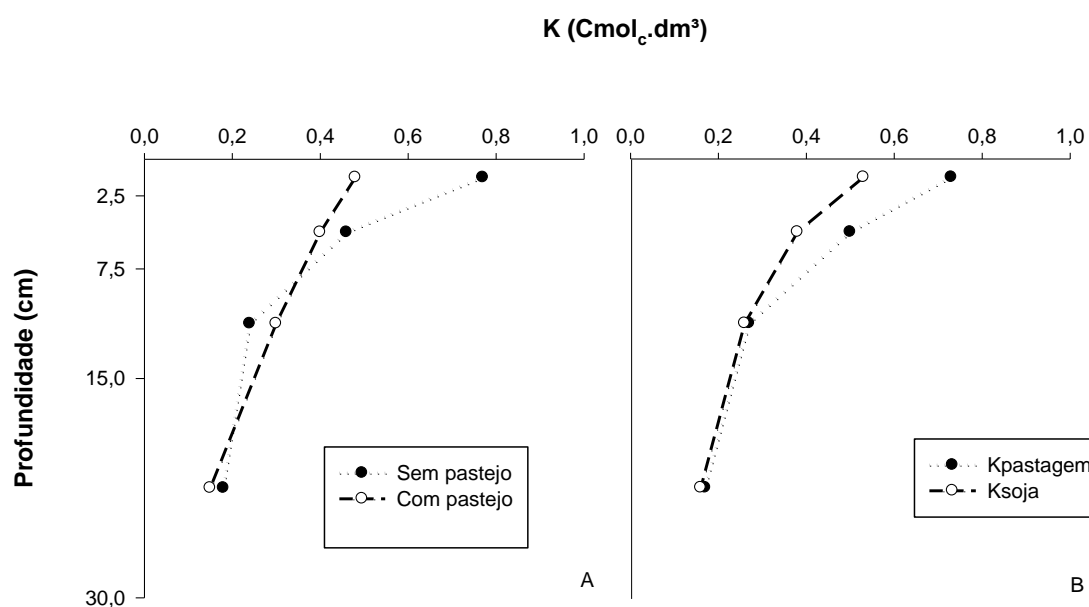


Figura 2 – Teor de K no solo após a fase de pastagem nas diferentes profundidades em função do Pastejo (A) e da época de aplicação de potássio (B). Pato Branco, 2016.

Foi observado que na média o teor de K no solo foi menor na área pastejada que na sem pastejo (Tabela 3), fato devido ao manejo do pastejo utilizado, em que os animais eram retirados da pastagem após o período de pastejo, e colocados em áreas de descanso, o que acarretou em exportação de urina e fezes das áreas pastejadas. Fontanelli et al. (2000) observaram redução nos teores de K extraível do solo em sistemas integrados com pastejo no inverno, em relação a sistemas exclusivamente agrícolas. Esses autores atribuíram o fato à absorção e exportação de nutrientes pela forragem consumida pelos animais durante os pastejos no inverno. Entretanto, segundo Wilkinon & Lowrey (1973) a exportação de K via carcaça dos animais é pequena, pois aproximadamente 90% do K ingerido retorna ao solo via urina. Porém como neste trabalho foi adotado o método de pastejo rotativo, apesar da ciclagem de nutrientes promovida pelos animais pela deposição de fezes e urina, a exportação do potássio para outras áreas foi maior que seu retorno ao solo via fezes e urina durante o período de pastejo, acarretando menor teor de K nas áreas pastejadas.

Nos tratamentos sem pastejo, a matéria seca residual (Tabela 2) é maior que nos tratamentos com pastejo, disponibilizando por isso, mais K para a cultura da soja, cultivada em sucessão, pela liberação do K pela decomposição da matéria seca residual. Segundo Ferreira et al. (2009), as perdas de K podem ocorrer por lixiviação, com a água de escoamento superficial ou por erosão. Portanto nas áreas sem pastejo pode estar ocorrendo menores perdas de K, já que este nutriente que circula pelos animais é solúvel. De acordo com Dubeux Jr et al. (2007) a perda de nutrientes para o ambiente pela liberação da liteira pode ser lenta e a perda através das excretas dos animais mais significativa. Além disso, nas áreas sem pastejo há maior cobertura de solo, contribuindo para menor erosão e, conseqüentemente menores perdas de K no sistema. Já nas áreas pastejadas a distribuição de K via excretas é heterogênea, porém a pastagem não consumida pelos animais se torna uma fonte de nutrientes que retorna para o sistema.

Na figura 2 –B apresenta-se a interação observada entre época de aplicação de potássio e profundidade de amostragem. Observou-se diminuição do teor de potássio no solo com o aumento das profundidades de amostragem, sendo que na profundidade de amostragem de 0-2,5 cm observou-se diferença significativa entre as épocas de aplicação de potássio. Sendo maior o teor de potássio no solo quando o mesmo foi aplicado na pastagem, pois como a análise de solo foi feita no final do ciclo da pastagem, as áreas com aplicação de potássio na cultura do grão ainda não tinham recebido adubação potássica, justificando desta forma as diferenças obtidas no teor de potássio no solo entre as épocas de adubação. Fato não observado nas demais profundidades, pois como a aplicação foi realizada a lanço, o nutriente se concentrou nas camadas mais superficiais do solo.

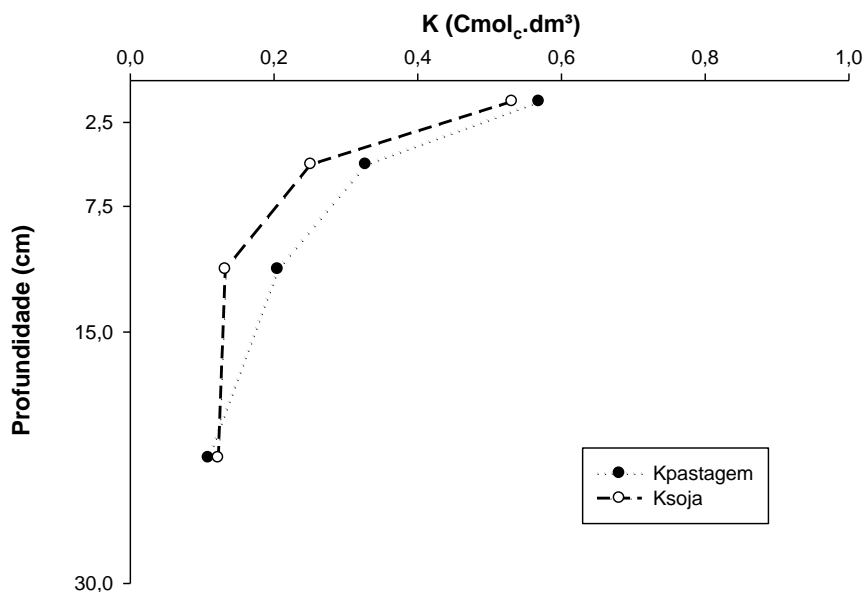


Figura 3 – Teor de K no solo após a colheita da soja nas diferentes profundidades em função da época de aplicação de potássio. Pato Branco, 2016.

Para o teor de K no solo avaliado após a cultura da soja (Tabela 3) verificou-se interação significativa entre época de aplicação e profundidade de amostragem. Observa-se na Figura 3 que quando o K foi aplicado em cobertura na pastagem, o teor de K no solo foi maior que quando aplicado na soja na profundidade de 2,5-7,5 cm, isso pode ser explicado pela

maior exportação de K via grãos nas áreas em que ocorreu a aplicação de K no verão, e que apresentaram maior produtividade por área (Tabela 04). A diferença observada somente nesta profundidade provavelmente se dá pela maior concentração de raízes das plantas nessa área e consequentemente maior absorção do K. Se compararmos o teor de K no solo após a fase de pastagem e após a cultura de grãos, observa-se redução dos teores de K no solo após a cultura da soja, fato também observado por Ferreira et al. (2009), o que reforça a importância das pastagens na ciclagem de K e também, sugere uma maior exportação do nutriente pela colheita dos grãos de soja. De acordo com Zancanaro et al. (2009) a quantidade de K exportados pela colheita de grãos da soja, são próximas de 20 kg ha⁻¹ de K₂O para cada 1000 kg ha⁻¹ de grãos, justificando a diminuição do teor do nutriente no solo após o cultivo da soja.

Tabela 4 - Valores de F, teor médio de K nos grãos de soja e características agrônômicas: número de vagens planta⁻¹, número de grãos vagem⁻¹, número de grãos planta⁻¹, peso de mil grãos e produtividade da soja em função da época de aplicação de K e do pastejo (com e sem). Pato Branco – PR, 2016.

Tratamentos	Teor de K %	Vagens planta ⁻¹ -----	Grãos vagem ⁻¹ -----	Graços planta ⁻¹ -----	Peso de mil grãos g	Produtividade de grãos Kg ha ⁻¹
Pastejo (A)						
Com	1,95	44,26	2,53	111,5	137,66	3264,7
Sem	1,81	47,78	2,55	121,82	139,16	3344,6
Época						
Aplicação (B)						
K na pastagem	1,92	46,98	2,52	118,32	138,64	3170,0 b
K na soja	1,84	45,06	2,56	115	138,17	3439,3 a
Valor de F						
Pastejo (A)	0,24 ns	2,14 ns	0,09 ns	6,08 ns	0,44 ns	0,12 ns
Época (B)	0,06 ns	1,13 ns	1,05 ns	1,28 ns	1,2 ns	35,18*
A x B	0,40 ns	1,76 ns	0,01 ns	3,47 ns	31,15*	0,03 ns
CV (%)	30,12	15,32	3,83	12,95	7,02	19,47
Média Geral	1,88	46,02	2,55	116,66	138,41	3304,67

Ns não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No que se refere ao efeito significativo da profundidade de amostragem para o teor de K no solo (Tabela 3), verificou-se menores teores de K em profundidade, formando gradientes decrescentes de concentração do nutriente a partir da superfície do solo. Segundo Anghinoni

(2007) essa é uma característica comum em sistemas de plantio direto consolidado, que acontece paralelamente ao gradiente decrescente de carbono orgânico, e também é resultante da aplicação superficial de fertilizantes, do não revolvimento do solo e da manutenção da palhada na superfície do solo. De acordo com Silva et al. (2004) a matéria orgânica do solo é responsável por 50 a 80% da CTC em solos argilosos, por isso incrementos no teor de matéria orgânica resultam em aumento da capacidade dos solos em reter cátions que podem ser perdidos por lixiviação, deixando-os disponíveis para a absorção pelas plantas.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que somente houve interação significativa ($p < 0,05$) entre época de aplicação de potássio e pastejo (com e sem) para a variável peso de mil grãos de soja (Tabela 4). No tocante às características produtivas da cultura da soja (Tabela 4) observou-se que as variáveis teor de K no grão, vagens planta⁻¹, grãos vagem⁻¹ e grãos planta⁻¹ não foram influenciadas pelo pastejo nem pela época de aplicação de K, corroborando com os resultados obtidos por Silva & Lazarini (2014), que não encontraram diferença significativa entre as épocas de aplicação de K para estas variáveis. Já para peso de mil grãos houve interação significativa entre pastejo e época de aplicação de K, e para produtividade de grãos efeito significativo da época de aplicação de K.

Independentemente dos níveis de produtividade alcançados pelas lavouras de soja nas áreas com e sem pastejo, a produtividade da soja foi fortemente influenciada pela época de aplicação de K (Tabela 4), sendo que quando o K foi aplicado na pastagem a produção foi de 3170 kg ha⁻¹ de soja, contra 3439 kg ha⁻¹ quando aplicado no cultura da soja. Isso justifica a diminuição do teor de K no solo, que se deu pela exportação de K via colheita dos grãos de soja. Santini et al (2009) comparando a aplicação de fertilizantes fosfatados e potássicos revestidos ou não por polímeros, verificou que quando a adubação foi realizada com fertilizantes sem polímeros a produtividade da soja foi maior quando a mesma foi feita no momento da semeadura (3106,5 kg ha⁻¹), do que realizada a lanço antecipado (3002,3 kg

ha¹). Segundo estes mesmos autores, quando a aplicação é realizada antecipadamente confere maior tempo de contato do fertilizante com o solo, acarretando em menor eficiência agrônômica, possivelmente devido a perdas dos nutrientes por lixiviação, erosão, etc.

A maioria das pesquisas realizadas com o intuito de avaliar a antecipação da adubação potássica da cultura da soja para a cultura de cobertura no inverno, não observaram efeito da adubação antecipada quando comparada com a adubação no momento de semeadura na produtividade da soja ou em cobertura (Bernardi et al., 2009; Guareschi et al., 2008; Foloni & Rosolem, 2008; Santos & Vargas, 2012; Martins et al., 2013; Silva & Lazarini, 2014). O contrário foi obtido neste trabalho, e possivelmente pode ser explicado devido à diferença de tempo entre as antecipações das adubações, pois nos trabalhos citados acima a antecipação variou de 15 a 35 dias antes da semeadura da cultura da soja, já no presente trabalho a antecipação da adubação foi realizada na fase de perfilhamento da cultura da aveia no inverno, que correspondeu há 145 dias antes da semeadura da soja, o que pode ter acarretado em maior perda deste nutriente ao sistema, e conseqüentemente menor produtividade da soja, e também a exportação de K via resíduos animais. Outra explicação é devido às diferentes características de textura e mineralogia do solo e teores de K entre cada ambiente analisado, cada qual respondendo de uma forma aos tratamentos aplicados.

O fato de não ter se observado diferença significativa do pastejo para a maioria das características produtivas da soja, indica que a presença dos animais nas áreas não ocasionou compactação superficial do solo que pudesse vir a limitar o desenvolvimento das plantas e, por consequência, a produtividade de grãos (Sandini et al., 2011), demonstrando que a utilização de sistemas integrados de produção agropecuária são uma excelente opção para a diversificação e aumento de renda nas propriedades rurais.

Na tabela 5 apresenta-se o desdobramento da interação pastejo x época de aplicação de potássio, sendo que quando o K foi aplicado na soja (Ksoja) o peso de mil grãos foi maior nas

áreas sem pastejo que nas com pastejo, o que possivelmente deve ter ocorrido pela maior exportação de K nas áreas pastejadas durante o inverno, que além da exportação de K via carcaça, como o pastejo era rotativo, houve exportação dos nutrientes para outras áreas. Teoricamente o mesmo comportamento deveria ter sido observado quando o K foi aplicado na pastagem, porém, não houve diferença no peso de mil grãos entre as áreas com e sem pastejo, o que pode ter ocorrido é que, como o K foi aplicado 145 dias antes da semeadura da soja, pode ter ocorrido perda do mesmo para o ambiente, não resultando em diferenças nas áreas com e sem pastejo para peso de mil grãos.

Tabela 5 - Peso de mil grãos de soja (g) em função do pastejo e da época de aplicação de potássio. Pato Branco, 2016.

Tratamentos	Época de aplicação de K	
	K na pastagem	K na soja
	-----g-----	
Com pastejo	139,07aA	136,2 aB
Sem pastejo	138,2aA	140,1aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

2.6 CONCLUSÕES

- 1 – A época de aplicação do potássio não afeta a produção de matéria seca total e a matéria seca residual da pastagem, porém estes são afetados pelo pastejo.
- 2 – A adubação potássica realizada na cultura da soja apresentou maior rendimento de grãos.

2.7 LITERATURA CITADA

- ADAMI, P. F. **Intensidades de pastejo e níveis de cama de aviário em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal do Paraná.
- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.et al. eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.873-928.
- ANGHINONI, I., et al. Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária. In: III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no sul do Brasil, **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 6, n.2, p.1-8, 2011.

- BALBINOT JR., et al. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.
- BERNARDI, A.C.C.; et al. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.2, p.158-167, 2009.
- BHERING, S. B. et al. **Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR. 2008. 74p
- CARVALHO, P.C.F.; et al. Definições e terminologias para Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agrônômica**, v.45, n.5, p.1040-1046, 2014.
- CASTOLDI, G.; et al. Manejo da adubação em Sistema plantio direto. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, v.6, n.1, p. 62-74, 2012.
- CQFRS -COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 10 ed., Porto Alegre, SBCS 2004. 400 p.
- Da SILVA, S.C.; PEDREIRA, C.G.S. Princípios da ecologia aplicados ao manejo de pastagem. In: Simpósio sobre Ecossistema Pastagem, 3.,1997, Jaboticabal. **Anais...Jaboticabal: FUNEP**, 1997. p.1-62.
- DAVIDSON, J.L.; MILTHORPE, F.L. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. **Annals of Botany**, Oxford, v.30, n.118, p.185-198, 1966.
- DUBEUX JR., J.C.B.; et al., H.Q. Nutrient cycling in warm-climate grasslands. **Crop Science**, v.47, p.915- 928, 2007.
- FEHR, W.R.; et al. Stage of development description for soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). **Crop Science**, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.
- FERREIRA, E.V.O.; et al. Concentração do potássio do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1675-1684, 2009.
- FERREIRA, E.V.O.; et al. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 161-169, 2011.
- FLORES, J.P.C.; et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.771-780, 2007.
- FONTANELLI, R.S.; et al. Sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno sob plantio direto. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2000. 84p. (**Circular Técnica**, 6).
- FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4. p.1549-1561, 2008.
- FRANCISCO, E.A.B.; CÂMARA, G. M.S.; SEGATELLI, C.R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, v.66, n. 2, p.259-266, 2007.
- GUARESCHI, R.F.; et al. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lanço antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.4, p.769-774, 2008.
- JANSSEN, H. P . **Adubação nitrogenada para rendimento de milho silagem em sucessão ao azevém pastejado, pré-secado e cobertura de solo em sistemas integrados de produção**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: 350p.1968.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 1995. 201 p.

- MARTINS, I.S.; et al. Produtividade de soja sob aplicação de cloreto de potássio em pré-plantio e pós plantio. **Nucleus**, v.10, n.2, p.275-280, 2013.
- NASCIMENTO JR, D.; CAVALCANTE, M.A.B. Reciclagem de excreções animais na pastagem. 2001. Disponível em: www.forragicultura.com.br/vermat.asp?codmat=39. Acesso em: 24 junho de 2015.
- PONTES, L.S.; et al. Variáveis morfológicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 529-537, 2004.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de coberturas de solo em função da quantidade de chuva recebida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003.
- SANDINI, I. E.; et al. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.8, p.1315-1322, 2011.
- SANTINI, J.M.K.; et al. Adubação antecipada da cultura da soja com superfosfato triplo e cloreto de potássio revestidos por polímeros em condições edafoclimáticas de cerrado. **Anais.... XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, Fortaleza –CE, 2009.
- SANTOS, R.; VARGAS, G.R. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias (Impresso)**, v. 18, p. 79-84, 2012.
- SEGATELLI, C.R. **Produtividade da soja em semeadura direta com antecipação da adubação na cultura de “*Eleusine coracana* (L.) Gaertn”**. 2008. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- SILVA, A.F.; LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.1, p.179-192, 2014.
- SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERETTA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. IN: MEURER, E.J., ed. **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre, Genesis, 2004. p.73-100.
- SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1269-1275, 2001.
- SILVEIRA, E.R.; et al. Intensidade de pastejo e adubação nitrogenada na massa seca de aveia e produtividade de milho na integração lavoura pecuária. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.4, p.1323-1332, 2012.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 174p. 1995.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: CULTURA DA SOJA NOS CERRADOS. Piracicaba: **Potafos**, 1993, p.105-135.
- WILKINSON, S.R. & LOWERY, R.W. Cycling of mineral nutrientes in pasture ecosystems. **In: BUTTLER, G.W. & BALLEY, R.W.**, eds. Chemistry and biochemistry of herbage. NEW York, Academic Press, 1973. P.247-315.
- ZANCANARO, L.; et al. Manejo do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. HIROMOTO, D.M.; CAJU, J.; CAMACHO, S.A. (Ed). **Boletim de pesquisa de s** . 2009. Rondonópolis: Fundação MT, 2009, n.13. p.270-285.

CAPÍTULO 3. ESTADO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO E
DECOMPOSIÇÃO DA PASTAGEM HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA
SOJA

ESTADO NUTRICIONAL DE NITROGÊNIO E POTÁSSIO E DECOMPOSIÇÃO DA PASTAGEM HIBERNAL INTEGRADA COM A CULTURA DA SOJA

3.1 RESUMO

O trabalho foi realizado no período de maio de 2013 a abril de 2014 com objetivo de avaliar o índice nutrição de nitrogênio e potássio da pastagem de aveia + azevém e da cultura da soja, em função da época de aplicação de potássio em sistemas integrados de produção agropecuária, além da decomposição da matéria seca residual da pastagem. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, consistindo um fatorial 2 x 2 em parcela subdividida, sendo o primeiro fator Pastejo (Com e Sem) e segundo as épocas de aplicação de potássio (K na Pastagem e K na Soja). As variáveis avaliadas foram: curva de diluição de nitrogênio e potássio, e índice nutricional de nitrogênio (INN) e potássio (INK) para a cultura forrageira e da soja, e avaliação da decomposição da biomassa forrageira (MS remanescente e K remanescente). O pastejo rotativo influenciou negativamente o INK da pastagem, devido à exportação do K nas áreas pastejadas. Já o INN e INK da soja foram influenciados apenas pela época de aplicação de K, sendo que as áreas que receberam o K no verão apresentaram melhor condição nutricional que as que receberam K no inverno, o que pode ter ocorrido pela perda de K para o ambiente nas áreas adubadas no inverno. Independente dos tratamentos avaliados nas duas culturas, o INN foi considerado satisfatório, não sendo limitante para o bom desenvolvimento das culturas. Porém o INK, para a cultura de inverno foi considerado satisfatório, mas para a soja o mesmo foi insatisfatório podendo ter sido limitante para a obtenção da máxima produtividade da cultura. Não houve influência do pastejo e da época de aplicação de potássio para taxa de decomposição da matéria seca residual (MS remanescente). A liberação de potássio do resíduo da pastagem foi rápida, sendo que no tratamento sem pastejo a mesma foi influenciada pela época de adubação de K, fato não observado nos tratamentos com pastejo.

Termos para indexação: curva de diluição, aveia e azevém, Integração lavoura-pecuária, matéria seca.

NUTRITIONAL STATUS OF NITROGEN AND POTASSIUM AND DECOMPOSITION WINTER PASTURE INTEGRATED WITH THE SOYBEAN CROP

3.2 ABSTRACT

The study was conducted from May 2013 to April 2014 to evaluate the nitrogen nutrition index and potassium oat + ryegrass and soybean as a function of potassium application stage on integrated systems of agricultural production, in addition to the decomposition of the residual dry matter pasture. The experimental design was a randomized block design with four replications, consisting factorial 2 x 2 in a split plot, the first grazing factor (with and without) and according to the potassium application times (K in Grassland and K in Soybean). The variables evaluated were: nitrogen and potassium dilution curve, and nutritional nitrogen index (INN) and potassium (INK) for forage crop and soybeans, and evaluate the decomposition of forage biomass (remaining MS and remaining K). The rotational grazing negatively influenced INK pasture due to export of K in grazed areas. But the INN and INK soybeans were influenced only by the K application time, and the areas that received the K in the summer, had better nutritional condition than those who received K in winter, which may have occurred by the loss of K by leaching areas fertilized in winter. Regardless of the treatments evaluated in the two cultures, the INN was satisfactory, not being bound to the good development of crops. However, the INK for the winter culture was satisfactory, but the same soybeans was unsatisfactory may have been limiting for obtaining maximum crop yield. There was no influence of grazing and potassium application timing for decomposition rate of residual dry matter (remaining MS). Potassium release of pasture residue was quick, and in the treatment without grazing it has been influenced by K fertilization season, which was not observed in the treatments with grazing.

Index terms: dilution curve, oats and rye, crop-livestock integration, remaining dry matter

3.3 INTRODUÇÃO

O cultivo de pastagens hibernais, como aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) e azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), em rotação com soja no verão em sistemas integrados de produção agropecuária vem sendo uma estratégia de produção importante no Sul do Brasil, principalmente por serem poucas as alternativas de cultivos agrícolas economicamente viáveis nessas regiões durante o inverno e verão (Balbinot Jr. et al., 2009; Brum et al., 2005). De acordo com Aguinaga et al.(2008) a ampla utilização destas espécies forrageiras se dá pela elevada produtividade, alta qualidade nutricional e elevado potencial de produção animal, além de serem adaptadas às condições edafoclimáticas dessas regiões. O cultivo da soja no verão ocorre em larga escala nessas regiões, por ser a cultura que ainda apresenta melhor retorno econômico, quando comparado com a cultura do milho, por isso a importância de se estudar métodos de manejo das culturas de inverno e verão que vão proporcionar melhores rendimentos por área no final de um ano agrícola, e conseqüentemente a sustentabilidade econômica, ambiental e social das propriedades rurais.

O estado nutricional de uma planta depende da disponibilidade de nutrientes no solo, sendo que em condições de temperatura, radiação e umidade satisfatórias, a fertilidade do solo é fator determinante para a produção e a qualidade das plantas (Martins; Restle; Barreto, 2000). De acordo com Lemaire; Jeuffroy e Gastal (2008), depois da água, o nitrogênio é o nutriente que mais influencia no desenvolvimento das plantas, seguido do potássio e do fósforo. Sendo que o uso eficiente destes nutrientes vai depender da espécie utilizada e das exigências nutricionais de cada espécie, além do manejo adotado sobre as mesmas.

Nitrogênio e potássio são móveis no solo, e por isso é difícil determinar com precisão os seus níveis. Por isso muitos autores vêm sugerindo diagnósticos diferentes, como a análise química das plantas. Lemaire & Salette (1984) demonstraram que a concentração de nitrogênio em pastagens cultivadas em ambientes não limitantes de nitrogênio pode estar

relacionada com o acúmulo de matéria seca por meio de uma equação simples, onde foi desenvolvido um modelo matemático, em que o mesmo hoje vem sendo utilizado para várias espécies. Porém poucos são os trabalhos no Brasil sobre a determinação do índice nutricional de nitrogênio através destas metodologias e também do índice de nutrição potássica, além de carência de metodologias que facilitem o diagnóstico nutricional das plantas, e que seriam grandes ferramentas para a obtenção de melhores rendimentos, tanto econômicos como ambientais.

A quantidade matéria seca residual pós pastejo e a velocidade de decomposição desta biomassa e conseqüentemente a liberação de nutrientes pela mesma para a cultura subsequente, é fator chave para o sucesso dos sistemas integrados de produção. A adição e manutenção de resíduos vegetais para a cobertura do solo é de extrema importância para a ciclagem de nutrientes e para a conservação do solo, pelo aumento da infiltração e armazenamento de água no solo, diminuindo o escoamento superficial e a erosão hídrica, aumentando assim a segurança e sustentabilidade do sistema ao longo do tempo (Panachuki et al. 2011). Segundo Souza et al. (2009) em sistemas de pastejo com lotação contínua, diferentes intensidades de pastejo têm demonstrado grande influência sobre a quantidade total de resíduos orgânicos adicionados ao solo e conseqüentemente na sua decomposição. Entretanto poucos são os trabalhos que avaliam a produção e a decomposição deste material em sistemas rotativo de pastejo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o índice nutrição de nitrogênio e potássio da pastagem e da cultura da soja, em função da época de aplicação de potássio em sistemas integrados de produção agropecuária, além da decomposição da matéria seca residual da pastagem.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 03 de maio de 2013 a 24 de abril de 2014, na Fazenda Santo Antonio, município de Pato Branco-PR, com coordenadas 26°07'S e 52°41'W, altitude de 700 m. O clima da região é o subtropical úmido do tipo (Cfa), conforme classificação de Köppen (Maack, 1968), sendo que na Figura 1 estão apresentados os dados meteorológicos observados durante o período experimental. De acordo com Bhering et al. (2008) o solo predominante na área pertence a unidade de mapeamento LATOSSOLO VERMELHO distroférico úmbrico, de textura argilosa, com 54% de argila, 25% de silte e 21% de areia, formado a partir de derramamento basáltico. A Tabela 1 apresenta as características químicas do solo coletadas antes da implantação do experimento.

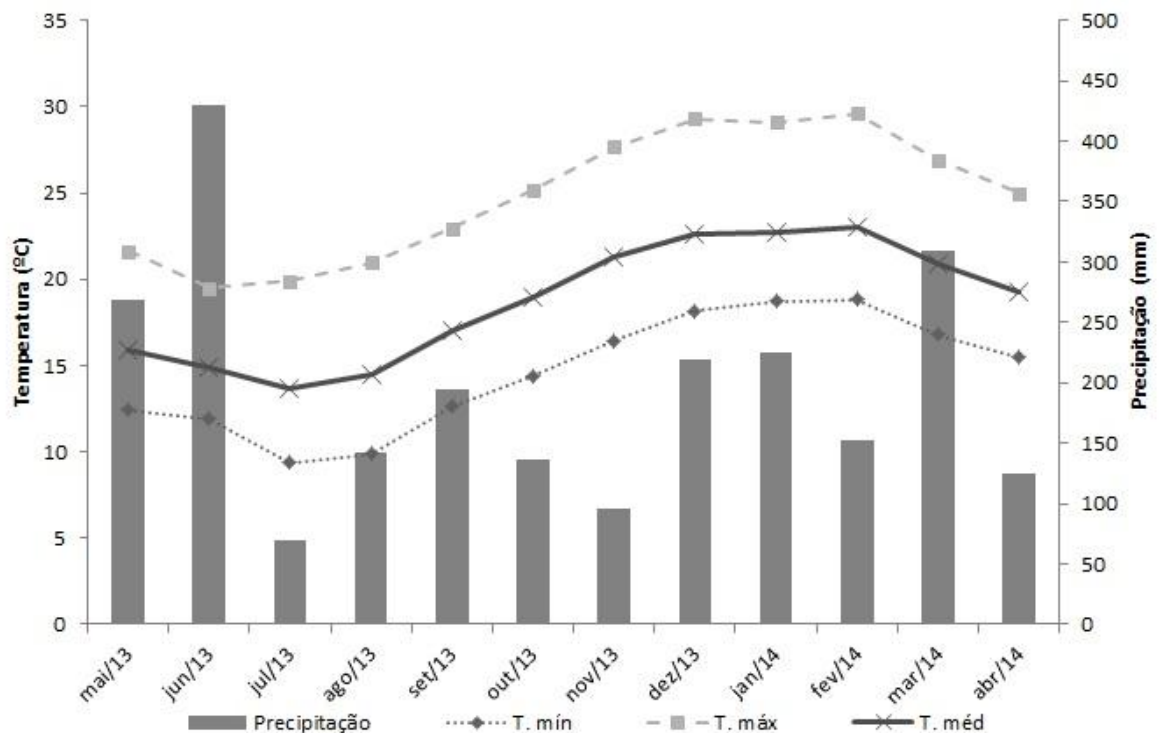


Figura 1- Dados meteorológicos (Precipitação e Temperatura) observados durante o período de maio de 2013 e abril de 2014. Pato Branco - PR, 2016.

A área experimental vem sendo utilizada no sistema plantio direto, sendo que nos dois últimos consecutivos, cultivou-se rotação de soja no verão e aveia preta+avevém no inverno.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, consistindo um fatorial 2 x 2 em parcela subdividida, sendo o primeiro fator Pastejo (Com e Sem) e segundo as épocas de aplicação de potássio, na pastagem (Kpast) ou na cultura da soja (Ksoja), resultando em 4 tratamentos por bloco. O fator Pastejo caracterizou as parcelas e a época de aplicação de potássio as subparcelas, arranjado desta forma pela facilidade operacional. Para as variáveis de decomposição de MS analisadas o experimento foi um fatorial, 2 x 2 x 8, em blocos ao acaso com parcelas subdivididas. A área experimental ocupou um total de 1280 m², e as unidades experimentais foram as subparcelas de 80 m² (10 x 8 m).

Tabela 1 - Características químicas do solo antes do início do experimento. Pato Branco – PR, 2016.

Camada	pH	MO	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	K ⁺	P	V	CTC
Cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----			-----		mg dm ⁻³	---%--	----
0-2,5	5,2	64,3	8,47	2,67	0,00	5,01	0,60	25,5	70,1	16,7
2,5-7,5	5,0	53,6	7,11	2,60	0,05	5,47	0,45	9,88	65,3	15,7
7,5-15	4,7	50,9	5,21	2,31	0,12	7,13	0,23	6,52	52,1	14,9
15-30	4,4	48,2	3,57	1,38	0,82	7,2	0,15	6,12	46,9	10,9

MO=Matéria orgânica; V= Saturação por bases;

A semeadura da aveia-preta IAPAR 61 (*Avena Sativa*) foi realizada no dia 03 de maio de 2013 utilizando 60 kg ha⁻¹ de semente e em espaçamento entre linhas de 17 cm, e o azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) se estabeleceu por ressemeadura natural. No momento da semeadura foi realizada a adubação de base com 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de fosfato super simples. E adubação de cobertura constou de 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de uréia, aplicado no início do perfilhamento da aveia.

Nos tratamentos com K na pastagem (Kpast), a adubação potássica foi realizada em cobertura no início do perfilhamento da aveia+azevém, utilizando cloreto de potássio como fonte de K. A quantidade de potássio aplicada foi de acordo com a recomendação da CQFRS (2004) para a cultura da soja, numa quantidade equivalente a 95 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo que para se obter a quantidade de potássio que deveria ser aplicado, fez-se uma média ponderado

do teor de potássio presente no solo na camada de 0 – 30 cm, e posteriormente fez-se a equivalência para a camada de 0-20 cm. Já nos tratamentos com aplicação de K na cultura da soja (Ksoja), 60 kg ha⁻¹ de K₂O foi aplicado na linha no momento da semeadura da soja (formulado 6-16-16), e 35 kg ha⁻¹ de K₂O foi aplicado em cobertura (na forma de cloreto de K), quando as plantas já apresentavam o terceiro trifólio, procurando-se evitar possíveis danos com salinização.

Nos tratamentos com pastejo foi utilizado o método de pastoreio rotativo, em que os animais entravam nos piquetes no momento em que a pastagem atingisse 25 cm de altura, e permaneciam no piquete até rebaixarem a pastagem à altura de 15 cm, momento de saída. Os animais eram bovinos da raça Charolês, com aproximadamente 250 kg de peso vivo, e permaneciam nos piquetes por aproximadamente 90 min, depois eram deslocados para outras áreas. Semanalmente eram realizadas as avaliações de altura do dossel das plantas com um bastão graduado (*Sward stick*) para determinar o momento de entrada e saída dos animais dos piquetes. Após o final do período de pastejo, no dia 30 de outubro de 2013 a área foi dessecada com glifosato, e no dia 06 de novembro realizado a semeadura da soja (*Glycine Max* Mehill), cultivar Dom Mario 5.9i (Alvo), na densidade de 240.000 sementes por hectare. As sementes foram inoculadas com inoculante comercial turfoso Masterfix®, com as estirpes Semia 5079 (*Bradyrhizobium japonicum*) e Semia 5019 (*Bradyrhizobium elkanii*) na dosagem de 200g para 50 kg de semente, e a adubação de fósforo para a cultura constou de 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅. Os controles de plantas daninhas e fitossanitários foram realizados de forma preventiva a fim de proporcionar o melhor desenvolvimento das culturas.

As variáveis avaliadas foram: curva de diluição de nitrogênio e potássio, e índice de nutricional de nitrogênio (INN) e potássio (INK) para aveia+azevém e da soja, e avaliação da decomposição da matéria seca remanescente (residual).

Para a determinação da curva de diluição e INN e INK da aveia+azevém nos tratamentos Com pastejo, foi mensurada a massa de forragem nas condições de pré e pós-pastejo, por meio do corte rente ao solo de dois quadros de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m²) em cada parcela. As amostras após coletadas foram pesadas e secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C até peso constante. O acúmulo de forragem (kg MS ha⁻¹) foi calculado a partir da diferença entre a massa de forragem no pré-pastejo atual e no pós-pastejo anterior. E a produção de matéria seca no período experimental foi calculada pelo somatório do acúmulo de forragem parcial em cada ciclo de pastejo e a produção de matéria seca residual (MSR). As amostras obtidas na avaliação de pré-pastejo, após secas foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm e posteriormente determinado o teor de nitrogênio e potássio das amostras pelo método sugerido por Tedesco et al. (1995), para a determinação da curva de diluição e índice de nutrição de nitrogênio e potássio nas plantas conforme Lemaire (1997) e Salette & Huché (1991).

Nos tratamentos Sem pastejo, para a determinação da curva de diluição e índice de nutrição de N e K das plantas, foram coletadas amostras de massa de forragem concomitante a coleta das amostras nos tratamentos Com pastejo. As amostras foram coletadas com auxílio de um quadro de 0,25m², sendo as plantas cortadas rente ao solo. Posteriormente foram secas, pesadas e moídas para a determinação do teor de N e K.

Para a determinação da curva de diluição e índice de nutrição de N e K na soja, foram coletadas a cada 8 dias amostras compostas por 1 metro linear, após as mesma atingirem 1 Mg MS ha⁻¹, sendo que as plantas foram cortadas ao nível do solo. As amostras foram levadas a estufa de circulação forçada de ar a 55°C, até peso constante, posteriormente foram pesadas para determinação da produção de matéria seca (Kg ha⁻¹), moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1mm e determinado o teor de N e K na matéria seca pelo método sugerido por Tedesco et al. (1995).

Os teores de nitrogênio encontrados na parte aérea das plantas de aveia+avevém e da soja foram contrastados com a curva de diluição proposta por Lemaire (1997) para plantas C3. O cálculo da curva de diluição foi feito através da seguinte equação:

$$\text{Para aveia e soja : } N\% = 4,8(MS)^{-0,32} e$$

Sendo N%, a porcentagem de nitrogênio calculada de acordo com o acúmulo de biomassa; o coeficientes 4,8 a porcentagem de N presente na biomassa das plantas em uma massa conhecida; MS a quantidade de matéria seca produzida pelas plantas, expresso em t ha⁻¹ e os coeficientes -0,32 caracterizam o comportamento da diluição de nitrogênio durante o crescimento das plantas.

Seguindo os mesmo propósitos foi determinado os teores de K não limitantes ao desenvolvimento das plantas tanto de aveia+avevém como da soja conforme a quantidade de N encontrada na parte aérea da planta, considerando que a absorção de K é relativa a disponibilidade de N à planta. Para tal utilizou-se a equação sugerida por Salette & Huché (1991):

$$K\% = 1,6 + 0,525 N\%$$

Para facilitar o diagnóstico da falta ou não de N e K para as plantas foi determinado o índice de nutrição de nitrogênio (INN) e de potássio (INK), dividindo o conteúdo de N e K da cultura (amostra) pela concentração crítica de N e K (modelo). Se o valor for maior que 1 (ou 100%), então há um excesso de N na cultura e em consequência um consumo de luxo do nutriente. Se o valor for igual a 1, existe uma adequada nutrição da planta, e se estiver abaixo de 1, existe um déficit de N e por consequência não será alcançada a máxima taxa de crescimento da cultura (Lemaire & Meynard, 1997).

A decomposição da matéria seca remanescente da aveia+avevém dos diferentes tratamentos foi avaliada pela metodologia dos sacos de decomposição conforme proposto por Aita & Giacomini (2003). O material coletado após o ultimo pastejo foi homogeneizado e

deste retirado as amostras de 15 g por saco de decomposição para incubação a campo. Os sacos de decomposição foram confeccionados com tecido nas dimensões de 20 x 20 cm e malha de 0,1 mm. Foram alocados a campo na superfície do solo de seus respectivos tratamentos onde permaneceram de novembro de 2013 a abril de 2014, totalizando 135 dias de incubação a campo.

A avaliação da decomposição da matéria seca foi realizada ao longo do tempo, realizando-se oito coletas com três repetições, com três sacos de decomposição coletados por tratamento por coleta, sendo: 5, 10, 15, 25, 40, 55, 85 e 135 dias de incubação a campo. Após cada período de amostragem, os resíduos foram submetidos à secagem em estufa a 55 °C até obtenção de massa constante, para a determinação da matéria seca remanescente (MSR). A quantidade de massa seca remanescente foi calculada baseando-se na quantidade total de 15 g alocada no início das avaliações menos a quantidade remanescente ao longo dos períodos de avaliação. A partir da MSR de cada coleta, foi analisada a concentração de K para posteriormente calcular a quantidade remanescente deste nutriente (KR). Para isso, o material remanescente foi moído em moinho de faca tipo Willey e determinado o teor de K de acordo com a metodologia de Tedesco et al.(1995). A percentagem da massa seca remanescente e o teor de nutrientes foi calculada com base na biomassa total e na concentração total dos nutrientes no início e no final dos períodos de incubação a campo. Usando a diferença de peso da matéria seca e a diferença entre os teores de nutrientes dos períodos de incubação, a decomposição e de liberação de nutrientes foi determinada e convertidos para percentagem.

A fim de descrever as taxas de decomposição e liberação de potássio, a porcentagem de matéria seca remanescente e o teor de K foram ajustados a modelos não lineares usados para ajustar as curvas pelo programa estatístico Statigraphic Plus 4.1. O modelo simples e duplo de regressão não linear conforme proposto por Wieder & Lang (1982) estão descritos pela equação 1 e 2.

Os dois modelos ajustados têm a seguinte equação matemática:

$$\text{MSR e KR} = A.e^{-ka.t} + (100 - A) \quad (1)$$

$$\text{MSR e KR} = A.e^{-ka.t} + (100 - A).e^{-kb.t} \quad (2)$$

Em que a Matéria Seca Remanescente (MSR) e o Potássio Remanescente (KR) são a porcentagem de MS remanescente e o KR no tempo t (dias); k_a e k_b = taxas constantes de decomposição da MS e de liberação de potássio do compartimento mais facilmente decomponível (A) e do compartimento mais recalcitrante ($100 - A$), respectivamente. Os dois modelos consideram que a MS e o potássio da MS podem ser divididos em dois compartimentos. No modelo assintótico (Equação 1), apenas o compartimento mais facilmente decomponível (A) é transformado, diminuindo exponencialmente com o tempo a uma taxa constante. A MSR e o K do segundo compartimento ($100 - A$) são considerados mais recalcitrante e, por isso, este compartimento não sofre transformação no período de tempo considerado. No modelo exponencial duplo (Equação 2) a MS e o K dos dois compartimentos diminui exponencialmente a taxas constantes, sendo que a primeira fração é transformada a taxas mais elevadas do que a segunda, que é mais recalcitrante. A escolha do tipo de modelo de cada tratamento foi feita com base nos valores do coeficiente de determinação (R^2), o qual indica o grau de associação entre o modelo ajustado e os valores observados. A partir dos valores da constante de decomposição da matéria seca e da liberação dos nutrientes de cada compartimento, calculou-se o tempo da meia vida ($t_{1/2}$), ou seja, o tempo necessário para que 50% da MS daquele compartimento seja decomposta e/ou 50% do nutriente sejam liberado. Para este cálculo utilizou-se a fórmula a seguir, cuja dedução é apresentada em Paul & Clark (1996): $t_{1/2} = 0,693/k_{(a,b)}$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico Statigraphic Plus 4.1 sendo realizado teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos valores de N nos tecidos das plantas, contrastou-se com o N% crítico calculado pela equação de Lemaire & Salette (1984), sendo os resultados apresentados na Figura 2. Observa-se que na medida em que houve aumento da MS acumulada na pastagem (Figura 2A) e na soja (Figura 2B) houve diminuição nos teores de N das mesmas, isso ocorre porque à medida que as plantas crescem e acumulam MS, apresentam proporções cada vez maiores de materiais estruturais (diminuição da relação folha/colmo) e de armazenamento que contém pouco N, dessa forma diminuindo a concentração de N nas plantas (Greenwood et al., 1991). Lemaire et al. (1991) verificaram um decréscimo intrínseco nos requerimentos de N à medida que as plantas crescem, justificado pelo maior conteúdo de material estrutural, e também pelo crescente sombreamento das folhas mais velhas. Quanto ao auto-sombreamento, as plantas remobilizam N das folhas sombreadas para as folhas bem iluminadas na tentativa de maximizar sua fotossíntese, como consequência as folhas inferiores ficam com menor concentração de N em relação às folhas superiores contribuindo para diluir o N na parte aérea (Justes et al., 1994; Hirose & Werger, 1987). Porém, a maior contribuição no processo de diluição do N é dada pela redução da relação folha/colmo, ou seja, conforme a planta cresce, a massa do colmo aumenta em relação à massa de folhas. Como o colmo apresenta menor concentração de N, verifica-se diluição de N na planta (Gastal & Lemaire, 2002).

Segundo Greenwood et al. (1991) o requerimento de nutrientes na planta não é constante durante seu ciclo vegetativo, sendo que nos estádios iniciais de crescimento é necessário um elevado suprimento de N para suportar o desenvolvimento da área foliar e a fotossíntese. Já quando a proporção de material estrutural aumenta o requerimento de N por unidade incremental de MS diminui.

Segundo as pressuposições de Lemaire (1997) quando os teores de N estiverem sobre ou acima da curva de diluição calculada para a espécie, a planta está bem suprida, podendo

até mesmo estar tendo um consumo “de luxo” e o nitrogênio não é limitante ao crescimento da planta. Já quando as porcentagens de N obtidas estiverem abaixo do calculado, a planta é limitada a expressar sua máxima produção.

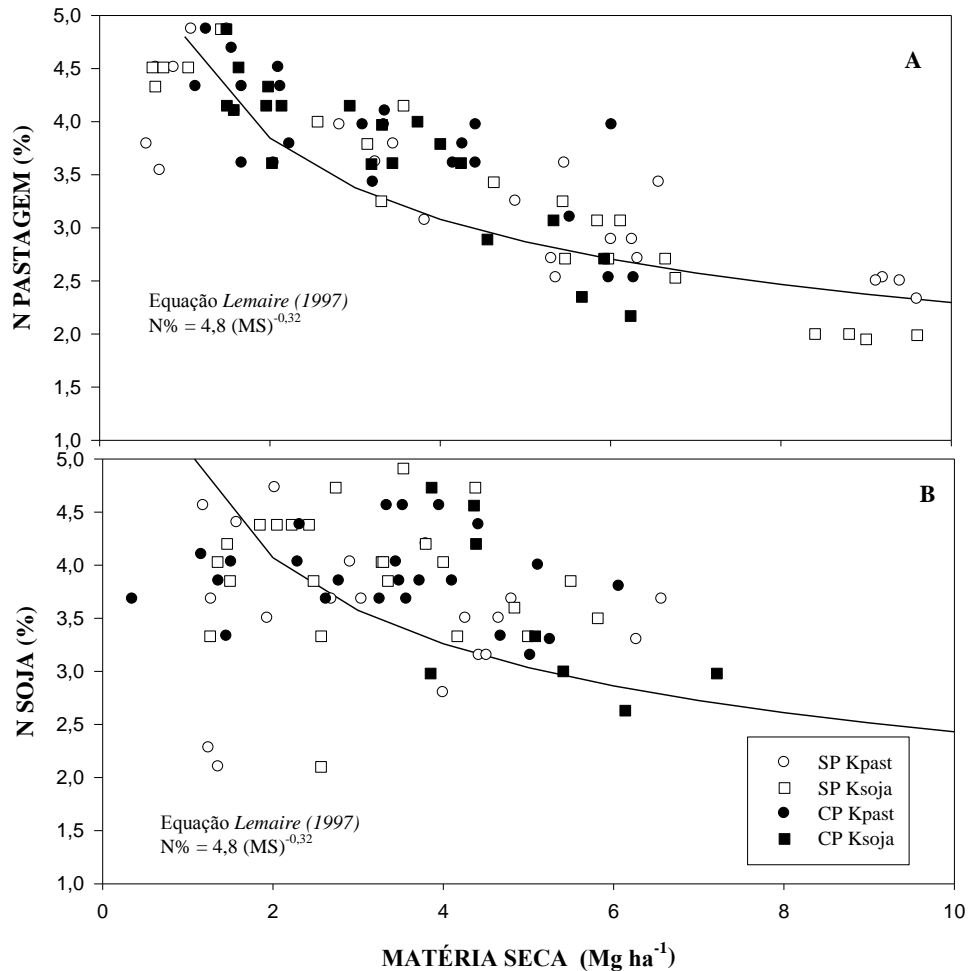


Figura 2 - Curva de diluição de nitrogênio da pastagem (Figura 2A) e da soja (Figura 2B) em função do pastejo (Com e Sem) e da época de aplicação de potássio (Kpast e Ksoja). Pato Branco, 2016.

Baseando-se nas comparações feitas com as quantidades de N encontradas na matéria seca das plantas, observa-se (Figura 2) que os teores de N na planta permaneceram quase que na totalidade deles, acima da curva crítica proposta pelo autor indicando adequado fornecimento e absorção de N pelas plantas. Porém na pastagem (Figura 2A), houve um maior distanciamento dos dados obtidos em relação à curva do modelo proposto, para os tratamentos sem pastejo, isso provavelmente ocorreu porque nas áreas com pastejo, ocorre renovação dos tecidos no processo de rebrote, tendo a pastagem uma maior relação folha/colmo, que nas

áreas sem pastejo, além do efeito da ciclagem de nutrientes via fezes e urina nas áreas pastejadas.

Na Figura 3 apresenta-se a curva de diluição de K na pastagem (Figura 3A) e na soja (Figura 3B), obtida por meio de cálculos utilizando a quantidade de N presente na matéria seca da pastagem, seguindo o modelo proposto por Salette & Huché (1991).

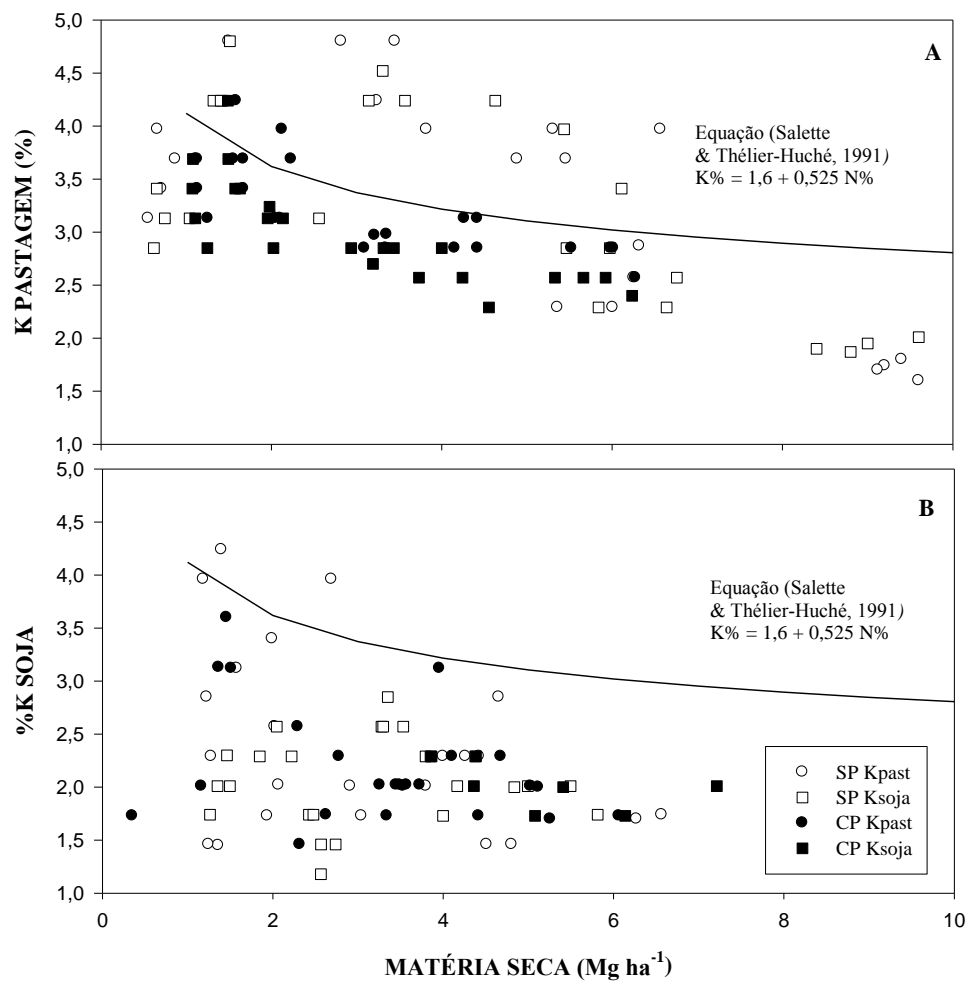


Figura 3 - Curva de diluição de potássio da pastagem (Figura 3A) e da soja (Figura 3B) em função do pastejo (Com e Sem) e da época de aplicação de potássio (Kpast e Ksoja). Pato Branco, 2016.

Segundo Salette & Huché (1991) a composição do tecido vegetal de uma planta apresenta certo equilíbrio entre os elementos N, P e K, desde que estes elementos estejam disponíveis em quantidades satisfatórias, este equilíbrio e sua manutenção caracteriza o comportamento do crescimento da planta. Observa-se na Figura 3 diminuição dos teores de K

na planta conforme o aumento da matéria seca isso se deve em parte pela diluição do K conforme o acúmulo de matéria seca produzida e também pode ser devido ao menor teor de N na planta e a conseqüente diminuição na absorção de potássio pela planta, isso justifica as afirmações feitas por Salette & Huché (1991) sobre a influência do N na absorção de K.

Observa-se na Figura 3A, que os teores de K encontrados na pastagem nos tratamentos Com pastejo estiveram um pouco abaixo dos teores calculados segundo o modelo proposto, caracterizando a insuficiência de potássio nessas áreas, e o mesmo podendo ter sido limitante para a produção de forragem. Este fato pode ser explicado pela diminuição dos níveis de K no solo nessas áreas devido à exportação de nutrientes pelos animais devido ao pastejo ter sido rotativo. Mesmo que o animal seja responsável em auxiliar na ciclagem de nutrientes a exportação de K e outros elementos continua acontecendo (Sartor, 2009), fato acentuado neste trabalho devido ao manejo de pastejo utilizado, no qual a exportação de nutrientes é elevada devido à retirada dos animais da área logo após o pastejo. Já para a soja (Figura 3B) observou-se que independente do manejo (Com ou Sem pastejo) e da época de aplicação de potássio os teores do potássio em todo o período de desenvolvimento da soja ficaram abaixo da curva proposta por Salette & Théliér-Huché (1991), indicando insuficiência de potássio para a soja em todos os tratamentos, podendo o mesmo ter sido limitante para a produção da mesma.

Observa-se na Tabela 2 que o INNpast durante todo o ciclo vegetativo da pastagem não foi influenciado nem pelo pastejo e nem pela época de aplicação de K, apresentando um valor médio de 110,01%. Os valores de INNpast são considerados satisfatórios e todos os tratamentos proporcionaram boa absorção de N pela planta, sendo que o mesmo não foi limitante ao seu desenvolvimento e produção. Para o INKpast observou-se diferença significativa entre os tratamentos Com e Sem pastejo, e entre as épocas de aplicação de potássio. Nas áreas Com pastejo o INKpast foi menor que nas áreas Sem pastejo, fato que

pode ser explicado pela diminuição dos níveis de potássio do solo nas áreas pastejadas, ocorrido pela exportação do nutriente pelos animais, já que o método de pastejo utilizado foi o rotativo, em que os animais são removidos da área após o pastejo. O INKpast foi maior quando o potássio foi aplicado na pastagem (Kpast), fato ocorrido devido a maior disponibilidade de potássio no solo nessas áreas, pois nos tratamentos Ksoja não havia sido aplicado K ao contrário dos tratamentos Kpast, portanto, quanto mais nutriente disponível, maior a absorção do mesmo pela planta.

Tabela 2 – Valor de F e Índice de nutrição de nitrogênio (INN) e potássio (INK) médio das plantas em função do pastejo e da época de aplicação de potássio. Pato Branco, 2016.

Tratamentos	INNpast	INKpast	INNsoja	INKsoja
	%	%	%	%
Pastejo (A)				
Com	110,13	89,91 b	109,49	61,65 b
Sem	107,85	106,95 a	109,70	68,96 a
Época de aplicação (B)				
K pastagem	111,14	103,70 a	104,42 b	61,69 b
K soja	106,85	93,15 b	114,77 a	68,92 a
Valor de F				
Pastejo (A)	0,45 ns	78,05*	0,02 ns	4,26*
Épocas (B)	2,12 ns	5,15*	4,21*	4,17*
A x B	0,05 ns	0,21 ns	3,48 ns	1,89 ns
Média geral	108,99	98,43	109,59	62,93
CV %	12,07	22,69	20,93	27,18

Ns não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Independente do sistema de produção os valores dos INKpast são considerados satisfatórios, entre 80 e 120 (Thélier-Huché et al., 1999), sendo que o mesmo não foi limitante à produtividade da pastagem.

Para o INNsoja verificou-se efeito significativo da época de aplicação de K (Tabela 2), sendo que quando o K foi aplicado na soja (Ksoja) o INNsoja foi maior, isso pode ter ocorrido porque nas áreas em que foi aplicado o K no inverno (Kpast) o mesmo pode ter se perdido para o ambiente (lixiviação, exportação, etc), tendo menos K disponível para as plantas de soja que nas áreas em que foi aplicado o K no verão (Ksoja), como existe uma sincronia entre a

absorção de N e K pelas plantas, com as plantas do Ksoja estavam mais bem nutridas de K, as mesmas tiveram uma maior absorção de N que as plantas de soja do tratamento Kpast. Fato confirmado pela diferença significativa entre as épocas de aplicação de K para a variável INKsoja. Para o INKsoja também verificou-se efeito significativo do pastejo, sendo que as áreas pastejadas apresentaram menor INKsoja que as não pastejadas, devido a exportação de K destas áreas via dejetos e produtos animais.

Independente dos tratamentos avaliados verificou-se que para o INNsoja os valores foram quase que na totalidade acima de 100%, indicando que o N foi satisfatório para o bom desenvolvimento da soja, porém para o INKsoja observou-se que os valores variam de 58 a 67%, valores muito abaixo dos considerados satisfatórios por Théliier-Huché et al., 1999, supondo que a adubação potássica fornecida para a soja pode ter sido limitante para o desenvolvimento e produtividade da soja, e que devem ser estudados níveis maiores de adubação, para a verificação do melhor status nutricional das plantas, a fim de obter maiores produtividades.

Com esses resultados pode-se confirmar que a proposta da análise da biomassa aérea como diagnóstico do estado nutricional das plantas mais os modelos matemáticos propostos por Lemaire (1997) e Théliier-Huché et al. (1999) servem como ferramenta para diagnosticar o estatus de nutrição das culturas sendo possível definir, quando em cultivo, as necessidades de adubação das mesmas de nutrientes essenciais como nitrogênio e potássio.

Para a decomposição da matéria seca da aveia (MS remanescente) não foram observadas diferenças significativa entre as áreas com e sem pastejo, e entre as épocas de aplicação de potássio. Constatou-se efeito significativo somente do tempo de decomposição (Tabela 3). O modelo exponencial simples ajustados aos dados de matéria seca remanescente mostrou-se adequado, pelo elevado coeficiente de correlação (Tabela 4), sendo que 74,44% da matéria seca estava no compartimento mais facilmente decomponível (A) e apresentou um

tempo de meia vida (tempo necessário para decompor 50% da matéria seca) de 23,74 dias. Bortoli (2010) trabalhando com trigo duplo-propósito verificou que quando o mesmo não foi pastejado a quantidade de material no compartimento mais facilmente decomponível foi de 52,76% com meia vida de 22,8 dias e quando pastejado por 105 dias foi de 75,92% com meia vida de 38,3 dias. Comportamento resultante da rebrota nos tratamentos pastejados, pois ocasiona maior número de folhas e colmos jovens e maior número de perfilhos jovens.

Tabela 3 – Valores de F da MS Remanescente e do K Remanescente em função da época de aplicação de K, do pastejo (com e sem) e do tempo de decomposição. Pato Branco – PR, 2016.

Valor de F	MS Remanescente (%)	K Remanescente(%)
Época (A)	0,83 ns	0,25 ns
Pastejo (B)	0,07 ns	0,36 ns
Tempo (C)	990,50*	222,97*
A x B	0,25 ns	0,48 ns
A x C	0,84 ns	2,05 ns
B x C	1,06 ns	1,65 ns
A x B x C	11,16 ns	2,93*

Ns não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4 - Parâmetros do modelo exponencial simples ajustados aos valores medidos de matéria seca remanescente (MSR) e potássio remanescente (KR) bem como as constantes de decomposição (k_a), tempo de meia vida ($t_{1/2}$) e valores de R^2 . Pato Branco, 2016

Tratamento ¹	A %	k_a dias	$t^{1/2}$ Dias	R^2
	MS Remanescente			
	74,44	0,02919	23,74	96,38
	K Remanescente			
CP	99,10	0,10	6,93	74,74
SP	Kpast	99,24	0,098	7,08
	Ksoja	99,78	0,115	6,00

¹ CP=Com pastejo; SP= Sem pastejo; Kpast= potássio aplicado na forrageira e Ksoja= potássio aplicado na soja.

Sanaullah et al .(2009) estudando a decomposição de resíduos vegetais colhidos verdes e comparando com a decomposição de resíduos vegetais senescidos, constataram que os resíduos vegetais senescidos decompueram mais lentamente e atribuíram isso a maior quantidade de lignina, aos menores teores de N e menores teores de açúcares solúveis presentes nestes resíduos.

Observa-se na Figura 4, que a cinética do processo de decomposição da matéria seca apresenta uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta, estando de acordo com os dados obtidos por Pitta (2012) e Bortoli (2010). Sendo que ao final dos 40 dias iniciais de alocação dos sacos de decomposição no campo, 49% da matéria seca inicial permanecia na superfície do solo, valores estes inferior aos obtidos por Aita & Giacomini (2003), Pitta (2012) e Bortoli (2010).

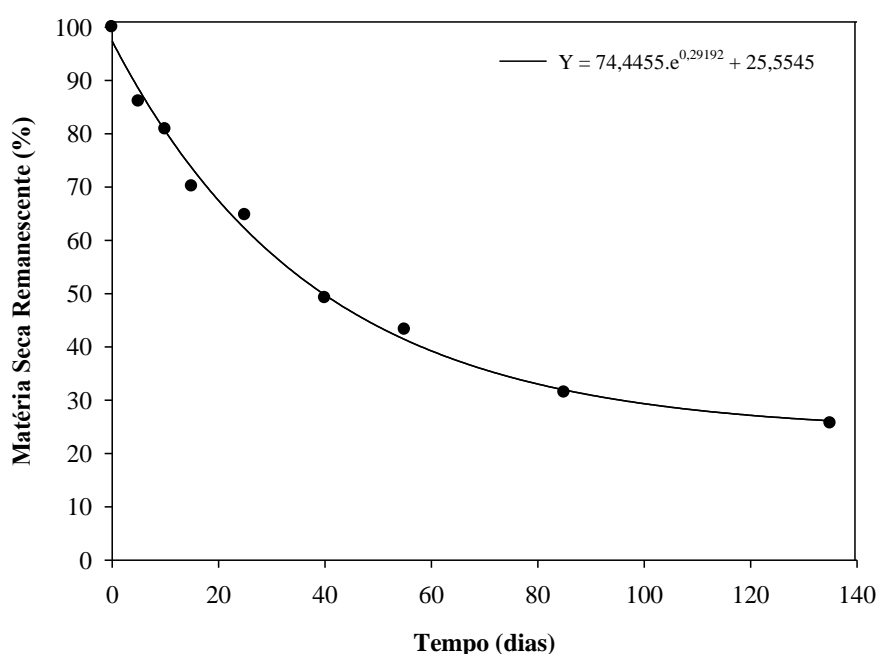


Figura 4 - Matéria seca remanescente da pastagem ao longo dos 135 dias de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Pato Branco, 2016.

Aita & Giacomini (2003) avaliando a velocidade de decomposição da aveia após 30 dias de deposição a campo, obtiveram um residual de 81% da matéria seca contra 57% para ervilhaca, justificando esta diferença pelo maior teor de N e menor relação carbono/nitrogênio (C/N) da ervilhaca. Adami (2012) avaliando áreas com e sem pastejo, verificou que nos tratamentos sem pastejo, após 30 dias de incubação à campo 73% da matéria seca permanecia na superfície do solo, contra 52, 57 e 62 % para os tratamentos com pastejo. O pastejo pode influenciar a decomposição da matéria seca e a ciclagem de nutrientes pela alteração na

qualidade da biomassa vegetal, pois a rebrota das plantas muitas vezes tem maior concentração de nutrientes nos tecidos aéreos o que aumenta a taxa de decomposição subsequente dos tecidos (Hollande et al., 1992).

Segundo Giacomini et al. (2003) e Lupwayi et al. (2007) a maior taxa de decomposição inicial resulta da decomposição de aminoácidos, açúcares e proteínas que são mais facilmente decomponíveis, sendo que estes valores tendem a se estabilizar ou diminuir lentamente após a sua decomposição devido à presença de componentes mais recalcitrantes como lignina, tanino e celulose.

Paro o teor de K remanescente na matéria seca residual constatou-se influência da interação tripla (pastejo *versus* época *versus* tempo) como pode ser observado na Tabela 3. Dessa forma partiu-se para o desdobramento dessa interação, sendo analisado o comportamento do teor de K remanescente das épocas de aplicação de potássio dentro de um mesmo nível de pastejo (Figura 5).

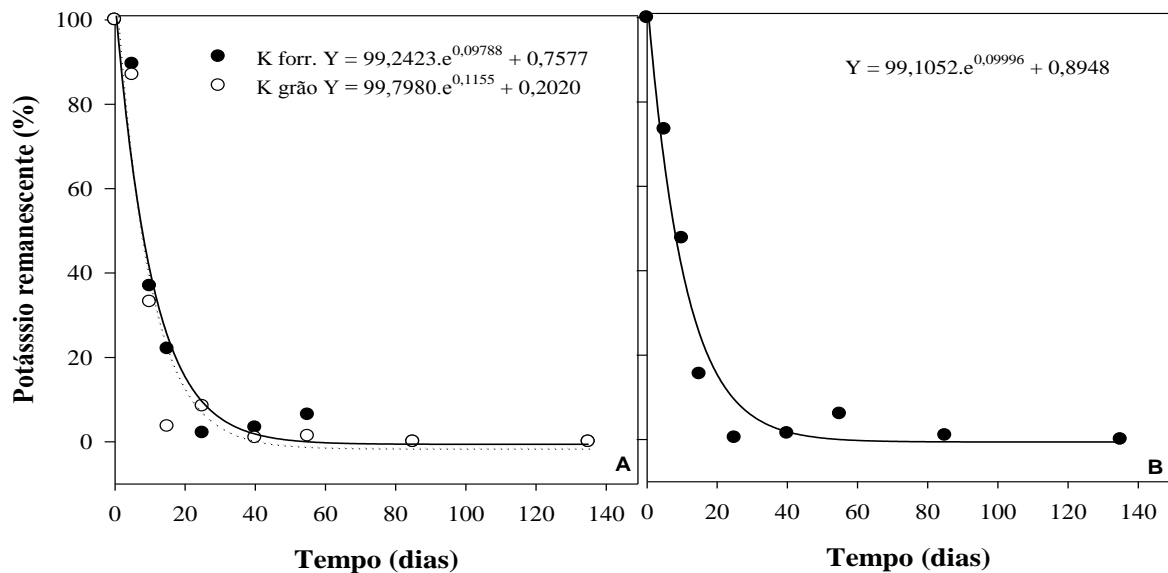


Figura 5 – Potássio remanescente da pastagem nas áreas Sem Pastejo (Figura A) e Com Pastejo (Figura B) ao longo dos 135 dias de avaliação dos sacos de decomposição a campo. Pato Branco, 2016.

Nos tratamentos Sem pastejo houve interação entre época de aplicação de K e tempo (Figura 5A), já nos Com pastejo somente houve diferença significativa dos tempos de decomposição.

A liberação de K pelos resíduos seguiu um padrão semelhante entre todos os tratamentos (Tabela 4), descrita pelo modelo exponencial simples e elevada proporção na fração facilmente decomponível, em torno de 99% em todos os tratamentos. Observa-se na Figura 5A que nas áreas sem pastejo houve diferença nos teores de K remanescente aos 15 dias de decomposição entre as épocas de aplicação de K, sendo que quando o potássio foi aplicado na pastagem (Kpast), aos 15 dias restava 22% do potássio contido na palhada contra 3,6 % quando o potássio ainda não havia sido aplicado (Ksoja), sendo que no Kpast a quantidade de K na forma mais prontamente disponível foi de 99,24% e com meia vida de 7,08 dias e respectivamente de 99,78% e 6,0 dias nos tratamentos Ksoja, isso provavelmente ocorreu pela maior quantidade de K presente nesses tratamentos, o que acarretou numa liberação mais lenta do nutriente. Nas áreas com pastejo (Figura 5B) a quantidade de K na forma mais prontamente disponível foi de 99,10% com meia vida de 6,98 dias, sem ter apresentado diferença entre as épocas de aplicação de potássio, sendo que os 15 dias restava apenas 15,5% do K contido na palhada inicialmente. Resultados estes inferiores aos obtidos por Giacomini et al. (2003) que constataram liberação de 55% do K de resíduos de aveia em 15 dias. Bortoli (2010) em trigo duplo-propósito pastejado durante diferentes períodos observou que 85,9% do K estava presente no compartimento mais facilmente decomponível (A) com uma meia vida de 8 dias, resultados semelhantes aos obtidos neste trabalho.

Com isso percebe-se o quanto é rápida a liberação de K da matéria seca. Fato devido por esse nutriente não fazer parte dos compostos estruturais da planta, sendo prontamente liberado na serapilheira (Tripathi & Singh, 1992). Segundo Meurer & Inda (2004) o K se movimenta livremente nos fluídos das células, atuando nos processos fisiológicos, como

balanço iônico, potencial osmótico, síntese de aminoácidos e proteínas, etc. Portanto se o K é móvel entre os tecidos e membrana das células, quando a membrana perde sua funcionalidade, esse nutriente é facilmente liberado dos tecidos mortos da planta. Por isso esse fenômeno pode ocorrer em condições de campo pela ação da água do orvalho ou das chuvas.

Diante disso é possível que as adubações potássicas praticadas atualmente possam ser altas, uma vez que as mesmas não consideram a quantidade de retorno de K via resíduos de plantas e de animais. Por isso é importante salientar que apesar de boa parte do K ser exportado via grãos ou carne leite, e um pouco perdido do sistema via lixiviação, uma grande parte retorna ao solo via resíduos para a cultura subsequente, neste caso a soja.

3.6 CONCLUSÕES

1 – O pastejo rotativo influenciou negativamente o INK da pastagem, devido a exportação do K das áreas pastejadas. O INN e INK da soja foram influenciados apenas pela época de aplicação de K, sendo que as áreas que receberam o K no verão apresentaram melhor status nutricional que as que receberam K no inverno, o que pode ter ocorrido pela perda de K por lixiviação nas áreas adubadas no inverno, e exportação de K pelo pastejo.

2 – Independente dos tratamentos avaliados nas duas culturas, o INN foi considerado satisfatório, não sendo limitante para o bom desenvolvimento das culturas. Porém o INK, para a cultura de inverno foi considerado satisfatório, mas para a soja o mesmo foi insatisfatório podendo ter sido limitante para a obtenção da máxima produtividade da cultura.

3 – A proposta da análise da biomassa aérea como diagnóstico do estado nutricional das plantas serve como ferramenta para diagnosticar a necessidade ou não da adubação das culturas quando as mesmas já estão estabelecidas.

4 - A taxa de decomposição da matéria seca e a liberação de potássio apresentaram um padrão exponencial semelhante: caracterizado pela decomposição apenas do material presente no compartimento mais facilmente decomponível dentro do período estudado (135 dias).

5 – A liberação de potássio da palhada para o solo, em sistemas integrados de produção agropecuária é alta, e a sua contribuição deve ser levada em consideração no momento da adubação.

3.7 LITERATURA CITADA

- ADAMI, P.F. **Intensidades de pastejo e níveis de cama de aviário em sistemas de integração lavoura-pecuária**. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia- Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.601-612, 2003.
- BHERING, S. B. et al. **Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/IAPAR. 2008. 74p
- BORTOLI, M. **Influência de períodos de pastejo em trigo duplo propósito sobre a decomposição e liberação de nutrientes da palhada em sistemas de integração lavoura-pecuária**. 2010 Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- CQFRS -COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 10 ed., Porto Alegre, SBCS 2004. 400 p.
- GASTAL, F.; LEMAIRE, G.N. N uptake and distribution in crops: na agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, v.53, p.789-799, 2002.
- GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1097-1104, 2003.
- GREENWOOD. D.J. et al. Growth rate %N of field grown crops: theory and experiments. **Annals of Botany**, London, v.67, p.181-190, 1991.
- HIROSE, T.; WERGER, M.J.A. Maximizing daily canopy photosynthesis with respect to the leaf nitrogen allocation pattern in the canopy. **Oecologia**, v.52, p.520-526, 1987.
- JUSTES, E.; MARY, B.; MEYNARD, J.M.; MACHET, J.M.; THELIER-HUCHES, L. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. **Annals of Botany**, v.74, p.397-407, 1994.
- LEMAIRE, G. et al. Nitrogen distribution within a lucerne canopy during regrowth: relation with light distribution. **Annals of Botany**, London, v.68, p.483-488, 1991.
- LEMAIRE G; MEYNARD J.M. Use of the Nitrogen Nutrition Index for analysis of the agronomical data. In: LEMAIRE G. (ed), **Diagnosis on the nitrogen status in crops**. Heidelberg, Springer-Verlag, 1997. p.45-55.

- LEMAIRE, G.; SALETTE, J. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. 1. Etude de l'effet du milieu. **Agronomie**, Paris, v.4, p.241-249, 1984.
- LUPWAYI, N.Z.; CLAYTON, G.W.; O'DONOVAN, J.T. et al. Phosphorus release during decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. **Soil Tillage Research**. v.95, p.231-239, 2007.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: 350p.1968.
- MEURER, E. J.; INDA JUNIOR. A. V.. **Potássio e adubos potássicos**. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARCO, F. A. O. Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas. Porto Alegre. Gênese, 2004. p. 139- 152.
- PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; SOBRINHO, T.A.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.35, p.1777-1786. 2011.
- PAUL, E.A. & CLARK, F.E. Soil microbiology and biochemistry. California, Academic Press, 1996. 340p.
- PITTA, C.S.R. **Produção de caprinos suplementados em pastagem de aveia, decomposição de resíduos e rendimento do milho em sistemas de integração lavoura-pecuária..** 2012. Tese (Doutorado em Agronomia- Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná.
- SALETTE, J; HUCHÉ L. Diagnostic de l'état de nutrition minérale d'une prairie par analyse de végétal: principes, mise en oeuvre, exemples. **Fourrages**, n.125, 3-18, 1991.
- SANAULLAH, M. et al. How does plant leaf senescence of grassland species influence decomposition kinetics and litter compounds dynamics? **Nutr Cycl Agroecosyst**. Publicado online, 2009.
- SARTOR, R.L. **Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas de papuã submetidas a diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P.C.de.F.; ANDRIGUETI, M.; CAO, E. Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1829-1836, 2009.
- TEDESCO, M. J. Análise de solo, plantas e outros minerais. Porto Alegre, UFRGS: Depto. de Solos, Faculdade de Agronomia, 1995. 174p.
- THÉLIER-HUCHÉ, L.; FARRUGGIA, A.; CASTILLON, P. **L'analyse d'herbe: un outil pour phosphate et potassique des prairies naturelles et temporaires**. Institut de L'Élevage, Juin, 1999.
- TRIPATHI, S.K.; SINGH, K.P. Nutrient immobilization and release patterns during plant decomposition in a dry tropical bamboo savana, India. **Biology Fertility Soils**, Berlin, v.14, n.13, p.191-199, 1992.
- WIEDER, R.K. & LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data from litter bags. *Ecology*, 63:1636-1642, 1982.

CAPÍTULO 4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A crescente demanda mundial por alimentos e matérias-primas vem exigindo que os sistemas agrícolas de produção se tornem cada vez mais eficientes na qualidade e quantidade dos alimentos produzidos, nos custos de produção, garantindo a segurança alimentar e auxiliando na mitigação dos gases de efeito estufa. Esses são atualmente alguns dos desafios mais importantes impostos à agricultura, pois há a necessidade de atender essas demandas com reduzido consumo de insumos que apresentam reservas finitas no planeta, como o potássio, e com reduzidos impactos ambientais.

A aplicação de fertilizantes em larga escala exigida pelos sistemas intensivos de produção, tem se tornado difícil por motivos ambientais e econômicos. Portanto uma alternativa apropriada é o uso de sistemas de produção que utilizem os recursos disponíveis nos agroecossistemas, simultaneamente com a melhoria da qualidade do solo, que é a base para a produção vegetal e animal, reduzindo desta forma o consumo de insumos e aumentando a renda por área (Balbinot Jr. et al., 2009).

Neste trabalho verificou-se que a antecipação da adubação potássica da cultura da soja para a pastagem, acarretou em menores rendimentos que quando aplicada na soja, não confirmando a hipótese desse trabalho, o que acredita-se que pode ter sido devido ao manejo do pastejo utilizado neste trabalho.

Nesse sentido sugere-se a repetição deste modelo de estudo, mas preferencialmente em pastejo contínuo por longos períodos, com o intuito de obter o entendimento da real contribuição dos dejetos na ciclagem de nutrientes para o sistema em longo prazo. Recomenda-se também que trabalhos de pesquisa tenham repetição ou no tempo ou no espaço, a fim de facilitar a publicação dos resultados em periódicos renomados em Agronomia.

O estado nutricional das plantas pode ser usado como ferramenta na recomendação de adubação das culturas já estabelecidas tendo como base as análises da biomassa aérea das

plantas. Esse método mostrou-se simples e eficiente, e pode ser usado em qualquer estágio vegetativo da cultura, especialmente nos períodos iniciais, o que evitará tanto o desperdício do nutriente quanto a falta do mesmo para a planta, além de poder explicar possíveis causas de variação na produtividade das culturas quando avaliadas em experimentos atrelados à nutrição de plantas. Contudo, em nível de produtor rural ainda existem limitações quanto à utilização desses modelos matemáticos, uma vez que o produtor tem restrições técnicas para diagnosticar a produção de forragem acumulada.

Todavia novos estudos devem ser realizados a fim de obter resultados que comprovem a utilização dessas metodologias de avaliação do status nutricional das plantas em diferentes regiões edafoclimáticas, bem como se faz necessária a difusão dessas metodologias no meio produtivo.

CAPÍTULO 5. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.717-723, 2001.
- AMBROSI, I.; SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; ZOLDAN, S.M. Lucratividade e risco de sistemas de produção de grãos combinados com pastagens de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p. 1213-1219, 2001.
- ANGUINONI, I.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.; SOUZA, E.D.; CONTE, O.; LANG, C.R. Benefícios da integração lavoura-pecuária sobre a fertilidade do solo em sistema plantio direto. **Fertilidade do solo em plantio direto**. Ponta Grossa: AEAGPG, 2011, P.1-31.
- ASSMANN, T.S.; CASSOL, L.C.; ASSMANN, A.L. Manejo da fertilidade do solo (ciclagem de nutrientes) em sistemas de integração lavoura-pecuária. In: **Encontro de integração lavoura-pecuária no Sul do Brasil, 1.**, 2002, Pato Branco. Anais. Pato Branco: CEFET-PR, 2002. p. 61-84.4, p. 675-683, 2002.
- ASSMANN, T.S.; RONZELLI JUNIOR, P.; MORAES, A.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. 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.
- ASSMANN, A.L.; PELISSARI, A.; MORAES, A.; ASSMANN, T.S.; OLIVEIRA, E.B. Produção de gado de corte e acúmulo de matéria seca em sistemas de integração lavoura-pecuária em presença e ausência de trevo branco e nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, p.37-44, 2004.
- BATAGLIA, O.C.; MASCARENHAS, H.A.A. **Absorção de nutrientes pela soja**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1978. 36p. (IAC, Boletim Técnico, 41).
- BALBINOT JR, A.A. **Uso do solo no inverno: propriedades do solo, incidência de plantas daninhas e desempenho da cultura do milho**. 2007. 150f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-graduação em Agronomia- Produção Vegetal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Paraná.
- BALBINOT JR. A.A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; PELISSARI, A.; DIECKOW, J. Integração lavoura-pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.6, p.1925-1933, 2009.
- BELL, L.W.; MOORE, A.D. Integrated crop-livestock systems in Australian agriculture: Trends, drives and implications. **Agricultural Systems**, v.111, p.1-12, 2012.
- BERNARDI, A.C.C.; OLIVEIRA JUNIOR, J.P.; LEANDRO, W.M.; MESQUITA, T.G.S.; FREITAS, P.L.; CARVALHO, M.C.S. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, n.2, p.158-167, 2009.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; SILVA, D.N. Calibração de potássio trocável para a soja em latossolo roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, n.2, p.223-226, 1993.
- BORKERT, C.M. et al. Resposta da soja à adubação e disponibilidade de potássio em latossolo roxo eutrófico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p.1-17, 1997.
- BRAIDA, J.A.; REUCHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.30, n.4, p.605-614, 2006.

- BRAZ, F.P.; MION, T.D.; GAMEIRO, A.H. Análise socioeconômica comparativa de sistemas de integração lavoura-pecuária em propriedades rurais na região sul, sudeste e centro-oeste do Brasil. **Informações econômicas**, SP, v.42, n.2, p.69-80, 2012.
- BRUNETTO, G. et al. Nível crítico e resposta das culturas ao potássio em um argissolo sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.565-571, 2005.
- CAMPOS, B.C. et al. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.2, p.386-391, 1999.
- CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; FEIGL, B.J.; PICCOLO, M.C.; GODINHO, V.P.; CERRI, C.C.. Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. **Soil and Tillage Research**, Philadelphia, v.103, n.2, p.342-349, 2009.
- CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I.; MORAES, N.A.; SOUZA, E.D.; SULC, R.M.; LANG, C.R.; FLORES, J.P.; LOPES, M.L.T.; SILVA, J.L.; CONTE, O.; WESP, C.; LEVIEN, R.; FONTANELI, C.B. Manazing grazing animals to achieve nutriente cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.88, n.2, p.259-273, 2010.
- CARVALHO, P. C. F. & MORAES, A. Integration of Grasslands within Crop Systems in South America. *Grasslands Productivity and Ecosystems Services*. Eds. Lemaire, G.; Hodgson, J. Chabbi, A. p.219-226, 2011.
- CARVALHO, M.C.S.; FERREIRA, A.C.B.; SANTOS, F.C.; SANTOS, C.R.O. Antecipação da adubação potássica do algodoeiro para a cultura de cobertura do solo em sistema plantio direto. In: FERTIBIO 2012 - A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola. **Anais....** Maceió –AL, 2012.
- CARVALHO, P.C.F.; et al. Definições e terminologias para Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.5, p.1040-1046, 2014.
- CASSOL, L.C. **Relação solo-planta-animal num sistema de integração lavoura-pecuária em semeadura direta com calcário na superfície**. 2003. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Faculdade de Agronomia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- CASTOLDI, G.; FREIBERGER, M.B.; CASTOLDI, G.; COSTA, C.H.M. Manejo da adubação em sistema plantio direto. **Revista Trópica- Ciências Agrárias e Biológicas**, v.6, n.1, p.62-74, 2012.
- COIMBRA, C. H.; SOUZA, M. L. P.; MORAES, A. Avaliação do efeito do impacto do animal no solo em áreas de plantio direto envolvidos na integração lavoura pecuária. **Simpósio sobre avaliação de pastagens com animais**. Maringá, p. 129-150, 1996.
- CONCEIÇÃO P.C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.5, p.777-788, 2005.
- COTTICA, R.L. et al. Persistência de cobertura morta e liberação de nutrientes de palhada de aveia preta em latossolo roxo cultivado com milho em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Programas e Resumos**. Viçosa: SBCS, 1999.
- DUBEUX JR, J.C.B.; SANTOS, H.K.; SOLLENBERGER, L.E. Ciclagem de nutrientes: perspectivas de aumento da sustentabilidade da pastagem manejada intensamente. In: PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de. (Ed.). **Fertilidade dos solos para pastagens produtivas - simpósio sobre manejo de pastagem**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 2004. P.357-400.

- ENTZ, M.H.; BARON, V.S.; CAR, P.M. et al. Potential of forages to diversify cropping systems in Northern Great Plains. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, n.1, p.204-213, 2002.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas** (Princípios e perspectivas). Londrina: Planta, 2006. 401p.
- ERNANI, P.R.; ALMEIDA, J.A.; SANTOS, F.C. Potássio. In: NOVAIS, R.F. et al. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007, p. 551-594.
- FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, V.35, p. 161-169, 2011.
- FLORES, J.P.C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L.C.; CARVALHO, P.C.F.; LEITE, J.G.D.; FRAGA, T.I. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema de plantio direto em integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.4, p. 771-780, 2007.
- FLORES, J. P. C. **Atributos físicos e químicos do solo e rendimento de soja sob integração lavoura-pecuária em sistemas de manejo**. 2008. 102p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.4, p.1549-1561, 2008.
- FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H.P. et al. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000.
- FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.226-2276, 1999.
- FRANCISCO, E.A.B.; CÂMARA, G. M.S.; SEGATELLI, C.R. Estado nutricional e produção do capim-pé-de-galinha e da soja cultivada em sucessão em sistema antecipado de adubação. **Bragantia**, v.66, n. 2, p.259-266, 2007.
- FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Crop and cattle responses to tillage systems for integrated crop-livestock production in the Southern Piedmont, USA. **Renewable Agriculture and Food Systems**, Pennsylvania, v.22, n.3, p.168-180, 2007.
- FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Soil physical responses to cattle grazing cover crop under conventional and tillage in the Southern Piedmont, USA. **Soil and Tillage Research**. Philadelphia, v.100, n.1-2, p.141-153, 2008.
- FURTINI NETO, A.E. et al. **Fertilidade do solo**, Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.
- GARCIA, R.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C.; ROSOLEM, C.A.. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**, v.28, p.579-585, 2008.
- GUARESCHI, R.F.; GAZOLLA, P.R.; SOUCHIE, E.L.; ROCHA, A.C. Adubação fosfatada e potássica na semeadura e a lavoura antecipada na cultura da soja cultivada em solo de Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.4, p.769-774, 2008.
- HAYNES, R.J. & WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture ecosystem. **Adv Agron.**, 49:119- 199, 1993. In: FERREIRA, E.V.O.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M.H.; et al. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p. 161-169, 2011.

- WILLIAMS, P.H. Influence of stock camping behaviour on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.28, n.3, p.253-258, 1999.
- HERRERO, M.; THORNTON, P.K.; NOTENBAERT, A.M.; WOOD, S.; MSANGI, S.; FREEMAN, H.A.; BOSSIO, D.; DIXON, J.; PETERS, M.; STEEG, J.van de; LYNAM, J.; PARTHASARATHY RAO, P.; MACMILLAN, S.; GERARD, B.; MCDERMOTT, J.; SERÉ, C.; ROSEGRANT, M.. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**. v.327, p.822-825, 2010.
- HUBER, D.M.; ANRY, D.C. Interactions of potassium with plant disease. MUNSON, R.D. (Ed) **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985.
- JOHNSTON, A.E. **The efficient use of plant nutrients in agriculture**. Paris: IFA, 2000.
- KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão, 570 p., 2003.
- LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environmental pollution**, Oxford, v.116, n.3, p. 353-362, 2002.
- LANZANOVA, M.E.et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio-direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.31, n.5, p.1131-1140, 2007.
- LEMAIRE, G. et al. Integrated crop-livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.190, p.4-8, 2014.
- LOPES, A. S. Reserva de minerais potássicos e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafos, 2005.
- LOPES, M.L.T.; CARVALHO, P.C.F.; ANGHINONI, I. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: Efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v. 39, n.5 p.1499-1506, 2009.
- LUNARDI, R.; CARVALHO, P.C.F.; TREIN, C.R. et al. Rendimento de soja em sistemas de integração lavoura-pecuária: efeito de métodos e intensidades de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.795-801, 2008.
- MALAVOLTA, E.; CROCOMO, O.J. O potássio e a planta. YAMADA, T.; IGUE, K.; MUZILLI, O.; USHERWOOD, N. R. (Ed). **O potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato: Instituto Internacional da Potassa, 1982.
- MALAVOLTA, E. **Nutrição mineral e adubação de café: colheitas econômicas máximas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1993. 210p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997, 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 1995. 201 p.
- MARTINS, I.S.; HANAUER, R.; SANTOS, A.S.; MARTINS, I.S.; FERREIRA, I. Produtividade de soja sob aplicação de cloreto de potássio em pré-plantio e pós plantio. **Nucleus**, v.10, n.2, p.275-280, 2013.
- MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A.; MIRANDA, M.A. de; PEREIRA, J.C.V.N.A.; BRAGA, N.R. Deficiência de potássio em soja no estado de São Paulo: melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.42, p.1-3, 1988.
- MATHEWS, B. W. and SOLLENBERGER, L. E. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: soil considerations. In: NUTRIENT CYCLING IN FORAGE

- SYSTEMS. 1996, Columbia, **Proceedings...** JOOST, R. E. and ROBERTS, C. A. (eds.). Columbia: University of Missouri, 1996. p. 213-229.
- MATOS, M.A.; SALVI, J.V.; MILAN, M. Pontualidade na operação de semeadura e a antecipação da adubação e suas influências na receita líquida da cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.493-501, 2006.
- MELO, V.F. et al. Importância das espécies minerais no potássio total da fração argila de solos do triângulo mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.5, p.807-819, 2003.
- MEURER, E.J. ANGHINONI, I. Disponibilidade de potássio e sua relação com parâmetros de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.3, p.377-382, 1993.
- MIELNICZUK, J. Avaliação da resposta das culturas ao potássio em ensaios de longa duração-experiências brasileiras. In: YAMADA, T. et al. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 1982. p.289-303.
- MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. (Eds). **Potássio na Agricultura Brasileira**: Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 2005. P. 165-178.
- NACHTIGALL, G.R; RAIJ, B.V. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. (Eds). **Potássio na Agricultura Brasileira**: Piracicaba: Patafós, 2005. P.93-113.
- NACHTIGALL, G.R, VAHL, L.C. Dinâmica de liberação de potássio dos solos da região sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.1, p.43-47, 1991.
- NASCIMENTO JR, D.; CAVALCANTE, M.A.B. Reciclagem de excreções animais na pastagem. 2001. Disponível em: www.forragicultura.com.br/vermat.asp?codmat=39. Acesso em: 24 junho de 2015.
- NICOLOSO, R. S.; LANZANOVA, M. E.; LOVATO, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.
- OLIVEIRA, E. de. Opções de forrageiras de entressafra e inverno em sistema de integração lavoura e pecuária. Disponível em: <http://www.nupel.uem.br/forrageiras.pdf>>. Acesso em : 30 jul. 2015.
- PEIXOTO, C.P.; CÂMARA, G.M.S.; MARTINS, M.C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.89-96, 2000.
- POWELL, J.M.; WILLIAMS, T.O. **Livestock nutriente cycling and sustainable agriculture in the West African Sahel**, London: International Institute for Environment and Development, 1993. p.7.
- RAIJ, B.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, Fundação IAC, 1997.
- RODRIGUES, A.M.; CECATO, U.; FUKUMOTO, N.M. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagens de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.6, p.990-997, 2008.
- ROSO, C.; RESLTLE, J. Aveia preta, triticale e centeio em mistura com azevém. 2. Produtividade animal e retorno econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v.29, n.1, p.85-93, 2000.
- ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.; FOLONI, J.S.S.; GARCIA, R.A. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milho após a dessecação química. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.8, p.1169-1175, 2007.

- ROSOLEM, C.A. et al. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.6, p.1033-1040, 2006.
- ROTZ, C.A.F. et al. Whole-farm perspectives of nutriente flows in grassland agriculture. *Crop Science*, Stanford, v.45, n.6, p.2139-2159, 2005.
- RUIZ, H.A.; MIRANDA, J.; CONCEIÇÃO, J.C.S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para suprimento de K, Ca, Mg às plantas de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.4, p.1015-1018, 1999.
- SANDINI, I. E.; MORAES, A.; PELISSARI, A.; NEUMANN, M.; FALBO, M.K.; NOVAKOWISKI, J.H. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, v.41, n.8, p.1315-1322, 2011..
- SALTON, J.C.; FABRICIO, A.C.; MACHADO, A.Z.M.; OLIVEIRA, H. Pastoreio de aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.69, n.1, p.32-34, 2002.
- SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; BAIER, A.C.; TOMM, G.O. **Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 142p.
- SANTOS, R.; VARGAS, G.R. Efeito da adubação potássica na produtividade da soja. **Ciências Exatas e da Terra**, Ciências Agrárias e Engenharias (Impresso) , v. 18, p. 79-84, 2012.
- SANTOS, H.P.; FONTANELI, R.S.; SPERA, S.T.; MALDANER, G.L. Rendimento de grãos de soja em diferentes sistemas de produção integração lavoura-pecuária. **Agrária-Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.1, p.49-56, 2013.
- SHARIFF, A.R., BIONDINI, M.E., GRYGIEL, C.E. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. **Journal of Range Management**, London, v.47, n.6, p.444-449, 1994. In: ASSMANN, J.M. **Estoque de carbono e nitrogênio no solo e ciclagem de nutrientes em sistemas de integração soja-bovinos de corte em plantio direto de longa duração**. 151f. 2013. Tede (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, BR-RS, 2013.
- SHUNKE, R.M. Alternativas de manejo de pastagens para melhor aproveitamento do nitrogênio no solo. In: WORKSHOP – Nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. p.125-140.
- SILVA, A.F.; LAZARINI, E. Doses e épocas de aplicação de potássio na cultura da soja em sucessão a plantas de cobertura. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.35, n.1, p.179-192, 2014.
- SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1269-1275, 2001.
- SOARES, A.B.; RESTLE, J. Produção animal e qualidade de forragem de pastagens de triticale e azevém submetida a doses de adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.31, n.2, p.908-917, 2002.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, RS: SBCS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 394p.
- SOUTO, M.S. **Pastagens de aveia e azevém na integração lavoura-pecuária: produção de leite e características do solo**. 80 f. 2006. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

- SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M.E. (Ed). **Handbok of soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. P.38-52.
- SPARKS, D.L.; HUANG, P.M. Physical chemistry of soil potassium. In: MUNSON, R.D. (Ed). **Potassium in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1985. P.201-276.
- TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BORKERT, C.M. Nutrição mineral da soja. In: CULTURA DA SOJA NOS CERRADOS. Piracicaba: **Potafos**, 1993, p.105-135.
- TEIXEIRA, L.B. **Dinâmica do ecossistema de pastagem cultivada em área de floresta na Amazônia Central**. 100f. 1987. Tese (Doutorado) - Fundação da Universidade do Amazonas, Manaus, 1987.
- ZANCANARO, L.; HILLESHEIM, J.; HOOGERHIDE, H.; VERONESE, M.; VILELA, L.; FRANCISCO, E.A.B. Manejo do solo, adubação e nutrição da cultura da soja. In: HIROMOTO, D.M.; CAJU, J.; CAMACHO, S.A. (Ed). **Boletim de pesquisa de soja 2009**. Rondonópolis: Fundação MT, 2009, n.13. p.270-285.
- WILLIAMS, P.H. Influence of stock camping behaviour on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.28, n.3, p.253-258, 1999.
- WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. Cycling of mineral nutrientes in pasture ecosystems. In: BUTTLER, G.W.; BALLEY, R.W. (Eds). **Chemistry and biochemistry of herbage**, New York: Academic Press, 1973. P.247-315.