

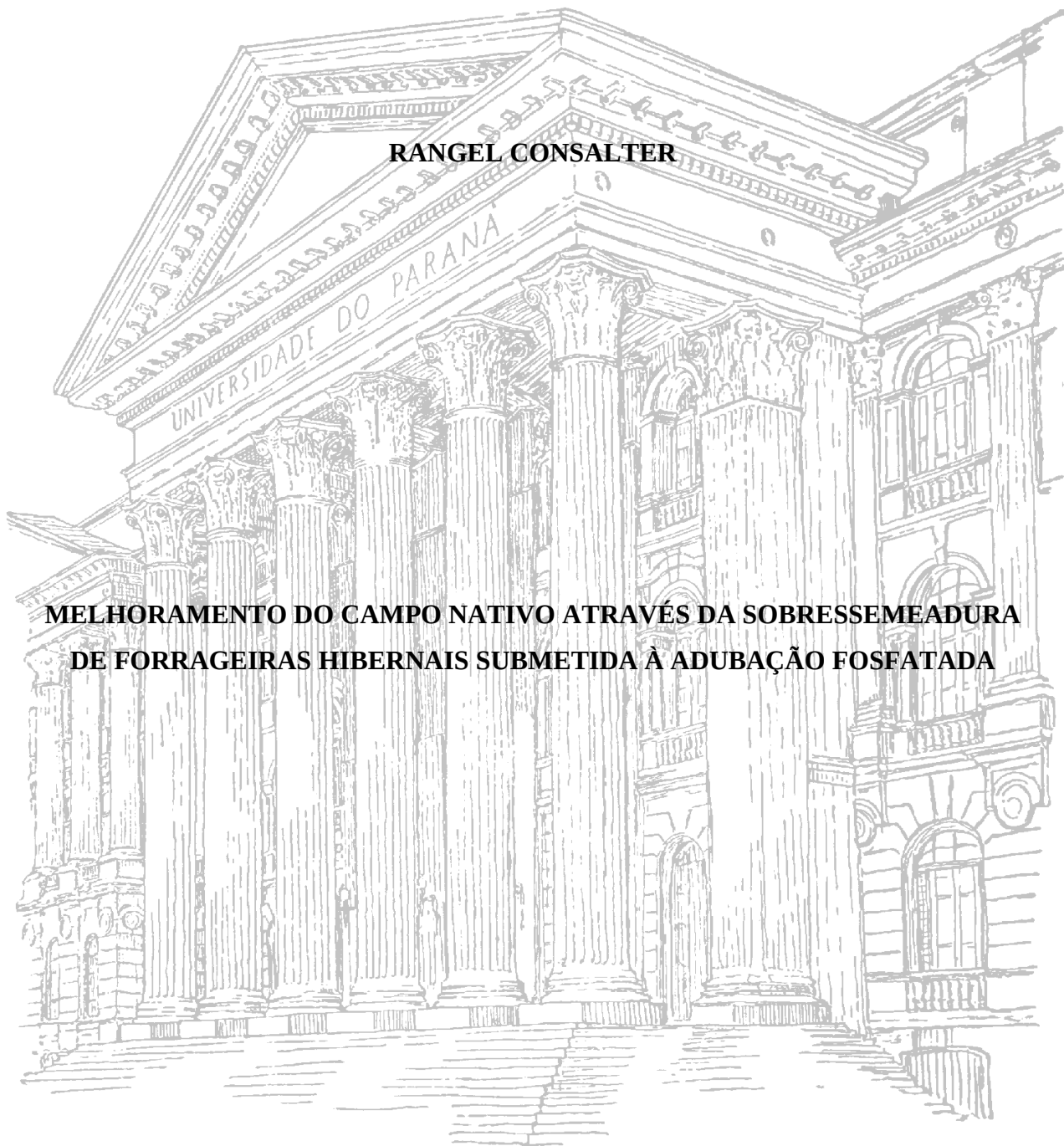
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

RANGEL CONSALTER

**MELHORAMENTO DO CAMPO NATIVO ATRAVÉS DA SOBRESSEMEADURA
DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS SUBMETIDA À ADUBAÇÃO FOSFATADA**

CURITIBA

2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

RANGEL CONSALTER

**MELHORAMENTO DO CAMPO NATIVO ATRAVÉS DA SOBRESSEMEADURA
DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS SUBMETIDA À ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração Solo e Ambiente, do Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Vargas Motta

CURITIBA

2014

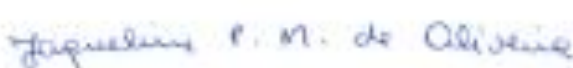


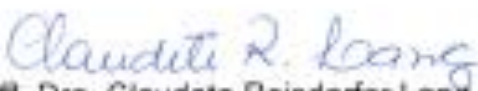
PARECER

A Banca Examinadora designada para avaliar a defesa da Dissertação de Mestrado de **RANGEL CONSALTER**, intitulada: **Melhoramento do campo nativo através da sobressemeadura de forrageiras hibernais submetida à adubação fosfatada**, do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após análise do texto e arguição do candidato, emitem parecer pela **"APROVAÇÃO"** da referida Dissertação. O candidato atende assim um dos requisitos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração Solo e Ambiente**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 25 de fevereiro de 2014.


Prof. Dr. Antônio Carlos Vargas Motta, Presidente


Profª. Dra. Jaqueline Pereira Machado de Oliveira, Iº. Examinador


Profª. Dra. Claudete Reisdorfer Lang, IIº. Examinador

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai – Estevão Consalter – por todo seu apoio incondicional, dedicação e parceria. À minha mãe – Antonia Maria da Silva – por todo o aprendizado ao longo de minha até então curta vida. E à ambos visto que sem eles eu não estaria aqui. Ao meu irmão caçula – Estevão Consalter Junior – por toda demonstração de afeto e companheirismo nas minhas horas mais difíceis.

À minha tia Luciá, por tudo.

Ao meu orientador, pela sua paciência e dedicação ao me ajudar a entrar no mundo da pesquisa.

À minha namorada Jéssica, por me fazer querer ser uma pessoa melhor.

Ao meu grande amigo Julierme por me fazer boiar mais do que a Solange do BBB (iarnuou iarnu stilver...) quando explica coisas sobre politica e sociedade, pelas madrugadas embriagadas, pelas pizzas no gato preto e os *hot dog's* do gaúcho.

As amigas gordas e/ou encalhadas Giovanna, Leticia e Verediana, por todos os cafezinhos feitos especialmente para mim quando eu “nem queria café”.

Ao amigo Raul por me demonstrar insistentemente que instruções não devem ser seguidas ao pé da letra.

À amiga Marília por todas as estadias em sua casa da praia.

Aos laboratoristas Elen, Leticia, Maria, Maria Emília e “Seu” Roberto pelo grande auxílio prestado ao longo de minha caminhada.

Aos professores Sebastião Brasil, Anibal de Moraes e Paulo por toda ajuda prestada durante a condução deste experimento.

Às bolsistas de IC Júlia Ferreira e Anne Sass por desempenharem papel chave na execução desse estudo e por sempre se prontificarem a irem além da obrigação.

Aos funcionários da oficina e da marcenaria da Fazenda Experimental do Canguiri – UFPR, por me atenderem prontamente por mais de uma dúzia de vezes.

À Capes e ao CNPq pelo financiamento do projeto.

Ao contribuinte, pois parte significativa dos impostos é destinada ao ensino e à pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	3
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	6
3.1. Produtividade forrageira.....	6
3.2. Concentração de nutrientes na matéria seca da parte aérea – forrageiras de inverno.....	8
3.2.1. Macronutrientes.....	
3.2.2. Micronutrientes.....	
3.3. Concentração de nutrientes na matéria seca da parte aérea – campo nativo.....	12
3.3.1. Macronutrientes.....	12
3.3.2. Micronutrientes.....	14
3.4. Composição florística das pastagens.....	17
3.4.1. Forrageiras de inverno.....	17
3.4.2. Campo nativo.....	18
3.5. Colonização micorrízica.....	20
3.6. Teor de P-Mehlich no solo.....	22
4. CONCLUSÕES	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
6. LITERATURA CITADA	25

MELHORAMENTO DO CAMPO NATIVO ATRAVÉS DA SOBRESSEMEADURA DE FORRAGEIRAS HIBERNAIS SUBMETIDA À ADUBAÇÃO FOSFATADA¹

Autor: Rangel Consalter

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Vargas Motta

RESUMO GERAL

Campos subtropicais nativos do Sul do Brasil têm em geral baixa produtividade e qualidade devido à baixa fertilidade do solo e crescimento concentrado no verão. O experimento foi instalado com a finalidade de avaliar o efeito inicial e residual de P na pastagem, em um campo nativo. Doses crescentes de fosfato solúvel foram aplicadas em área total apenas no primeiro ano, sendo a aplicação dos tratamentos precedida por incorporação. Juntamente com a implantação foi iniciado o cultivo de pasto de inverno. A produtividade foi determinada por 4,5 anos. Os teores dos nutrientes (P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn) foram determinados em duas ocasiões para o pasto de inverno e duas para o campo nativo, sendo uma no verão e outra no inverno. Foram avaliadas a colonização micorrízica das raízes das forrageiras de inverno de 2012, a composição florística das pastagens e o teor de P Mehlich no solo aos 06 e aos 36 meses após a implantação. A produtividade da pastagem aumentou em mais de 10 e 3 vezes no inverno e verão, respectivamente, com resposta linear ou quadrática. A produção acumulada indicou aumento de aproximadamente 146 kg de matéria seca por kg de P₂O₅ aplicado, em quatro anos. A adubação fosfatada propiciou aumento na concentração de P, K, Ca, Mg e Cu para pastagem de inverno, e apenas P na pastagem de verão. A colonização radicular com micorriza foi constatada na ordem de 90% para aveia e 40% para o azevém no tratamento testemunha, e responderam com decréscimo linear, atingindo 50 e 15% na dose máxima, respectivamente. A adubação fosfatada também proporcionou aumento na participação do azevém no inverno, espécie mais exigente. Na pastagem de verão houve decréscimo no número de espécies e aumento da cobertura com *Paspalum urvillei* e *P. paniculatum*. Ainda foi verificado que a extração ácida mehlich-1 é eficiente em verificar

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (35 p.) Fevereiro, 2014.

diferenças no teor de P no solo entre os tratamentos mesmo após três anos decorridos da aplicação, todavia, os valores obtidos decaem com o tempo mais rapidamente que a produtividade, indicando que a extração ácida não é eficiente em avaliar a disponibilidade efetiva de P em solo sob efeito residual da adubação, visto que a produtividade se mostrou altamente dependente da dose de P aplicada. A adubação fosfatada é essencial para a manutenção de produtividade forrageira satisfatória, exerce efeito na nutrição das plantas melhorando a qualidade da forragem e altera a composição botânica das pastagens. O solo sob campo nativo com sobressemeadura de forrageiras de inverno tem alto potencial de inóculo micorrízico nativo, ainda, a disponibilidade de P avaliada pelo extrator mehlich-1 decresce ao longo do tempo em despeito da manutenção de produtividade.

Palavras-chave: Campo nativo, adubação fosfatada, fósforo, pastagem.

SOUTHERN BRAZILIAN GRASSLAND CULTIVATED WITH WINTER GRASS SPECIES SUBMITTED TO PHOSPHATE FERTILIZER ²

Autor: Rangel Consalter

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos Vargas Motta

GENERAL ABSTRACT

Brazilian sub-tropical grasslands generally have low productivity and quality due to low soil fertility and concentrated growth during summer. The experiment was done with the purpose of evaluating the initial and residual phosphate of sub-tropical grassland. Soluble phosphate was applied in the complete area only in the first year, the treatment application being incorporated. Simultaneously the cultivation of the winter grass fields was initiated. The productivity was determined for 4.5 years. The nutrient levels (P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Fe, and Zn) were determined in three occasions during winter and one during summer. micorrhyzal colonization of the winter grass roots of 2012 were evaluated, still, the floristic composition of the pastures and the level of the P Mehlich was also evaluated. The pasture productivity increased 10 and 3 times during winter and summer, respectively, with linear and quadratic response. The accumulated production showed an approximate increase of 146 lb of dry matter per lb of P₂O₅ applied, in four year time. The phosphate fertilization increased the concentration of P, K, Mg and Cu for the winter pastures, just only P for the summer pastures. Micorrhyzal radicular colonization was noticed in the order of 90% for oat and 40% for rye grass, and responded with a linear decrease, reaching 50 and 15% with the maximum dose, respectively. The phosphate fertilization also increased the participation of rye grass during winter, the most responsible specie. There was a decrease in the number of species for the summer pasture and an increase of the working range with *Paspalum urvillei* and *P. paniculatum*. It was still observed that the Mehlich-1 acid extraction is efficient in checking differences in P level of the soil amongst treatments even after three years after application, however, the obtained values decay as time passes faster than productivity, indicating that the acid extraction is not efficient in evaluating the effective availability of P of the soil under

² Soil Science Master Dissertation. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. (35 p.) February, 2014.

fertilization residual effects. Phosphate fertilization is essential for the productivity maintenance of dry matter, which has an effects in the nutrition of the plants, increasing the dry matter quality and changes the pastures botanical composition. The soil under native grass land in succession with the winter grass has a high native micorrhyzal inoculum, still, the P availability evaluated by the mehlich-1 extractor can sub estimate the availability of P in soil under fertilization residuals.

Key-Words: Grassland, phosphorus fertilization, phosphorus, pasture.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária no Brasil é um dos mais tradicionais segmentos da atividade produtiva nacional, atualmente conta com aproximadamente 212 milhões de cabeças bovinas, um dos maiores rebanhos do planeta. No ano de 2012 o país retomou a posição de maior exportador de carne do mundo, com uma receita superior à 5,75 bilhões de dólares e um volume de vendas que ultrapassa a marca de 1,1 milhão de toneladas (Poll et al., 2013).

Estima-se que 97% dos rebanhos nacionais possuam as pastagens como base da alimentação (ABIEC 2009). Atualmente, as pastagens ocupam aproximadamente 20% do território nacional (Ieiri et al., 2010), o que corresponde à 67% da área agricultável do país. Entretanto, a pecuária brasileira apresenta representatividade no comércio internacional contrastante com os índices zootécnicos nacionais, dignos de uma pecuária atrasada, o que se alia à pecuária realizada majoritariamente de forma extensiva, com cultivo de pastagens com pouca ou nenhuma reposição de nutrientes, ocupando extensas áreas com baixas produtividades (Furstenau, 2004; Ferreira & Zanine, 2007; Cunha et al. 2010; Poll et al., 2013; Campos et al., 2013).

Inicialmente, os ecossistemas de campos se apresentavam em extensas áreas com vegetação predominantemente arbustiva, com uma grande quantidade de espécies herbáceas, se caracterizando como ambiente propício para a atividade (Bencke, 2009). Os campos nativos da região Sul do Brasil podem ser didaticamente classificados em campos subtropicais, que são encontrados basicamente no estado do RS, e campos de altitude, que se localizam no planalto sul brasileiro – SC, PR, SP e RJ –, sendo que estes cobrem uma área estimada de aproximadamente 350 km² e ocorrem predominantemente sobre rochas graníticas e migmatíticas (Mucochinski & Scheer 2008; Behling et al., 2009). Os campos de altitude presentes no PR, em sua maioria, entremeiam-se entre florestas do tipo Ombrófila Densa Atlântica e apresentam vegetação de fisionomia campestre e subarbustiva (Mucochinski & Scheer 2008).

Com manejo adequado, o uso pecuário pode apresentar índices produtivos satisfatórios ao mesmo tempo que mantém a integridade do ecossistema campestre e demais serviços ambientais (Carvalho et al. 2006; Santos et al. 2008; Overbeck et al., 2009). A pecuária praticada sobre os relictos desse ecossistema se caracteriza como forma de conservação da cobertura vegetal e da micro e macro vida autóctone, ainda, a singularidade, a

raridade e a importância socioambiental desse ecossistema possibilitam a criação de identidade geográfica aos produtos oriundos da pecuária campo sulina (Malafaia et al. 2006).

No entanto, a pecuária realizada sob clima tropical e subtropical tem na sazonalidade climática um obstáculo natural, onde o ano é representado por uma época de alta e outra de reduzida disponibilidade de forragem (primavera/verão e outono/inverno), o que tem efeitos deletérios sobre a produção pecuária (Gatiboni et al., 2000; Nabinger et al., 2007). O cultivo de forrageiras de crescimento hibernal é a principal alternativa para amenizar os efeitos da sazonalidade climática na produção de forragem. A aveia e o azevém são as duas principais espécies forrageiras cultivadas no período hibernal nos estados sul brasileiros (Lupatini et al., 2013), possuem boa produtividade e valor forrageiro, todavia sabe-se que são altamente responsivas à melhorias na fertilidade do solo.

No contexto da produção vegetal, a carência do nutriente fósforo (P) no solo é considerado um dos fatores físico químico de maior limitância ao desenvolvimento das plantas em solos da América Latina tropical (Sanchez & Salinas, 1981). No Brasil a deficiência de P é tão intensa e generalizada que é tida como o maior gargalo à implantação e manutenção de pastagens em solos brasileiros (Novais et al., 2007). Para produção animal, a deficiência mineral de P em pastagens é o maior empecilho de ordem econômica para a criação de herbívoros a campo no Brasil (Tokarnia et al., 2000). Esse quadro norteia o desenvolvimento de estudos que objetivam verificar, quantificar e especificar melhorias quantitativas e qualitativas em sistemas de pastagem em decorrência da aplicação de adubos fosfatados (Cecato et al., 2000, Camacho et al., 2002; Gatiboni et al. 2000; Mazza et al., 2012).

Em ambientes biodiversos, como o campo nativo sul brasileiro, aumentos de produtividade obtidos pela adubação fosfatada podem ocorrer em decorrência de aumento de produção das espécies bem como alterações na composição botânica proporcionada pela adubação (Bandinelli et al., 2005).

Plantas terrestres retiram a maioria dos nutrientes essenciais do solo a partir de duas vias: absorção direta pelas raízes e absorção indireta via simbiose micorrízica (Lambers et al., 2010). A grande maioria das plantas possui a capacidade de adquirir P pelas duas vias, contudo, são consideradas dependentes primariamente das simbioses com fungos micorrízicos (Smith & Read, 2008).

As simbioses micorrízicas funcionam como um sistema de exploração do solo, que com hifas de diâmetro extremamente reduzido tem a capacidade de minar um grande volume

de solo com pequena alocação de C, o que é extremamente útil na aquisição de elementos pouco móveis no solo como P, Cu e Zn pelas plantas (Wang & Qui, 2006; Kaschuk et al., 2009; Gabriel-Neumann et al., 2011). Portanto, essa simbiose é importante desde o nível da nutrição mineral de plantas até a ciclagem de nutrientes e manutenção de ecossistemas naturais e agrícolas. Contudo, a fertilidade do solo, especialmente flutuações na disponibilidade de P no sistema, juntamente com características intrínsecas ao fator planta e potencial de inóculo micorrízico do solo, regulam a colonização das raízes das plantas pelos fungos micorrízicos (Castillo et al., 2012).

Não obstante, a flutuação da disponibilidade de P, devido à alterações no padrão de crescimento radicular, susceptibilidade micorrízica ou à efeitos metabólicos diretos e indiretos, também pode alterar a composição química da forragem. Diante disso, os objetivos desse trabalho foram:

- Verificar alterações na produtividade forrageira de imediato e em médio prazo em função da adubação fosfatada.
- Verificar alterações na qualidade mineral da forragem em razão do fornecimento de P.
- Verificar alterações na composição florística das pastagens em razão do fornecimento de adubo fosfatado.
- Avaliar o potencial de inóculo micorrízico indígena do solo sob campo nativo bem como o efeito do fornecimento de P na colonização micorrízica de forrageiras de inverno.
- Avaliar o efeito residual da adubação fosfatada através da extração ácida Mehlich-1.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento se localiza na Estação Experimental do Canguiri (EEC), pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR), município de Quatro Barras – PR. O clima na região é classificado como Cfb, segundo Köppen, e o solo como CAMBISSOLO HÚMICO Distrófico típico (Embrapa, 2006). O solo do local do experimento apresentava inicialmente os seguintes atributos: $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}=4,1$; $\text{Al}^{3+}=3,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}=9,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca}^{2+}=2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg}^{2+}=1,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{K}^+=0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB}=3,83 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{CTC}=13,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{P}=1,6 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{C}=40,9 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{V}=28\%$; $\text{m}=47\%$; $\text{Ca/Mg}=1,2$; Areia, silte e argila=180, 320 e 500 g kg^{-1} , respectivamente (Mazza, 2010).

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco repetições e cinco tratamentos, correspondentes às doses de 0, 45, 90, 180 e 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo (ST), totalizando 25 parcelas com 50 m² cada (10 x 5 m).

Os dados climáticos e as culturas utilizadas ao longo do experimento, bem como as ocasiões em que se realizou a aplicação de insumos e os procedimentos analíticos estão destacados na FIGURA 1.

A implantação, que ocorreu em maio de 2009, se constituiu de semeadura de azevém na dose de 60 kg ha⁻¹ de sementes e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia e 120 kg ha⁻¹ de K₂O como KCl. Realizou-se também a aplicação dos respectivos tratamentos. Os fertilizantes e as sementes de azevém foram aplicados a lanço. Sessenta dias antes da implantação foi realizada aplicação de calcário dolomítico (PRNT=70%) na dose de 3 Mg ha⁻¹, incorporado com aração. Em junho de 2012 foi feita a aplicação de mais 120 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia e 50 kg ha⁻¹ de K₂O como KCl.

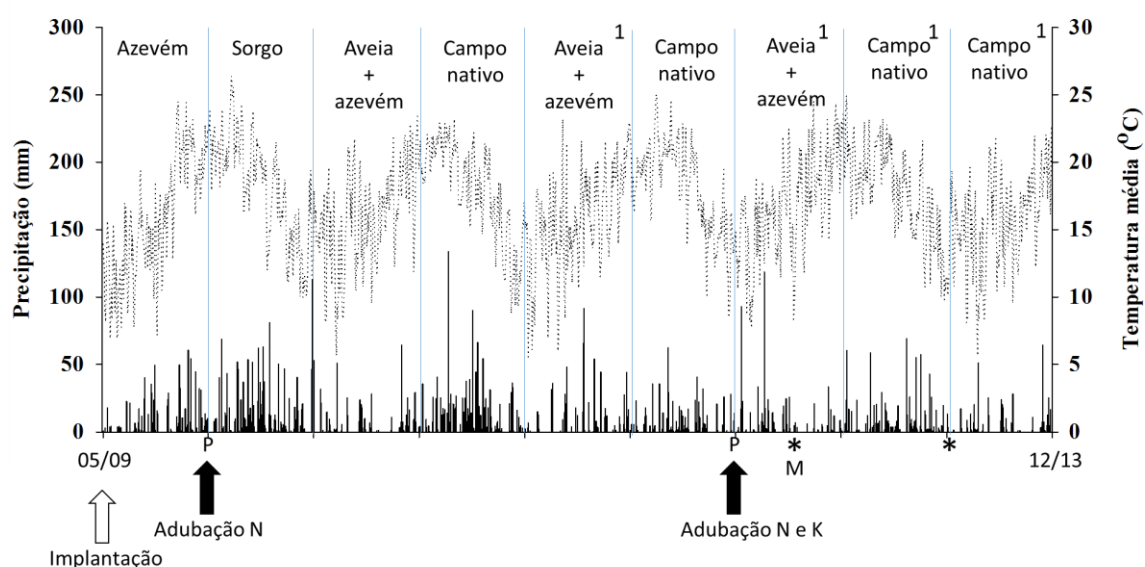


FIGURA 1. Dados climáticos (SIMEPAR, Pinhais – PR), sequência de culturas, adubação e procedimentos analíticos realizados. (1) Determinação da concentração de nutrientes na MS da forragem; (P) Determinação de P-Mehlich-1 no solo; (*) Determinação da composição botânica da pastagem; (M) Determinação da colonização micorrízica das raízes de aveia e azevém.

As produtividades foram estimadas por períodos do ano, o período primavera/verão (PV) compreendendo novembro a abril, e o período outono/inverno (OI) então compreendeu

os meses de maio a outubro. Ao final de cada período a área experimental era roçada ao nível do solo com cortador manual.

Nos períodos em que foi cultivado a mistura aveia + azevém a semeadura foi realizada mecanicamente, com semeadora do tipo disco duplo, no início de cada estação de crescimento. A semeadora foi regulada para 80 kg ha⁻¹ de sementes e abastecida com a mistura de sementes na proporção mássica de $\frac{3}{4}$ e $\frac{1}{4}$ para aveia e azevém respectivamente.

Para os períodos OI-2009 e OI-2013 e também para todos os PV, a produtividade apresentada representa o crescimento das plantas do início ao fim da estação de crescimento, sem soma de cortes, sendo realizada apenas uma coleta no final do respectivo período. Para os períodos – OI-2010, OI-2011 e OI-2012 – (onde foi cultivado a mistura aveia + azevém) a produtividade representa a soma dos cortes do sistema de monitoramento do crescimento da pastagem utilizado. Nesses casos os tratamentos foram monitorados individualmente, e cada vez que as plantas atingiam a altura de 30 cm, era realizado uma coleta de material vegetal, e em seguida a parcela era roçada. Dessa forma, as unidades experimentais que apresentaram maior crescimento de forragem foram coletadas mais vezes. No final da estação de crescimento foi realizado uma última coleta em todos os tratamentos antes da roçada final.

As coletas foram realizadas com o auxílio de um gabarito de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) alocado aleatoriamente em quatro pontos por parcela, cortando as plantas ao nível do solo.

A produtividade média para o período primavera/verão foi calculada desconsiderando-se o período que não foi avaliado (PV-10/11), e a produtividade média anual foi obtida pela soma das médias dos períodos primavera/verão e outono/inverno.

As amostras de material vegetal foram lavadas e secas em estufa com circulação de ar à 60°C até atingir massa constante. Em seguida as amostras foram pesadas para obtenção da matéria seca (MS), e, para os períodos OI-2011, OI-2012, PV-12/13 e OI-2013 uma alíquota de aproximadamente 300g foi separada, moída e armazenada para posteriores análises químicas. Onde houve soma de cortes, as análises químicas foram realizadas para cada unidade amostral, considerando o material de todos os cortes uma mesma amostra.

Os teores de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn foram analisados por combustão via seca, através de digestão total a 500°C e posterior solubilização com HCl 3 mol L⁻¹. O teor de P foi determinado utilizando o molibdato-vanadato de amônio de reação amarela por colorimetria em espectrofotômetro UV/VIS; K por fotometria de chama, e os demais elementos por absorção atômica (Martins & Reissmann, 2007).

Aos 84 dias após a semeadura das forrageiras de inverno do período OI-2012 determinou-se a composição botânica das forrageiras de inverno e também a colonização micorrízica das raízes de aveia e azevém. Para isso foram coletados, no sentido da linha de semeadura, dois monólitos indeformados de solo e planta por parcela, com as dimensões de 10 x 20 cm na superfície e 10 cm de profundidade. Os monólitos foram submersos individualmente em solução de NaPO_3 3,75 g L⁻¹, com o pH ajustado de 6,9 a 7,1 com Na_2CO_3 , por 12h (adaptado de EMBRAPA, 1997) para dispersar a argila. Foi utilizado o volume de 4 L da solução dispersante por monólito. Em seguida, os monólitos foram lavados em água corrente para tirar o excesso de solo das raízes. As plantas inteiras foram então separadas cuidadosamente em submersão, para evitar danos ao sistema radicular. As raízes foram então armazenadas em álcool 70% para posterior coloração e determinação da porcentagem de colonização micorrízica pela metodologia proposta por Giovanetti & Mosse (1979).

A MS de aveia e azevém foi determinada idem para produtividade. A composição botânica desse período foi estimada pela razão entre a MS de aveia e azevém, visto que na ocasião eram as espécies dominantes da vegetação, assim, admite-se que a razão entre a MS de ambas seja um indicativo de dinâmica da composição florística.

A composição botânica do campo nativo foi determinada no final do período PV-12/13 (maio de 2013), pelo método do botanal proposto por Tothill et al. (1992). A determinação foi realizada em duplicata, por dois examinadores. O método consistiu em uma identificação prévia em toda área experimental das espécies com algum potencial de dominância, em seguida foi feita uma estimativa visual da contribuição mássica das espécies dominantes, sendo as demais marcadas como frequentes. Utilizou-se um gabarito com as dimensões 0,5 x 0,5 m disposto aleatoriamente em dois pontos por parcela e considerou-se como espécies dominantes aquelas que representavam mais de 90% da massa de plantas no interior do gabarito. Para fins indicativos foi assumido que as espécies dominantes representavam exatamente 90% da matéria seca total e as espécies frequentes os 10% remanescente em igualdade. Para tal admitiu-se que as espécies frequentes disseminadas, ao contrário daquelas esporádicas, apareceriam nas duas duplicatas ou em mais de um bloco, sendo uma aproximação para as diferenças de contribuição entre as espécies frequentes. Assim, pode-se avaliar a composição botânica também através dos índices de Shanon-Wiener (H'), diversidade de Simpson e de equitabilidade de Pielou (J'). Os índices de diversidade foram calculados através do aplicativo *Past* v2.17c (Hammer et al., 2001).

Ainda, foram determinados os teores de P disponível obtidos pela extração com solução de Mehlich-1 no solo aos 06 e aos 36 meses após a implantação do experimento. A primeira avaliação (06 meses) foi previamente apresentada por Mazza (2010). Em ambas as avaliações utilizou-se um trado holandês à 20 cm de profundidade e foram retiradas 10 amostras que davam origem a uma amostra composta por parcela. As amostras foram secas em estufa com circulação de ar à 45 °C, em seguida foram analisadas para P-Mehlich segundo Marques & Motta (2003).

Para os dados obtidos foi aplicada a análise de variância (ANOVA) para observar se houve diferenças estatísticas entre as médias testadas. Nos casos em que o resultado da ANOVA for significativo, os dados foram analisados por regressão, utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2011). Para as variáveis obtidas em duplicata utilizou-se a média nas análises estatísticas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. PRODUTIVIDADE FORRAGEIRA

As produções médias das culturas se limitaram a valores muito baixos no tratamento testemunha (TABELA 1), próximos aos 4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ observados em pastagem nativas sul brasileiras sem uso de adubo (Durigon et al., 2002; Correa et al., 2006; Gatiboni et al., 2000). Ainda, a sazonalidade da produção foi confirmada, com maior produção no período da primavera/verão.

TABELA 1. Produtividade de MS em cada dose dentro dos períodos avaliados, bem como as equações de regressão da produtividade em função da dose de P aplicada para cada período. *** significativo à 1% de probabilidade, ** 5%. ²Mazza (2010).

Período ¹	Dose de P ₂ O ₅ aplicada (kg ha ⁻¹)					Regressões	R ²
	0	45	90	180	360	Equação	
Produtividade (Mg ha ⁻¹ MS)							
OI-2009 ²	0,02	1,83	2,42	2,86	2,83	y = 0,38 + 0,025x**** -0,00005x ²	0,91
PV-09/10 ²	1,03	6,40	8,96	11,68	8,68	y = 1,64 + 0,098x**** -0,00022x ²	0,98
OI-2010	0,39	1,22	2,65	2,56	3,57	y = 1,01 + 0,0079x****	0,79
PV-10/11	-	-	-	-	-	-	-
OI-2011	0,38	0,64	1,45	3,58	4,89	y = 0,37 + 0,013x****	0,95
PV-11/12	3,21	3,50	4,20	3,40	8,06	y = 2,76 + 0,013x**	0,79
OI-2012	0,59	0,55	2,44	2,89	5,67	y = 0,48 + 0,014x****	0,95
PV-12/13	3,41	5,53	7,60	11,13	10,94	y = 4,95 + 0,021x****	0,76

OI-2013	1,48	1,98	2,20	2,37	2,83	$y = 1,73 + 0,0033x^{****}$	0,88
Produtividade média (Mg ha ⁻¹ MS)							
OI	0,57	1,24	2,23	2,85	3,96	$y = 0,60 + 0,02x^{****} - 0,00002x^2$	0,99
PV	2,55	5,14	6,92	8,74	9,23	$y = 2,79 + 0,05x^{****} - 0,00009x^2$	0,99
Anual	3,12	6,39	9,15	11,59	13,18	$y = 3,40 + 0,07x^{****} - 0,00012x^2$	0,99

Aumento na produtividade foi observado em todos os períodos avaliados, com aumento linear ou quadrático. Os maiores acréscimos, em relação ao tratamento testemunha, foram obtidos no período outono/inverno, com o aumento em mais de dez vezes na produtividade, enquanto embora expressivo o aumento no período de primavera/verão chegou a apenas mais de três vezes. Tal fato fez com que a adubação fosfatada reduzisse a disparidade de produtividade entre períodos primavera e verão versus outono e inverno. Tal disparidade pode diminuir ainda mais, uma vez que as produtividades máximas observadas nos períodos outono/inverno avaliados ainda estão aquém do potencial de produção de mais de 8 e 10 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ MS por forrageiras cultivadas no período hibernal (Nakagawa et al., 2001; Frizzo et al., 2003).

Os valores de produtividade de MS por campo nativo obtidos com a aplicação de 360 kg ha⁻¹ P₂O₅ estão acerca do potencial produtivo de 8 a 13 Mg ha⁻¹ MS acumulada durante o período estival para gramíneas do gênero *Paspalum* (Batista & Godoy, 2000), confirmando a pobreza em P no solo, visto que as gramíneas do gênero *Paspalum* (gênero predominante na composição florística do campo nativo avaliado – FIGURA 7 –) são relativamente tolerantes a deficiência de P (Primavesi et al., 2008).

A produtividade média anual indicou valor de máxima produtividade com a aplicação de aproximadamente 300 kg ha⁻¹ de P₂O₅, superior aos 250 kg ha⁻¹ obtido no primeiro ano de cultivo. Tal fato sugere que um possível efeito de desbalanço nutricional em função de elevada dose diminua com tempo. Comprova-se ainda o elevado efeito residual do P já observado por outros autores (Caione et al., 2013).

Considerando-se a produtividade média anual obtida e o período de quatro anos de avaliação, no tratamento 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅ cada kg de P₂O₅ adicionado proporcionou um aumento de 146 kg ha⁻¹ MS de forragem. Esse parâmetro foi de 568 kg ha⁻¹ MS na dose de 45 kg ha⁻¹ P₂O₅.

3.2 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA MATÉRIA SECA DA PARTE AÉREA – FORRAGEIRAS DE INVERNO

3.2.1 Macronutrientes

Na ausência de adubação fosfatada foram verificadas concentrações inferiores à 1 g kg⁻¹ P na MS da parte aérea das forrageiras de inverno. Com o aumento da dose de adubo aplicada, essas aumentaram linearmente para valores equivalentes a 200 e 300% das concentrações verificadas no tratamento testemunha no primeiro e segundo ano de avaliação, respectivamente (FIGURA 2A). Variação semelhante também foi verificada por Prado et al. (2006) em aveia cultivada sob grande amplitude de disponibilidade de P – 0,5 ~ 3,5 g kg⁻¹ MS de P. Aumento de P na forrageira é de grande importância na nutrição animal, visto que a carência do mesmo é associada ao baixo desempenho e fertilidade dos animais criados a pasto (Tokarnia et al., 2000; Valle et al., 2003).

No entanto, os maiores valores observados no presente estudo ainda estão aquém da concentração de 2,7 g kg⁻¹ MS de P em aveia preta que esteve associada com a máxima produtividade de matéria pela cultura na pesquisa de Prado et al. (2006).

Os teores de K apresentaram comportamento similar ao do P (FIGURA 2B), indicando que o aumento da concentração de K na MS da parte aérea das plantas está associado com a taxa de crescimento, visto que para que haja elongação normal das células meristemáticas das plantas, máxima ativação enzimática, aumento de atividade e em alguns casos, maior afinidade com o substrato, o potássio é exigido em grande quantidade, pois é o ativador da ATPase localizada na plasmalema (Taiz & Zeigler, 2004), sendo esses processos vitais para promoção de altas taxas de crescimento pelas plantas.

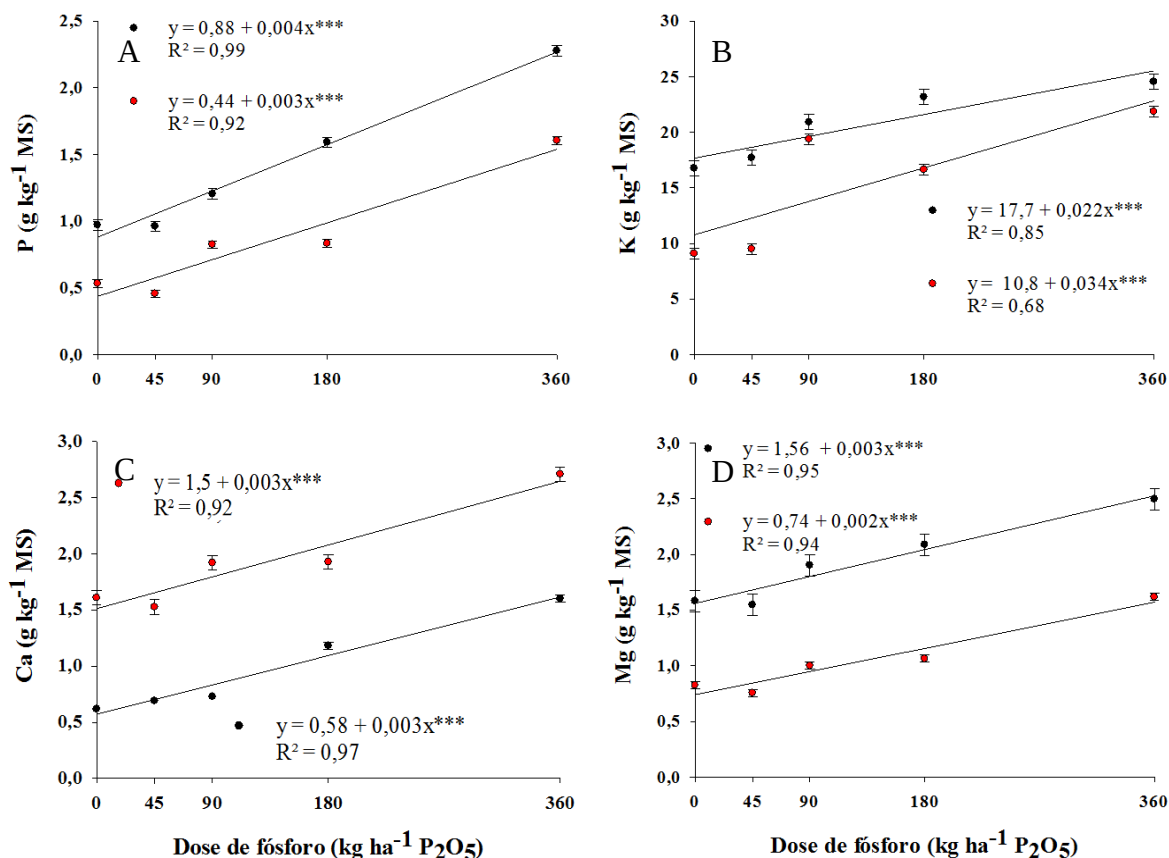


FIGURA 2. Concentração de P na matéria seca das forrageiras de inverno (A), K (B), Ca (C) e Mg (D) em função dos tratamentos. (•) Período OI-2011, (•) Período OI-2012. *** significativo à 1% de significância, ** 5%, * 10%.

O aumento da dose de adubo fosfatado também propiciou aumentos lineares nas concentrações de Ca e Mg na MS da parte aérea das forrageiras de inverno nos dois anos de avaliação (FIGURA 2C e 2D), apresentando comportamento semelhante ao do P e K (FIGURA 2A e 2B), indicando que esses aumentos estão também relacionados com a limitância ao desenvolvimento vegetal imposta pela deficiência de P.

Apesar dos aumentos observados os valores para Ca na MS da parte aérea das forrageiras de inverno observados na dose de 360 kg ha⁻¹ P₂O₅ – 1,6 e 2,7 g kg⁻¹ MS para os períodos OI-2011 e OI-2012 respectivamente – estão ainda abaixo dos 3,1 e 3,5 g kg⁻¹ MS de Ca em aveia preta observados por Prado et al. (2006) e Erthal et al. (2010), ainda, a aveia e o azevém apresentam em média 3,0 e 3,6 g kg⁻¹ MS de Ca respectivamente (Rodrigues et al., 2002).

Segundo o NRC (2000), vacas em lactação exigem que a forragem tenha em sua composição no mínimo 1,7; 7,0; 2,6 e 20,0 g kg⁻¹ MS de P, K, Ca e Mg respectivamente.

Nesse sentido, as forrageiras de inverno apresentaram valores satisfatórios para o P apenas na dose $360 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ e para o período OI-2011. Em ambos os períodos os teores de K foram satisfatórios para todos os tratamentos. Para o Ca, o valor de $2,6 \text{ g kg}^{-1}$ foi atingido apenas na última dose no período OI-2012. Os teores de Mg apresentaram as maiores diferenças entre as concentrações observadas e as exigências dos animais, ficando em níveis extremamente baixos para os animais.

3.2.2 Micronutrientes

Apesar dos teores de Cu verificados no tratamento testemunha (FIGURA 3A) no presente estudo ultrapassarem os $1,73 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ observados para aveia por Erthal et al. (2010) também estão consideravelmente abaixo dos $29 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ verificados por Araújo et al. (2010). Considera-se que o teor de suficiência para essa cultura esteja entre 5 e $25 \text{ mg kg}^{-1} \text{ MS}$ de Cu (CQFS – RS/SC, 2004).

A concentração de Cu é afetada positiva e linearmente pelo aumento da dose de fósforo aplicada, nos dois anos de avaliação (FIGURA 3A). Contudo, os acréscimos observados são pouco expressivos considerando os aspectos nutricionais das plantas, permanecendo abaixo da faixa de suficiência. O aumento nos teores de Cu está também possivelmente relacionado com o acréscimo da expressão do potencial de crescimento das plantas em função da aplicação de adubo fosfatado.

Os nutrientes Fe, Mn e Zn não apresentaram comportamento regular como os anteriores. Para o Fe foi verificado aumento apenas no segundo período avaliado, a concentração de Mn na MS da parte aérea das plantas diminuiu apenas no primeiro período e o Zn apresentou aumento para o primeiro e redução para o segundo período avaliado em função das doses de fósforo aplicadas (FIGURAS 3B, 3C e 3D).

Decréscimo de Mn na pastagem pode não ser fator negativo visto que a concentração se encontrava elevada, não afetando negativamente a nutrição das plantas. Contudo, o decréscimo na concentração de Zn causada pelo uso de P pode ser um problema, visto que atingiu um valor que pode ser considerado baixo na planta e pode ter afetado seu crescimento. Interação antagônica entre P x Zn é clássica e foi intensivamente estudada (Parker et al., 1992; Mai et al., 2008; Yang et al., 2011). Todavia, o efeito inverso obtido em um dos anos avaliado indica a necessidade de maior compreensão do efeito do clima na interação.

Considerando se tratar da mesma cultura (aveia + azevém), a diferença de comportamento entre os anos, observada para teor de Zn, possivelmente seja em razão de

diferenças climáticas entre os anos. Durante o período OI-2011 as chuvas foram constantes, para o período OI-2012 foram esparsas e amenas, sobretudo no final da referida estação de crescimento. A umidade do solo vem sendo estudada como fator de interferência nas taxas de difusão e biodisponibilidade de elementos metálicos para as plantas (McBeath et al., 2012; Novo & Gonzalez 2013).

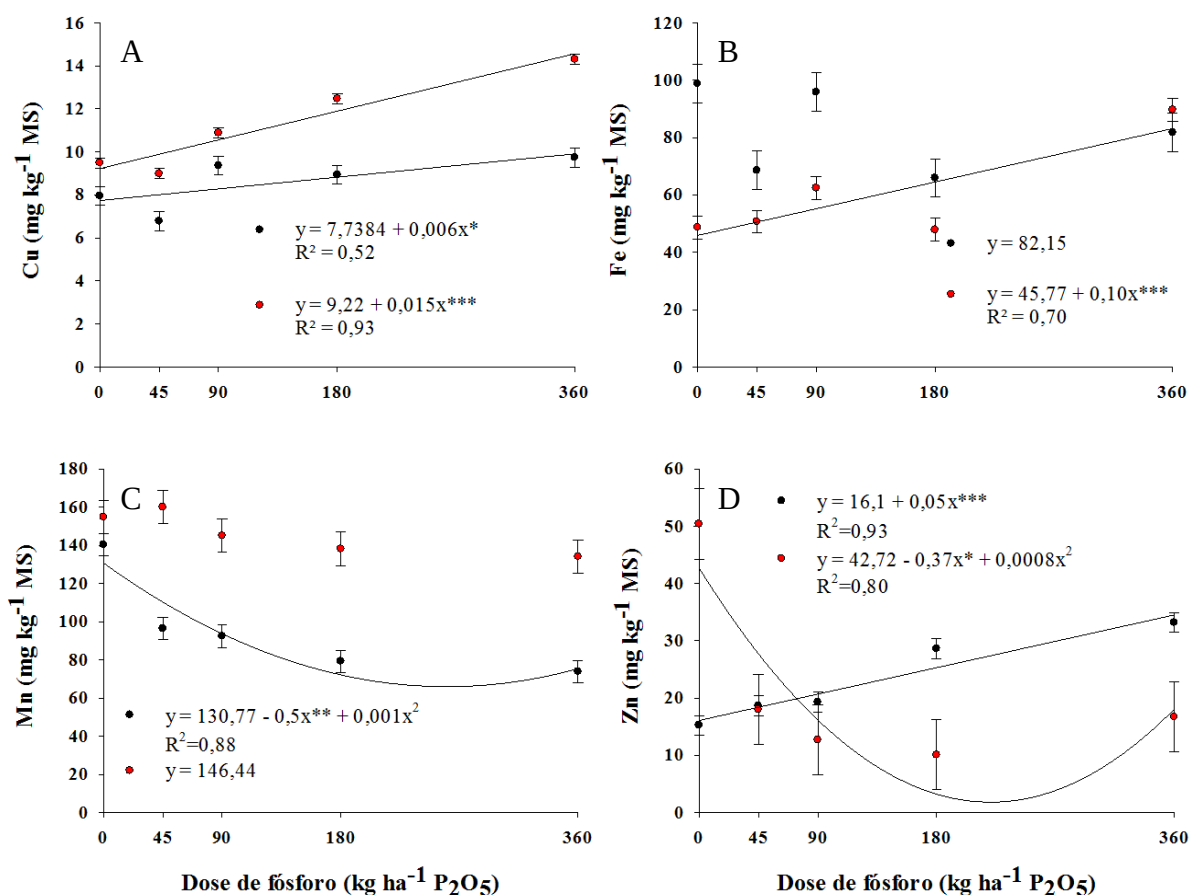


FIGURA 3. Concentração de Cu na matéria seca das forrageiras de inverno (A), Fe (B), Mn (C) e Zn (D) em função dos tratamentos. (●) Período OI-2011, (●) Período OI-2012. *** significativo à 1% de significância, ** 5%, * 10%.

Vacas em lactação possuem exigência mínima de 10, 50, 40 e 30 mg kg⁻¹ de Cu, Fe, Mn e Zn na MS da forragem (NRC, 2000), assim, para as forrageiras de inverno, os teores de Fe e Mn se apresentaram adequados em todos os tratamentos nos dois anos avaliados. Já o valor tido como ideal para o Cu foi atingido apenas nas doses 90, 180 e 360 kg ha⁻¹ P₂O₅ do período OI-2012. Devido a interação inconstante entre os anos observada para PxZn, as

plantas apresentaram teores de Zn adequados nos tratamentos 360 e 0 kg ha⁻¹ P₂O₅ nos períodos OI-2011 e OI-2012 respectivamente.

3.3 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA MS DA PARTE AÉREA – CAMPO NATIVO

3.3.1 Macronutrientes

Embora as concentrações de P na MS da parte aérea do campo nativo tenham sofrido aumentos de 54 e 61% com a aplicação de 360 kg ha⁻¹ P₂O₅, variaram entre 0,40 e 0,67 g kg⁻¹ MS e entre 0,6 e 1,0 g kg⁻¹ MS nos períodos PV-12/13 e OI-2013 respectivamente (FIGURA 4A), valores que são muito baixos se comparados com gramíneas cultivadas como o capim marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. A. Rich.) Stapf cv. Marandu) e capim coastcross (*Cynodon dactylon* cv. Coastcross) que podem apresentar teores na ordem de 3,0 g kg⁻¹ MS de P (Primavesi et al., 2004; Primavesi et al., 2006). Todavia, campos de elevada altitude da serra situados ao norte do estado do RS apresentam concentrações de P na MS da parte aérea entre 0,6 e 0,9 g kg⁻¹ em média ao longo do ano (Wunsch et al., 2006) e pastagens naturais também do RS registraram teores de 1,1 e 1,0 g kg⁻¹ em média durante os períodos primavera/verão e outono/inverno respectivamente (Senger et al., 1996). Comparativamente à pastagem de inverno, a pastagem nativa apresentou menor resposta a adubação fosfatada.

Os teores de K na MS da forragem se correlacionaram com a dose de P aplicada apenas no período PV-12/13, onde foram verificados os menores valores – 4,0 ~ 5,8 g kg⁻¹ MS de K. Já para o período OI-2013 foram verificados teores análogos que variaram entre 16,8 e 20,6 g kg⁻¹ MS de K (FIGURA 4B). A grande variação nos teores entre os anos de cultivo sugere que outros fatores além do clima tem maior influência que o suprimento de P. As concentrações de K na MS observadas no presente estudo são semelhantes aos verificados anteriormente para pastagens naturais do RS, de 6,3 a 15,3 g kg⁻¹ MS (Lajús et al., 1996; Senger et al., 1996).

As variações observadas para K na planta foram pequenas, indicando pouca influencia no metabolismo do mesmo. O ajuste quadrático para o teor de K em função da dose de P possivelmente é resultante da interação entre fatores como aumento da absorção de K promovido pelo aumento do crescimento das plantas e efeito de diluição. Ainda, deve-se considerar que a flutuação na disponibilidade de P para as plantas, por via de regra, afeta a relação parte aérea/raíz (Moura et al., 1999; Rodrigues et al., 2004; Mazza et al., 2012), que está relacionada com o balanço entre superfície radicular difusiva e dreno de K (parte aérea).

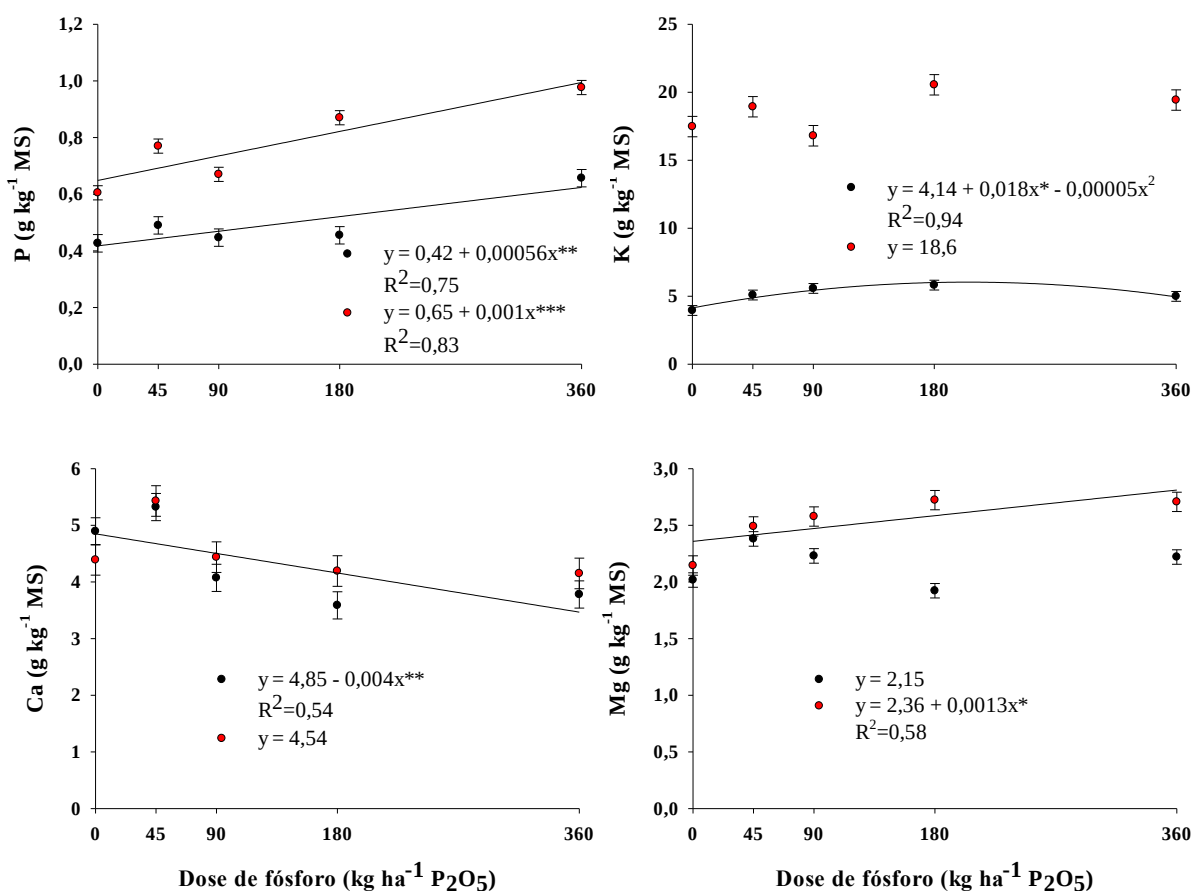


FIGURA 4. Concentração de P na matéria seca do campo nativo (A), K (B), Ca (C) e Mg (D) em função dos tratamentos. (●) Período PV-12/13, (●) Período OI-2013. *** significativo à 1% de significância, ** 5%, * 10%.

O campo nativo apresentou teores oscilando entre 3,6 e 5,8 g kg⁻¹ MS de Ca nos dois períodos avaliados, todavia, com valores ligeiramente superiores para o crescimento primavera/verão (PV-12/13), onde houve discreta redução na concentração de Ca na MS da forragem com o aumento da dose de P. Os valores aqui observados são semelhantes aos 4,1 e

5,9 g kg⁻¹ MS de Ca verificados previamente em pastagens naturais rio-grandenses por Wunsch et al. (2006) e Senger et al. (1996), respectivamente.

Para a concentração de Mg na MS da forragem foram observados teores entre 1,9 e 2,7 g kg⁻¹ MS nos dois períodos avaliados, no entanto, houve correlação entre esse atributo e a dose de P aplicada apenas no período OI-2013, onde foram observados valores ligeiramente superiores (FIGURA 4D). Os teores de Mg na MS da parte aérea das plantas observados no presente estudo são superiores aos verificados em campos nativos sem melhorias – 1,0 ~ 1,2 g kg⁻¹ MS em média ao longo do ano (Senger et al., 1996; Wunsch et al., 2006), todavia, em campo de altitude melhorado com adubação, calagem e inserção de espécies foram registrados valores entre 2,3 e 4,0 g kg⁻¹ MS ao longo do ano (Heringer & Jacques, 2002).

De modo geral, os efeitos da adubação fosfatada sobre a concentração de macronutrientes na MS da parte aérea das plantas foram menos frequentes e menos intensos na pastagem nativa quando comparada à pastagem plantada de inverno.

Para os períodos em que o campo nativo foi avaliado, os teores de P e Mg se mostraram inadequados para a alimentação animal - vacas em lactação segundo NRC (2000) - em todos os tratamentos. Os teores de K observados no período PV-12/13 são considerados insatisfatórios para alimentação animal, enquanto no período de inverno (OI-2013) os valores observados são adequados em todos os tratamentos, o que demonstra a tendência de maior riqueza em minerais na forragem nativa no período de inverno. Os teores de Ca se apresentaram adequados nos dois períodos em todos os tratamentos.

3.3.2 Micronutrientes

Para o Cu foi observado redução direta de 3,3 para 1,4 mg kg⁻¹ MS com a aplicação de adubo fosfatado no período PV-12/13, no entanto, na estação de crescimento subsequente – OI-2013 – foi constatado relação quadrática entre teor de Cu na MS da parte aérea e dose de P aplicada, iniciando com o valor de 3,4 mg kg⁻¹ MS no tratamento testemunha, alcançando um máximo teórico de 5,51 mg kg⁻¹ MS na dose de 189 kg ha⁻¹ P₂O₅ e decaindo para 4,1 mg kg⁻¹ MS na dose de 360 kg ha⁻¹ P₂O₅ (FIGURA 5A).

Os valores de concentração de Cu na MS da forragem observados no presente estudo divergem de teores verificados em pastagens naturais de diferentes unidade de mapeamento do estado do RS – 6 ~ 15 mg kg⁻¹ MS em média ao longo do ano – (Senger et al., 1997) e também dos teores verificados em campo nativo oriundo da mesma região do presente estudo (região metropolitana de Curitiba) – 6,0 ~ 7,1 mg kg⁻¹ MS – (Giostri et al., 2009).

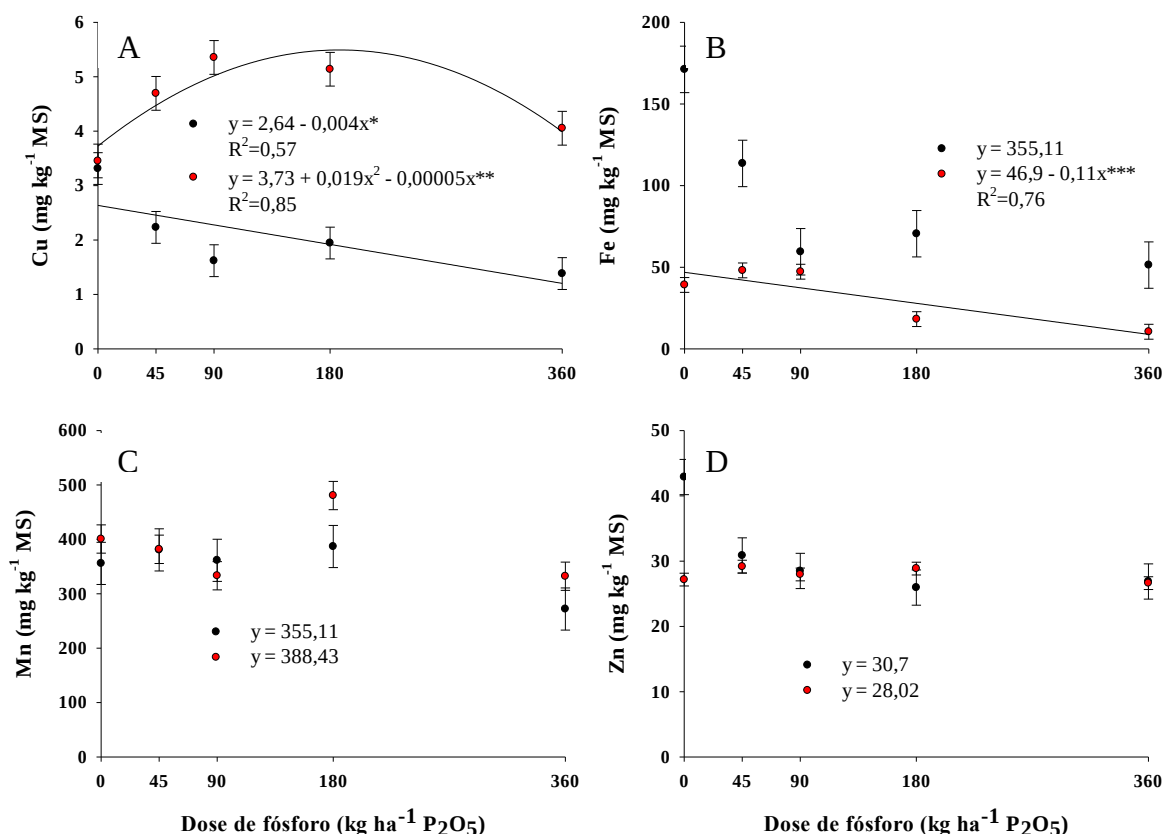


FIGURA 5. Concentração de Cu na matéria seca do campo nativo (A), Fe (B), Mn (C) e Zn (D) em função dos tratamentos. (●) Período PV-12/13, (●) Período OI-2013. *** significativo à 1% de significância, ** 5%, * 10%.

Para o período PV-12/13 houve efeito apenas da presença de P em comparação com o tratamento testemunha para a concentração de Zn na MS da forragem. Na ausência de adubação fosfatada as plantas apresentaram 42,88 mg kg⁻¹ MS enquanto os tratamentos que receberam adubo fosfatado, independente da dose, apresentaram valores estatisticamente análogos oscilando entre 26,87 e 30,86 mg kg⁻¹ MS de Zn. No período OI-2013 não houve efeito da dose de P sobre o teor de Zn na forragem, nesse período os valores absolutos para a concentração de Zn na MS variaram entre 26,63 e 29,16 mg kg⁻¹ MS (FIGURA 5D).

Os teores de Zn verificados excedem os observados em pastagens naturais de campos de cima da serra situados no norte do RS – entre 15,4 e 26,2 mg kg⁻¹ MS ao longo do ano – e os verificados em pastagens naturais do Rio Grande do Sul de diferentes unidades de mapeamento – entre 16 e 22 mg kg⁻¹ MS em média ao longo do ano – (Senger et al., 1997; Wursch et al., 2005). Superam também os valores observados para campo nativo da mesma região do presente estudo – entre 11,94 e 18,14 mg kg⁻¹ MS – (Giostri et al., 2009).

No levantamento realizado por Wursch et al. (2005 e 2006), que verificaram a composição química de campos de cima da serra norte rio-grandenses, os nutrientes Cu e Zn apresentaram as maiores variações entre os locais dentre todos os nutrientes avaliados, fato que é validado por apresentaram as maiores relações entre o maior e o menor valor observado – 78 para o Cu e 14 para o Zn –, fenômeno que justifica as divergências entre os valores aqui observados e os utilizados para comparação. Ainda é interessante salientar que esses valores foram verificados em pastagens naturais, sem melhorias, enquanto as do presente estudo receberam calagem, adubação (N e K) e cultivo de forrageiras de crescimento hibernal.

Houve redução linear da concentração de Fe na MS da forragem em função da aplicação do adubo fosfatado (FIGURA 5B). No período PV-12/13 foi verificada a concentração de 171,2 mg kg⁻¹ MS no tratamento testemunha e de 51,3 mg kg⁻¹ MS com a aplicação de 360 kg ha⁻¹ P₂O₅. Para o período OI-2013 a concentração de Fe na MS das plantas passou de 39,2 para 10,5 mg kg⁻¹ MS com a aplicação dos tratamentos (FIGURA 5B).

Os valores observados para concentração de Fe na MS da forragem no tratamento testemunha, apesar da melhoria pela calagem, adubação (N e K) e inserção de espécies, estão correlatos aos conferidos em pastagem nativa não melhorada oriunda da região do presente estudo – 72 mg kg⁻¹ MS no inverno e 122 mg kg⁻¹ MS no final do verão – (Giostri et al., 2009).

A disponibilidade de P não foi um fator de influência para a concentração de Mn na MS das plantas em ambas as avaliações. A ausência de diferença entre os tratamentos para o teor de Mn na MS da parte aérea em ambos os períodos possivelmente esteja relacionada com a magnitude de seus valores frente aos observados para o P (FIGURA 4A e 5C). Embora seja um micronutriente, as concentrações de Mn foram sempre superiores à 50% das verificadas para o P.

No período PV-12/13 foram observados valores entre 272 e 387 mg kg⁻¹ MS, ligeiramente inferiores aos que foram verificados para a estação de crescimento subsequente (OI-2013), entre 332 e 481 mg kg⁻¹ MS de Mn (FIGURA 5C). Os teores médios de Mn

observado nos períodos PV-12/13 e OI-2013 (355 e 388 mg kg⁻¹ MS) transcendem os 122 e 81 mg kg⁻¹ MS de Mn observado em campo nativo não melhorado da mesma região do presente estudo, no final do verão e inverno respectivamente (Giostri et al., 2009). Todavia, no levantamento realizado por Wunsch et al. (2005) os campos de cima da serra norte rio grandenses apresentaram em média entre 398,6 e 578,8 mg kg⁻¹ MS ao longo do ano, com os maiores teores observados no final do inverno.

De um modo geral, as interações entre a disponibilidade de P e a concentração dos micronutrientes Cu, Fe e Zn na MS da forragem não se manifestaram de forma linear entre as doses e constante entre as avaliações. Esse comportamento irregular possivelmente esta relacionado com a coexistência de uma gama de fatores determinantes, ex.: Interação entre crescimento e absorção de nutrientes; formação de complexos fósforo-metálicos no simplasto radicular; efeito de diluição, composição botânica e variação na relação entre superfície difusiva radicular e MS de parte aérea com a aplicação dos tratamentos.

Os teores de Cu na MS da forragem do campo nativo estão abaixo das exigências observadas para vacas em lactação (NRC, 2000) em todos os tratamentos e em ambos os períodos. Para o Fe o período PV-12/13 apresentou valores adequados, enquanto no período OI-2013 os teores são insatisfatórios. Para o Mn os valores observados são suficientes em todos os tratamentos. Os teores de Zn ficaram a cerca do mínimo exigido para vacas em lactação (30 mg kg⁻¹ MS) em ambos os períodos.

3.4 COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA DAS PASTAGENS

3.4.1 Forrageiras de inverno

Foi verificada relação inversa entre a razão aveia/azevém em MS e a dose de P aplicada, indicando tendência de aumento da contribuição do azevém com o aumento da disponibilidade de P no solo. No entanto, a maior contribuição do azevém na MS total não passa de 1/9 e 1/8 nas doses de 180 e 360 kg ha⁻¹ P₂O₅ respectivamente (FIGURA 6).

Embora a contribuição do azevém na MS tenha oscilado apenas entre 4 e 12%, esse aumento é um importante indicativo do potencial da adubação fosfatada em promover o aumento de azevém na forragem. O fato de o azevém ser tardio em relação à aveia faz com que sua emergência ocorra no extrato inferior, sendo assim, quanto maior a dose de adubo fosfatado, maior o desenvolvimento da aveia na ocasião da emergência do azevém, e maior também a competição por luz.

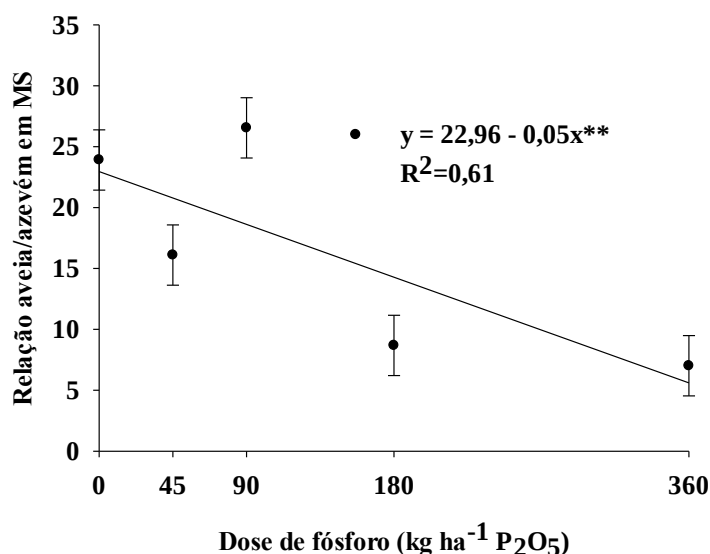


FIGURA 6. Relação aveia/azevém em MS em função da dose de fósforo aplicada, período OI-2012, 84 dias após a semeadura. *** significativo à 1% de significância, ** 5%, * 10%.

3.4.2. Campo nativo

Inicialmente foram identificadas 42 espécies pertencentes à 11 famílias botânicas se desenvolvendo espontaneamente durante o período PV-12/13 na área experimental: Poaceae (19 espécies), Asteraceae (9 espécies), Fabaceae (3 espécies), Convolvulaceae, Solanaceae, Cyperaceae (2 espécies cada), Apiaceae, Verbenaceae, Oxalidaceae, Plantaginaceae, Rubiaceae (1 espécie cada). O número de espécies encontrado é condizente com valores obtidos em áreas não pastejadas (Nabinger et al., 2007). Dessas, 25 foram encontradas na ocasião da determinação da composição florística, sendo as espécies *Paspalum notatum*, *P. urvillei*, *P. paniculatum* e *P. plicatulum* consideradas dominantes em todos os tratamentos (FIGURA 7).

A espécie *P. notatum* pode ser encontrada como espécie dominante em campo naturalizado sobre Neossolo Quartzarênico (Turnes et al., 2004), campos grossos sobre Neossolo oriundo de basalto (Pinto et al., 2013), campos nativos sobre Argissolos Vermelhos na depressão central do RS (Bandinelli et al., 2005; Brum et al., 2007) e em campo nativo uruguaio também sobre Argissolo Vermelho (Gomar et al., 2004), indicando plena adaptabilidade à diferentes fatores limitantes ao crescimento das plantas, relativa agressividade, e alta versatilidade e competitividade por recursos (água, luz e nutrientes).

Observou-se uma grande quantidade de espécies indicadoras de solos de baixa fertilidade e degradados: a grama mato grosso (*Paspalum notatum*) é encontrada em “terras cansadas” indicando solo de baixa fertilidade (Primavesi, 1992); o trevo azedo (*Oxalis oxypetala*) é usado como bioindicador de baixo pH e deficiência de Ca; o cabelo de porco (*Carex sp.*) indica solo compactado com disponibilidade de Ca extremamente baixa (Primavesi, 1992; Pedini, 2000); e os capins rabo-de-burro (*Andropogon sp.*) são típicos de terras abandonadas, com solo ácido e pouco Ca (Ricci & Neves, 2006).

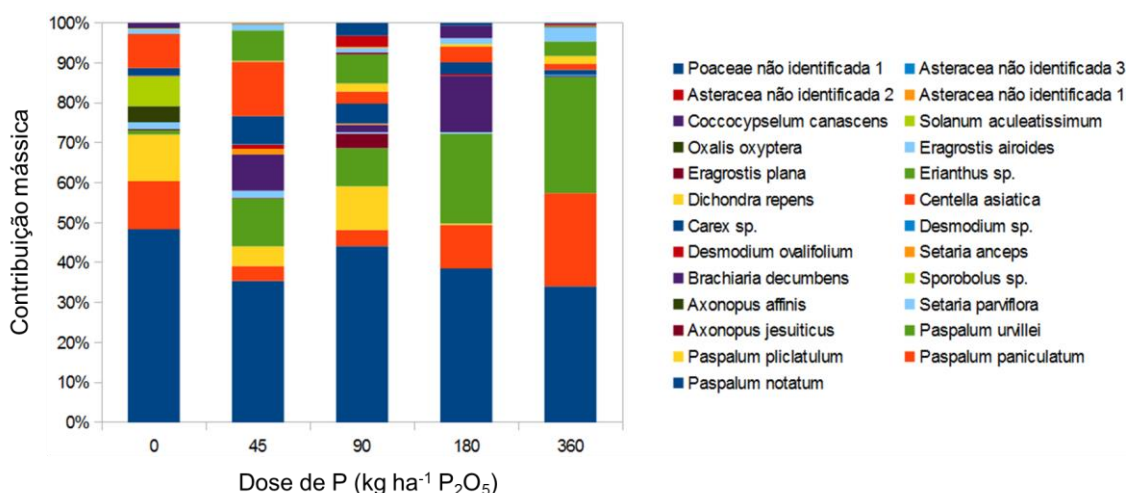


FIGURA 7. Contribuição mássica estimada das espécies na MS total dentro de cada dose de P. Final do período PV-12/13, campo nativo.

A adubação fosfatada alterou os índices de diversidade avaliados, reduzindo linearmente o número de espécies presentes por unidade amostral. Já os índices de Shanon-Wiener (H'), o Índice de diversidade de Simpson e o índice de equitabilidade de Pielou (J') apresentaram comportamento semelhante entre si, sofrendo aumento em relação à testemunha com a aplicação de $45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, que apresenta valores estatisticamente idênticos aos verificados na dose de $90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$, e em seguida redução até a última dose avaliada (FIGURA 8). Os resultados indicam que o fornecimento de P não interage de forma linear e uni direcional com os índices de diversidade em pastagens naturais, sendo que o sentido e o grau do efeito vão depender da disponibilidade prévia de P no solo.

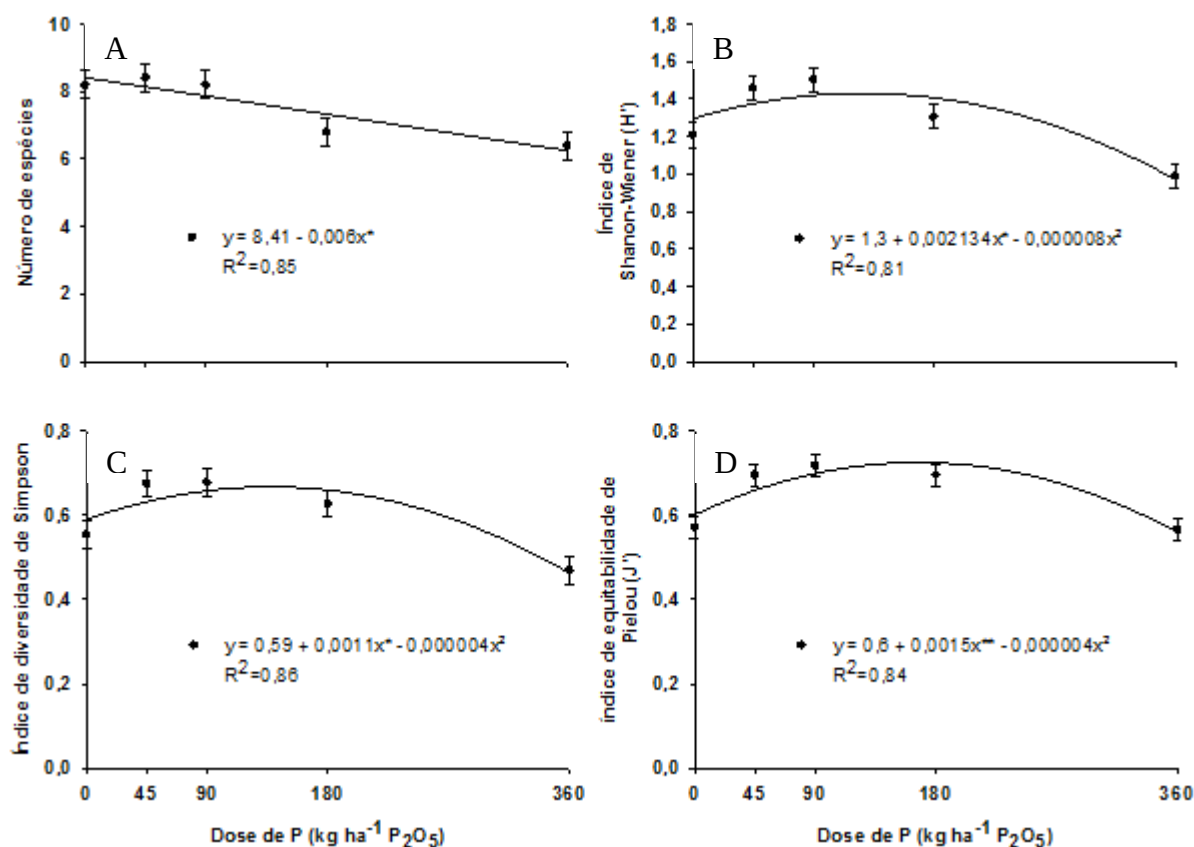


FIGURA 8. Índices de diversidade da pastagem nativa. (A) Número de espécies; (B) Índice de Shanon-Wiener (H'); (C) Índice de diversidade de Simpson; (D) Índice de equitabilidade de Pielou (J'). Final do período PV-12/13, campo nativo. *** significativo à 1% de significância, ** 5%, * 10%.

3.5 COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA

Os valores de colonização micorrízica de aveia e azevém estão amplamente relacionados com a dose de P aplicada (FIGURA 9) e, segundo as equações de regressão, reduziram de 0,11 e 0,07%, respectivamente, para cada kg de P₂O₅ aplicado por hectare. Observou-se ainda que as reduções totais observadas na maior dose aplicada (360 kg ha⁻¹ P₂O₅) foram de 46 e 65% para aveia e azevém, respectivamente. A redução da colonização micorrízica em raízes em razão do aumento da disponibilidade de P já é consolidada na literatura, pois a baixa fertilidade favorece o desenvolvimento pleno enquanto que a alta fertilidade – majoritariamente a disponibilidade de P – restringe a colonização radicular, pois

nesses casos a colonização micorrízica se torna um gasto de C desnecessário (Trajano et al., 2001; Kiriacheck et al., 2009).

O que chama atenção é que no presente estudo a porcentagem de colonização micorrízica observada no tratamento testemunha para aveia foi de 95%, e para as plantas que cresceram sob o residual da dose de $360 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ esse atributo foi na ordem de 50% (FIGURA 9); Gomide et al. (2009) trabalhando com aveia em substrato de crescimento com $\text{P}_{\text{mehlich}} = 1,2 \text{ mg dm}^{-3}$ inoculado com oito isolados obteve 70% de colonização aos 90 dias após o plantio; Castillo et al. (2012) trabalhando com duas variedades de *Avena sativa* em dois Andosolos pobres em P observaram valores de colonização entre 10 e 20% aos 45 dias após o plantio.

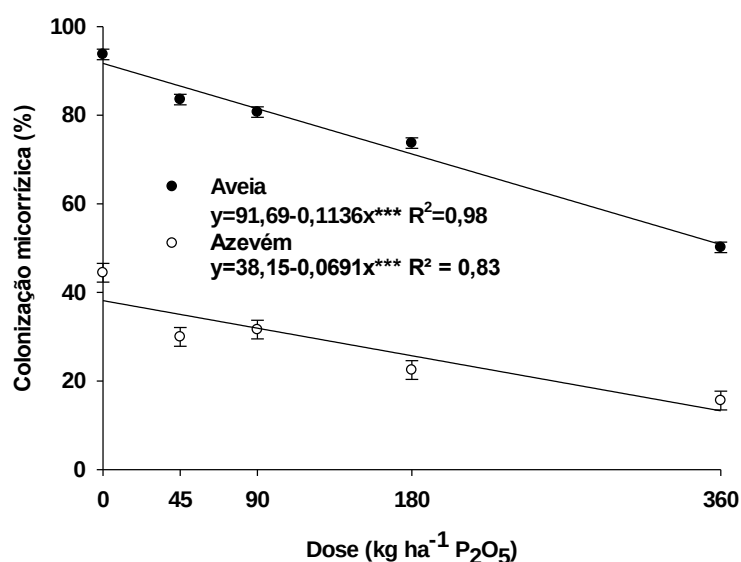


FIGURA 9. Colonização micorrízica de raízes de aveia e azevém consorciados e submetidos ao efeito residual de doses crescentes de adubação fosfatada, dez semanas após semeadura.

*** significativo à 1% de significância, ** 5%, * 10%.

Menor porcentagem de colonização micorrízica foi observada para azevém, com 44% no tratamento testemunha e 16% na maior dose utilizada (FIGURA 9), concordando com os valores obtidos por Druille et al., (2013) que verificaram 50% de colonização micorrízica em raízes de azevém 66 dias após semeadura. Omacini et al., (2006) observaram valores entre 5 e 45% aos 56 dias após a emergência.

É sabido que a taxa de colonização micorrízica em raízes de cereais depende dos fungos presentes no solo e do potencial de inoculação dos propágulos, de características

específicas da planta (susceptibilidade vegetal, idade), e de características edáficas bióticas e abióticas (Castillo et al., 2012). Os valores de colonização micorrízica observados indicam alto potencial de inóculo por propágulos micorrízicos nativos do sistema estudado (área de campo nativo com forrageiras de inverno cultivadas no período frio).

3.6 TEOR DE P-MEHLICH NO SOLO

Como era esperado, relação direta entre dose de P e extração de P por Mehlich foi constatado em ambos os períodos avaliados. Contudo, incrementos lineares decresceram em mais de 5 vezes, indicando diminuição da recuperação e disponibilidade de P (FIGURA 10). Este resultado corrobora com os obtidos por Freitas et al. (2013), que constataram diminuição da extração em função do tempo de contato.

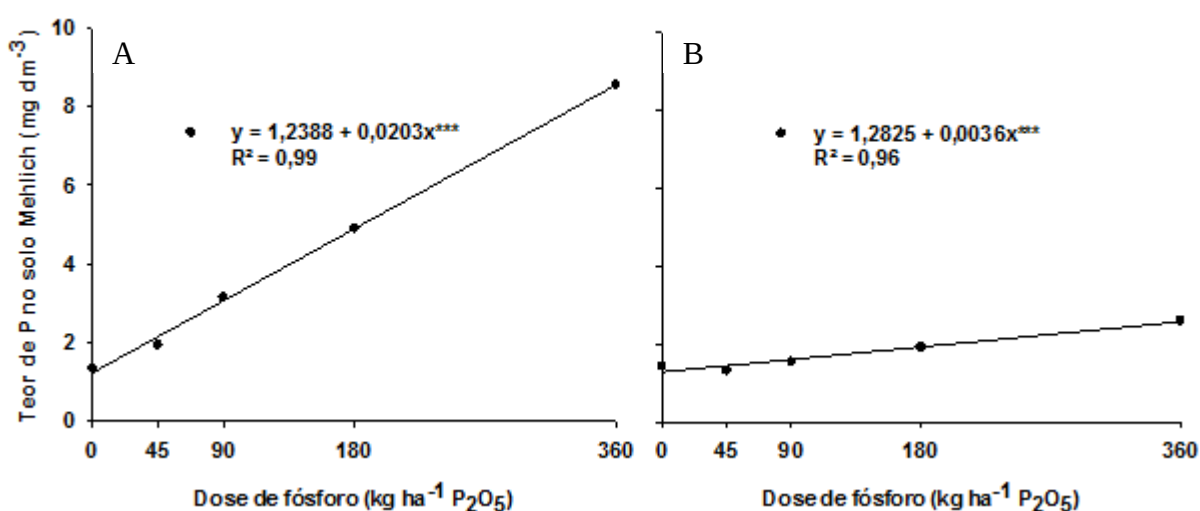


FIGURA 10. (A) Teor de P Mehlich-1 no solo aos 06 (Mazza 2010) e aos 36 meses após aplicação dos tratamentos (B). *** significativo à 1% de significância, ** 5%, * 10%.

Após a adsorção do P aplicado, que geralmente ocorre em até algumas horas, inicia-se a passagem de P das formas disponíveis para formas pouco disponíveis. Tal fato está relacionado ao aumento da força de adsorção específica (é possível que uma ligação monodentada torne-se bidentada com o tempo) ou pela difusão de fosfatos para o interior de minerais e agregados, ou ainda, formas de P podem formar complexos de esfera interna com matéria orgânica humificada (Novais et al., 2007).

Em solos ácidos, desconsiderando o efeito de planta, foi verificado redução da recuperação do P aplicado via extração (Mehlich-1) ao longo do tempo (Freitas et al., 2013), principalmente para solos argilosos.

Conquanto ainda é necessário relevar os efeitos que o brusco aumento de biomassa (TABELA 1) com maiores concentrações de P na MS em função da aplicação dos tratamentos (FIGURAS 2A e 5A) poderia exercer na dinâmica do C e do P no solo. Considerando as alterações supracitadas, é possível que a redução da fração do P não detectado pelo extrator esteja também relacionada com o redirecionamento de P ao material orgânico humificado, seja estruturalmente via ciclagem orgânica ou formando complexos de esfera interna.

No solo há colinearidade entre adição de P no sistema e acúmulo de formas orgânicas de P recalcitrantes. Gatiboni et al. (2007) estudando um Latossolo sob efeito residual de doses crescentes de adubação fosfatada ($0 - 720 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$) verificaram que a fração de P-orgânico detectado pelo último extrator de Hedley (extração sequencial) teve relação linear com a dose de adubo que havia sido aplicado ao solo, e que essa correlação se manteve após 15 cultivos sucessivos sem reposição do P absorvido pelas plantas.

O grande decréscimo na recuperação de P pelo extrator contrasta com a manutenção da produtividade, sugerindo baixa sensibilidade do extrator na avaliação do efeito residual. Na primeira avaliação, a disponibilidade passou de níveis baixos para valores satisfatórios com a aplicação dos tratamentos em todos os períodos avaliados (FIGURA 10A). Não obstante, na segunda avaliação (36 meses após a aplicação dos tratamentos) o nível de P no solo foi considerado “muito baixo” em todos os tratamentos (CQFS – RS/SC, 2004). Tal fato faz com que os teores de P Mehlich subestimem a disponibilidade efetiva de P em solo sob efeito residual da adubação, visto que o “tempo de contato” (tempo após aplicação) não é um fator a ser considerado na interpretação do nível de P no solo.

4. CONCLUSÕES

- A adubação fosfatada é providencial para aquisição de produtividades satisfatórias para as espécies forrageiras.
- A adubação fosfatada melhora a composição mineral da forragem.
- A disponibilidade de P é um fator de influência na composição florística das pastagens.

- O solo sob campo nativo sobressemeado com aveia e azevém apresenta alto potencial de inóculo micorrízico e o aumento da dose de P reduz de forma linear os valores de colonização micorrízica das forrageiras de inverno.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação fosfatada é de vital importância para manutenção da produtividade forrageira, indicando grande carência de P no solo estudado, em contrapartida, uma alta capacidade de manter a disponibilidade efetiva do nutriente em níveis adequados ao pleno desenvolvimento vegetal, resultando em alto retorno produtivo da adubação fosfatada de imediato e em longo prazo. Em solo pobre, nunca anteriormente adubado com P, a manutenção de imediato de produtividades forrageiras satisfatórias é dependente da aplicação de grande quantidade de adubo fosfatado em relação ao recomendado usualmente. As forrageiras cultivadas no período hibernar se mostraram mais sensíveis à aplicação do insumo, aumentando a disponibilidade de forragem no período outono/inverno e diminuindo a disparidade de oferta de pasto que existe entre os períodos outono/inverno versus primavera/verão.

A nutrição mineral das plantas sofre os efeitos da oscilação da disponibilidade de P, que altera a concentração de nutrientes na MS da forragem. No entanto, a possibilidade de existência e o sentido das interações entre as concentrações desses nutrientes e a disponibilidade de P pode depender da espécie avaliada bem como de condições ambientais. No geral a adubação fosfatada promove melhoria mais efetiva na qualidade da forragem das espécies cultivadas no período hibernar através do aumento dos teores de P, K, Ca, Mg e Cu na MS da forragem, já para as pastagens espontâneas há apenas melhoria substancial na concentração de P na MS, mesmo assim, ainda em magnitude inferior aos valores observados para as forrageiras de inverno. Ainda, as pastagens cultivadas no inverno apresentam teores de P e Cu consideravelmente superiores aos observados para o campo nativo.

Na condição de extrema deficiência de P do presente estudo a adubação fosfatada também afeta a composição florística das pastagens, aumentando a contribuição do azevém na forragem para as espécies hibernais e a participação de espécies menos tolerantes a carência de P no campo nativo. Ainda, para o campo nativo a adubação fosfatada também reduz o número de espécies e altera os índices de diversidade avaliados, todavia, o sentido da alteração é dependente da disponibilidade de P prévia.

As raízes das forrageiras de inverno cultivadas em sucessão com o campo nativo apresentam alta taxa de colonização micorrízica advinda de esporos nativos, especialmente a aveia. Os valores observados demonstram alto potencial de inóculo por propágulos micorrízicos nativos do solo sob campo nativo em sucessão com forrageiras de inverno. Apesar das reduções lineares observadas para a colonização, mesmo com a aplicação de $360 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ as raízes ainda apresentavam frequência relativamente alta de infecção, especialmente a aveia.

A extração ácida mehlich-1 é eficiente em verificar diferenças no teor de P no solo entre os tratamentos mesmo após três anos da aplicação do adubo, todavia, esse extrator pode subestimar a disponibilidade de P em solo sob efeito residual da adubação.

6. LITERATURA CITADA

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2011. Disponível em http://www.abiec.com.br/3_pecuaria.asp#/ Acesso em 25 de maio de 2012.

ARAÚJO, I. S.; DORTZBACH, D.; PANDOLFO, C.; VEIGA, M. Avaliação dos teores de nutrientes e massa seca de aveia preta avaliação dos teores de nutrientes e massa seca de aveia preta em função da aplicação do dejetos líquido de suínos. XXII Congresso Argentino de la Ciencia del suelo – Rosário – 31 de maio a 4 de junho de 2010.

BANDINELLI, D. G.; GATIBONI, L. C.; TRINDADE, J. P. P.; DE QUADROS, F. L. F.; FLORES, J. K. J. P. C.; SAGGIN, G. B. A. Composição florística de pastagem natural afetada por fontes de fósforo, calagem e introdução de espécies forrageiras de estação fria. *Ciência Rural*, 35(1):84-91, 2005.

BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. Caracterização preliminar e seleção de germoplasma do gênero *Paspalum* para produção de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(1):23-32, 2000.

BEHLING, H.; JESKE-PIERUSCHKA, V.; SCHÜLER, L.; PILLAR, V.P. Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A (Editores). *Campos Sulinos – Conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília: MMA, 2009. p. 13-25.

BENCKE, G.A. Diversidade e conservação da fauna dos Campos do Sul do Brasil. In: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A (Editores). Campos Sulinos – Conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília: MMA, 2009. p. 101-121.

BRUM, M. da S.; QUADROS, F. L. F. de M. D. S. B. F.; MARTINS, J. D.; BANDINELLI, D. G.; ROSSI, G.E.; DANIEL, E.; MAIXNER, A. R.; SILVA, A. C. F. da. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a diferentes sistemas de manejo. *Ciência Rural*, 37(3):855-861, 2007.

CAIONE, G; FERNANDES, F., M.; LANGE, A. Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo, nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, 8:189-196, 2013.

CAMPOS, A. M.; LEÃO, K.. M.; CABRAL, J. F.; CARVALHO, T. S.; BRASIL, R. B.; GARCIA, J. C. Índices zootécnicos da fase de cria de uma propriedade de gado de corte tecnificada. *Revista trópica: Ciências Agrárias e Biológicas*, 7(1):82-88, 2013.

CARVALHO, P. D. F.; FISCHER, V.; SANTOS, D. T.; RIBEIRO, A. M. L.; QUADROS, F. L. F., CASTILHOS, Z. M. S.; POLI, C. H. E. C.; MONTEIRO, A. L. G.; NABINGER, C.; GENRO, T.C.M.; JACQUES, A. V. A. Produção animal no bioma campos sulinos. *Brazilian Journal of Animal Science*, 35:156-202, 2006.

CAMACHO, R.; MALAVOLTA, E.; GUERRERO-ALVES, J.; CAMACHO, T. Vegetative growth of grain sorghum in response to phosphorus nutrition. *Scientia Agrícola*, 59:771-776, 2002.

CASTILLO, C. G.; PUCCIO, F.; MORALES, D.; BORIE, F.; SIEVERDING, E. Early arbuscular mycorrhiza colonization of wheat, barley and oats in Andosols of southern Chile. *Journal of soil science and plant nutrition*, 12(3):511-524, 2012.

CECATO, U.; YANAKA, F. Y.; FILHO, M. R. T. de B.; SANTOS, G. T.; CANTO, M. W. do.; ONORATO, W. M.; PETERNELLI, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). *Acta Scientiarum*, 22(3):817-822, 2000.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10ª ed. Porto Alegre, SBCS/NRS. 401 p., 2004.

CORREA, D.A.; SCHEFFER-BASSO, S.M.; FONTANELI, R.S. Efeito da fertilização nitrogenada na produção e composição química de uma pastagem natural. *Revista Brasileira de Agrociência*, 10: 17-23, 2006.

CUNHA, J. F. da.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. *Informações agronômicas*, 130: 1-11, 2010.

DRUILLE, M.; CABELLO, M. N.; OMACINI, M.; GOLLUSCIO, R. A. Glyphosate reduces spore viability and root colonization of arbuscular mycorrhizal fungi. *Applied Soil Ecology*, 64:99-103, 2013.

DURIGON, R.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; PAVINATO, P. S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26(2): 983-992, 2002.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2ª edição. Rio de Janeiro. 1997.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ERTHAL, V. J.; FERREIRA, P. A.; PEREIRA, O. G.; MATOS, A. D. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(5):458-466, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042, 2011.

FERREIRA, D. de J.; ZANINE, A. de M. Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira. *Revista Eletrônica de Veterinária*, 8(3):1-18, 2007.

FREITAS, I. F. D.; NOVAIS, R. F.; VILLANI, E. M. D. A.; NOVAIS, S. V. Phosphorus extracted by ion exchange resins and mehlich-1 from oxisols (latosols) treated with different phosphorus rates and sources for varied soil-source contact periods. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 37(3):667-677, 2013.

FRIZZO, A.; ROCHA, M. D.; RESTLE, J.; FREITAS, M. R.; BISCAÍNO, G.; PILAU, A. Produção de forragem e retorno econômico da pastagem de aveia e azevém sob pastejo com bezerras de corte submetidas a níveis de suplementação energética. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(3):632-642, 2003.

FURSTENAU, V. Pecuária de corte: baixos índices zootécnicos e eficiência no setor exportador. *Indicadores Econômicos FEE*, 32(1):265-292, 2004.

GABRIEL-NEUMANN, E.; NEUMANN, G.; LEGGEWIE, G. & GEORGE, E. Constitutive overexpression of the sucrose transporter SoSut1 in potato plants increases arbuscular mycorrhiza fungal root colonization under high, but not under low, soil phosphorus availability. *Journal Plant Physiology*, 168:911-919, 2011.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; PELLEGRINI, J. B. R.; BRUNETTO, G.; SAGGIN, A.; FLORES, J. P. C. Influência da adubação fosfatada e da introdução de espécies forrageiras de inverno na oferta de forragem de pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(8):1663-1668, 2000.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. D. S.; FLORES, J. P. C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31(4):691-699, 2007.

GIOSTRI, A. F.; BOND, L. F. M.; MOTTA, A. C. V.; MONTE SERRAT, B.; VEZZANI, F. M. Micronutrientes e sódio em solo e campo nativo adubados com resíduo líquido de indústria de enzimas. *Synergismus scyentifica UTFPR*, 4(1): 2009.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of the techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New phytol*, 84:489-500, 1979.

GOMAR, E. P.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; PRECHAC, F. G.; BERRETTA, E.; MARCHESI, C. Semeadura direta de forrageiras de estação fria em campo natural submetido à aplicação de herbicidas: II. Composição botânica. *Ciência Rural*, 34(3):769-777, 2004.

GOMIDE, P. H. O.; SANTOS, J. G. D. dos.; SIQUEIRA, J. O. & SOARES, C. R. F. S. Diversidade e função de fungos micorrízicos arbusculares em sucessão de espécies hospedeiras. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 11:1483-1490, 2009.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9p, 2001. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HERINGER, I.; JACQUES, A. Qualidade da forragem de pastagem nativa sob distintas alternativas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(3):399-406, 2002.

IEIRI, A. Y.; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com brachiaria. *Ci. Agrotec*, 34:1154-1160, 2010.

KASCHUK, G.; KUYPER, T. W.; LEFFELAAR, P. A.; HUNGRIA, M.; GILLER, K. E. Are the rates of photosynthesis stimulated by the carbon sink strength of rhizobial and arbuscular mycorrhizal symbioses?. *Soil Biology Biochemistry*, 41:1233-1244, 2009.

KIRIACHECK, S. G.; AZEVEDO, L. B. C.; PERES, L. E. P. & LAMBAIS, M. R. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:1-16, 2009.

LAJÚS, C. A.; SIEWERDT, L.; SIEWERDT, F. Campo natural de planossolo: efeitos da adubação nitrogenada sobre a produção de matéria seca, proteína bruta, teor e extração de macrominerais. *Current Agricultural Science and Technology*, 2(1):45-50, 1996.

LAMBERS, H.; BRUNDRETT, M. C.; RAVEN, J. A. & HOPPER, S. D. Plant mineral nutrition in ancient landscapes: high plant species diversity on infertile soils is linked to functional diversity for nutritional strategies. *Plant Soil*, 334:11-31, 2010.

LUPATINI, G. C.; RESTLE, J.; VAZ, R. Z.; VALENTE, A. V.; ROSO, C.; VAZ, F. N. Produção de bovinos de corte em pastagem de aveia preta e azevém submetida à adubação nitrogenada. *Ciência Animal Brasileira*, 14(2):164-171, 2013.

MAI, W.X.; TIAN, X.H.; BAO, Q.L.; LU, X.C. Study on P–Zn interaction of wheat using chelater–buffer solution culture technique. *Plant Nutr. Fertil. Sci.* 14:1056–1063, 2008. (em chinês com *abstract* em inglês).

MALAFAIA, G. C.; BARCELLOS, J. O. J.; AZEVEDO, D. B. de. Construindo vantagens competitivas para a pecuária de corte do Rio Grande do Sul: o caso da indicação de procedência da «Carne do Pampa Gaúcho». *SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO (SEMEAD)*, v. 9, 2006.

MARQUES, R.; MOTTA, A. C. V. Análise química do solo para fins de fertilidade. In: LIMA, M. R. de (Ed). *Manual de diagnóstico da fertilidade dos solos agrícolas*. 2. Ed. Curitiba: UFPR, 2003. p. 82-102.

MARTINS, A.P.L.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. *Scientia Agraria*, 8(1):1-17, 2007.

MAZZA, L. de M. Estado nutricional, acúmulo de matéria seca e desenvolvimento radicular do azevém submetido a doses de fósforo. 2010, 40f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

MAZZA, L. de M.; MOTTA, A. C. V.; MORAES, A. de; VEZZANI, F. M.; ADAMI, P. F.; RADEL, D. de O. Forage yield and quality on soil subjected to phosphorus rates in subtropical grassland of Brazil. *Revista brasileira de zootecnia*, 41:1100-1109, 2012.

MCBEATH, T. M.; MCLAUGHLIN, M. J.; KIRBY, J. K.; ARMSTRONG, R. D. Dry soil reduces fertilizer phosphorus and zinc diffusion but not bioavailability. *Soil Science Society of America Journal*, 76(4):1301-1310, 2012.

MOURA, W. D. M.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D.; LIMA, P. D. Divergência genética em linhagens de pimentão em relação à eficiência nutricional de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(2):217-224, 1999.

MOCOCHINSKI, A. Y.; SCHEER, M. B. Campos de altitude na serra do mar paranaense: aspectos florísticos. *Floresta*, 38(4):625-640, 2008.

NABINGER, C.; DALL'AGNOL, M.; CARVALHO, P. C. F. de. Biodiversidade e produtividade em pastagens. (CD ROM) En: Manejo conservacionista de pastagens: um balance de, v. 21, 2007.

NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C.; BICUDO, S. J. Produção e qualidade de sementes de aveia-preta em função da adubação fosfatada e potássica. *Revista Brasileira de Sementes*, 23(1):260-266, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Committe on Animal Nutrition: Nutrient Requirements for Beef Cows. Dickinson Research Extensiaaon Center, North Dakota State University Extension Bulletin 74, February 2000.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (editores). *Fertilidade do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa, 2007.p.471-550.

NOVO, L. A. B.; GONZÁLEZ, L. The effects of variable soil moisture on the phytoextraction of Cd and Zn by *Brassica juncea*. *Fresenius Environ Bull*, 22:299-304, 2013.

OMACINI, M.; EGGERS, T.; BONKOWSKI, M.; GANGE, A. C.; JONES, T. H. Leaf endophytes affect mycorrhizal status and growth of co-infected and neighbouring plants. *Functional Ecology*, 20:226-232, 2006.

OVERBECK, G.E.; MÜLLER, S.C.; FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J.; PILLAR, V.P.; BLANCO, C.C.; BOLDRINI, I.I.; BOTH, R.; FORNECK, E.D. Os Campos Sulinos: um bioma negligenciado. In: PILLAR, V.P.; MÜLLER, S.C.; CASTILHOS, Z.M.S.; JACQUES, A.V.A (Editores). *Campos Sulinos – Conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília: MMA, 2009. p. 26-41.

PARKER, D.R.; AGUILERA, J.J.; THOMASON, D.N. Zinc–phosphorus interactions in 2 cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum*) grown in chelator-buffered nutrient solutions. *Plant Soil*, 143:163–177, 1992.

PINTO, M. F.; NABINGER, C.; BOLDRINI, I. I.; FERREIRA, P. M. D. A.; SETUBAL, R. B.; TREVISAN, R.; FEDRIGO, J. K.; CARASSAI, I. J. Floristic and vegetation structure of a grassland plant community on shallow basalt in southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(1):162-179, 2013.

PEDINI, S. Produção e certificação de café orgânico. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade*. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2000. p. 333-360.

POLL, H.; KIST, B. B.; dos SANTOS, C. E.; CARVALHO, C. de; REETZ, E. R.; SILVEIRA, D. N. *Anualpec - Anuário da pecuária brasileira*. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2013. 128 p.

PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; VALE, D. W. Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. *Acta Scientiarum Agronomy*, 28(4):527-533, 2006.

PRIMAVESI, A. *Agricultura sustentável*. São Paulo: Nobel, 1992. 142p.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. D. A.; CANTARELLA, H.; SILVA, A. D.; FREITAS, A. D.; VIVALDI, L. J. Adubação nitrogenada em capim-coastcross: efeitos na extração de nutrientes e recuperação aparente do nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(1):68-78, 2004.

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

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; BATISTA, L. A. R.; GODOY, R. Adubação e produção de *Paspalum* em dois níveis de fertilidade de Latossolo Vermelho-Amarelo: estabelecimento e manutenção. *Ciênc Agrotec*, 32:242-250, 2008.

RICCI, M. dos S. F.; NEVES, M. C. P. Cultivo de café orgânico. Embrapa Agrobiologia, Sistemas de Produção, 2 - 2ª Edição ISSN 1806-2830 Versão Eletrônica, Dez./[2006].

RODRIGUES, R., C.; COELHO, R. W.; REIS, J. C. L. Rendimento de forragem e composição química de cinco gramíneas de estação fria. Pelotas: EMBRAPA, 2002.

RODRIGUES, C. R.; FAQUIN, V.; TREVISAN, D.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; RODRIGUES, T. M. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. *Horticultura Brasileira*, 22(3):573-578, 2004.

SÁNCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low-Input technology for managing oxisols and ultisols in Tropical America. *Advances in agronomy*, 34:279-406, 1981.

SANTOS, D. T. D.; CARVALHO, P. C. D. F.; NABINGER, C.; CARASSAI, I. J.; GOMES, L. H. Eficiência bioeconômica da adubação de pastagem natural no sul do Brasil. *Ciência rural*, 38(2):437-444, 2008.

SENGER, C. C. D.; SANCHEZ, L. M. B.; PIRES, M. B. G.; KAMINSKI, J. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. I. Cálcio, fósforo, magnésio e potássio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31(12):897-904, 1996.

SENGER, C. C. D.; SANCHEZ, L. M. B.; PIRES, M. B. G.; KAMINSKI, J. Teores minerais em pastagens do Rio Grande do Sul. II. Sódio, enxofre, zinco, cobre, ferro e manganês. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 32(1):101-108, 1997.

SMITH, S. E.; READ, D. J. *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd ed. London:Academic Press and Elsevier, 2008. 815 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 722 p.

TOKARNIA, C.H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P.V. Deficiências minerais em animais de fazenda, principalmente bovinos em regime de campo. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 20(3):127-138, 2000.

TOTHILL, J. C.; HARGREAVES, J. N. G.; JONES, R. M.; MCDONALD, C. K. BOTANAL - A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. 1. Field sampling. *Tropical Agronomy Technical Memorandum*, 78:1-24, 1992.

TRAJANO, M. A. B.; KASUYA, M. C. M.; TÓDOLA, M. R.; BORGES, A. C.; NOVAES, R. F. Suprimento de fósforo e formação de micorrizas em mudas de eucalipto em sistema de raízes divididas. *Revista Árvore*, 25:192-201, 2001.

TURNES, R. M.; FILHO, A. L. S.; BENEDET, H.; DUFLOTH, J. H.; MURPHY, B. Conservação do campo naturalizado: a importância do manejo e da sobre-semeadura. Disponível em: <http://www.issbrasil.usp.br/issbrasil/pdfs2/ricardo.pdf> Acesso em: 12/02/2014.

VALLE, S. D. F.; GONZÁLEZ, F. D.; ROCHA, D.; SCALZILLI, H. B.; CAMPO, R.; LAROSA, V. L. Mineral deficiencies in beef cattle from southern Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 40:47-53, 2003.

WANG, B.; QIU, Y. L. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16:299-363, 2006.

WUNSCH, C.; BARCELLOS, J. O. J.; PRATES, E. R.; GRACELLÉ, R. A.; COSTA, E. C. Microminerais para bovinos de corte nas pastagens nativas dos Campos de Cima da Serra, RS, Brasil. *Ciência Rural*, 35(4):903-908, 2005.

WUNSCH, C.; BARCELLOS, J. O. J.; PRATES, E. R.; COSTA, E. C.; MONTANHOLI, Y. R.; BRANDÃO, F. Macrominerais para bovinos de corte nas pastagens nativas dos Campos de Cima da Serra – RS. *Ciência Rural*, 36(4):1258-1264, 2006.

YANG, X. W., TIAN, X. H., LU, X. C., CAO, Y. X.; CHEN, Z. H. Impacts of phosphorus and zinc levels on phosphorus and zinc nutrition and phytic acid concentration in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of the science of food and agriculture*, 91(13):2322-2328, 2011.