

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

LUANA DUDA

**NUTRIÇÃO E RENDIMENTO DO MILHO PARA SILAGEM EM SISTEMAS
DE MANEJO E USO DO SOLO APÓS CALAGEM**

**PONTA GROSSA
2014**

LUANA DUDA

**NUTRIÇÃO E RENDIMENTO DO MILHO PARA SILAGEM EM SISTEMAS
DE MANEJO E USO DO SOLO APÓS CALAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração: Agricultura. Linha de pesquisa: Uso e Manejo do Solo, Universidade Estadual de Ponta Grossa, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca
Co-orientador: Dr. Gabriel Barth

PONTA GROSSA
2014

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

D844 Duda, Luana
Nutrição e rendimento do milho para silagem em sistemas de manejo e uso do solo após calagem/ Luana Duda. Ponta Grossa, 2014.
55f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Área de Concentração: Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Orientador: Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca.
Coorientador: Prof. Dr. Gabriel Barth.

1.Zea mays L. 2.Lolium multiflorum L. 3.Sistema integrado de produção e acidez do solo. I.Fonseca, Adriel Ferreira da. II. Barth, Gabriel. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado em Agronomia. IV. T.

CDD: 633.15



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação: “Nutrição e rendimento do milho para silagem em sistemas de manejo e uso do solo após calagem”.

Nome: Luana Duda

Orientador: Adriel Ferreira da Fonseca

Aprovado pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca

Prof. Dr. Jeferson Zagonel

Dra. Laíse da Silveira Pontes

Data da Realização: 27 de fevereiro de 2014.

Ao meu pai Duda
Minha mãe Marta e
Minha irmã Lorena,

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por minha vida, por todas as graças recebidas e principalmente por me permitir concluir este trabalho.

Aos meus pais, Ambrósio Duda e Marta Grassi Duda, e minha querida irmã Lorena Duda, pelo apoio em todos os momentos, pelo incentivo, paciência e compreensão nos períodos mais difíceis percorridos até aqui. Agradeço também a minha tia Claudete Fernandes Leão por seus conselhos e palavras de conforto em vários momentos neste processo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adriel Ferreira da Fonseca, por toda a ajuda, incentivo, conselhos, compreensão, boas ideias, pelo seu pensamento inovador e principalmente pelo exemplo de profissional dedicado.

À Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), pela oportunidade de realização do curso, aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, por contribuírem com meu aperfeiçoamento profissional. Ao C-LABMU e ao Laboratório de Nutrição de Plantas da UEPG pelo apoio laboratorial. À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e recursos financeiros, e à Fundação ABC, pelo apoio financeiro para execução do trabalho experimental em campo.

Aos colegas de trabalho que fizeram e fazem parte dos Laboratórios de Nutrição de Plantas que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho: Verônica Dias Carneiro, Eduardo Guntzel, Silvano Harkatin, André Auler, Jéssica dos Santos, Flávia Biassio, Joaquim de Lima, Rodrigo D'Ávila, Elton Rech, Gabriel Soares, Felipe Vriesman, Moisés Marcondes, Fabrício Siqueira Hennipman, à Shively Los Galetto pela contribuição com os dados estatísticos e ensinamentos sempre passados com muita paciência e sabedoria, obrigada. E, em especial, à Simone Miara, Thays Scheneider e Sara Carrera, pela amizade consolidada, apoio, paciência e parceria. Vocês foram peças fundamentais na concretização deste trabalho.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigada!

*O Seu tempo é limitado,
então não percam tempo
vivendo a vida de outro.
Não sejam aprisionados
pelo dogma – que é viver
com os resultados
do pensamento
de outras pessoas.
Não deixe o barulho
da opinião dos outros
abafar sua voz interior.
E mais importante,
tenha a coragem
de seguir seu coração
e sua intuição.
Eles de alguma forma
já sabem o que você
realmente quer se tornar.
Tudo o mais é secundário.*

Steve Jobs

DUDA, Luana. **Nutrição e rendimento do milho para silagem em sistemas de manejo e uso do solo após calagem**. 2014. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

RESUMO

Pesquisas vêm sendo direcionadas no sentido de aprimorar a eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas, evitar a degradação dos recursos ambientais, aumentar o rendimento das culturas e maximizar a lucratividade no sistema de produção agrícola. Nesse sentido, os sistemas integrados de produção têm sido caracterizados por dinâmica diferenciada em relação aos cultivos isolados, principalmente por apresentarem maior eficiência na utilização dos insumos. O sistema plantio direto (SPD), aliado à integração lavoura-pecuária (ILP) tem se destacado como uma das alternativas para a produção mais intensiva e sustentável de alimentos no Sul do Brasil. Nesse caso, o milho tem sido cultivado em sucessão ao azevém anual que pode ser destinado na forma de pastejo e/ou silagem pré-secada consumida pelos animais e também como cobertura do solo. O milho por seu potencial produtivo, sua composição química e seu valor nutritivo, entre outros fatores, constitui em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo, assumindo grande importância em âmbito mundial devido a suas inúmeras finalidades, como atender ao mercado de fabricação de ração animal e alimentação humana. Os objetivos deste trabalho foram: (i) avaliar os efeitos da calagem em sistemas de manejo do solo (sistema convencional – SC, cultivo mínimo – CM, sistema plantio direto – SPD, e SPD com subsolagem – SPD+S) sobre o acúmulo de macronutrientes na parte aérea do milho; (ii) avaliar o rendimento de massa seca/silagem, decorrente de diferentes formas de uso (planta de cobertura do solo, pastejo animal e produção de silagem) do azevém anual durante o inverno. O experimento foi instalado no Campo Demonstrativo e Experimental (CDE) da Fundação ABC, no município de Castro, PR, em um solo Latossolo Bruno argiloso. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas (10 x 30 m) foram estudados quatro sistemas de manejo do solo (SC, CM, SPD e SPD+S). Nas subparcelas (10 x 10 m) foram estudadas três formas de uso do azevém anual (cobertura, pastejo e silagem). A intensificação de uso do azevém anual mediante pastejo ou silagem pré-secada, desde que leve em consideração os critérios de altura (para pastejo/corte e resíduo) e nutricionais (com base na exportação e rendimento de massa seca) não alteram os aportes dos macronutrientes em sistemas de preparo de solo com alto teor de MO e acidez corrigida. Os altos rendimentos de MS e acúmulos de macronutrientes na parte aérea do milho evidenciam a capacidade do azevém anual proporcionar a reciclagem de nutrientes no sistema de produção, independentemente do manejo de solo adotado e condições de reatividade do calcário.

PALAVRAS-CHAVE: *Zea mays* L., *Lolium multiflorum* L., sistema integrado de produção e acidez do solo.

DUDA, Luana. **Maize nutrition and yield for silage in systems of soil management and use after liming**. 2014. Master Science in Agronomy Dissertation – State University of Ponta Grossa.

ABSTRACT

Researches has been carried out focusing to improve nutrients use efficiency, avoid degradation of environmental resources, increase crop yields and maximize profitability of the agricultural production system. In this sense, integrated crop-livestock systems have been characterized by different dynamics compared to conventional crops systems, mainly because of the more efficient use of inputs due to high nutrient stored in the soil. The no-tillage (NT) associated with integrated crop-livestock (ICL) has been an alternative for intensification of soil use in Southern Brazil. In this issue, there are a lot of farmers have been cropped maize for silage production in the summer and annual ryegrass for various purposes (cover crop and animal feed). The maize due its yield potential, chemical composition and nutritional value, among other factors, constitutes one of the most important cropped and consumed cereal in the world and, moreover, this crop can be used for market manufacturing animal feed and human food. In this work were (i) evaluate the effects of liming on soil management systems (conventional tillage – CT, minimum tillage – MT, no-tillage – NT, and chiseled no-tillage – CNT) about the accumulated nutrients in maize aerial part; (ii) evaluated the dry matter (DM) and silage yields taking into consideration the previous crop annual ryegrass for different uses (cover crop – C, grazing – G, and silage – S) during the winter. The experiment was carried out Field Demonstration and Experimental (CDE) of the ABC Foundation, in the municipality of Castro-PR, in a clayey Haplohumox. The experimental design was a randomized complete block with split plots and four replications. In main plots (10 x 30 m), four systems of soil management (CT, MT, NT and CNT) was studied. In subplots (10 x 10 m), the annual ryegrass was cropped for different purposes (C, G and S). The intensification of soil use due pasture or silage production during the winter cannot change macronutrient inputs in systems of soil tillage under high concentration of organic matter and acidity controlled. This can be state if the winter pasture to be adequately managed. The high DM and macronutrients accumulated in aerial part of maize show the ability of annual ryegrass for nutrient recycling on the systems of production with different tillage and conditions of lime reactivity.

KEYWORDS: *Zea mays* L, *Lolium multiflorum*. L., integrated system of production, soil reaction.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos e granulométricos da camada de 0-20 cm da área experimental em abril/2008, 12 (doze) meses antes da calagem	26
Tabela 2. Aporte de nutrientes fornecido pelas adubações minerais realizadas nas culturas do azevém anual e milho (2012/2013).....	30

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Cronograma ilustrativo das atividades de campo com azevém anual da área experimental, destacando-se as etapas de cortes/pastejos e manejo da fitomassa de azevém produzida no outono-inverno do ano de 2012. ⁽¹⁾ Semeadura do azevém anual; ⁽²⁾ Data dos pastejos animais; ⁽³⁾ Data referente aos cortes para silagem; ⁽⁴⁾ Manejo da fitomassa28
- Figura 2. Cronograma ilustrativo das atividades de campo com milho para silagem da área experimental, destacando-se as etapas de preparo do solo, semeadura e coleta do milho para silagem 2012/2013. ⁽¹⁾ Data referente ao preparo do solo; ⁽²⁾ Data referente a semeadura do milho para silagem; ⁽³⁾ Data referente a coleta de amostras de milho para silagem.....30
- Figura 3. Rendimento de massa seca (MS) e acúmulo de nitrogênio (N) na fitomassa do azevém anual submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e formas de uso do azevém anual. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas (referem-se aos sistemas de manejo do solo) e minúsculas (referem-se as formas de uso do azevém) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). SC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivado mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. Os coeficientes de variação (CV) para MS e N no manejo do solo foram: 11,59% e 12,55% e CV para uso do azevém foram: 14,05% e 17%.....34
- Figura 4. Acúmulo de fósforo, potássio e enxofre da fitomassa de azevém anual submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e cultivado com diferentes propósitos. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). SC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivado mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual (CV) para P, K e S no manejo do solo foram: 20,24%, 14,05% e 11,40% e CV para uso do azevém foram: 20,10%, 17,76% e 15,97%.....37
- Figura 5. Acúmulo de cálcio e magnésio da fitomassa de azevém anual submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e cultivado com diferentes propósitos. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). SC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivado mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. (CV) para Ca e Mg no manejo do solo foram: 19,24% e 18,10% e CV para uso do azevém foram: 17,44% e 18,74%.....39

Figura 6. Rendimento de massa seca (MS) e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea do milho para silagem submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e cultivado com diferentes propósitos. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para sistemas de preparo do solo e formas de uso do azevém, respectivamente. SCC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivo mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. (CV) para MS, N, P e K no manejo do solo foram: 16,91%, 20,06%, 20,47e 23,71% e CV para uso do azevém foram: 12,23%, 14,72%, 16,87% e 16,12%.....43

Figura 7. Acúmulo de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na parte aérea do milho para silagem submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e cultivado com diferentes propósitos. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para sistemas de preparo do solo e formas de uso do azevém, respectivamente. SCC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivo mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. (CV) para Ca, Mg e S no manejo do solo foram: 18,48%, 19,98% e 17,30% e CV para uso do azevém foram: 19,41%, 21,96% e 12,41%.....44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Sustentabilidade e caracterização dos sistemas agropecuários de produção nos campos gerais.....	15
2.2. Acidez de solos tropicais e seu controle	17
2.3. Interação solo planta animal.....	20
2.4. A cultura do azevém anual nos sistemas integrados de produção.....	21
2.5. A cultura do milho destinado à silagem nos sistemas integrados de produção.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. Localização, histórico e caracterização da área experimental	26
3.2. Delineamento, tratamentos e condução do experimento.....	27
3.3. Amostragens, determinações laboratoriais e análises estatísticas	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1. Rendimento de matéria seca e acúmulo de macronutrientes na fitomassa de azevém anual.....	33
4.2. Rendimento de matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea do milho de milho para silagem	40
5. CONCLUSÕES	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

As produções agropecuárias das regiões tropicais e subtropicais apresentam potencial para manter/melhorar a qualidade do solo, desde que contemplem baixa mobilização (do solo) e a presença contínua de plantas, preferencialmente de espécies diferentes (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007).

Devido ao fato de grande parte dos solos brasileiros apresentarem características de elevada acidez e baixa fertilidade natural, torna-se necessário o desenvolvimento de estratégias de correção/amenização da acidez, visando elevar as produtividades agropecuárias.

A correção da acidez do solo com uso de calcário, em doses recomendadas para elevar o pH do solo para a faixa de 5,5 a 6,0, bem como o aumento da concentração de fósforo, são práticas fundamentais para garantir alto rendimento da maioria das pastagens e das culturas destinadas à produção vegetal (BALBINOT JUNIOR et al, 2009).

A calagem pode proporcionar melhores condições no desenvolvimento da planta, que podem refletir em adequadas produções de grãos e de forragens. Ainda, em manejos de solos conservacionistas a não-mobilização do solo permite a manutenção dos canais e bioporos, permitindo a ação de neutralização da acidez em profundidade e fornecer Ca e Mg (KAMINSKI et al., 2005).

Entender o balanço de nutrientes em diferentes sistemas de produção é fundamental para ajustar adequadamente as recomendações agronômicas e para aumentar a eficiência dos nutrientes (CIAMPITTI et al., 2013).

Nas últimas décadas, as pesquisas vêm sendo direcionadas no sentido de aprimorar a eficiência de utilização de nutrientes pelas plantas, evitar a degradação dos recursos ambientais, aumentar o rendimento das culturas e maximizar a lucratividade nos sistemas de produção agrícola (HERRERO et al., 2010).

Sistemas integrados de produção têm sido caracterizados por uma dinâmica diferenciada em relação aos cultivos isolados, principalmente por apresentarem maior eficiência na utilização dos insumos (MORAES et al., 2012), devido à maior reserva de nutrientes no solo (SOUZA et al., 2010).

A diversificação dos sistemas de produção e a integração das práticas de manejo são essenciais para desenvolver sistemas mais sustentáveis (AMADO, 2011). O sistema plantio direto (SPD), aliado à integração lavoura-pecuária (ILP), tem se destacado como uma das melhores alternativas para a produção mais intensiva e sustentável de alimentos (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

Com a intensificação do uso da terra, a ILP, além de estar associada ao SPD, deve incluir adequado planejamento de rotação de culturas, correção da acidez e melhoria da fertilidade do solo, manejo de pastagem e uso de genótipos melhorados (BALBINOT JUNIOR et al, 2009), e dentro deste contexto, destaca-se a cultura do azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.)

Como característica da região, o milho é cultivado em sucessão ao azevém que pode ser destinado na forma de pastejo e/ou silagem pré-secada consumida pelos animais e também como cobertura do solo. Essa sucessão, com a retirada da biomassa vegetal, tanto no pastejo ou pré-secado quanto para a silagem de milho parte aérea do milho, induz a elevadas taxas de aplicação de adubos.

O milho (*Zea mays* L.), por seu potencial produtivo, sua composição química e seu valor nutritivo, entre outros fatores, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), assumindo grande importância em âmbito mundial devido a suas inúmeras finalidades, como atender ao mercado de fabricação de ração animal e alimentação humana (VILELA et al., 2012). Portanto, a utilização de práticas agrícolas que proporcionem maiores produtividades sem comprometer a preservação ambiental faz-se necessária durante o ciclo da cultura.

Desta forma os objetivos deste trabalho foram: (i) avaliar os efeitos da calagem em sistemas de manejo do solo (convencional, cultivo mínimo, plantio direto – PD e PD com subsolagem) sobre o acúmulo de macronutrientes do milho para silagem); (ii) avaliar o rendimento de massa seca, decorrente de diferentes formas de uso do azevém anual durante o inverno.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sustentabilidade e caracterização dos sistemas agropecuários de produção nos campos gerais

Estima-se que a população mundial atual é de 7,2 bilhões de pessoas e chegará a 9,6 bilhões em 2050 (ONU, 2013). O relatório da ONU prevê que o crescimento será principalmente nos países em desenvolvimento e o maior desafio do aumento populacional será suprir a demanda por alimentos.

Em 2050, a demanda de cereais para alimentação humana e animal será de cerca de 3 bilhões de toneladas. A produção anual de cereais deverá crescer quase 1 bilhão de toneladas em relação aos 2,1 bilhões de toneladas de hoje. A produção de carne precisará aumentar, das atuais 200 milhões de toneladas, para um total de 470 milhões de toneladas. Desse total, 72% serão consumidos nos países em desenvolvimento – um crescimento de até 58% (FAO, 2011).

Os agroecossistemas proporcionam aumento na produção agropecuária com qualidade e sustentabilidade ambiental (BALBINO et al., 2011). O sistema de plantio direto (SPD) é uma forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando ou melhorando continuamente o meio ambiente (SIX et al., 2002).

Com o advento do SPD, alguns requisitos básicos tornaram-se necessários, como o não revolvimento do solo, o uso de rotação de culturas e a adoção de métodos integrados de controle de plantas invasoras, pragas e doenças (ANGHINONI, 2007).

Porém, apenas o SPD parece não ser o suficiente para atender essa demanda futura por alimentos, implicando no uso de sistemas mistos de produção, visando intensificar, de forma sustentável e integrada, o uso das áreas agrícolas (HERRERO et al, 2010)

Na segunda metade do século vinte outras estratégias conservacionistas de uso do solo também foram estudadas, incluindo sistema de cultivo mínimo (SCM) e uso de subsoladores

ao invés de arados, etc, visando preservar e/ou aumentar os estoques de carbono orgânico total (COT) e nutrientes minerais nos sistemas de produção. Todavia, essas estratégias não resultaram particularmente nos trópicos, em mais benefícios quando comparado ao SPD. Os benefícios do SPD incluem: (i) incremento da produção agrícola; (ii) redução de custos de produção; (iii) aumento da qualidade ambiental; e (iv) melhoria de atributos biológicos, físicos e químicos do solo, devido ao incremento de carbono orgânico (LAL, 2006).

Nesse contexto, destaca-se a ILP, a qual pode ser definida como um sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes, destinadas à produção animal, e culturas destinadas à produção vegetal e/ou grãos (BALBINOT JUNIOR et al, 2009). Quando associada ao SPD, a ILP consiste em uma prática conservacionista de uso dos recursos naturais e energia, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, intensificação do uso da terra e diminuição da necessidade de transformação de áreas de vegetação nativa em agricultura (LANDERS, 2007).

A ILP também pode ser vista como uma forma de manutenção do SPD, devido ao fato de estabelecer manejo de áreas agrícolas que integrem sucessão de lavouras de grãos anuais com pastagens, a fim de manter ou aumentar os estoques de COT e a qualidade dos atributos químicos do solo (SCHIAVO et al, 2011). Esse sistema de produção pode ser empregado, com sucesso, tanto em pequenas como em grandes propriedades rurais. Nas pequenas propriedades rurais do Sul do Brasil, a ILP pode desempenhar importante papel, diluindo os custos de produção junto à bovinocultura de leite (BALBINOT JUNIOR et al, 2009), devido a maior segurança na produção com o emprego de pastagens de qualidade, uso do PD, quebra de pragas e doenças, diversificação da renda e redução na utilização de insumos (SILVA et al., 2012).

Restrições intrínsecas dos solos da região dos Campos Gerais, como baixa fertilidade natural e alta acidez podem limitar a produção de biomassa, comprometendo a sustentabilidade tanto da ILP quanto do SPD. Torna-se de suma importância o estabelecimento de estratégias

que permitam adequada correção da acidez do solo com o mínimo revolvimento, visando produção de biomassa para alimentação animal (ILP) e, concomitantemente, de fitomassa para manutenção/consolidação do SPD (ANGUINONI et al, 2011).

2.2. Acidez de solos tropicais e seu controle

A maioria dos solos brasileiros são altamente intemperizados, pertencentes à ordem dos Latossolos, onde predominam argilominerais de baixa atividade (sesquióxidos e argilas 1:1), conferindo-lhes, junto com a Matéria Orgânica do Solo (MOS), carga variável dependente de pH (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007).

A acidez nos solos destaca-se de três formas: (i) acidez ativa ou atual, conhecida por potencial de hidrogênio iônico (pH); (ii) acidez trocável, representada pela quantidade de alumínio (Al) trocável, cuja hidrólise fornece prótons (H^+) ao meio; e (iii) acidez potencial, que é a soma da acidez trocável e não trocável ($H + Al$) (SOUZA et al, 2007). O solo comporta-se como um ácido fraco, o qual se dissocia muito pouco, ocorrendo na solução no solo concentrações muito baixas de prótons (VAN RAIJ, 2011). O pH influencia direta e indiretamente a disponibilidade dos nutrientes. Em condições naturais, os solos podem ser ácidos, em decorrência do material de origem e da intensidade da ação de agentes de intemperismo, como clima e organismos (SOUZA et al, 2007).

A acidez também pode ser aumentada quando: (i) ocorre absorção de cátions básicos pelas culturas e exportação dos mesmos pelas colheitas; e (ii) emprega-se manejo inadequado do solo favorecendo a erosão, expondo horizontes subsuperficiais que geralmente são mais ácidos (SOUZA et al, 2007).

A necessidade de calagem é a quantidade de corretivo necessária para neutralizar a acidez do solo de uma condição inicial até uma condição desejada. O insumo mais empregado na correção da acidez do solo tem sido o calcário. Trata-se de um produto de fácil aquisição que, além de corrigir a acidez, é fonte de Ca e Mg para o sistema solo-planta (VAN RAIJ,

2011). Porém, a reação do calcário no solo é lenta e dependente da disponibilidade de água (SOUZA et al, 2007). No SPD a calagem é feita na superfície, sem incorporação (ANGHINONI et al, 2011).

A adição de calcário ao sistema de produção é fundamental e de suma importância por corrigir atributos químicos do solo afetados pelo cultivo. Em condições de SPD, estas alterações são observadas principalmente na camada superficial, que apresenta uma tendência de maior acidificação, contribuindo para isso os resíduos de adubação e a decomposição de matéria orgânica, sobretudo de fertilizantes nitrogenados (DE MARIA & CASTRO, 1993). A calagem é uma prática usual para corrigir as camadas acidificadas, favorecendo, desta forma, o uso eficiente de fertilizantes pelas plantas (GOMES et al., 1997) e proporcionando melhorias no crescimento das raízes e conseqüentemente na absorção de nutrientes e água pelas culturas (QUAGGIO et al., 1982).

Os efeitos adversos da acidez do solo para as plantas não ocorrem somente na camada superficial (0-20 cm), onde se encontra grande parte do sistema radicular, podendo, também, acontecer na subsuperfície (SOUZA et al, 2007). Os efeitos na neutralização da acidez e no deslocamento de cátions básicos no perfil do solo, decorrente da aplicação de calcário na superfície podem ser observados em subsuperfície (ANGHINONI et al, 2011). Esses efeitos, em SPD, podem estar relacionados com as condições físicas do solo favoráveis ao deslocamento vertical de partículas finas de calcário e com a mobilização química do calcário nas formas inorgânicas e orgânicas (CAIRES, 2007).

Procurando exemplificar os efeitos da calagem no plantio direto, Caires et al. (1996), desenvolveram um experimento em Latossolo Vermelho-Escuro de Ponta Grossa - PR, para as culturas de milho e soja, analisando doses de calcário para elevar a saturação por bases a 50%, 70% e 90%. Constataram que a calagem realizada na superfície exerceu efeito sobre o pH, Al, Ca e Mg na camada superficial (0-0,1 m) e também nas camadas mais profundas (0,2-0,4 m),

ressaltando que em SPD existem canais formados por raízes mortas que são mantidos intactos devido a ausência de preparo do solo, propiciando condições para a movimentação física do calcário em profundidade, demonstrando assim existir maneiras de se evitar a interrupção do SPD, mantendo as características físicas, químicas e biológicas do solo, uma vez que são vitais para a obtenção de êxito neste sistema de cultivo, fato também constatado por Amaral et al. (2001), que observaram a contribuição do calcário aplicado em superfície no subsolo através da água infiltrada no solo.

Diante das evidências quanto a ação benéfica da calagem superficial atuando nas primeiras camadas abaixo da superfície do solo, Sá (1996), salienta que o calcário colocado em superfície corrige a acidez, aumentando significativamente o pH e elevando os teores de Ca e Mg trocáveis até a profundidade de cinco centímetros e, em menor grau, nas camadas mais profundas. Esse comportamento do calcário, aplicado em superfície, pode ser explicado, segundo Rheinheimer et al. (2000), em função da mobilização do solo na linha de semeadura, possibilitando a incorporação do calcário nesta região, com os repetidos ciclos de cultivo, podendo auxiliar na movimentação descendente de suas partículas, mas não além da profundidade de semeadura.

Estudos apontam outra hipótese desenvolvida por Oliveira & Pavan (1996), resultados mostram que em virtude de galerias abertas pela macro e meso fauna do solo, com transporte pelos mesmos, e planos de fraqueza no solo, permitiriam o deslocamento de finas partículas de calcário através do movimento descendente de água, além da possibilidade da movimentação de Ca e Mg trocáveis no solo e da redução de Al tóxico no subsolo estarem relacionados com o mecanismo de lixiviação, proposto por Miyasawa et al. (1996), através da formação de complexos orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos culturais.

Ainda referente à acidez, outro aspecto importante da química da MOS se refere à complexação do Al livre na solução (GOEDERT & OLIVEIRA, 2007). Ácidos orgânicos

oriundos da biomassa aérea/radicular e/ou da decomposição de resíduos vegetais/animais podem formar complexos com o íon Al^{3+} , diminuindo sua atividade na solução no solo. Resíduos de colheita podem ser utilizados para amenizar a acidez do solo e complexação do Al após a calagem, devido a adição de cátions, por reações com COOH e OH na superfície dos materiais sólidos orgânicos e da ligação do Al com C solúveis (HUE, 2011).

Também como propriedade do solo, a MOS apresenta elevada superfície específica e quantidade de cargas elétricas negativas dependentes de pH. Nesse caso, o aumento do pH do meio proporciona o consumo de prótons dos grupos funcionais fenólicos, alcoólicos e, principalmente, carboxílicos da MOS (SPARKS, 2003). Isso resulta no incremento da quantidade de cargas elétricas negativas conferindo, na prática, aumento da CTC.

2.3. Interação solo planta animal

Entender o balanço de nutrientes em diferentes sistemas de produção é fundamental para ajustar adequadamente as recomendações agrônômicas e para aumentar a eficiência dos nutrientes (CIAMPITTI et al., 2013). Os nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas estão presentes nos diferentes componentes dos sistemas de produção tais como, solo, plantas e animais (RUSSELE & FRANZLEUBBERS, 2007).

O solo atua como componente central do sistema, sendo base das modificações e transformações, favorecendo ou limitando o crescimento das plantas no sistema produtivo. Uma das maiores causas do declínio da produtividade de uma pastagem é o manejo inadequado do recurso solo, normalmente devido à exploração acima da sua capacidade (BALBINOT JUNIOR et al., 2009). Propriedades do solo, condições climáticas, formas de manejo e, principalmente, a presença de animais afetam a absorção e utilização de nutrientes pelas plantas (HAVLIN et al., 2005).

A planta atua absorvendo os nutrientes do solo, utilizando-os em seu metabolismo e desenvolvimento. Parte dos nutrientes que estavam disponíveis no solo permanecerá retida nas

plantas, sendo daí transferidos para os animais pelo pastejo ou retornados ao solo via resíduos (ANGHINONI et al., 2011). Cada espécie forrageira apresenta características edafoclimáticas e morfológicas mais adequadas para o tipo de pastejo que é almejado (CARVALHO et al., 2010).

O animal em pastejo atua como catalisador das alterações sofridas pelos nutrientes no sistema (CARVALHO et al., 2011), pois no momento da ingestão da forragem há a extração de nutrientes, onde parte será retirada da área em forma de produtos animais (carne e leite). Após a digestão, o animal retorna entre 70 a 90% desses nutrientes pelas excretas, dependendo da qualidade da forragem, idade e categoria do animal (RUSSELE, 1997). É importante destacar, que animais produtores de leite extraem mais nutrientes do sistema, que animais destinados à produção de carne (BALBINOT JUNIOR et al., 2009).

2.4. A cultura do azevém anual nos sistemas integrados de produção

O conhecimento dos componentes envolvidos na ciclagem de nutrientes, que abrange o solo, a planta e o animal é fundamental para um bom manejo da pastagem. O conjunto de macro e micronutrientes sofre uma ciclagem no sistema pastagem, quer pelo retorno através das excretas dos animais, quer pela contribuição via forrageira não consumida (MONTEIRO & WERNER (1989).

A presença de organismos do solo, desde insetos visíveis e minhocas até formas microscópicas (fungos e bactérias), como também o papel desempenhado pelas plantas forrageiras e animais em pastejo, produz solos com boa qualidade e, conseqüentemente, pastagens de boa qualidade. O manejo adequado de pastagens pode efetivamente incrementar a fertilidade do solo pelo entendimento das funções das plantas e animais vivendo no solo (BEETZ, 2002).

Dentre as forrageiras comumente utilizadas no Sul do Brasil, destaca-se o azevém anual. É uma gramínea de inverno caracterizada por apresentar sistema radicular fasciculado e hábito

cespitoso. Possui alta palatabilidade e consiste em excelente fonte de nutrientes aos animais quando comparada às demais gramíneas anuais de inverno, como, por exemplo, aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), e centeio (*Secale cereale* L.) (PUPO, 1985).

A cultura do azevém anual possui rusticidade, resistência a doenças e versatilidade de uso em associações de forragens, podendo ressemear naturalmente (FONTANELI, 2008). Há grande variabilidade genética dentro da espécie *Lolium multiflorum* Lam. quanto à distribuição da produção de forragem ao longo do ciclo (FLORES et al, 2008). Essa cultura apresenta altas taxas de crescimento, mesmo com aumento da senescência e elevada ingestão de forragem, da ordem de 10-15 cm de altura apresentando rendimento de 2209,9-2415,3 kg ha⁻¹ e oferta de forragem de 10,6-11,9% do peso vivo (PV), em 18 dias de pastejo sob lotação contínua de ovinos (PONTES et al, 2004).

A produção de azevém anual pode ser destinada a cortes para silagem pré-secada, fenação ou corte verde e, também, para pastejo direto pelos animais (LOPES et al, 2006). Na região dos Campos Gerais do Paraná, normalmente o azevém anual tem sido cultivado nas áreas de melhor fertilidade, devido ao seu elevado potencial forrageiro nestas condições.

Não havendo restrição ao consumo, a pastagem de azevém pode atender as exigências nutricionais de novilhas de corte, possibilitando ganho de 1,0 kg dia⁻¹ de peso vivo (PÖTTER et al, 2009). Em sistemas de rotação com culturas de verão, a utilização de gramíneas anuais de estação fria – como o azevém anual – constitui alternativa de produção de forragem visando suprir a deficiência alimentar ocasionada por baixas temperaturas, geadas e pouca luminosidade no outono-inverno (ROCHA et al, 2007).

2.5. A cultura do milho destinado à silagem nos sistemas integrados de produção agropecuária

O milho (*Zea mays* L.), por seu potencial produtivo, sua composição química e seu valor nutritivo, entre outros fatores, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000), assumindo grande importância em âmbito mundial devido a suas inúmeras finalidades, como atender ao mercado de fabricação de ração animal e alimentação humana (VILELA et al., 2012). Portanto, a utilização de práticas agrícolas que proporcionem maiores produtividades sem comprometer a preservação ambiental faz-se necessária durante o ciclo da cultura.

O Brasil é terceiro produtor mundial de milho, e a cultura é a segunda mais produzida no País. No Estado do Paraná a área de plantio alcança 5.824.502 milhões de ha. Foram produzidos ainda nesta safra 22,6 milhões toneladas de milho no Paraná e 79.626,9 milhões de toneladas em todo Brasil (CONAB, 2013).

O milho é cultivado em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma planta durante seu ciclo está em torno de 600 mm (ALDRICH et al., 1982). A temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração, está compreendida entre 24 e 30°C (EMBRAPA, 1996).

Dentre os diversos fatores que influenciam na produtividade da cultura do milho, a busca pelo melhor arranjo na distribuição das plantas de milho é de grande importância. Segundo Sangoi (2000), plantas espaçadas de forma equidistante competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores.

Entre as várias formas de aproveitamento do milho na alimentação animal, destacam-se os processos de ensilagem de parte aérea do milho e ensilagem de grão úmido, que têm por principais objetivos otimizar o valor nutritivo, reduzir gastos e melhorar a capacidade de armazenamento (CASTOLDI et al., 2011).

Quanto à utilização de silagem, Fancelli & Dourado Neto (2000) comentam que é a forma mais adequada para a conservação de alimentos produzidos na estação favorável ao desenvolvimento das principais espécies vegetais empregadas na alimentação animal. Esta estratégia permite dispor de alimento volumoso para os rebanhos durante o período de estacionalidade de produção das plantas forrageiras (NUSSIO, 1993; FANCELLI & DOURADO NETO, 2000; PEREIRA FILHO & CRUZ, 2001; MUCK & SHINNERS, 2001).

O milho tem sido considerado opção de destaque para a produção de silagem (FANCELLI & DOURADO NETO, 2000; PEREIRA FILHO & CRUZ, 2001) devido à grande produtividade de matéria seca e ao bom valor nutritivo (VILLELA, 2001; OLIVEIRA et al., 2006), além de pequena capacidade tampão e níveis adequados de carboidratos solúveis para fermentação (CESARINO, 2006).

De acordo com Fancelli & Dourado Neto (2000) uma pequena fração de produtores faz uso da prática de silagem de milho de forma satisfatória. Os produtores argumentam que é uma prática difícil e com elevado custo de produção (NUSSIO, 1993; FANCELLI & DOURADO NETO, 2000). Segundo Nussio (1993) a concepção dos mesmos é extrativista, estabelecem culturas com cultivares resistentes à acidez do solo; utilizam níveis de fertilizantes e corretivos insatisfatórios, sendo uma prática comum utilizar recomendações muito baixas ou até mesmo o uso da fertilidade natural do solo; utilizam espaçamentos inadequados, semeadoras desreguladas para a distribuição de sementes e adubos, resultando em baixa produtividade por área.

Na utilização do milho para a finalidade em questão, deve-se considerar que é uma das culturas mais exigentes em fertilizantes especialmente os nitrogenados, principalmente quando é colhido para silagem, onde toda a parte aérea é removida da área. O suprimento inadequado de nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de forragem (NUSSIO, 1993; FRANÇA & COELHO, 2001; NEUMANN et al., 2005).

A qualidade do grão e da fração fibrosa (caule, folhas, sabugo e palhas), combinada com o percentual de cada uma dessas partes na planta, é o que determina o valor nutritivo do material ensilado (NUSSIO, 1991; DEMARQUILLY, 1994; BARRIÈRE et al., 1997).

O ponto ideal para a colheita do material para ensilagem é quando apresentar um teor de matéria seca (MS) variando entre 30 e 35% (ZOPOLLATTO et al., 2009) ou 40 a 50 % da MS total da planta (NUSSIO, 1993). Do ponto de vista prático é quando 2/3 do grão encontra-se com consistência farinácea. Segundo Nussio (1992), a contribuição do grão na composição da silagem de milho não só assegura o valor nutritivo do material original, mas proporciona também maiores teores de matéria seca à silagem.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização, histórico e caracterização da área experimental

O experimento teve início no ano de 2008 e foi instalado no Campo Demonstrativo e Experimental (longitude: 49°57'41" W; latitude: 24°47'53" S; altitude média: 997 m; e declividade média: (0,01 m m⁻¹) da Fundação ABC, situada no município de Castro (PR) – região fisiográfica denominada Primeiro Planalto Paranaense). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é temperado do tipo Cfb¹ e precipitação média anual entre 1.600 e 1.800 mm (Fundação ABC, 2011).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Bruno argiloso (Embrapa, 2006), cujos atributos químicos e físicos, por ocasião da instalação do experimento (abril/2008) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Atributos químicos e granulométricos da camada de 0-20 cm da área experimental em abril/2008, 12 (doze) meses antes da calagem.

Profundidade	pH ⁽¹⁾	H+Al	Al	Ca	Mg	K	CTC ⁽²⁾
		----- mmol _c dm ⁻³ -----					
	4,7	72	1	37	10	4,2	123,2
	4,6	72	2	22	8	2,7	104,7
0,0-0,20	P ⁽³⁾	MO ⁽⁴⁾	V ⁽⁵⁾	m ⁽⁶⁾	Argila	Silte	Areia
	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	----- % -----	-----	----- g kg ⁻¹ -----		
	85	50	42	1,92	439	384	177
	44	41	31	5,76	488	357	155

⁽¹⁾ pH em solução de cloreto de cálcio 0,01 mol L⁻¹; ⁽²⁾ CTC: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; ⁽³⁾ P disponível por Solução de Melich -1; ⁽⁴⁾ MO: Matéria Orgânica; ⁽⁵⁾ V: saturação por bases; ⁽⁶⁾ m: saturação por alumínio.

¹ Cfb- Clima temperado, com verão ameno. Chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C. Precipitação de 1.100 a 2.000 mm. Geadas severas e frequentes, num período médio de ocorrência de 10 a 25 dias anualmente. Esse tipo de clima predomina no planalto do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná (BRASIL, 1982 & EMBRAPA, 1988).

Antes da implantação do experimento a área era cultivada sob sistema plantio direto (SPD) recente (dois anos) com as culturas de soja na safra 2004/2005 e milho na safra 2005/2006 no verão e azevém anual no inverno de 2006.

Na sequência, no ano de 2006/2007 foi cultivado anualmente a sucessão milho (para produção de silagem), na primavera-verão e azevém anual no ano 2007 (para diferentes propósitos, conforme o tratamento), no outono-inverno. Para o ano de 2008 o mesmo segmento de culturas foi realizado na primavera-verão e no outono-inverno.

No ano de 2009, a área recebeu aplicação de calcário dolomítico [óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO) e poder relativo de neutralização total (PRNT) de 150 g kg⁻¹, 250 g kg⁻¹ e 740 g kg⁻¹, respectivamente] na dose de 8,3 Mg ha⁻¹, visando elevar a saturação por bases para 70% (CAIRES et al., 2005).

Na sequência, nos anos de 2010/2011/2012 e 2013 foram cultivados anualmente a sucessão milho (para produção de silagem), na primavera-verão e azevém anual (para diferentes propósitos, conforme o tratamento), no outono-inverno. Ressalta-se que o levantamento de dados deste trabalho refere-se aos anos 2012 e 2013 apenas.

3.2. Delineamento, tratamentos e condução do experimento

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas (10 x 30 m) foram empregados quatro sistemas de manejo do solo: sistema convencional de cultivo (SCC), sistema cultivo mínimo (SCM), sistema plantio direto (SPD) e sistema plantio direto com subsolagem bianual (SPD+S). Nas subparcelas (10 x 10 m) foram estudadas três formas de uso do azevém anual: cobertura do solo, pastejo animal e silagem pré-secada. Desprezando-se 1,0 m de cada extremidade, as subparcelas apresentaram área útil de 64 m². O preparo do solo foi realizado no mês de março

de cada ano, utilizando implementos como arado de discos, grade niveladora e escarificador, de acordo com o tratamento.

Nos tratamentos principais, o manejo do solo foi realizado da seguinte forma no ano de 2012: no tratamento (SCC) – Preparo do solo com uma aração de discos (20 cm de profundidade) e duas gradagens niveladoras, uma vez ao ano, no período do inverno; (SCM) – Preparo do solo com uma gradagem aradora (15 cm de profundidade) e duas niveladoras (10 cm de profundidade), uma vez ao ano, no período do inverno; (SPD) – utiliza semeadora no plantio, duas vezes ao ano, nos períodos do verão e inverno; (SPD+S) - Preparo reduzido com uma escarificação (escarificador “Asa Laser” – Stara) (40 cm de profundidade) e duas gradagens niveladoras, a cada dois anos, no período do inverno.

O manejo do azevém anual está apresentado na Figura 1. O uso do azevém foi realizado da seguinte forma: Azevém para silagem : foram realizados três cortes com ceifadeira deixando um resíduo de 10 cm em cada corte durante o ciclo da cultura. Azevém para pastoreio – tratamento integração lavora pecuária - ILP : a forrageira possibilitou três entradas de animais para pastejo. Azevém para cobertura : não houve cortes ou entrada de animais nestas parcelas, apenas manejo da fitomassa no final da cultura.

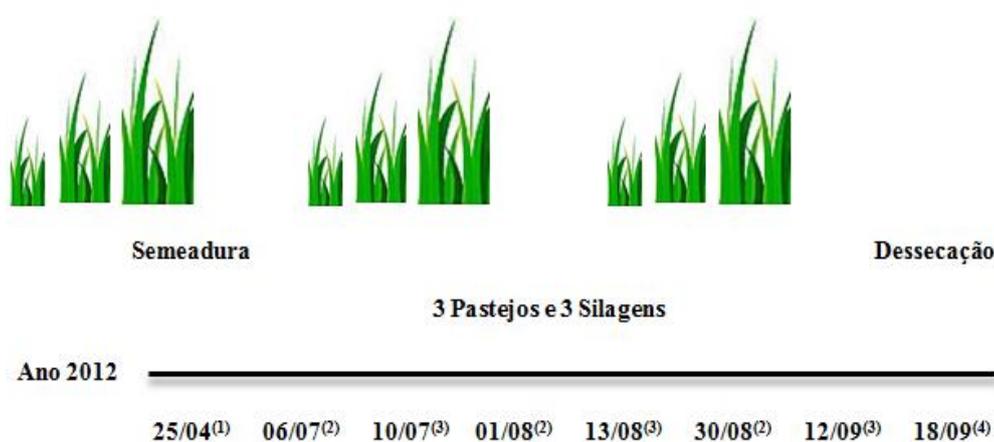


Figura 1. Cronograma ilustrativo das atividades de campo com azevém anual da área experimental, destacando-se as etapas de cortes/pastejos e manejo da fitomassa de azevém produzida no outono-inverno do ano de 2012. ⁽¹⁾ Semeadura do azevém anual; ⁽²⁾ Data dos pastejos animais; ⁽³⁾ Data referente aos cortes para silagem; ⁽⁴⁾ Manejo da fitomassa.

A semeadura do azevém anual, cultivar FABC 01, no ano 2012, ocorreu na segunda quinzena de abril. Foi empregado profundidade de semeadura de 3,0 cm, espaçamento entre linhas de 17 cm e 60 kg ha⁻¹ de sementes. As sementes foram tratadas com tiametoxam na dose de 42 g ha⁻¹.

Após o último corte/pastejo foi deixado período de recuperação da forragem de 24 dias, visando produzir fitomassa para manutenção do SPD. Em seguida, a fitomassa de azevém anual foi manejada com o herbicida glyphosate, na dose 960 g ha⁻¹ (i.a). No azevém semeado no ano 2012 foram realizadas as seguintes avaliações: cortes (tratamento silagem) ou pastejos (tratamento pastoreio) iniciaram quando o azevém atingiu aproximadamente 30 cm de altura. Os intervalos de cortes/pastejos foram de aproximadamente 28 dias. Os cortes e a retirada dos animais foram realizados com ceifadora mecanizada e o resíduo deixado foi de 10 cm. O pastejo rotacionado foi realizado por novilhas da raça Holandesa que tinham aproximadamente 403 kg de peso vivo (PV), manejadas com cerca elétrica, mantendo-se taxa de lotação de 3,0 unidades animais (UA) ha⁻¹. Os animais permaneceram pastejando por 26 dias no 1º pastejo, 28 dias no 2º pastejo e 29 dias no terceiro pastejo.

Após o manejo da fitomassa do azevém anual, cerca de 40 dias, procedeu-se a semeadura do milho para silagem, com híbrido (P30R22H), na segunda quinzena de outubro. As sementes foram tratadas com imidacloprido + tiodicarb na dose de 135 g ha⁻¹ (i.a), foi empregado profundidade de semeadura de 4,0 cm, com espaçamento entre linhas de 0,8 m e densidade de semeadura de sete sementes m⁻¹. O cronograma de atividades realizadas na cultura do milho estão apresentados na Figura 2.

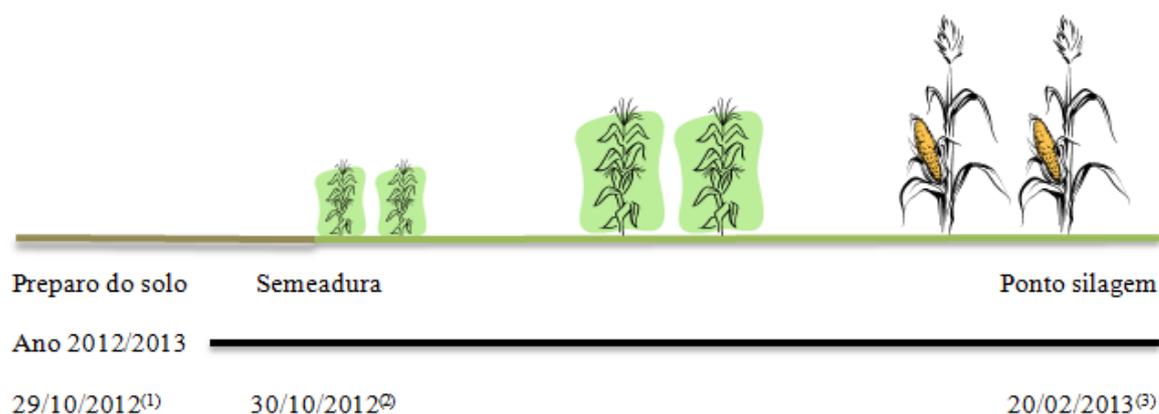


Figura 2. Cronograma ilustrativo das atividades de campo com milho para silagem da área experimental, destacando-se as etapas de preparo do solo, semeadura e coleta do milho para silagem 2012/2013. ⁽¹⁾ Data referente ao preparo do solo; ⁽²⁾ Data referente a semeadura do milho para silagem; ⁽³⁾ Data referente a coleta de amostras de milho para silagem.

As adubações de base e de cobertura utilizadas nas culturas do azevém anual e milho estão apresentados na Tabela 2. A adubação de cobertura foi realizada 25 dias após a emergência e, a cada corte/pastejo do azevém anual destinado a pastejo animal e a silagem pré-secada. Na cultura do milho a adubação de base foi acrescida de zinco (Zn) e a adubação de cobertura realizada quando o milho estava no estágio fenológico V6 (aos 27 dias após a emergência).

Tabela 2. Aporte de nutrientes fornecido pelas adubações minerais realizadas nas culturas do azevém anual e milho (2012/2013)

Culturas	Aporte de nutrientes		
	N	P ¹	K ¹
	-----kg ha ⁻¹ -----		
Adubação de base			
Azevém anual ²	160,0	60,0	40,0
Milho	36,0	96,0	-
Adubação de cobertura			
Azevém anual ²	54,0 ³	-	36,0 ⁴
Milho	135,0 ⁵	-	150,0
Somatório	385,0	156,0	226,0

¹P e ¹K na forma de P₂O₅ e K₂O, respectivamente; ²Somente quando o azevém anual foi destinado a pastejo animal e silagem pré-secada; ³N aplicado na forma de ureia (450 g kg⁻¹ de N); ⁴K₂O aplicado na forma de cloreto de potássio (KCl – 600 g kg⁻¹ de K₂O); ⁵Aplicação realizada aos 25 dias após emergência, no estágio fenológico 1-de quatro a oito folhas totalmente desdobradas (Fancelli, 1986).

3.3. Amostragens, determinações laboratoriais e análises estatísticas

A partir do corte da fitomassa do azevém anual (se caracteriza pelas amostras colhidas das parcelas após todos os pastejos e cortes para silagem) o qual foi o foco do presente estudo, procedeu-se a coleta aleatorizada de 1,0 m² de plantas por unidade experimental. Subamostras foram retiradas visando à quantificação do rendimento de MS e do conteúdo de nutrientes na fitomassa.

Para cultura do milho destinado à silagem foram realizadas coletas de 30 folhas por parcela para diagnose foliar, a qual consistiu dos seguintes procedimentos: coleta do terço médio da folha imediatamente abaixo e oposta à espiga, por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina na primeira quinzena de janeiro de 2013. Ainda para cultura do milho foram avaliados os acúmulos de nutrientes. Durante a coleta foram isoladas as linhas centrais de cada parcela, retirando 1,0 m de plantas no estágio de grão leitoso no dia 20/02/2013. No campo as plantas de milho foram separadas em subamostras de folha, colmo e espiga e todas as amostras do milho foram pesadas no campo para obter dados de peso verde.

Amostras tanto de azevém quanto de milho foram lavadas com água deionizada, secadas em estufa a 65°C com circulação forçada de ar até atingir massa constante, quantificadas suas respectivas MS, moídas em moinho tipo “Wiley” equipado com malha de 0,85 mm e armazenadas em recipientes plásticos tampados até a realização das determinações analíticas.

Os nutrientes foram quantificados empregando-se os métodos descritos por MALAVOLTA et al. (1997). As concentrações de nitrogênio (N) foram determinadas mediante digestão sulfúrica e destilada pelo método semi-micro-Kjeldahl. As determinações das concentrações dos demais macronutrientes foram realizadas por meio de digestão nítrico-perclórica e leitura por espectrofotometria de absorção molecular para fósforo (P) e enxofre (S) – método turbidimétrico; espectrofotometria de emissão em chama para potássio (K) no milho,

e espectrofotometria de absorção atômica com atomização em chama para potássio (K) no azevém; cálcio (Ca) e magnésio (Mg) para ambas culturas.

Os resultados foram submetidos à análise estatística univariada de acordo com o modelo de experimento em blocos casualizados com parcelas subdivididas. Nos casos de F significativo ($P < 0,05$), as médias foram comparadas mediante o emprego do teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas mediante uso do programa de computador SAS versão 9.2 (SAS System, 2010).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Rendimento de matéria seca e acúmulo de macronutrientes na fitomassa de azevém anual

Não houve interação entre sistemas de manejo do solo e formas de uso do azevém anual para os acúmulos de P, K, Ca, Mg e S por ocasião do manejo da fitomassa desta cultura. Todavia, foram observadas interações entre sistemas de manejo do solo e formas de uso do azevém anual para os atributos MS ($F = 7,72$; $P < 0,01$) e acúmulo de N ($F = 5,75$; $P < 0,01$).

Maior rendimento de MS foi observado no SCC quando o azevém foi cultivado com propósito de cobertura do solo, que não diferiu dos sistemas SPD e SPD+S. No entanto, SCM apresentou menor média e teve diferença com os demais cultivos (Figura 3).

O revolvimento do solo pode ter favorecido a ação do calcário, beneficiando o rendimento do azevém anual. O SCC tem proporcionado diluição, em toda a camada arável, da acidez originada por fertilizantes, observando-se valores maiores de pH (camadas 0,05-0,10 m e 0,10-0,15 m) em relação ao SPD e ao SCM (CIOTTA et al., 2002; SANTOS et al, 2008).

Maior acúmulo de MS foi observado no sistema de manejo do solo em SCM, quando o azevém foi utilizado com propósito de pastoreio em relação aos demais preparos do solo (Figura 3). Isso pode estar relacionado ao melhor controle da acidez do solo com mínimo revolvimento. Segundo Kaminski et al (2000), o calcário incorporado ao solo (SCC e SCM) pode resultar em maiores rendimentos de azevém anual.

Quando o azevém foi cultivado com propósito de produção de silagem, o sistema de manejo do solo não influenciou o acúmulo de MS (Figura 3). Na forma do uso do azevém para silagem, o desenvolvimento de bioporos pode ter favorecido a migração física do calcário, melhorando as condições da acidez do solo, independentemente do sistema de preparo adotado (SCC, SCM, SPD e SPD+S).

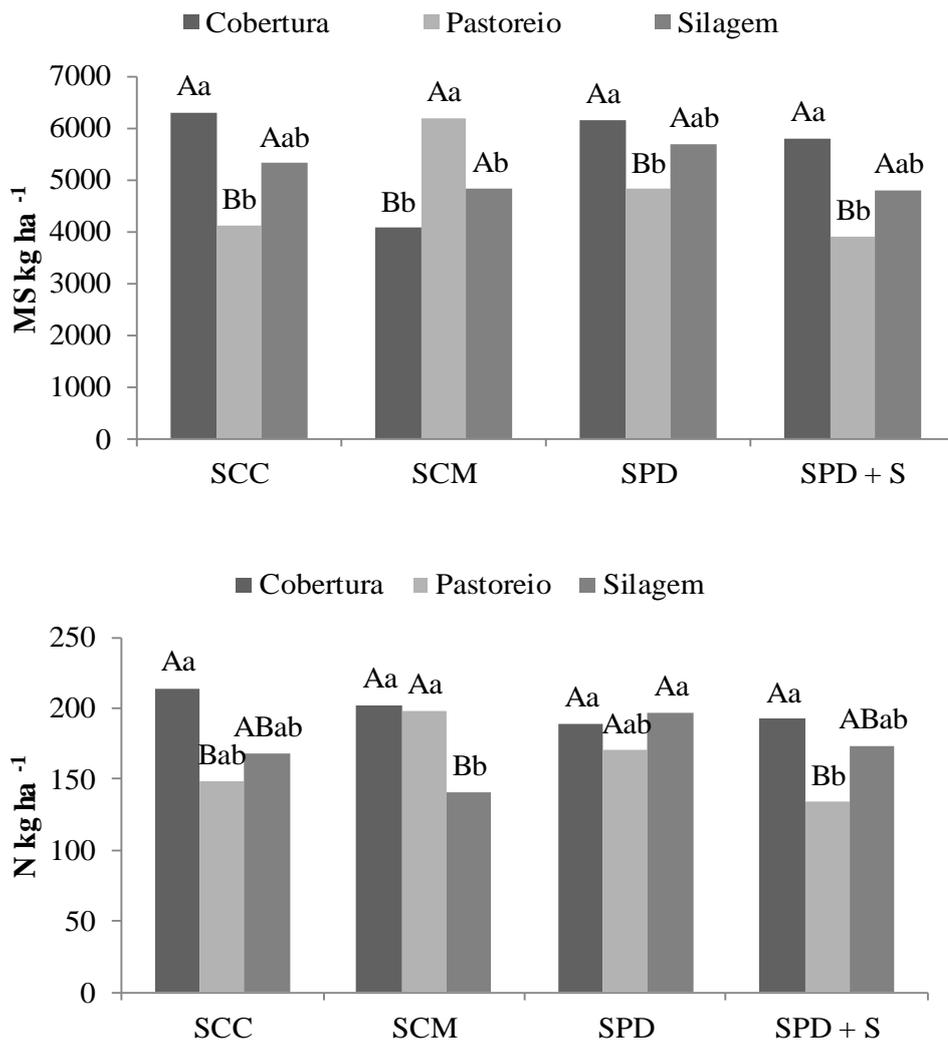


Figura 3: Rendimento de massa seca (MS) e acúmulo de nitrogênio (N) na fitomassa do azevém anual submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e formas de uso do azevém anual. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas (referem-se aos sistemas de manejo do solo) e minúsculas (referem-se as formas de uso do azevém) não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). SC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivado mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. Os coeficientes de variação (CV) para MS e N no manejo do solo foram: 11,59% e 12,55% e CV para uso do azevém foram: 14,05% e 17%.

Os bioporos, pela maneira como são formados e pelas características que apresentam, principalmente, deposição da matéria orgânica, são vias preferenciais para o crescimento radicular e alojamento da fauna do solo (DALMAGO, 2004; KAMINSKI et al., 2005).

Com os manejos SCC, SPD e SPD+S o rendimento do azevém foi maior quando este era destinado para cobertura do solo ou silagem. Apenas no SCM que o rendimento de MS se sobrepõe na área pastejada, mas sem diferença estatística com o tratamento silagem (Figura 3.)

O corte do azevém para silagem pode proporcionar a criação de mais bioporos no solo devido o estímulo ao rebrote, a emissão de novos perfilhos e também raízes novas que irão contribuir nessa formação, beneficiando o rendimento de massa seca residual (MS-R) desta cultura. Portanto, se o corte para silagem for adequadamente realizado, a MS-R na maioria dos sistemas de cultivos estudados não difere do uso desta planta como cobertura do solo.

No SPD, o uso do azevém para silagem não diferiu dos tratamentos cobertura e pastoreio (Figura 3). O mesmo ocorreu para o uso do azevém em SPD+S, a silagem não diferiu dos demais manejos do azevém, porém, a cobertura teve diferença significativa em relação ao pastoreio que apresentou menor média (Figura 3).

O corte para silagem e pastejo inadequados podem ter resultado em exaustão de parte das reservas da planta, diminuindo o acúmulo de fitomassa, por ocasião do manejo (com herbicida). Segundo Ido et al (2005) o pastejo intenso e frequente em azevém anual, ocasiona menor vigor de rebrote e aumenta taxa de desaparecimento da pastagem. Todavia, no presente estudo, o azevém tanto para pastejo quanto para silagem, foi cortado e adubado de acordo com os critérios técnicos. Esse fato explicitou o papel do manejo adequado da forrageira e de reposição de nutrientes quanto à fitomassa residual e manutenção do sistema de preparo do solo (LUPATINI et al, 1998; PELLEGRINI et al., 2010).

Com relação ao acúmulo do N no azevém, quando esta planta foi cultivado com propósito de cobertura do solo, não houve diferença entre os tratamentos SCC, SCM, SPD e SPD+S (Figura 3). Nesse sentido, observa-se que o papel do azevém se torna mais importante como planta recicladora de nutrientes, particularmente de N (FONSECA et al., 2002) do que o sistema de preparo do solo no qual este é cultivado.

Quando o azevém foi utilizado para pastoreio, observaram-se maiores acúmulos de N para SCM e SPD, e menores acúmulos (de N) para SCC e SPD+S (Figura 3).

Quando a movimentação do solo foi mais intensa (SCC e SPD+S), diversos fatores condicionaram o incremento na disponibilidade de N nos primeiros meses de cultivo (VARGAS & SCHOLLES, 2000). Em sistema onde a perturbação foi mínima (SPD) ou apenas na camada superficial (SCM) a liberação de N no sistema conservacionista consolidado certamente foi mais lenta. Isso favoreceu o maior acúmulo de N por ocasião do rendimento de MS para estabilização do SPD, em situação de alta ciclagem de N proporcionada pelo pastejo animal (VARGAS et al, 2005)

Quando o azevém foi cultivado com propósito de silagem, maior e menor acúmulo de N foi observado nos tratamentos SPD e SCM, respectivamente; entretanto, SCC e SPD+S não diferiram dos demais tratamentos (Figura 3). Na distribuição do sistema radicular do azevém podem ter ocorrido modificações devido ao preparo do solo. Provavelmente o SCM favoreça maior concentração de raízes nos primeiros 0,0-10 cm, e, portanto, menor aproveitamento de nitrato (PRIMAVESI et al., 2006). Para o uso do azevém com diferentes propósitos foram observados que para os sistemas de manejo do solo (SCC, SPD e SPD+S) não houve diferença entre a cobertura e a silagem (Figura 3). No SCM a cobertura e o pastejo obtiveram as maiores médias. Nesse sentido a entrada de animais pode reduzir o acúmulo de N nas pastagens devido às perdas de nitrogênio por lixiviação e volatilização. (BALBINOT JÚNIOR et al., 2009). Não foram observadas diferenças para os acúmulos de P, K, S e Ca no azevém anual, por ocasião do manejo, devido aos sistemas de preparo do solo. (Figuras 4 e 5). No entanto, menor acúmulo de Mg foi observado no tratamento SCC (Figura 5).

O fato de não haver diferença entre os sistemas de manejo do solo podem estar atribuídos aos seguintes fatores; (i) por ser um Latossolo Bruno, este é naturalmente rico em matéria orgânica (MO); (ii) o azevém anual é considerado uma forrageira recicladora de nutrientes no sistema.

Os componentes vivos da MO compreendem as raízes de plantas e os organismos do solo e os componentes mortos compreendem o húmus e a matéria orgânica, também chamada de fração lábil, constituída de resíduos em diferentes estágios de decomposição (LEITE & GALVÃO, 2008). A principal função da fração lábil da MO é o fornecimento de nutrientes às plantas através de sua decomposição e mineralização.

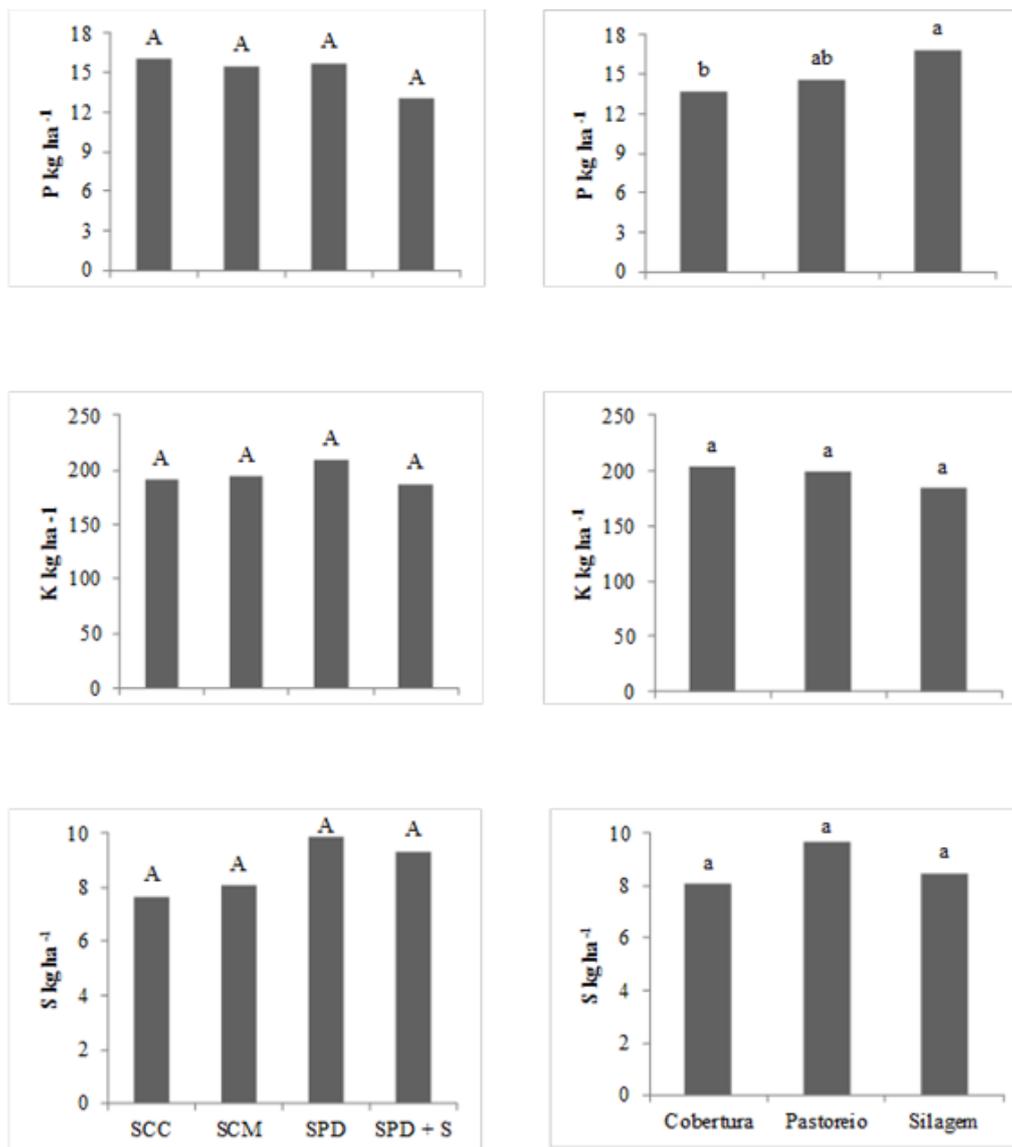


Figura 4: Acúmulo de fósforo, potássio e enxofre da fitomassa de azevém anual submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e cultivado com diferentes propósitos. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). SC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivo mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. (CV) para P, K e S no manejo do solo foram: 20,24%, 14,05% e 11,40% e CV para uso do azevém foram: 20,10%, 17,76% e 15,97%.

Por se tratar de um solo rico ($5,1 \text{ g dm}^{-3}$) em MO, os estoques de nutrientes ligados a fração particularmente lábil certamente são altos, independentemente do sistema de manejo empregado. Nesse caso, o P orgânico passa a ter participação importante no fornecimento deste nutriente ao sistema de produção. O P orgânico do solo ocorre em teores proporcionais ao da matéria orgânica (MO), podendo-se citar a relação de 50:1 como ordem de grandeza. Vários compostos de P foram identificados na MO, predominando os fosfatos de inositol, fosfolipídeos e ácidos nucléicos (RAIJ, 2011).

O solo orgânico pode constituir aproximadamente 90% do P total (ANGHINONI & BISSANI, 2004), assim o acúmulo deste nutriente parece estar diretamente ligado aos teores de MO do solo estudado. Neste mesmo sentido, a disponibilidade de S as plantas está relacionado aos altos teores de argila e matéria orgânica do solo (RHEINHEIMER et al., 2005). Também quando o solo apresenta maior aporte de MO o acúmulo de S é favorecido, independentemente do preparo do solo utilizado (TIECHER et al., 2012).

O K disponível tem sido encontrado na solução do solo e retido na forma trocável pela matéria orgânica e pelas argilas (RAIJ, 1986). A MO do solo é carregada eletricamente por cargas negativas, este fator pode ter contribuído no acúmulo e retenção dos cátions K e Ca no solo (RAIJ, 1996). Menor acúmulo de Mg foi observado na parte área do azevém anual no tratamento SCC, devido a menor retenção deste elemento neste sistema em relação as formas de manejo do solo (SCM, SPD, SPD+S) (SIDIRAS & PAVAN, 1985).

Em relação à ciclagem de nutrientes, o azevém anual destaca-se por ser uma planta utilizada em sistemas de produção como recicladora de nutrientes (PEDROSO et al., 2004). Na ciclagem de nutrientes, a liberação de P para a planta está intimamente ligado ao processo de decomposição pelos microrganismos do solo (CORRÊA et al, 2004), aproximadamente 90% do fósforo consumido das forragens pode retornar ao solo, principalmente através das fezes (WILLIAMS e HAYNES, 1990). A ciclagem do K em gramíneas como o azevém passou a ter

papel relevante na avaliação de sua disponibilidade, pois os resíduos destas plantas de cobertura, ou das culturas sucessoras, permanecem e decompõe-se no solo, contribuindo para o aumento da disponibilidade do nutriente (WERLE et al., 2008).

Para gramíneas em solos menos sujeitos à lixiviação, maiores teores de S mineralizado podem representar maior disponibilidade desse nutriente às plantas e retornar ao sistema (ALVAREZ, 1987). Em estudo com aveia preta foi demonstrando que a aveia (gramínea semelhante ao azevém) recicla Ca e Mg, podendo retornar ao solo, em média, 68 kg ha^{-1} de Ca e 20 kg ha^{-1} de Mg, com rendimento de $7,5$ a 10 t ha^{-1} de massa seca, comprovando a eficiência desta cultura reciclar nutrientes (BORKERT et al., 2003). Não foram observadas diferenças para os acúmulos de K, S, e Ca para as formas de uso do azevém anual (Fig. 4 e 5).

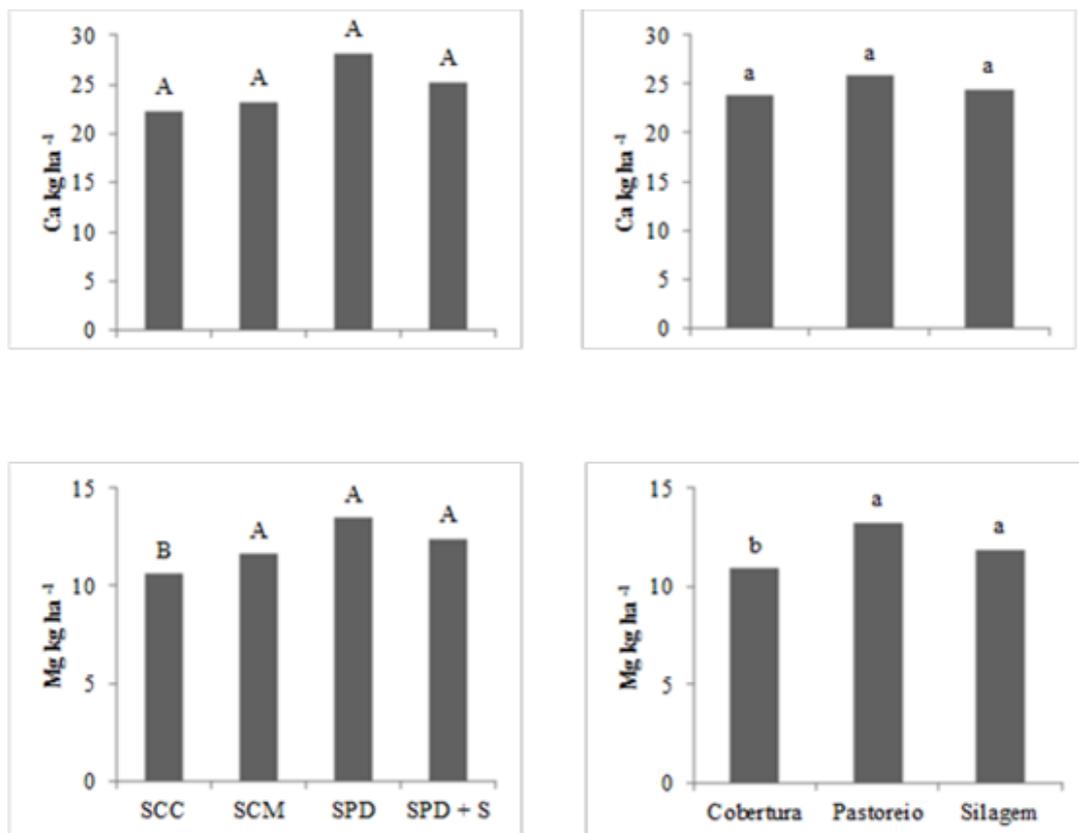


Figura 5: Acúmulo de cálcio e magnésio da fitomassa de azevém anual submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e cultivado com diferentes propósitos. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). SC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivo mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. (CV) para Ca e Mg no manejo do solo foram: 19,24% e 18,10% e CV para uso do azevém foram: 17,44% e 18,74%.

No entanto, menor acúmulo de P e Mg foi observado no tratamento cobertura do solo. Os mesmos efeitos apresentados no sistema de manejo do solo podem estar atribuídos nas formas de uso do azevém (conteúdo de MO no solo e ciclagem de nutrientes), entretanto, os maiores acúmulos de P e Mg no azevém para silagem e pastejo pode estar relacionado às adubações realizadas após os cortes/pastejos, o que não ocorre para o uso do azevém em cobertura. Nesse sentido, visando aumentar a produtividade das pastagens, tem se adotado a utilização de fertilizantes e corretivos como alternativa para o manejo intensivo (silagem e pastejo), onde existe a tendência de se encurtar o ciclo e aumentar a utilização de biomassa, e consequentemente aumentar a extração de nutrientes (SANTOS et al., 2013). Portanto, a adubação do azevém recomendado para sistema de pastagem e silagem preconizado por Pauletti (2004), com base no rendimento de massa seca, tem atendido a atual demanda da cultura. Ainda, a intensificação de uso do azevém mediante pastejo ou silagem pré-secada, desde que leve em consideração os critérios de altura (para pastejo/corte e resíduo) e nutricionais (com base na exportação e rendimento de massa seca) não alteram os aportes dos macronutrientes em sistemas de preparo de solo com alto teor de MO.

4.2. Rendimento de matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea do milho para silagem

Não houve interação entre sistemas de manejo do solo e formas de uso do azevém anual para o atributo MS e os acúmulos de N, P, K, Ca, Mg e S da parte aérea do milho (PA) para silagem (Figuras 6 e 7). Independentemente do sistema de manejo do solo estudado (SCC, SCM, SPD e SPD+S), o rendimento de MS e os acúmulos de macronutrientes no milho não foram alterados. Isso pode ser explicado pelos seguintes fatores: (i) solo rico em MO confere aumento nos estoques de nutrientes (N, P, K, S, Ca e Mg) independentemente do sistema de manejo do solo; (ii) cultura do azevém se destaca por ser uma gramínea recicladora de

nutrientes e quando adubada e manejada adequadamente influencia positivamente o aporte de nutrientes para a cultura sucessora (Figuras 6 e 7).

Verificou-se que, aos 36 meses após a calagem, os rendimentos de MS e acúmulos de macronutrientes no milho, apesar de não terem sido alterados pelo sistema de preparo do solo, encontram-se coerentes com a literatura. A silagem de milho possui boa produção de massa por unidade de área cultivada (NEUMANN et al., 2003) e além de ser produtiva, PAZIANI et al (2009) e NUSSIO et al (2001) mencionaram que a qualidade de milho para silagem é influenciada pela proporção dos componentes da planta principalmente os grãos.

Rendimentos considerados elevados de MS são aqueles superiores à $18.650 \text{ kg ha}^{-1}$ de milho silagem com boa qualidade (CARVALHO, 2013). Como referido anteriormente, o solo em estudo se caracteriza pela alta quantidade de MO, fato que não afetou os sistemas de manejo do solo. Ainda, neste trabalho tanto a MO quanto a ciclagem de nutrientes parecem ter favorecido o acúmulo de nutrientes na parte aérea do milho do milho no uso do azevém para cobertura, pastoreio e silagem. A matéria orgânica do solo contribuiu consideravelmente na entrada de nutrientes no sistema, assim como a decomposição de resíduos vegetais e a excreção de fezes e urina dos animais.

A deposição de matéria orgânica na camada superficial do compartimento solo é tida como uma das principais responsáveis pela reciclagem dos nutrientes no sistema (FONSECA, 2002). Na agricultura, os efeitos benéficos da matéria orgânica do solo têm sido amplamente difundidos por incorporar ao solo dois elementos químicos essenciais: o carbono e o nitrogênio. Segundo MAIA & CANTARUTTI (2004); RODRIGUES et al., (2011) a principal reserva de nitrogênio do solo é a matéria orgânica, com grande significado para o suprimento do nutriente às culturas. Outros dois elementos encontrados em importantes proporções na matéria orgânica do solo são o fósforo (50%) e o enxofre (30 a 70%) podendo variar com o tipo do solo (RAIJ, 1986).

O enxofre é encontrado naturalmente nos solos ricos em MO, esta é carregada eletricamente por cargas negativas, este fator contribuí no acúmulo e retenção dos cátions K, Ca e Mg no solo (RAIJ, 1996), sendo estes disponibilizados as plantas posteriormente.

Os macronutrientes sofrem uma ciclagem dentro do ecossistema da pastagem e sua disponibilidade no ciclo influencia a produtividade vegetal (MONTEIRO e WERNER, 1989). Visando aumentar a produtividade das pastagens e reciclar nutrientes tem se adotado a utilização de fertilizantes e corretivos como alternativa para o manejo intensivo, onde existe a tendência de se encurtar o ciclo e aumentar a utilização de biomassa, e conseqüentemente aumentar a extração e ciclagem de nutrientes.

Segundo Joost (2006) o nitrogênio é o nutriente que apresenta maior limitação para a produtividade das gramíneas, este N poderá ser disponibilizado para a planta através da fixação biológica ou industrial, nesse sentido a adubação nitrogenada em gramíneas principalmente quando destinadas a cortes/pastejos torna-se fundamental na qualidade e produção de MS. Esta informação concorda com ALVIM et al (1989), no estudo a produção forrageira aumenta com adubação de N e disponibiliza o nutriente para cultura sucessora.

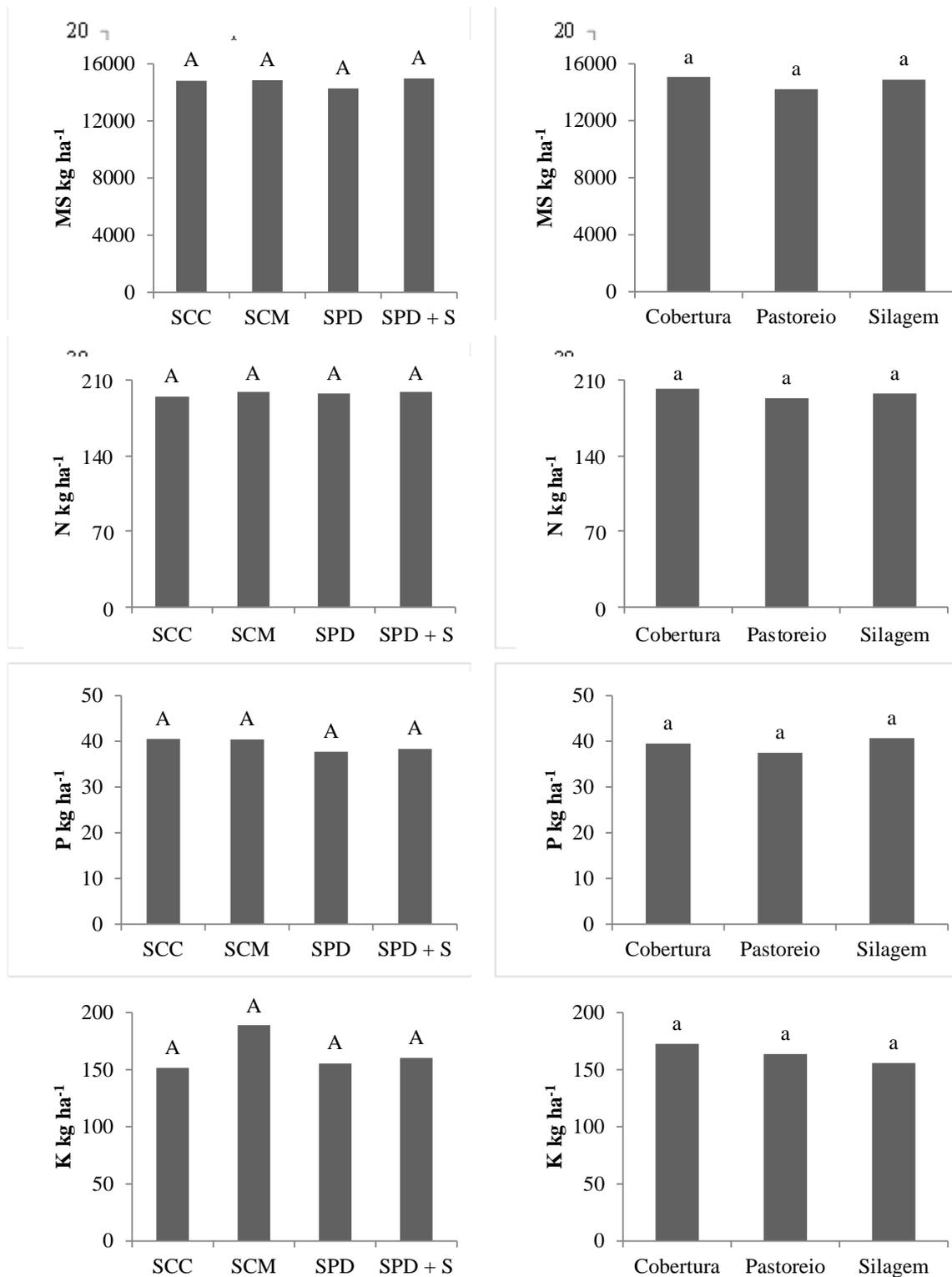


Figura 6: Rendimento de massa seca (MS) e acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea do milho para silagem submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e cultivado com diferentes propósitos. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para sistemas de preparo do solo e formas de uso do azevém, respectivamente. SCC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivo mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. (CV) para MS, N, P e K no manejo do solo foram: 16,91%, 20,06%, 20,47% e 23,71% e CV para uso do azevém foram: 12,23%, 14,72%, 16,87% e 16,12%.

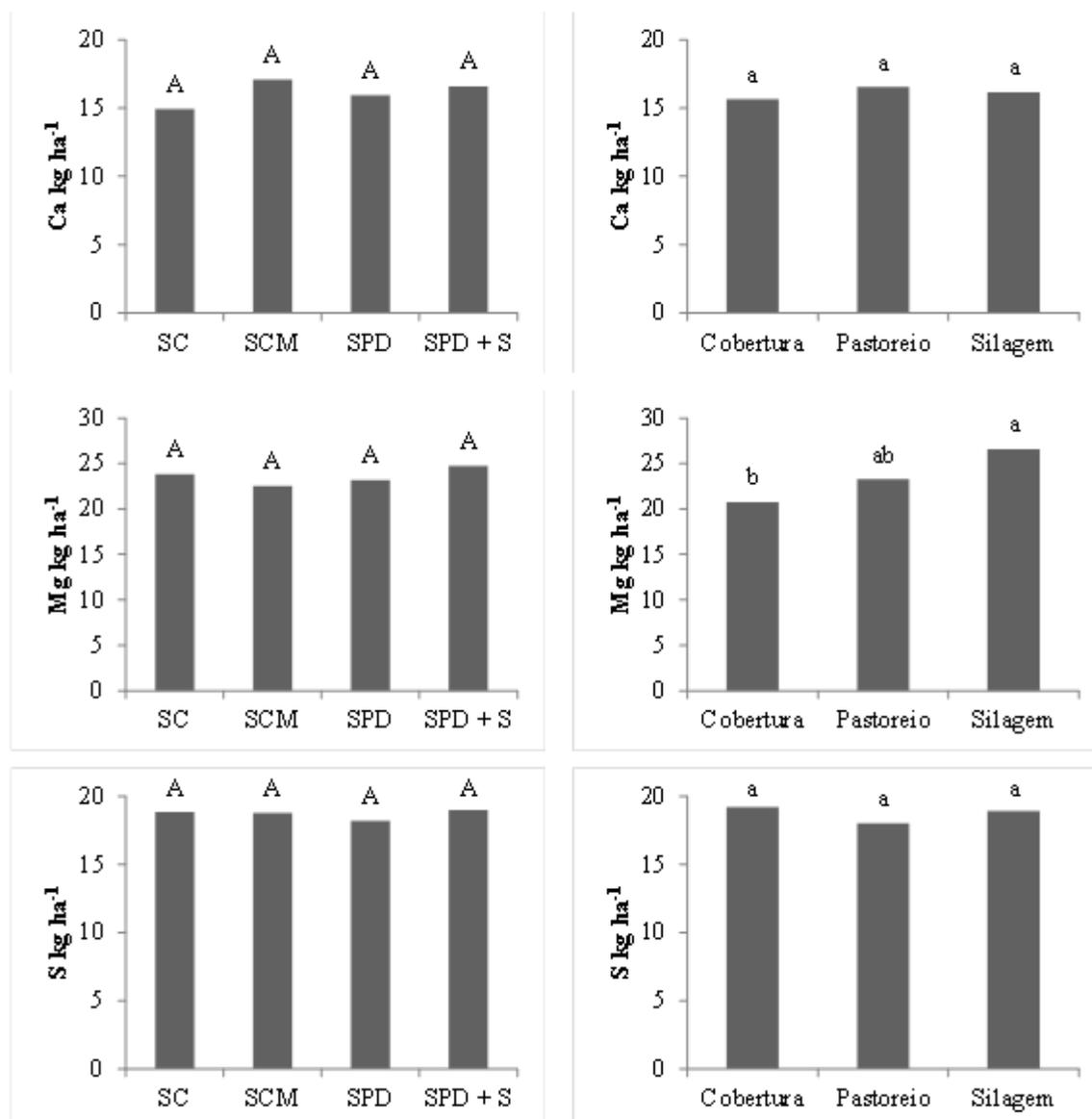


Figura 7: Acúmulo de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) na parte aérea do milho para silagem submetido à calagem em sistemas de manejo do solo e cultivado com diferentes propósitos. Médias seguidas por letras iguais maiúsculas e minúsculas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Para sistemas de preparo do solo e formas de uso do azevém, respectivamente. SCC: Sistema convencional. SCM: Sistema cultivo mínimo. SPD: Sistema plantio direto. SPD+S: sistema plantio direto com subsolagem bianual. (CV) para Ca, Mg e S no manejo do solo foram: 18,48%, 19,98% e 17,30% e CV para uso do azevém foram: 19,41%, 21,96% e 12,41%.

No presente trabalho foi possível observar que as adubações nitrogenadas realizadas após cortes/pastejos no azevém contribuíram no acúmulo de N para planta de milho, além do acúmulo de MS, demonstrando também a capacidade do azevém como gramínea recicladora de nutrientes no sistema. O fósforo frequentemente é o segundo nutriente mineral mais limitante para a produção das gramíneas. A mineralização de P orgânico pode ser considerada como o principal fator no controle da disponibilidade de P para as culturas, devido à mineralização do

P orgânico ser realizada por enzimas (fosfatases) que são produzidas por plantas e por microrganismos, contribuindo para o aumento da concentração de P inorgânico disponível às plantas (HARRISON, 1982).

O fornecimento de adubação mineral em de N e P estimula a absorção dos outros nutrientes, resultando no aumento de produtividade das culturas, e também a taxa de ciclagem (FONSECA, 2002). O acúmulo de fósforo na planta do milho para silagem parece ter sido influenciado através da MO na mineralização do P e este ser absorvido pela cultura do azevém a qual através de sua capacidade de reciclar nutrientes contribuiu no acúmulo de P.

As gramíneas são consideradas boas recicladoras de K, porém este nutriente é facilmente lixiviado e quando submetido à intensidades de cortes ou pastejo é extraído em grandes quantidades, sendo necessária adubação mineral para obter respostas da forrageira e não influenciar na produtividade da cultura sucessora (FERREIRA et al., 2011). Observa-se novamente que devido à adubação mineral adequada da pastagem e seu manejo, a cultura do milho parece ter respondido positivamente no acúmulo de K. O mesmo se ressalta para o Ca na cultura do milho, nos tratamentos com uso do azevém para pastoreio e silagem a dissolução do calcário foi favorecida (liberando Ca e Mg), porém, observou-se menor acúmulo de Mg em cobertura, devido menor renovação do sistema radicular e produção de ácidos orgânicos, que pode ter reduzido a solubilização do calcário.

Provavelmente o motivo pelo qual o uso do azevém pastoreio e silagem não diferiram da cobertura e obtiveram altos rendimentos de matéria seca para o milho, podem estar relacionados principalmente aos seguintes eventos: (i) a reposição adequada de adubação mineral (macronutrientes); (ii) manejo adequado da pastagem no inverno (azevém anual) não influencia a cultura de verão (milho para silagem).

5. CONCLUSÕES

A intensificação de uso do azevém anual mediante pastejo ou silagem pré-secada, desde que leve em consideração os critérios de altura (para pastejo/corte e resíduo) e nutricionais (com base na exportação e rendimento de massa seca) não alteram os aportes dos macronutrientes em sistemas de preparo de solo com alto teor de matéria orgânica e acidez corrigida.

Os altos rendimentos de MS e acúmulos de macronutrientes na parte aérea do milho evidenciam a capacidade do azevém anual proporcionar a reciclagem de nutrientes no sistema de produção, independentemente do manejo de solo adotado e condições de reatividade do calcário.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ V., V.H., GUIMARÃES, P.T.G., FREIRE, F.M. Concentrações relativas ótimas de fósforo e enxofre, na adubação do cafeeiro, num Latossolo Vermelho-Escuro de Machado, MG. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.22, P.359-65, 1987 b.

ALVIM, M.J.; TAKAO, L.C.; YAMAGUCHI, L.C.T.; VERNEQUE, R.da S.; BOTREL, M.A.; CARVALHO, J. de C. Efeito da aplicação de nitrogênio em pastagens de avezem sobre a produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.18, n.1, p.21-31, 1989.

AMADO, T. J. C. Manejo da fertilidade do solo e desenvolvimento agropecuário sustentável. In: DA FONSECA, A.F. et al. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas no sistema plantio direto**. ed.1. Ponta Grossa: UEPG, 2011. cap.1. p.4-20

AMARAL, S.A. et al. Movimentação vertical do calcário da superfície do solo no sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Anais...** Londrina : SBCS, 2001. p.114.

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo no sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.;NEVES, J.C.L.. (Org.). **Fertilidade do Solo**. 1.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1. p.873-928, 2007.

ANGHINONI, I.; ASSMANN, J. M.; MARTINS, A. P.; et al. **Ciclagem de nutrientes em integração lavoura-pecuária**. III Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil. UTFPR. Pato Branco, 2011.

ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Fósforo a adubos fosfatados. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.; J.; CAMARGO, F. O. A. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, p.117-138, 2004.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011.130p.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; MORAES, A.; VEIGA, M.; et al. Integração lavoura- pecuária: intensificação de uso de áreas agrícolas. **Ciência Rural**, v.39, n.6, 2009.

BARRIÈRE, Y.; ARGILLIER, O.; MICHALET-DOREAU, B. et al. Relevant traits, genetic variation and breeding strategies en early silage maize. **Agronomie**, v.17, p.395-411, 1997.

BEETZ, A. A brief overview of nutrient cycling in pastures. **Attra**, p. 1-10, 2002. Disponível em: < <http://attra.ncat.org/attra-pub/nutcycle.html>> Acesso em 22 abr. 2008.

BONA FILHO, A. **Integração lavoura-pecuária com a cultura do feijoeiro e pastagem de inverno, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio**. 2002. 105f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Paraná, PR.

BORKERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JÚNIOR, A. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 143-153, 2003.

CAIRES, E.F. Calagem no sistema plantio direto para correção da acidez e suprimento de Ca e Mg como Nutrientes. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2007.

CAIRES, E.F. et al. Surface Application of Lime for Crop Grain Production Under a No-Till System. **Agronomy Journal**, v. 97, 2005.

CAIRES, E.F.; DA FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v.59, p.213-220, 2000.

CARVALHO, I.Q. **Tecnologia da produção de silagem de milho em sistemas de produção de leite**. 2013, 86 f. Tese (Doutorado em Zootecnia – Pastagens e forragicultura). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, 2013.

CARVALHO, P. C. F., ANGHINONI, I., KUNRATH, T. R.; et al. **Integração soja-bovinos de corte no sul do Brasil**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 60 p., 2011.

CARVALHO, P. C. F., ANGHINONI, I., MORAES, A.; et al. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.88, p.259-273, 2010.

CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. de M.; COSTA, L. A. de M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.1, p. 139-146, 2011.

CESARINO, R. O. **Milho fertirrigado com dejetos líquidos de suínos para ensilagem**. 2006, 51 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) Unifenas, Alfenas, 2006.

CIAMPITTI, A.I.; CAMBERATO, J.J.; MURRELL, S.T.; VYN, T.J.; Maize Nutrient Accumulation and Partitioning in Response. **Agronomy Journal**, v.105, p.783-795,2013.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A. & WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,v. 26, p. 1055-1064, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Levantamentos de safra. 2011. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=> >. Acesso: 16 de dezembro de 2013.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.12, p.1231-1237, 2004.

DALMAGO, G.A. **Dinâmica da água no solo em cultivos de milho sob plantio direto e preparo convencional**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004. 245p. (Tese de Doutorado).

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.4, p.471-477, 1993.

DEMARQUILLY, C. Facteurs de variation de la valeur nutritive du maïs ensilage. INRA. **Production Animal**, v.7, n.3, p.177-189, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 204p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FANCELLI, A.L. Plantas Alimentícias: guia para aula, estudos e discussão. Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”. ESALQ/USP, 1986. 131p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDNI, I.E.; FANCELLI, A.L. **Milho: estratégias de manejo para a Região Sul**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. cap.7, p.103-115.

FAO. O aumento populacional e os desafios da segurança alimentar. 2011. Disponível em: <https://www.fao.org/apdsa.asp>. Acesso em: 15/12/2013.

FERREIRA, E.V.F.; ANGHINONI, I.; ANDRIGHETTI, M.H.; MARTINS, A.P.; CARVALHO, P.C.F. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade da soja na integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35 p.161-169, 2011.

FLORES, R.A., et al. Produção de forragem de populações de azevém anual no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.7, p.1168-1175, 2008.

FONSECA, D.M. DA & MARCELINO, K.R.A. **Reciclagem de nutrientes sob condições de pastejo**. Tópicos especiais em forragicultura (apostila on-line). Viçosa – MG, 2002. 38 p.

FRANÇA, G. E.; COELHO, A. M. Adubação do milho para silagem. In: CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; RODRIGUES, J. A. S.; FERREIRA, J. J. (Eds.) **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001, p.53-83.

FUNDAÇÃO ABC 2011. **Classificação climática – segundo Köppen**. Disponível em: < http://sma.fundacaoabc.org.br/climatologia/classificacao_climatica/grupo_abc/ > (20/04/2013).

GOEDERT, W.J. & OLIVEIRA, S.A. Fertilidade do solo e sustentabilidade da atividade agrícola. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Ed.1. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap XVIII. p.992-1017.

GOMES, P.C.; FONTES, M.P.F.; COSTA L.M.; MENDONÇA, E.de S. Extração fracionada de metais pesados em Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.21, n.4, p.543-551, 1997.

HARRISON, A.F. Labile organic phosphorus mineralization In relationship to soil properties. **Soil Biology Biochemistry**, v.14, p.343-351, 1982.

HAVLIN, J.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; et al. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management**. 7 ed., Prentice Hall: New Jersey, 2005.

SILVA, H. A.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C.; FONSECA, A. F.; GUIMARÃES, V. D. A.; MONTEIRO, A. L. G.; LANG, C. R.; Viabilidade econômica da produção de novilhas leiteiras a pasto em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, p. 745-753, 2012.

HERRERO M; THORNTON P. K.; NOTENBAERT, A. M. et al. Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. **Science**, v. 327 n.. 5967 p. 822-825, 2010.

HUE, N.V. Alleviating Soil Acidity With Crop Residues. **Soil Science**. v.176, n.10, p. 543-549.2011.

IDO, O.T. et al. Composição botânica e qualidade de pastagem de azevém associada com Fabáceas de inverno sob pastejo contínuo, na região sul do Paraná. **Scientia Agraria**, v.6, n.1-2. p.23-33, 2005.

JOOST, R.E. Nutrient cycling in forage systems. In: JOOST, R.E; ROBERTS, C.A.(Eds.) **Nutrient cycling in forage systems**. Columbia: Missouri, 1996. p. 1-12.

KAMINSKI, J. et al. Resposta de culturas à aplicação de calcário em superfície ou incorporado ao solo em campo nativo. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, 2000.

KAMINSKI, J.; HEINHEIMER, D. S. , GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. da. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29(4), 573-580, 2005.

LAL, R. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. **Land Degradation & Development**, v.17, p.197-209, 2006.

LANDERS, J.N. **Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: the Brazilian experience**. Rome: FAO, 2007. 92p.

LEITE, L. F. C; GALVÃO, S. R. S. Matéria orgânica do solo: funções interações e manejo em solo tropical. IN: ARAÚJO, A.S.F; LEITE, L. F. C; NUNES. L. A. P.L; CARNEIRO. R. F. V. (Ed) **Matéria orgânica e organismos do solo**. Teresina: EDUFIP, 2008. 19p.

LOPES, V., NOGUEIRA, A. & FERNANDES, A. Cultura de azevém anual. **Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas**. Edição e distribuição: Div. Doc. Inf. e Relações Públicas. Edição on-line (2006) ficha técnica 53.

LUPATINI, G.C.; RESTLE, J.; CERETTA, M.; MOOJEN, E.L.; BARTZ, H.R. Avaliação da mistura de aveia preta e azevém sob pastejo submetida a níveis de nitrogênio. **Pesquisa agropecuária brasileira**; Brasília, v. 33, n. 11, p. 1939-1943, 1998.

MAIA, C.E; CANTARUTTI, R.B. Acumulação de nitrogênio e carbono no solo e mineral contínua na cultura do milho, 2004. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v8, n.1, p39-44, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA S.A. (1997). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ªed. Piracicaba: POTAFOS. 319p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MACHADO, P. L. O. de A.; OLIVEIRA, E. L. de and YAMASHITA, M. (1996), Manganese dynamic in acid soils and uptake by maize seedlings. *Commun. Soil Science. Pl. Anal.*, 27, 2349-2359.

MOLIN, R. Ocorrência e prevenção de grãos ardidos e micotoxinas na cultura do milho. In: SANDNI, I.E.; FANCELLI, A.L. **Milho: estratégias de manejo para a Região Sul**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. cap.8, p.117-130.

MONTEIRO, F.A. WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: Simpósio sobre ecossistema de pastagens, **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p.149-192. 1989.

MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; LUSTOSA, S. B. et al ; Sistemas integrados de produção agrícola e pecuária: caminhos para intensificação sustentável. **Anais...**, FERTIBIO, Maceió-AL, 2012.

MUCK, R.E.; SHINNERS, K.J. Conserved forages (silage and hay): Progress and priorities. In: INTERNACIONAL GRASSLAND CONGRESS, 29., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: Brazilian Society of Animal Husbandry. 2001. p.753-762.

NEUMANN, M.; RESTLE, J; BRONDANI, I.L.; NÖRNBERG, J.L.; MELLO, R.O.; PELLEGRINI, L.G.; SOUZA, A.N.M. Comportamento produtivo e custo de produção de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) para silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 43-54, 2003.

NEUMANN, M.; SANDINI, I. E.; LUSTOSA, S. B. C.; OST, P. R.; ROMANO, M. A.; FALBO, M. K.; PANSERA, E. R. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p. 418-427, 2005.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor nutritivo alimentício da silagem de milho. In: Simpósio Sobre Produção e Utilização

de Forragens Conservadas, **Anais...** JOBIM, C. C.; CECATO, U.; DAMASCENO, J. C.; SANTOS, G.T. (Eds.), Maringá : UEM/CCA/DZO, 2001. p.127-145.

NUSSIO, L.G. 1993. Milho e sorgo para produção de silagem. In: SANTOS, F.A., NUSSIO, L.G., SILVA, S.C. (Eds.) *Volumosos para bovinos*. Piracicaba: FEALQ. p.75-177.

NUSSIO, L.G. Cultura de milho para a produção de silagem de alto valor alimentício. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1991. p.59-168.

NUSSIO, L.G. Produção de Silagem de alta qualidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO., 19. Porto Alegre, 1992. **Conferências...** Porto Alegre. SSA/SCT/ABMS/EMATER-RS, EMBRAPA/CNPMS, 1992. p.155-175.

OLIVEIRA JUNIOR, L.F.G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M.G.; CHIQUIERE, T.B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.1, p.159-165, 2006.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 38, p. 47-57, 1996.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2011. Disponível em: <http://www.onu.org.br>. Acesso em 15/12/2013.

PAULETTI, V. Nutrientes: Teores e Interpretações. **Fundação ABC**, Castro-PR. v.2, p.86, 2004.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATO, M.; RECO, P. C. Características bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.3, 2009. p.411-417.

PEDROSO, A.F.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G. Silagem de cana-de-açúcar no confinamento de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2004. p.243-259.

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

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. **Manejo Cultural de Minimilho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2001. 4p. (Circula Técnica, 07).

PONTES, L.S. et al. Fluxo de biomassa em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejada em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.529-537, 2004.

PÖTTER, L. et al. Desenvolvimento de novilhas de corte sob alternativas de mineralização em pastagem de azevém. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.39, n.1, p.182-187, 2009.

PRIMAVESI, A.C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L.A.; SILVA, A.G.; CANTARELLA, H. Nutrientes na fitomassa de capim-marandu em função de fontes e doses de nitrogênio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.562-568, 2006.

PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras**. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 343p.

QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de calcário em Latossolo Roxo distrófico de cerrado. II. Efeito residual. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 6:113-118, 1982b.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, Piracicaba-SP, 420 p., 2011.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.17, p.547-566, 1986.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. & FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2a edição. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico 100).

RHEINHEIMER, D. S. et al. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, 35:562-569, 2005.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.C. & BORTOLUZZI, E.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:797-805, 2000.

ROCHA et al. Produção e qualidade de forragem da mistura de aveia e azevém sob dois métodos de estabelecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.7-15, 2007.

RODRIGUES, R.R. et al. Large-scale ecological restoration of high diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 261, p. 1605-1613, 2011.

RUSSELE M. P.; FRANZLEUBBERS, A. J. Introduction to symposium: integrated crop-livestock system for profit and sustainability. **Agronomy Journal**, v.99, p.323-324, 2007.

RUSSELE, M.P. Nutrient cycling in pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa, MG. **Anais.**, Viçosa: UFV, 471p. p.235-266, 1997.

SÁ, J.C.M. Calagem em solos sob plantio direto na região dos Campos Gerais, Centro-Sul do Paraná. In: SÁ, J.M. **Curso sobre manejo do solo no sistema plantio direto**. Ponta Grossa: Fundação ABC, 1996. p.73-107.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, v.31, n.1, p.159-168. 2000.

SANTOS, H. P. et al. Efeito de sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas na fertilidade do solo, após vinte anos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.441-454, 2008.

SANTOS, M.E.R; DA FONSECA, D.M.; GOMES, V.M. Relações entre morfogênese e dinâmica do perfilhamento em pastos de capim-braquiária. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.30, n.1, p.201-209, 2013.

SAS System. **SAS Institute Inc. SAS OnlineDoc® 9..2**. Cary, NC: SAS Institute, 2010.

SCHIAVO, J.A. et al. Índice de manejo de carbono e atributos químicos de Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1332-1338, out. 2011.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.249-254, 1985.

SILVA, H.A. et al. Desempenho de novilhas leiteiras em pastagens anuais de inverno sob sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.10, p.1372-1378, 2011.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; et al. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – Effects of no-tillage. **Sciences**, v.22, p.755–775, 2002.

SOUZA, D.M.G., et al. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Ed.1. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. Cap V. p.206-274.

SOUZA, E. D.; COSTA, S. E. V.G.de A.; Anghinoni, I. et al. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 79-88, 2010.

SPARKS, D.L. Environmental soil chemistry. 2.ed. Amsterdam, Academic, 2003. 352p.

TIECHER, T.; SANTOS, D.R.; RASCHE, J.W.A.; BRUNETTO, G.; MALLMANN, F.J.K.; PICCIN, R. Resposta de culturas e disponibilidade de enxofre em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica submetidos à adubação sulfatada. **Bragantia**. Campinas, v.71, n.4, p.518-527, 2012.

VARGAS, L.K. & SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista brasileira de ciência do solo**, 24:35-42, 2000.

VARGAS, L.K.; SELBACH, P.A. & SÁ, E.L.S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia-preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência rural**, 35:76-83, 2005.

VILELA, R. G.; ARF, O.; KAPPES, C. KANEKO, F.H. GITTI, D. C.; FERREIRA, J. P. Desempenho agrônomico de híbridos de milho, em função da aplicação foliar de fungicidas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 1, p. 25-33, 2012.

VILLELA, T. E. A. **Época de semeadura e de corte de plantas de milho para silagem**. 2001. 80p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2297-2305, 2008.

WILLIAMS, P.H.; HAYNES, R.J.; Influence of improved pastures and grazing animals on nutrient cycling within New Zealand soils, **New Zealand Journal of Ecology**. v.14, 1990.

ZOPOLLATTO, M.; RECO, P.C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.3, p.411-417, 2009.