

**CÍNTIA BOEIRA BATISTA**

**BORO EM TREVO: EFICIÊNCIA DE EXTRATORES E EFEITO SOBRE  
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, EM ÁREA COM E SEM CORTE  
DA PARTE ÁEREA SUBMETIDA A NÍVEIS DE B**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Tangriani Simioni Assmann

PATO BRANCO

2011

- 333b Batista, Cíntia Boeira.  
Boro em trevo: eficiência de extratores e efeito sobre atributos químicos do solo, em área com e sem corte da parte aérea submetida a níveis de B / Cíntia Boeira Batista. -- Pato Branco. UTFPR, 2011.  
48 f. : il. ; 30 cm.
- Orientador: Profa. Dra. Tangriani Simioni Assmann  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2011.  
Bibliografia: f. 45 – 49.
1. Extratores. 2. Latossolo. 3. Boro. 4. Acidificação. I. Assmann, Tangriani Simioni, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

*CDD 22. ed. 630*

Ficha Catalográfica elaborada por  
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630  
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Pato Branco  
Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



### TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 049

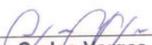
**Boro em trevo: eficiência de extratores e efeito sobre atributos químicos do solo em área com e sem corte da parte aérea**

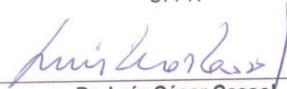
por

**Cintia Boeira Batista**

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia dezesseis de dezembro de dois mil e onze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. A candidata foi argüida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho. *Aprovado*

Banca examinadora:

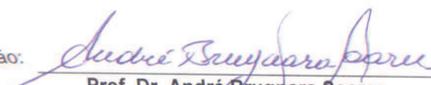
  
\_\_\_\_\_  
Dr. Antonio Carlos Vargas Motta  
UTFPR

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis César Cassol  
UTFPR

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Larissa Macedo dos Santos  
UTFPR

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Tangriani Simioni Assmann  
UTFPR  
Orientadora

Visto da Coordenação:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. André Brugnera Soares  
Coordenador do PPGAG

Dedico esta dissertação a meu marido Jean-Marc Lafay, a minha filha Helena Batista Lafay e aos meus pais pelo apoio e amor incondicional.

## AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, pela oportunidade de chegar onde cheguei e por ter me amparado nos momentos de cansaço, dando-me forças para persistir na caminhada.

À UTFPR, ao PPGAG pela minha formação acadêmica.

À professora Tangriani Simioni Assmann, pela orientação, ensinamentos e amizade e pelo exemplo de dedicação ao ensino.

À Fundação Araucária, pela importante ajuda financeira por meio da aprovação de projeto para compra do material necessário a realização do experimento. Ao IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná – Unidade Regional de Pato Branco e seus funcionários pela área de campo fornecida para a execução desta pesquisa e por todo o auxílio ofertado.

À banca examinadora deste trabalho, composta pelos professores Antônio Carlos Vargas Motta, Luís César Cassol e Larissa Macedo dos Santos pelas considerações e sugestões.

Aos bolsistas do curso de Química, pelos momentos de trabalho, amizade e persistência, obrigada Marciano Ramos e Diogo Maurício Betiolo. À Ticiane Ketzer Tosini funcionária do Laboratório de Solos pelas análises de rotina realizadas com zelo e por todas as dúvidas sanadas. Aos colegas de curso, em especial à Jussara Ferrazza e Francisco Migliorini pelas sugestões ao trabalho, discussões, grupo de estudos e companheirismo.

À todos os professores do PPGAG pelos ensinamentos, a funcionária Polyane Passos Mayer pela ajuda e orientação dos procedimentos necessários para o cumprimento correto das exigências do programa.

Aos meus colegas de sala pelos ombros amigos e piadas para descontrair, Davi, Tatiane e Márcio.

À minha irmã Cibele Boeira Batista e ao Dennis Rosemberg por me explicarem algumas vezes como organizar uma dissertação em capítulos. Com muito amor à minha família, Jean-Marc e Helena. Enfim, agradeço a todos que estiveram ao meu lado, me incentivando e me dando força, porque ao final do caminho trilhado a maior conclusão é que nunca estive sozinha.

“Se as coisas são inatingíveis...ora!  
Não é motivo para não querê-las...  
Que triste os caminhos, senão fora  
A presença distante das estrelas!”  
Mario Quintana.

## RESUMO

BATISTA, Cíntia. Avaliação de Extratores de Boro em Latossolo. 69Folhas f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

Recentemente pesquisas têm se voltado à importância dos micronutrientes na nutrição mineral de plantas. Entretanto, há uma enorme dificuldade na quantificação de micronutrientes pela análise química do solo devido à baixa confiabilidade dos métodos. Muitos extratores utilizados pelos laboratórios de análises não possuem uma satisfatória correlação com as quantidades encontradas nas análises de foliar. Este estudo, além de avaliar extratores de solo para B, buscou igualmente avaliar o efeito do manejo do corte e remoção da parte aérea do trevo branco (*Trifolium repens L.*) sobre as características químicas do solo. Assim, este trabalho pretende: 1º- estudar a eficiência de soluções extratoras compostas por sulfato de alumínio, água quente, sorbitol e Mehlich1 na avaliação quantitativa de boro no solo e a eficiência dos extratores quando correlacionados com os resultados de boro foliar contido na cultura de trevo branco 2º- avaliar a influência do manejo de corte e remoção da parte aérea do trevo branco sobre as características químicas do solo. À campo o trevo-branco foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, localizada no Município de Pato Branco – PR. A área experimental está localizada na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense. O solo é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférico relevo ondulado textura argilosa (EMBRAPA, 2008). O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições, sendo as parcelas constituídas de quatro coletas, as sub parcelas foram os tratamentos com doses crescentes de boro (0; 0,5; 1; 2 e 4 kg ha<sup>-1</sup>) na forma de Ulexita (10% de B). As sub – sub parcelas foram as diferentes profundidades de solo avaliadas (0–5; 5–10 e 10–20 cm). As amostras de solo e planta foram coletadas bimestralmente sendo que a planta foi enviada para o Laboratório do IAPAR em Londrina para determinação de teores de boro foliar. Enquanto que, as amostras de solo foram analisadas no Laboratório de Solos da UTFPR – Câmpus Pato Branco. Para a avaliação do segundo experimento foi utilizado delineamento de blocos ao acaso subdivididas com quatro repetições. O tratamento do manejo de corte e sem o corte da parte aérea do trevo branco foi considerado como a parcela e que teve como sub – parcela o tratamento de cinco doses de B (0, 0,5;1,0;2,0 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando solução de Ulexita 10% B) e as sub – sub - parcelas foram constituídas pelas profundidades de amostragem de solo (0-5; 5-10 e 10-20 cm ). As metodologias utilizadas para as análises químicas de rotina do solo seguem Manual de Análise Química de Solo e Controle de Qualidade do IAPAR (1992), para as análises de extração e quantificação de B no solo e na planta utilizou-se EMBRAPA (2009). Com a primeira avaliação constata-se que o Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 0,005M foi o extrator que apresentou maiores valores de correlação entre os valores do nutriente na planta com o valores do mesmo no solo de 0,92. Verificou-se que a Ulexita apresenta uma liberação lenta do nutriente B no solo sendo que os maiores teores de recuperação de B no solo pelos diversos extratores foram observados, em geral, após seis meses de aplicação. Na segunda avaliação verifica-se que a remoção constante da parte

aérea de forrageiras provoca acidificação do solo e maior extração de bases, sendo assim, sistemas de produção de silagem e de feno devem constantemente repor bases ao solo via calagem.

**Palavras – chave:** química do solo, manejo, micronutriente.

## ABSTRACT

BATISTA, Cintia. Evaluation of Boron Extractors Latosol. 69 f Dissertation (MSc in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Area of Concentration: Plant), Federal Technological University of Parana. Pato Branco, 2011.

Recently studies have been directed to the importance of micronutrients in plant mineral nutrition. However, there is great difficulty in quantifying micronutrients by chemical analysis of soil due to low reliability of the methods. Extractors used by many laboratories do not have a satisfactory correlation with the amounts found in the analysis of leaf. This study, besides evaluating extractors for soil B, also sought to evaluate the effect of handling the cutting and removal of the aerial part of white clover (*Trifolium repens L.*) on soil chemical properties. This work aims to: 1<sup>a</sup> - to study the efficiency of extraction solutions consisting of aluminum sulfate, sorbitol and Mehlich1 the quantitative assessment of boron in soil and efficiency of extractors when correlated with the results of boron leaf contained in the culture of white clover 2<sup>a</sup> - evaluate the influence of the management of cutting and removing the aerial part of white clover on soil chemical properties. In the field the white clover was conducted at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Paraná - IAPAR, located in the city of Pato Branco - PR. The experimental area is located in the physiographic region called the Third Paranaense Plateau. The soil is classified as Oxisol clayey wavy relief (EMBRAPA, 2008). The experimental design was randomized blocks with four replications, and plots consist of four collections, the sub plots were the treatments with increasing doses of boron (0, 0.5, 1, 2 and 4 kg ha<sup>-1</sup>) in the form of ulexite (10% of B). The sub - sub plots were the different soil depths evaluated (0-5, 5-10, 10-20 cm). The soil and plant samples were collected every two months that the plant was being sent to the Laboratory in Londrina IAPAR to determine levels of boron leaf. While the soil samples were analyzed at the Laboratory of Soil UTFPR - Campus White Duck. To evaluate the second experiment was used a randomized block design with four replications subdivided. The samples were treated as two parts, sub-plots were cut and management without cutting the shoots of white clover, sub plots were treated as five doses of B (0, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 kg ha<sup>-1</sup>, using 10% solution Ulexite B) and sub - sub - plots were set up by soil sampling depths (0-5, 5-10 and 10-20 cm). The methodologies used for routine chemical analysis of soil following IAPAR (1992), as well as the analysis of extraction and quantification of B in soil and plant. With the first evaluation finds that the Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 0.005 M was the extractor that presented higher correlation values between the values of the nutrient in the plant with the same values in the soil of 0.92. It was found that the Ulexite has a slow release of nutrients in the soil B with the highest levels of recovery of B in the soil by different extractants were observed, usually after six months of application. In the second evaluation verifies that the constant removal of the aerial parts of forage causes soil acidification, an increase of toxic elements such as Al and extraction of bases, so production systems of silage and hay must constantly replenish the soil bases through liming.

Keywords: extractors. management. boron.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Reação de condensação da azometina – H.....	29
Figura 02 – Teores de B com $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,005M ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função das doses de B ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicadas no solo, para as três profundidades amostradas referentes as coletas nos dias (a)17/12/2009; (b)15/12/2009; (c)15/02/2010;(d)16/04/2010. ....	31
Figura 03 – Teores de B com água quente ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função das doses de B ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicadas no solo, para as três profundidades amostradas referentes as coletas nos dias (a)17/12/2009;(b)15/12/2009; (c)15/02/2010; (d)16/04/2010. ....	33
Figura 04 – Teores de B com Mehlich1 ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função das doses de B ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicadas no solo, para as três profundidades amostradas referentes as coletas nos dias (a)17/12/2009; (b)15/12/2009; (c)15/02/2010; (d)16/04/2010. ....	34
Figura 05 – Teores de B com sorbitol 0,025M ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função das doses de B ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicadas no solo, para as quatro coletas.....	34
Figura 07 – Doses crescentes de B x Concentração de Ca. ....	42
Figura 08 – Doses crescentes de B x Concentração de Mg.....	43
Figura 09 – Doses crescentes de B x Saturação por Bases (V%). ....	44
Figura 10– Doses crescentes de B x H + Al. ....	45
Figura 11 – Doses crescentes de B x pH. ....	45

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 01: Médias das temperaturas máximas e mínimas e média da precipitação, a cada mês, durante o período de outubro de 2009 a junho de 2010, observadas na Estação Meteorológica do IAPAR, Pato Branco, PR, 2009/2010.....27
- Tabela 02 – Correlações entre a concentração de B na planta com as concentrações de B no solo para cada extrator ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M, água- quente, Mehlich1 e sorbitol 0,025M). .....34
- Tabela 03 - Características químicas do solo antes do início do experimento, Pato Branco, PR, 2009. .... 39

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>15</b>
2.1 Características gerais das leguminosas.....	15
2.2 Trevo branco.....	15
2.3 Boro.....	16
2. 4.1 Adubação boratada.....	17
2.5 Análise química de B no solo.....	18
2.6.Extratores.....	18
2.6.1 Água.....	19
2.6.2 Soluções Salinas - Sulfato de Alumínio {Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> }.....	20
2.6.3 Soluções Ácidas – MEHLICH1 .....	20
2.6.4 Soluções Quelantes - Sorbitol.....	21
2.7 Quantificação de B .....	22
2. 8 FORMAÇÃO dA Acidez no solo.....	22
<b>3- Avaliação de Extratores de Boro em Latossolo do sul do brasil.....</b>	<b>23</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	23
3.2 Parte EXPERIMENTAL.....	25
3.2.1 Análise estatística.....	27
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
3.4 CONCLUSÕES.....	34
<b>4 Acidificação de Solo em Função da Remoção da Parte Aérea de Plantas de Trevo.....</b>	<b>35</b>
4.1 Introdução.....	35
4.2 Material e Métodos.....	37
4.2.1 Análise estatística.....	38
4.3 Resultados e Discussão.....	39
4.4 Conclusões.....	43
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As análises químicas de solo para os macronutrientes são amplamente utilizadas pelos agrônomos, a fim de avaliar o estado nutricional do solo para a necessidade de calagem e/ou adubações elevando a produção de culturas. Após anos de utilização e preocupação com os macronutrientes no solo surgiu pela menor resposta de produção à necessidade do estudo de micronutrientes no solo, assim, muitos trabalhos sobre a aplicação de micronutriente com resposta positiva na produção de diversas culturas, incluindo as pastagens, tem sido realizado e abrindo outro nicho de estudo que é a análise química de micronutrientes no solo (EMBRAPA, 1999).

Os laboratórios brasileiros que realizam análises químicas de solo nem sempre ofertam as análises de micronutrientes porque não há credenciamento destas análises e os trabalhos no meio acadêmico indicam baixa confiabilidade nos resultados de quantificação no solo de diversos micronutrientes, tais como: zinco, cobre, manganês incluindo o boro (EMBRAPA, 1999; MOTTA et al., 2007). A baixa confiabilidade dos resultados se deve aos baixos coeficientes de correlação ( $r$ ) entre a concentração do micronutriente encontrado no solo com a concentração do mesmo micronutriente encontrado na planta.

A dificuldade na determinação do micronutriente boro no solo disponível para planta é ocasionado pela diferença de cultura trabalhada (MALAVOLTA, 1980), por fatores como material de origem e as formas de boro no solo (MOTTA et al., 2007) e pela pequena faixa apresentada de variação entre os teores de deficiência e de toxidez de boro na planta (SIMS & JOHNSON, 1991). O método proposto para determinação de boro no solo de Berger & Truog (1939) com a utilização da água quente como extrator e com aquecimento de refluxo vem sendo utilizado pelos laboratórios de análises químicas de solo brasileiros. Entretanto, este método requer uma vidraria isenta de boro, oferece dificuldades para o controle da temperatura, apresenta lentidão na etapa de filtração e requer limpeza rigorosa do aparato de refluxo (FERREIRA et al., 2001). Devido a falta de controle das etapas do método de extração com água quente e refluxo, não há repetibilidade de resultados quando as amostras são realizadas em série (CHAVES et al., 2006).

Assim, o objetivo para primeira parte desta dissertação é o de avaliar quatro extratores de boro no solo e verificar a eficiência dos mesmos utilizando-se do coeficiente de correlação ( $r$ ) - concentração de boro encontrado na planta de trevo branco (*Trifolium repens*) versus concentração de boro encontrado em LATASSOLO VERMELHO distroférico.

A acidez é um parâmetro importante na avaliação do solo devido a dependência da disponibilidade de determinados nutrientes para as culturas, dessa maneira influenciando diretamente na produtividade. A preocupação com a acidez do solo apenas na superfície possibilita o não acúmulo de Al, Mn e H, e é uma maneira mais simples de correção do solo (calagem), entretanto, quando se quer uma correção da acidez ao longo do perfil, para que as raízes tenham maiores condições de nutrição, a preocupação com o manejo torna-se vital (HELYAR, 2003). O uso do solo para cultivo de pastagens e remoção da parte aérea para produção de feno ou silagem (manejo) de alta qualidade nutricional para o animal tem sido uma alternativa para os produtores em épocas de escassez de chuvas ou no inverno para complementação da dieta dos animais (FURLANETTI & BRAMBILLA, 2008).

Contudo o manejo do corte e remoção da parte aérea da planta para a produção de feno ou silagem produz um impacto no solo que deve ser monitorado. Dessa forma, o objetivo da segunda etapa da dissertação é demonstrar que o manejo do corte e remoção da parte aérea aumentam o processo de acidificação e exportação de nutrientes do solo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS LEGUMINOSAS

Com a implantação de um sistema forrageiro surge a necessidade de escolher o melhor tipo de pastagem a ser cultivada. Porque, além dos benefícios que determinadas culturas podem trazer para o solo existe em conjunto a preocupação com a qualidade nutricional que a pastagem estará oferecendo ao animal.

As leguminosas possuem uma grande característica de promover a fixação biológica do nitrogênio atmosférico e, com isso, aumentar a produção de matéria seca e melhorar o valor nutritivo do pasto e da dieta animal (SILVA et al., 2009). Em virtude desta característica, as leguminosas, ricas em proteínas, conseguem além de estabelecer incrementos na produção animal, também auxiliar nos efeitos indiretos relacionados com a fixação biológica de nitrogênio e o seu repasse ao ecossistema de pastagem (PEREIRA, 2001). Entretanto, a limitação das leguminosas está na baixa persistência na pastagem (GOMIDE, RAMOS & FONTES, 2006).

Existem várias espécies de leguminosas forrageiras, tais como: *Trifolium pratense* (trevo vermelho), *Trifolium repens* (trevo branco), *Lótus corniculatus* (cornichão), *Vicia sativa* (ervilhaca), *Medicago sativa* L (alfafa) entre outras.

### 2.2 TREVO BRANCO

O trevo branco é uma leguminosa perene, rasteira, estolonífera e típica de regiões temperadas (ALCANTARA & BUFARAH, 1999). Para pastagem e/ou produção de feno e silagem é bastante utilizada devido ao seu alto teor de proteína para a nutrição de animais.

Para melhor desenvolvimento do trevo branco é importante que não haja déficits hídricos, o solo para cultivo do trevo branco deve ser fértil e com pH nem muito alcalino e nem extremamente ácido (GIBSON & COPE, 1985). A

produção do trevo ocorre nos meses de outono - inverno e na primavera apresentando uma abundante massa vegetal com elevado teor protéico e grande palatabilidade (OLIVO et al., 2009). Em geral, o trevo branco é responsável pela fixação biológica de nitrogênio do ar de até 263,36 kg de nitrogênio/ha (ASSMANN, 2009).

Como a limitação das leguminosas está na baixa persistência da pastagem no campo, segundo Paim & Riboldi (1994) e Lopes (2005), o trevo branco produz muitas sementes por ter estolões no nível do solo, bem como, apresenta tempo de maturação das sementes que varia de 20 a 30 dias proporcionando a ressemeadura natural, assim constitui um mecanismo de persistência por vários anos, formando um abundante banco de sementes no solo.

### 2.3 BORO

O elemento boro é representado pelo símbolo B, possui número atômico 5, massa atômica 10,811 u. m. a. e é um elemento bastante duro com 9,3 na escala Mohs. Possui dois isótopos estáveis de massa 10 e 11 com abundância natural média de  $^{10}\text{B} = 80,1\%$  e  $^{11}\text{B} = 19,9\%$  (BOARETTO, 2006). Encontra-se no 2º período e no grupo 13 da tabela periódica, é o único não metal pertencente a este grupo.

O B possui número de coordenação 3 quando ligado ao oxigênio em uma estrutura triangular formando o ânion borato ( $\text{BO}_3^{2-}$ ) e se comporta de maneira semelhante ao silício (Si - presente em rochas ígneas como silicatos representando 92% em abundância) quanto as propriedades cristalinas podendo se polimerizar formando cadeias, camadas ou grupos múltiplos isolados. Ainda é possível que as estruturas triangulares do ânion borato estabeleçam ligações entre si formando estruturas tridimensionais de fórmula  $\text{B}_2\text{O}_3$  que apresenta baixa estabilidade (MELO, CASTILHOS & PINTO, 2009).

A ocorrência de B na crosta terrestre acontece em rochas ácidas e em sedimentos metamórficos sendo a turmalina o mineral mais comum contendo B, cerca de 3% (GUPTA, 2008). A turmalina é uma série de soluções sólidas de silicatos de boro complexos (GARDA et al., 2009) e de simetria romboédrica

(GUPTA, 2008). Segundo Gupta (2008), as turmalinas são altamente resistentes a intempéries e praticamente insolúveis justificando a falta de resposta na deficiência de plantas cultivadas em solo adubado com adições de turmalina finamente particuladas. Além da turmalina existem outros minerais que contem B, tais como: ulexita ( $\text{CaNaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ), o bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) e a colemanita ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).

O B no solo está presente em diferentes formas e Jin (1987) estabeleceu estas formas em: fração solúvel em água, fração não especificamente adsorvida, fração especificamente adsorvida, fração formando compostos com Mn, fração na forma de óxidos e hidróxidos cristalinos de Fe e Al e fração residual. Estas frações foram determinadas pela técnica de fracionamento através de uma extração sequencial de B em 14 solos do estado da Virgínia (EUA) com o cultivo do milho, e relacionou os resultados com a planta verificando que as frações do B nos óxidos cristalinos e silicatos possuíram mais B disponível. No Brasil, Pavan & Correa (1988) apresentaram duas formas de ocorrência para o íon B, teores solúveis e adsorvidos, para o estudo do equilíbrio entre ambas as formas determinando a disponibilidade do nutriente para a planta, enquanto, Ferreyra & Silva (1999), em solos do Ceará, encontraram os maiores teores de B nas frações de menor disponibilidade de B para a planta (42,2% B total na fração de silicato, 30% nos óxidos de Fe e Al cristalinos e 19% na de óxidos de Fe e Al não cristalinos).

O trevo branco apresenta respostas positivas com a adubação boratada, segundo Assmann (2009), de 80% de incremento para a produção de forragem e de 25% no número total de sementes por legume, demonstrando a influência do B no número, tamanho e viabilidade das sementes (MOTTA et al., 2007). Quando há deficiência de B ocorre redução do crescimento, perda de rendimento, e conseqüentemente morte da planta (REIS, C.; REIS, E. L.; SILVA, C. A., 2006).

#### 2. 4.1 Adubação boratada

Atualmente, a legislação de fertilizantes requer que os teores de micronutrientes sejam expressos em teores totais. Este fato possibilita a inclusão de produtos de baixa solubilidade, que, nem sempre se tornam adequadamente

disponíveis às plantas (VALE e ALCARDE, 2003). Contudo, a baixa solubilidade em água não indica necessariamente que sejam de baixa eficiência. Assim, muitos autores sugerem mudanças na legislação para que haja alterações nas metodologias de análises de adubos, propiciando a correlação com a disponibilidade destes elementos às plantas.

As fontes de B mais comuns no mercado são o ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) e o bórax ( $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ ) ambas são solúveis em água e podem ser aplicadas diretamente no solo ou como solução na adubação foliar. Outra fonte comercial de B para adubação do solo é a ulexita com fórmula química de  $CaNaB_5O_9 \cdot 8H_2O$  e concentrações de 10,47% de  $Na_2O$ ; 13,96% de  $CaO$ ; 39,6% de  $B_2O_3$  e 35,91% de  $H_2O$ , segundo fabricante.

Este mineral foi descoberto em 1850, pelo químico alemão George Ludwig Ulex. Encontrado em regiões áridas, praias salinas e lagos salinos ressecados e está geralmente associado com os minerais nitratina, halita e glaberita. Ao contrário do ácido bórico e do bórax a ulexita tem média/baixa solubilidade em água tornando-a mais interessante para as culturas perenes, devido a menor perda de B por lixiviação (ARRUDA et al., 2008).

## 2.5 ANÁLISE QUÍMICA DE B NO SOLO

Para determinação de B no solo realiza-se análise química que pretende constatar a fração disponível de B no solo para as culturas favorecendo a formulação de práticas de manejo de campo que influenciem uma maior disponibilidade de B (XU et al., 2001). O procedimento de extração de B no solo é bastante importante em virtude da fração de B extraída ser de fato disponível para a planta, e a análise deve ser simplificada e com repetibilidade de resultados para que os laboratórios possam realizá-la em rotinas para prestação de serviço (CHAVES et al., 2006).

## 2.6. EXTRATORES

O método de extração com água quente proposto por Berger & Truog (1939) com aquecimento de refluxo é considerado método padrão. Entretanto, este método apresenta baixa repetibilidade nos resultados em função da dificuldade de controle na etapa de aquecimento e resfriamento do solo com a água quente. O método também é oneroso por causa da necessidade do uso de vidrarias isentas de B e trabalhoso para limpeza do material (FERREIRA et al., 2002). Segundo Abreu et al. (1994) e Ferreira et al. (2001) propuseram a substituição do aquecimento por refluxo pelo aquecimento com o forno de micro ondas e copos plásticos no lugar das vidrarias isentas de B tornando o método mais prático e de maior repetibilidade.

Além dos aparatos de vidrarias, maneiras de aquecimento, o uso ou não de micro ondas, houve a busca de melhores extratores de B no solo. De maneira geral, podem-se classificar os extratores utilizados na determinação dos micronutrientes disponíveis em seis categorias conforme força de atuação: água ou extrato de saturação, soluções salinas, soluções ácidas, soluções complexantes, oxidantes/redutoras e os combinados – tendo em sua composição dois os mais reagentes representantes das categorias anteriores. A quantidade de micronutrientes extraída do solo por essas soluções irá depender: dos reagentes utilizados, da concentração dos componentes da solução extratora, do tempo de extração, da relação solo: solução, da temperatura de extração, e do tempo e tipo de agitação, dentre outros. Variações nas condições de extração levam a diferença nas quantidades extraídas de micronutrientes por um método específico (ABREU et al 2007).

### 2.6.1 Água

O micronutriente extraído pela água dá uma ideia direta da concentração deste na solução do solo. A sua quantificação é feita após agitação da amostra de solo com água destilada ou deionizada. O método da água quente é sempre um ponto de referência obrigatório para a comparação com outros processos de extração de B e trabalha com uma extração de pH em torno de 7,0 a 20°C. A extração usando água torna-se mais viável para a determinação dos teores

tóxicos de B, os quais, sendo bem mais elevados, permitem análises mais precisas (ABREU et al., 2007).

### 2.6.2 Soluções Salinas - Sulfato de Alumínio $\{Al_2(SO_4)_3\}$

Recentemente, os extratores salinos eram pouco utilizados em análises de metais em solos por causa da sua baixa capacidade de extração, dificultando a determinação dos metais por técnicas instrumentais comuns. Hoje, com a introdução de novas técnicas instrumentais o uso dessas soluções tornou-se mais rotineiro. Diversas soluções salinas, tamponadas ou não a vários valores de pH, são utilizadas para extração de micronutrientes. A extração em particular com o  $Al_2(SO_4)_3$  possui um pH próximo a 4,0 à 20°C. Essas soluções extraem preferencialmente os micronutrientes dos pontos de troca iônica do solo (ABREU et al., 2007).

### 2.6.3 Soluções Ácidas – MEHLICH1

O princípio de extração usando as soluções ácidas baseia-se na dissolução dos minerais de argila, o que dificulta a definição das formas extraídas. A quantidade de metais e não metais solubilizados do solo pelas soluções ácidas irá depender do tipo de ácido, de sua concentração, do tempo de extração, da relação solo: solução, dentre outros. As soluções concentradas de ácidos fortes têm sido evitadas porque geralmente extraem metais não lábeis (metais não trocáveis) da fase sólida. As soluções diluídas de ácidos fortes removem os metais da solução do solo, dos sítios de troca e parte daqueles complexados ou adsorvidos (CHAVES et al., 2006).

As soluções ácidas mais testadas para extração de micronutrientes são a de ácido clorídrico e a de Mehlich1. Por causa das muitas variações nos procedimentos originais desses métodos, no que se refere à concentração da solução, relação solo: solução, tempo de agitação e outros, os resultados dos trabalhos de extração com soluções ácidas podem não ser comparáveis.

De maneira geral, os extratores ácidos, principalmente o Mehlich1, têm se comportado de maneira semelhante à extração com água quente naqueles experimentos que receberam doses crescentes de B, entretanto, este extrator trabalha com um pH de 2,0 à 20°C bastante inferior ao da água quente. Questiona-se se esses resultados serão reproduzidos em solos com baixos teores de B, que representam a faixa de teores de maior interesse agrônômico. Para o Mehlich1, a baixa concentração de B no extrato e a larga relação solo: solução de 10:1 acarretam problemas analíticos frequentes sendo os resultados muito variáveis. A faixa de teores na qual a deficiência de B ocorre indica a necessidade de uma determinação precisa desse elemento para diagnosticar a disponibilidade do nutriente no solo (ABREU et. al. 2007 ;CHAVES et al., 2006).

#### 2.6.4 Soluções Quelantes - Sorbitol

Os agentes quelantes combinam com o íon metálico em solução formando complexos solúveis, reduzindo sua atividade. Em consequência, os íons desorvem da superfície do solo ou dissolvem da fase sólida para reabastecer os teores na solução. A quantidade de metais quelatados que acumula na solução do solo é função da atividade do íon metal livre na solução do solo (fator intensidade), da habilidade do solo em reabastecer a solução (fator capacidade), da estabilidade do quelato e da capacidade do quelante em competir com a matéria orgânica pelo íon. Os quelantes são usados com o objetivo de extrair maiores quantidades dos teores lábeis dos micronutrientes, porém sem dissolver as formas não lábeis (ABREU et. al. 2007).

Sendo o sorbitol responsável pela mobilidade do B no xilema da planta, em espécies ricas em sorbitol, as concentrações de B foram similares em folhas jovens e velhas, e os tecidos dos frutos apresentaram as maiores concentrações. Em espécies pobres em sorbitol, as concentrações de B foram maiores nas folhas velhas do que nas novas, sendo a ocorrência deste nutriente menor nos frutos (LEITE, 2002). Devido a esta característica o sorbitol provavelmente funcione como base de Lewis, complexando os íons de B presentes na solução do solo e trabalha com um pH em torno de 6,5 à 20°C.

## 2.7 QUANTIFICAÇÃO DE B

Os métodos de quantificação de B atualmente utilizados são baseados na espectrometria, sendo que, o método da azometina-H como reagente colorimétrico, utiliza um espectrofotômetro e o método sem desenvolvimento de cor utiliza-se um ICP-OES, espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado. Ambos os métodos são considerados confiáveis para a quantificação de B, entretanto, o método com o uso do ICP-OES é mais sensível e seletivo. O custo elevado do equipamento ICP-OES torna a quantificação de B muitas vezes inviável para os laboratórios (CHAVES et al., 2006).

Dessa forma, o método espectrofotométrico para determinação de B com azometina-H tem grande aceitação por ser menos trabalhoso, não exigir o uso de ácidos concentrados, ser preciso e sensível e, principalmente, não ter muito interferentes de íons presentes em concentrações normalmente encontradas em extratos de solos. A determinação é baseada na formação de um quelato do borato com a azometina-H e leitura espectrofotométrica em  $\lambda$  máx. igual a 420nm.

## 2.8 FORMAÇÃO DA ACIDEZ NO SOLO

Durante o processo de decomposição da matéria orgânica ocorre formação de ácidos orgânicos e inorgânicos (OLIVEIRA et al., 2005). Os processos de mineralização e nitrificação de N desta matéria orgânica resultam na produção de ácido nítrico no ciclo do nitrogênio (N), e a produção de ácidos orgânicos em plantas e em micro-organismos é a principal fonte de  $H^+$  no ciclo do carbono (C) (HELYAR, 2003).

Os solos ácidos existem devido a pequena presença de bases no material de origem, ou por ocorrência da formação que favoreceu a remoção ou lavagem de elementos básicos como K, Ca, Mg, Na e outros. Entretanto, pode-se aumentar a acidez do solo pelo cultivo, adubação e manejo, nestes casos, a acidez existe é muitas vezes acentuada justamente pela remoção de bases da superfície dos colóides (OLIVEIRA et al., 2005).

### 3- AVALIAÇÃO DE EXTRATORES DE BORO EM LATOSSOLO DO SUL DO BRASIL

**Abstract** – Boron (B) is an essential micronutrient for plants, you need to quantify the level of available B in soil for the plant. O B is extracted by hot water extraction method was very laborious, time consuming and low correlation with the B in the plant. To study extraction solutions were employed: Aluminum Sulfate, Sorbitol Mehlich1 and analysis in order to seek more practical and reliable laboratories. It was concluded that the Aluminum Sulfate as extractor B EXISOL favors the routine analysis and presents an  $r = 0.92$  in relation to the concentration of B found in the plant of white clover.

Keywords: micronutrient, white clover, EXISOL

#### 3.1 INTRODUÇÃO

O elemento químico boro (B) é um não metal e possui as propriedades de grande estabilidade, resistência e o índice de dureza de 9,3 Mohs, valor próximo ao do diamante. Suas características especiais de ligação tornam seu comportamento semelhante ao silício. A configuração eletrônica normal do B apresenta na camada de valência orbital p incompletos e vazios ( $2p_x^1 - 2p_y^0 - 2p_z^0$ ), justificando a forte tendência de ganhar elétrons. Por isso, que seus compostos se comportam como ácidos de Lewis, reagindo rapidamente com substâncias ricas em elétrons como, por exemplo, o oxigênio. O elemento na natureza encontra-se combinado na forma de bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), colemanita, kernita e ulexita (ABREU et al., 2007).

O B é considerado um micronutriente essencial para plantas e para a fertilidade do solo é de grande interesse o estudo do B visto a sua essencialidade para as plantas. Como os solos brasileiros possuem baixos teores de B e demonstra-se muito deficiente nas condições de cultivo do Brasil, para a agricultura brasileira conseguir aumentar a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos produtivos os micronutrientes são aspectos de grande importância, mas que apenas recentemente passaram a ser utilizados de modo mais rotineiro nas adubações em várias regiões e para as mais diversas condições de solo, clima e culturas no Brasil (ABREU et al., 2007).

Todavia, o uso do micronutriente B não deve ocorrer em excesso, pois se torna tóxico aos vegetais (SIMSEK et al., 2003). Como a faixa de necessidade e de toxicidade de B pela planta é pequena, procuram-se métodos de determinação de B no solo confiáveis e que avaliem somente o B disponível para as plantas (SUN et al., 1998). Quando busca-se o melhor extrator para B no solo o mesmo poderá variar conforme variam as espécies de plantas (TSADILAS et al., 1994).

Ao contrário de Gupta (2008) que encontrou como principal fonte de B disponível no solo a matéria orgânica, Parker (1982), em seu artigo demonstra que para solos ácidos não se aplica esta correlação (B x MO) devido à baixa concentração de B na solução do solo ( $0,5 \text{ mg L}^{-1}$  ou menos) e alta constante de equilíbrio entre a concentração de B na solução e na fase sólida.

Como métodos de extração de B no solo foram utilizados: água quente como método padrão, para extração de B solúvel, e foi submetido a uma comparação com outras três soluções extratoras de B, uma solução salina, solução ácida e por fim uma solução complexante.

Conforme as diferentes forças de extração (em função do pH), para a extração com solução salina utilizou-se sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) devido ao custo e manuseio deste reagente, bem como, a respostas positivas segundo Reis, Lazáro & Silva (2006). O uso de Melich1 é comum para a extração de micro e macro nutrientes no solo como o K, entre outros, sendo sua aplicação associada às análises de rotina, o que torna esse extrator uma alternativa interessante para avaliação da extração de B. A escolha pelo sorbitol também é referente a custo e

facilidade de uso, embora o manitol (outro açúcar simples) já tenha sido testado sem apresentar bons resultados (MORENO 2008).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de extratores de B no solo (sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M, Mehlich1, solução de sorbitol 0,025M e como extrator padrão água quente) em função de doses de B aplicadas, profundidade de amostragem de solo e correlação com os teores de B encontrados no trevo branco.

### 3.2 PARTE EXPERIMENTAL

Foram coletados amostras de solo oriundas de experimento instalado a campo, no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), o qual é cultivado com trevo branco (*Trifolium repens*) desde maio de 2007, cujo delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro repetições. As datas de coletas foram tratadas como parcelas, as sub-parcelas tiveram como tratamento cinco doses de B (0, 0,5;1,0;2,0 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando solução de Ulexita 10% B) e as sub - sub - parcelas foram constituídas pelas profundidades de amostragem de solo (0-5; 5-10 e 10-20 cm). Este delineamento experimental foi aplicado para avaliação de cada extrator em separado.

Para a determinação do B disponível, os extratores testados foram: solução extratora de sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M, Mehlich1( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0125M, HCl 0,05M), solução de sorbitol 0,025M e como extrator padrão a água quente.

A primeira aplicação de B ocorreu no dia 15 de outubro de 2009 à lanço e as quatro coletas, tanto da parte aérea de plantas de trevo como do solo nas profundidades definidas, foram realizadas com intervalos de aproximadamente de dois meses (17/10/2009;15/12/2009; 15/02/2010; 16/04/2010).

Conforme Tabela 01, médias de temperatura e precipitação entre a primeira coleta e última.

Tabela 01: Médias das temperaturas máximas e mínimas e média da precipitação, a cada mês, durante o período de outubro de 2009 a junho de 2010, observadas na Estação Meteorológica do IAPAR, Pato Branco, PR, 2009/2010

Data	Temp. máx.(°C)	Temp. mín. (°C)	Precipitação	Temp. Média (°C)
Out/2009	25,4	15,7	203,0	20,5
Nov/2009	29,2	19,0	124,8	23,3
Dez/2009	29,0	18,5	154,7	22,8
Jan/2010	28,2	19,4	174,3	23,0
Fev/2010	28,6	19,7	163,0	23,4
Mar/2010	27,9	17,0	245,7	21,6
Abr/2010	24,7	14,7	387,4	18,7

Para a determinação do B disponível, em todos os extratores, no solo foram utilizados 10 g de amostra de terra (solo seco a 40°C, até atingir peso constante, moído e peneirado com malha de 10 mesh) com 0,25g de carvão ativado; a seguir foram adicionados 20 mL de solução extratora de sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M, ou água quente, ou Mehlich1, ou solução de sorbitol 0,025M, dependendo de qual extrator estava sendo testado. Posteriormente, as soluções de todos os extratores testados foram encaminhadas para o micro ondas e aquecidas com potência de 490 W durante 10 minutos. As amostras foram filtradas com papel filtro quantitativo (faixa azul), sendo que o filtrado resultante não pode apresentar nenhuma coloração. Acrescentou-se 4 mL de solução de azometina-H a 9% (m/v) em meio de ácido ascórbico a 2% (m/v), a reação se completa em 30 minutos (Figura 01). A leitura final é feita por espectrofotometria a 420nm. O método de extração e determinação de B seguiu metodologia sugerida pela EMBRAPA (2009), onde consta, também, a descrição da preparação de curva de calibração para determinação de B no solo com azometina-H.

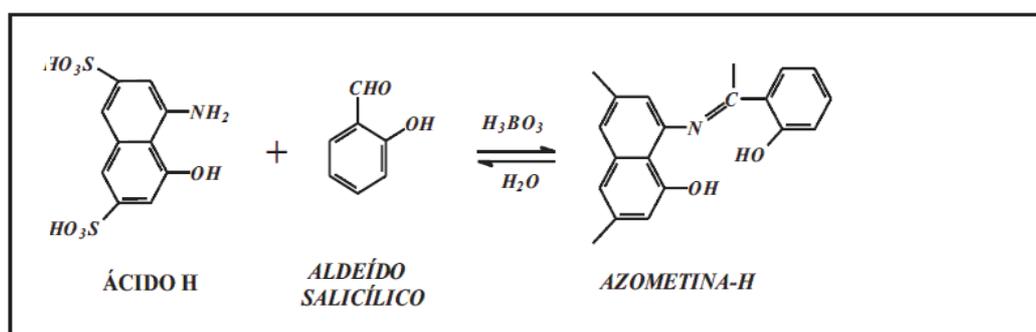


Figura 01 – Reação de condensação da azometina – H.

A concentração de B na planta foi determinada no laboratório do IAPAR (Londrina/PR), baseado na metodologia da EMBRAPA (2009), e com determinação em (ICP OES).

### 3.2.1 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, para cada extrator testado. As variâncias foram avaliadas pelo Teste de Bartlett quanto à homogeneidade. As variáveis que se mostraram homogêneas tiveram os tratamentos avaliados pelo Teste F. Para o fator quantitativo (doses de B) foram ajustadas regressões polinomiais entre os níveis de B (variável independente) com as demais variáveis dependentes buscando o modelo que melhor expressasse esta relação testando o modelo linear e quadrático e a escolha foi baseada na significância do modelo ( $P \leq 0,05$ ) e no coeficiente de determinação dos mesmos. Os fatores qualitativos (data de coleta e profundidade de amostragem) foram submetidos a teste de média (Tukey com nível de significância de 5%).

Quando a interação coleta x doses de B x profundidade de amostragem foi significativa, analisou-se o comportamento das doses crescentes de B dentro de cada profundidade (0-5; 5-10 e 10-20 cm) para cada data de coleta. Para avaliar os fatores significativos foi utilizado o  $R^2$  como coeficiente de determinação.

Como um excelente extrator deveria, em teoria, simular ao máximo o comportamento da planta, para comparar os resultados entre os extratores para B no solo utilizou-se como ferramenta o coeficiente de correlação ( $r$ ) entre a concentração de B no solo com a concentração de B na planta, indicando a eficácia de cada extrator para determinação de B no solo. O programa estatístico utilizado foi o STATGRAPHICS®.

## 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi constatada interação tripla Data de Coleta x Dose x Profundidade ( $P=0,0034$ ) sobre os teores de B do solo extraídos com  $Al_2(SO_4)_3$  0,005M. Conforme os resultados obtidos na Figura 02 observa-se que na profundidade de amostragem superficial (0-5 cm) o extrator recuperou maiores teores do elemento, sendo que a medida que a profundidade do perfil aumentou, os teores de B encontrados no solo diminuiram. Segundo Gupta (2008), o B encontra-se predominantemente ligado à matéria orgânica e como o teor desta diminuiu à medida que se aumenta a profundidade de amostragem do solo, diminuiu-se conseqüentemente a quantidade de B disponível. Entretanto, neste experimento não houve interação entre as doses de B com a MO, assim, verificou-se que o B possivelmente não estava disponível o suficiente no solo para sofrer percolação no perfil.

O extrator também foi capaz de apontar o efeito da aplicação de doses crescente de B no solo, sendo que as melhores correlações foram obtidas nas segunda e terceira coletas (Figura 02), com equações lineares e coeficientes de determinação acima de 0,90 e  $P < 0,005$ .

À medida que as coletas foram executadas os teores de B no solo apresentaram um leve acréscimo como pode ser visto na Figura 02. Contudo, na quarta coleta, observa-se um decréscimo dos teores de B extraídos no solo, para as doses de B aplicadas, maiores de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$ . Justifica-se a resposta do aumento dos teores de B ao longo de seis meses, seguido de decréscimo de B no solo ao tipo de adubação de B utilizada, pois a ulexita tem média baixa solubilidade em água ( $0,60 \text{ ton m}^{-3}$ , a  $20^\circ\text{C}$ ). A liberação de B para o solo ocorreu gradativamente e a perda de B por lixiviação para camadas inferiores a amostrada é constatada entre os meses da terceira (15/02/2010) e quarta coleta (16/04/2010) onde a precipitação médias dos dois meses foi de 316,3 mm, portanto, maior do que nos demais meses.

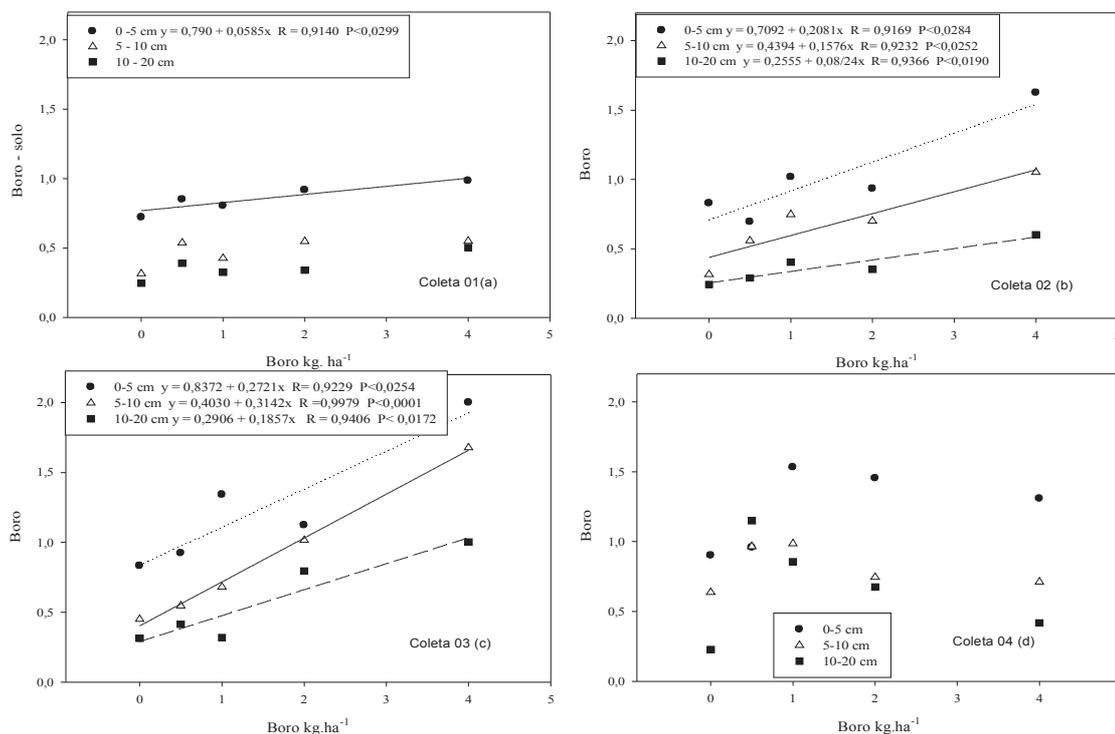


Figura 02 – Teores de B com  $Al_2(SO_4)_3$  0,005M ( $mg\ dm^{-3}$ ) em função das doses de B ( $kg\ ha^{-1}$ ) aplicadas no solo, para as três profundidades amostradas referentes as coletas nos dias (a)17/12/2009; (b)15/12/2009; (c)15/02/2010;(d)16/04/2010.

Foi constatada interação significativa da interação Data de Coleta x Dose x Profundidade ( $P=0,0107$ ) sobre os teores de B do solo extraídos com água quente. A água quente (referência) foi capaz de apontar o aumento de teores de B no solo resultante da aplicação de B no solo em praticamente todas as diferentes profundidades para as quatro coletas realizadas, conforme Figura 03. O comportamento no aumento dos teores de B para as três coletas é semelhante ao extrator de  $Al_2(SO_4)_3$  0,005M, segundo Figura 02. Já para as doses de B avaliadas, o extrator água quente, conseguiu identificar as doses, entretanto, encontrou-se equações polinomiais quadráticas para as coletas 2 e 3 e manteve-se os valores de  $R^2$  acima de 0,90 com  $P < 0,005$ . Ainda, em relação à extrator água quente pelo método modificado (micro ondas) houve discriminação dos efeitos da aplicação de B e da profundidade, entretanto, este procedimento de extração possui uma etapa de filtração com papel quantitativo (faixa azul) bastante lenta e é dificultado pelo manuseio com a água quente.

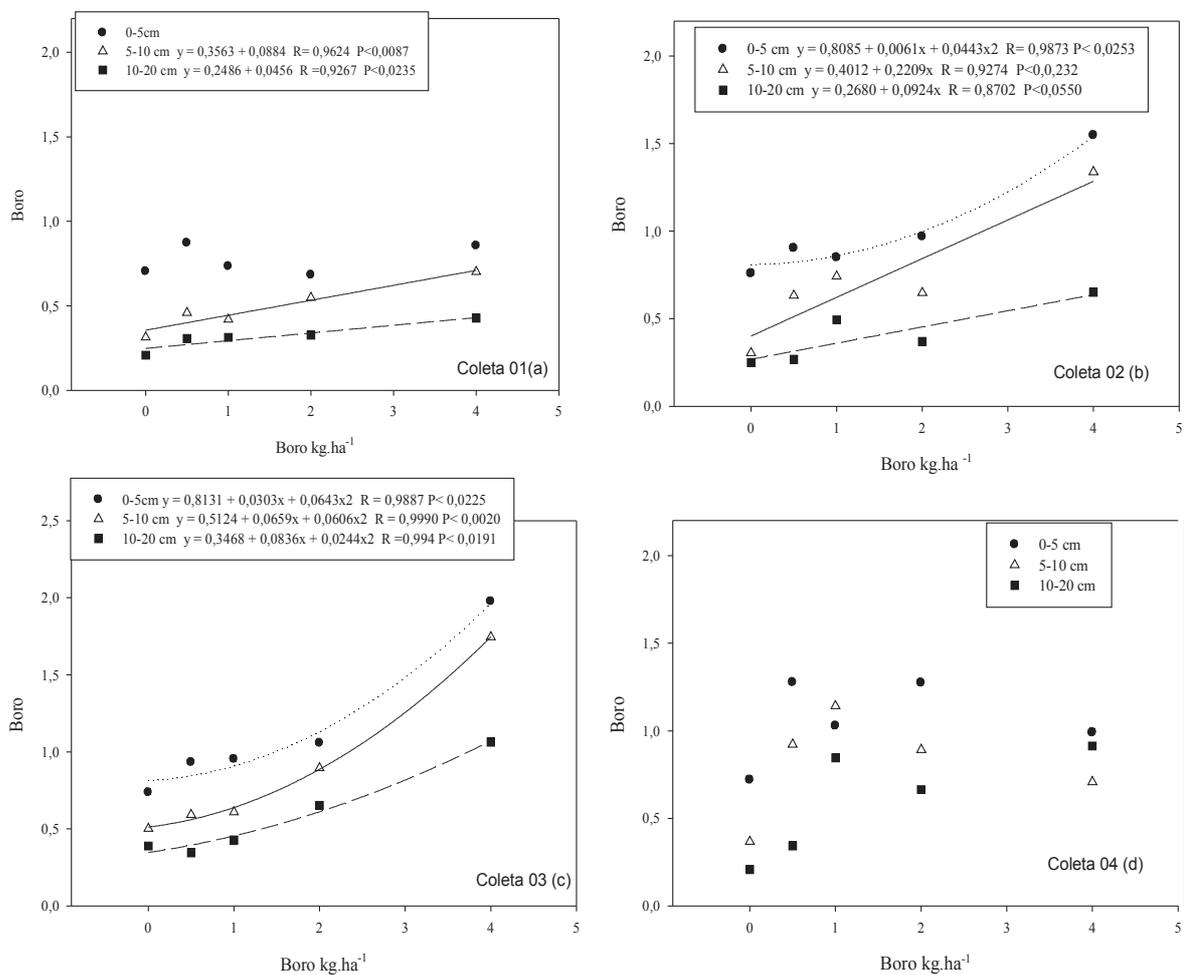


Figura 03 – Teores de B com água quente ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função das doses de B ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicadas no solo, para as três profundidades amostradas referentes as coletas nos dias (a)17/12/2009;(b)15/12/2009; (c)15/02/2010; (d)16/04/2010.

Há interação altamente significativa da interação Data de Coleta x Dose x Profundidade ( $P=0,0294$ ) sobre os teores de B do solo extraídos com Mehlich1. O extrator de Mehlich1 (Figura 04) demonstra eficiência na identificação das profundidades, nas doses de B testadas para as quatro coletas. O comportamento identificado para os extratores  $Al_2(SO_4)_3$  0,005M e água quente de acréscimo de teores de B com as coletas segue o mesmo padrão para o Mehlich1 (Figura 04). Ao contrário do resultado de significância do extrator de Mehlich1 para com as doses de B aplicadas no solo, pois para os autores Bataglia & Raij (1990) o extrator Mehlich1 não foi eficiente na discriminação do efeito da adição de doses crescentes de B ao solo.

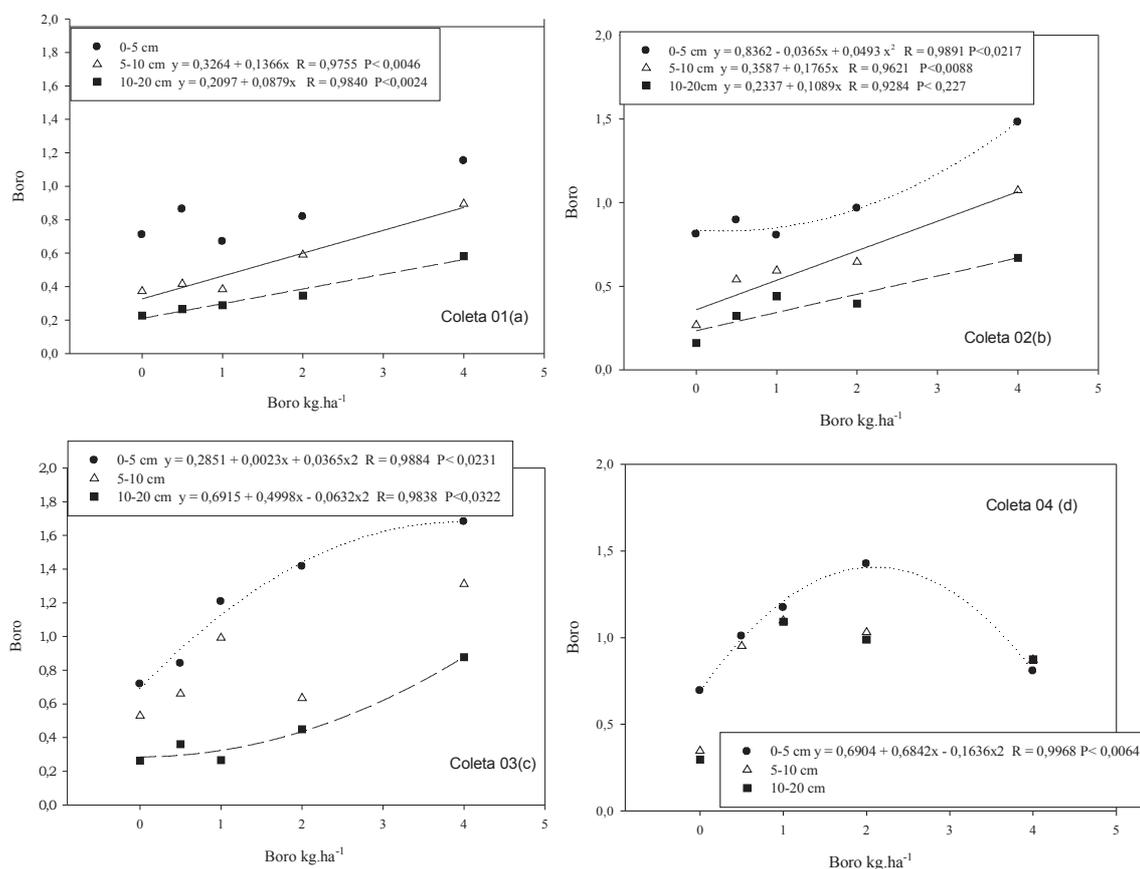


Figura 04 – Teores de B com Mehlich1 ( $mg\ dm^{-3}$ ) em função das doses de B ( $kg\ ha^{-1}$ ) aplicadas no solo, para as três profundidades amostradas referentes as coletas nos dias (a)17/12/2009; (b)15/12/2009; (c)15/02/2010; (d)16/04/2010.

O uso do extrator Mehlich1 apresenta vantagem no procedimento de filtração por ser mais rápido, comparativamente a água quente o Mehlich1 também discriminou o efeito das doses de B aplicadas no experimento, bem como, o efeito das três profundidades amostradas.

Constata-se no Apêndice D que o extrator sorbitol 0,025M (Figura 05) foi eficiente apenas o efeito das doses de B aplicadas para cada coleta realizada, sem ser eficiente em detectar as diferenças de concentração provocadas pelas distintas profundidades de amostragem e épocas de avaliação.

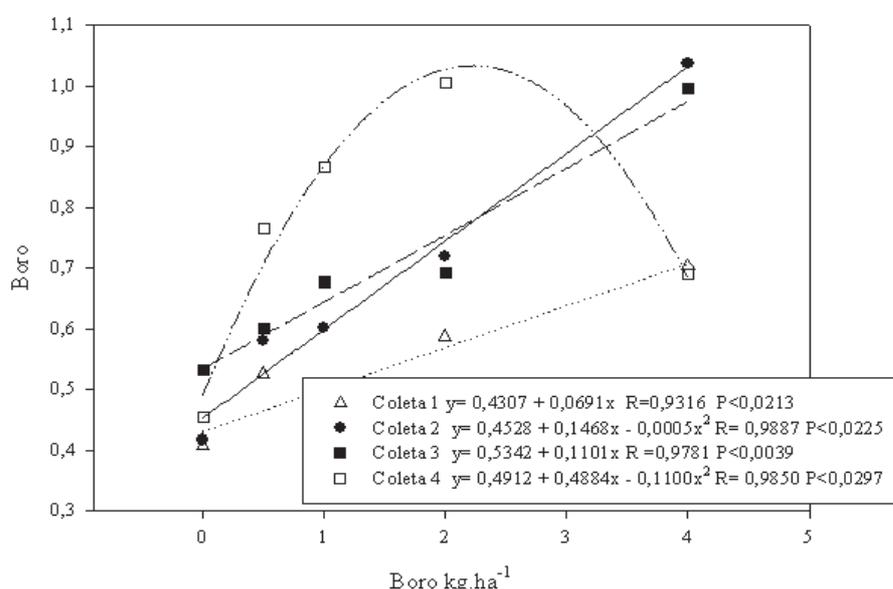


Figura 05 – Teores de B com sorbitol 0,025M ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) em função das doses de B ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicadas no solo, para as quatro coletas.

Observa-se na Tabela 02 que quando se correlacionou os valores médios ( $n=80$ ) dos teores de B no solo extraídos com o  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M com os teores de B na planta de trevo-branco, encontra-se uma correlação de 0,92 sendo altamente significativa. Cruz & Ferreira (1984) utilizando solução salina em solos do Estado de São Paulo, encontraram valores de correlação 0,74 entre teores de B solo extraídos com  $\text{CaCl}_2$   $\text{g. L}^{-1}$  no cultivo com o sorgo. Reis, Reis e Silva (2006) também utilizaram extração salina para determinação de B no solo, em LATOSSOLO vermelho escuro, comparando soluções de  $\text{CaCl}_2$  0,005M,  $\text{BaCl}_2$  0,005M e  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M e verificaram melhores resultados do coeficiente de determinação para o  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ( $R^2 = 0,996$ ) entre os extratores salinos utilizados.

Tabela 02 – Correlações entre a concentração de B na planta com as concentrações de B no solo para cada extrator ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M, água- quente, Mehlich1 e sorbitol 0,025M).

	<b>B - Planta</b>	<b>B – <math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math></b>	<b>B-água quente</b>	<b>B – Mehlich1</b>	<b>B - sorbitol</b>
<b>B - planta</b>	_____	<b>0,92**</b>	0,54**	0,51**	0,67**
<b>B- <math>\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3</math></b>	0,92**	_____	0,60**	0,51**	0,61**
<b>B-água quente</b>	0,54**	0,60**	_____	0,75**	0,68**
<b>B- Mehlich1</b>	0,51**	0,61**	0,75**	_____	0,70**
<b>B - sorbitol</b>	0,67**	0,61**	0,68**	0,70**	_____

\*\* Resultados altamente significativo ( $P < 0,01$ ),  $n=80$ .

A correlação entre os teores de B no solo extraídos com água quente com a concentração de B na planta de trevo branco foi de 0,54 (Tabela 02). Em Minas Gerais, Ribeiro & Tucunango Sarabia (1984), trabalhando com cinco LATOSSOLOS que receberam adição de B e cultivando sorgo, obtiveram coeficientes de correlação entre B no solo e B na planta de 0,65 para água quente. Já Cruz & Ferreira (1984), utilizando solos do Estado de São Paulo, encontraram valores, 0,68 para o método da água quente modificado com cultura de girassol. Ressalta-se que mesmo sendo a água quente o extrator padrão da maioria dos laboratórios de análise de solos no Brasil, o valor de correlação observado no presente estudo foi menor que o observado quando utilizado o extrator de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M.

Para a correlação de B no solo e B na planta com o Mehlich1, mesmo com comportamento de interações semelhante a água quente, a correlação é baixa ( $r = 0,51$ , Tabela 02) em relação ao extrator  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M ( $r = 0,92$ , Tabela 02).

Ribeiro & Tucunango Sarabia (1984) encontraram correlação de 0,58 para o Mehlich1, no cultivo com o sorgo. Bataglia & Raij (1990) testaram os extratores Mehlich1 e água quente para avaliar a disponibilidade de B em 26 amostras de solos do Estado de São Paulo e também concluíram que o Mehlich1 foi menos eficiente que a água quente apresentando baixo coeficiente de correlação com a absorção de B pelas plantas de girassol. Em outro experimento realizado no Rio Grande do Sul, Bartz & Magalhães (1975) trabalhando com sete amostras de solos que receberam adição de B, constataram um valor de coeficiente de correlação, entre os teores de B no solo e a concentração de B em plantas de alfafa: de 0,87 quando utilizado o extrator Mehlich1, demonstrando um bom valor de correlação. Assim, em geral, os extratores ácidos, principalmente o Mehlich1, têm se comportado de maneira semelhante à extração com água quente naqueles experimentos que receberam doses crescentes de B.

O estudo de solução de sorbitol 0,025M como extrator quelante se deve a função da mobilidade do B no xilema de plantas ricas em sorbitol e que conseqüente o sorbitol funcione como base de Lewis, complexando os íons de B presentes na solução do solo (LEITE 2002). Assim, o sorbitol apresentou uma correlação de B no solo com o B na planta de 0,63, Tabela 02, este valor é inferior ao valor encontrado como o  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M, mas superior ao da água quente. Em LATOSSOLO vermelho amarelo, Moreno et al. (2008) utilizou uma combinação de solução salina (KCl 1M) com solução quelante (Manitol) e concluiu que esta combinação não era mais eficiente que a extração padrão de água quente.

### 3.4 CONCLUSÕES

O  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  0,005M foi o extrator que apresentou maiores valores de correlação entre os valores do nutriente B na planta com o valores do mesmo no solo, sendo este coeficiente maior do que o coeficiente de correlação do extrator água quente, o qual é o extrator padrão de B normalmente utilizado nos laboratórios de análise de solo do sul do Brasil. Além disto, o  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  apresentou uma vantagem nas análises de B em LATOSSOLO, pelo método de determinação

colorimétrica com a azometina-H, porque diminui a interferência da argila no desenvolvimento da cor para leitura em espectrofotômetro.

A Ulexita apresentou uma liberação lenta do nutriente B no solo sendo que os maiores teores de recuperação de B no solo pelos diversos extratores foram observados, em geral, após seis meses de aplicação.

#### **4 ACIDIFICAÇÃO DE SOLO EM FUNÇÃO DA REMOÇÃO DA PARTE AÉREA DE PLANTAS DE TREVO**

**Abstract:** The objective of this study was to evaluate the effects of removing shoots of clover plants grown in an Oxisol, on rates of soil acidification (pH, H + Al, Al, base saturation, Ca, Mg and K ). The study was conducted at Regional Research Unit Duck White IAPAR. The experimental design was randomized blocks with sub plot - sub divided, with four replications. The plots were treated as two management shoots of clover plants (cutting and not cutting and removal of the vegetative part), subplots were added in increasing doses of B (0, 0.5, 1.0, 2.0; 4.0 kg ha<sup>-1</sup>) and sub - sub plots were divided into three soil sampling depths (0-5 cm, 5-10 cm and 10-20 cm). It was found that the cutting and subsequent removal of the shoots caused reduction of pH and base saturation rate and increased levels of Al, especially in the two deeper layers of sampling. The withdrawal of the area of material cut interrupts the cycling of Ca, Mg and K causing a decline thereof, and consequently the increase of Al and H in the complex soil cation exchange, which causes acidification. Thus, production systems of silage and hay should constantly make the liming operations.

**Keywords:** calcium, potassium, magnesium, base saturation, aluminum toxicity, soil pH

##### **4.1 INTRODUÇÃO**

Os solos acidificam-se naturalmente à medida de milhões de anos e a acidez do solo varia de acordo com o tipo de rocha originária do solo, do tempo de existência e do clima local. Como resultado, alguns solos podem ser naturalmente muito ácidos (pH baixo), enquanto outros são muito mais alcalinos (pH elevado). Segundo Ernani (2008), a quase totalidade dos solos brasileiros é naturalmente ácida, em função do alto grau de intemperização e da intensa lixiviação de bases.

Assim, a acidez é um dos principais atributos químicos relacionados com o desenvolvimento das plantas, pois determina a existência ou não de elementos fitotóxicos, e afeta a disponibilidade de quase todos os nutrientes

essenciais no solo. Uma vez que os solos brasileiros são naturalmente mais ácidos verifica-se que os sistemas de produção agrícola aumentam a taxa de acidificação do solo. As razões para este aumento de taxa podem ser explicadas pela remoção do produto de exploração agrícola, lixiviação de nitrogênio abaixo da zona das raízes das plantas, uso inadequado de fertilizantes (quantidade e forma do nutriente) e, baixa matéria orgânica no solo (RENGASAMY & BOURNE, 1997).

A acidificação do solo com adubos nitrogenados deve-se ao processo de nitrificação do amônio, que inicialmente aumenta o pH e depois provoca uma diminuição, pois há liberação de  $H^+$  (baixa o pH) e o íon nitrato bastante solúvel acompanha o fluxo de infiltração da água pelas camadas do perfil do solo. Além da acidificação, a adubação nitrogenada altera outros atributos químicos do solo, tais como: teor de Al trocável, redução da CTC e das bases trocáveis. (LANGE et al., 2006). Mesmo quando há o uso da adubação verde com a parte aérea da planta e de seus sistemas radiculares ocorre a acidificação do solo devido a liberação de íons de hidrogênio para o solo resultando na sua acidificação (ROSOLEM, FOLONI & OLIVEIRA, 2003).

Em um sistema de exploração de produção animal, o manejo do solo (plantio direto/convencional), bem como, o manejo das pastagens (contínuo/rotacional/contínuo em faixas) ou mesmo o manejo do corte da pastagem para produção de silagem ou feno são operações importantes a serem realizadas. Apesar de serem tecnologias simples, o preparo do solo, manejo de pastagem e extração da parte aérea da planta, compreende um conjunto de práticas que, quando usado racionalmente, pode permitir uma alta produtividade das culturas a baixos custos, mas pode também, quando usado de maneira incorreta, levar rapidamente um solo à degradação física, química e biológica e paulatinamente, diminuir o seu potencial produtivo (ASSMANN, BRUGNARA & ASSMANN, 2008).

A alfafa é uma das forrageiras mais utilizadas para a produção de feno. Da mesma forma, embora não seja utilizado de forma tão tradicional quanto a alfafa, a remoção da parte aérea de plantas de trevo pode ser utilizada para produção de feno, segundo Assmann (2009), o trevo branco chega a apresentar  $30,31g\ kg^{-1}$  de N foliar demonstrando-se ser de alta qualidade protéica.

A remoção da parte aérea de plantas cultivadas, seja para produção de silagem ou para a produção de feno, causa acidificação do solo e altera o balanço nutricional do sistema, uma vez que os processos de extração de bases do solo são intensificados devido aos constantes corte, e sendo que o material cortado é retirado da área de cultivo o que provoca alta taxa de exportação de nutrientes.

Vitti & Nussio (1994) propuseram que devido à atividade de ensilagem extrair grandes quantidades de nutriente é fundamental a prática corretiva da acidez do solo (calagem) e adubação de manutenção, fornecendo principalmente N e K, sendo este último responsável pela qualidade do material ensilado.

O aumento da disponibilidade de Al no solo associado com a diminuição do pH é o principal problema para produção de pastagens em solos ácidos (ERNANI, 2008) . Outras perdas de produtividade resultantes das reduções da atividade de microrganismos benéficos do solo, provocadas pela acidez do solo, podem acarretar diminuição do processo de fixação biológica de nitrogênio no caso das leguminosas (UPJOHN, FENTON & CONYERS, 2005).

A aplicação de B indiretamente poderia provocar acidificação dos solos, uma vez que este nutriente aumentaria a produção de matéria seca de leguminosas, e por provocar aumentos da eficiência dos processos de fixação biológica de N, aumentando desta forma a concentração de N nas plantas que receberam aplicações de B. Assmann (2009), em fase anterior deste experimento, constatou aumentos de produção de matéria seca e de produção de N provocados pela adição de B.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de doses crescentes de B em um Latossolo vermelho distroférico e da remoção da parte aérea de plantas trevo branco, sobre os índices de acidificação de solo (pH,  $H + Al$  , Al, Saturação por Bases, Ca, Mg e K) avaliados em três profundidades de amostragem de solo.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Unidade Regional de Pesquisa de Pato Branco do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) e o solo foi cultivado com trevo

branco (*Trifolium repens*) desde maio de 2007, segundo croqui (ANEXO 1). As características químicas antes da aplicação da adubação boratada encontram-se na Tabela 03.

Tabela 03 - Características químicas do solo antes do início do experimento, Pato Branco, PR, 2009.

Prof.	pH	MO	Al <sup>3+</sup>	H+Al	Ca	Mg	K	V
<i>Cm</i>	<i>CaCl<sub>2</sub></i>	<i>g dm<sup>-3</sup></i>	.....	.....	<i>Cmol<sub>(c)</sub> dm<sup>-3</sup></i>	.....	.....	%
0 – 5	5,2	71,2	0,00	7,13	6,15	3,40	0,45	56
5 -10	5,2	61,3	0,05	7,13	5,60	3,30	0,13	55
10 – 20	5,2	56,8	0,07	7,13	4,60	3,09	0,08	51

O delineamento experimental foi blocos ao acaso com quatro repetições arranjados em parcela subdividida. As parcelas foram constituídas pelo tipo de manejo do corte aplicado (com ou sem corte da parte aérea), as sub - parcelas constituídas pela aplicação de cinco doses de B (0, 0,5;1,0;2,0 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>, utilizando solução de Ulexita 10% B) e as sub - sub - parcelas foram constituídas pelas profundidades de amostragem de solo (0-5; 5-10 e 10-20 cm).

A primeira aplicação de B ocorreu no dia 15 de outubro de 2009. Nas datas 17/10/2009, 15/12/2009; 15/02/2010; 16/04/2010; 16/06/2010 foram realizados os cortes e remoção da parte aérea de plantas de trevo nas parcelas em que era preconizado tal tratamento. A análise química de solo foi realizada antes do primeiro corte (13/10/2009) e depois da última data de corte (16/06/2010). Houve a calagem da área do experimento no dia 23/11/2009 com 2.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 100%), aplicados na superfície.

Para a determinação das análises químicas de pH CaCl<sub>2</sub>, H + Al , Al, Saturação de Bases, Ca, Mg e K no solo foram utilizados amostra de terra (solos seco a 40°C, até atingir peso constante, moído e peneirado com malha de 10 mesh) e analisados segundo método IAPAR (1992).

#### 4.2.1 Análise estatística

As variâncias dos resultados obtidos foram avaliadas pelo Teste de Bartlett quanto à homogeneidade. As variáveis que se mostraram homogêneas tiveram os tratamentos avaliados pelo Teste F. Para o fator quantitativo (doses de B) foram ajustadas regressões polinomiais quando foi possível obter equações com  $R^2$  (coeficiente de determinação) e  $P < 0,005$  significativos. O programa estatístico utilizado foi o STATGRAPHICS®.

#### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi constada influência das doses crescentes de B com a concentração de Ca e Mg. Nas Figura 07 e 08 constata-se o aumento na concentração de Ca e Mg juntamente com as doses de B. O aumento das concentrações de Ca e Mg ocorreram devido a calagem realizada entre o início do experimento e a coleta para estudo, mas indiretamente o B contribuiu para a disponibilidade destes dois nutrientes na solução do solo. O extrator retira a forma trocável ou que esta adsorvido e a contribuição da solução é muito pequena. Logo, o melhor seria na forma trocável. O ácido bórico reage com água e forma um ânion  $H_4BO_4^-$  funcionando como ácido de Lewis e com pequena constante de dissociação ( $pK_a=9,2$ ) liga-se com os cátions presentes na solução (MEURER, 2010). Constatou-se maior presença na superfície de Ca e Mg, primeira profundidade (0-5 cm), segunda (5-10 cm) onde a concentração de Ca foi de  $6,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $5,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg  $3,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $2,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente (40 casos), comprovando a baixa solubilidade dos cátions provenientes do ânion carbonato (calcário) (ERNANI, 2008).

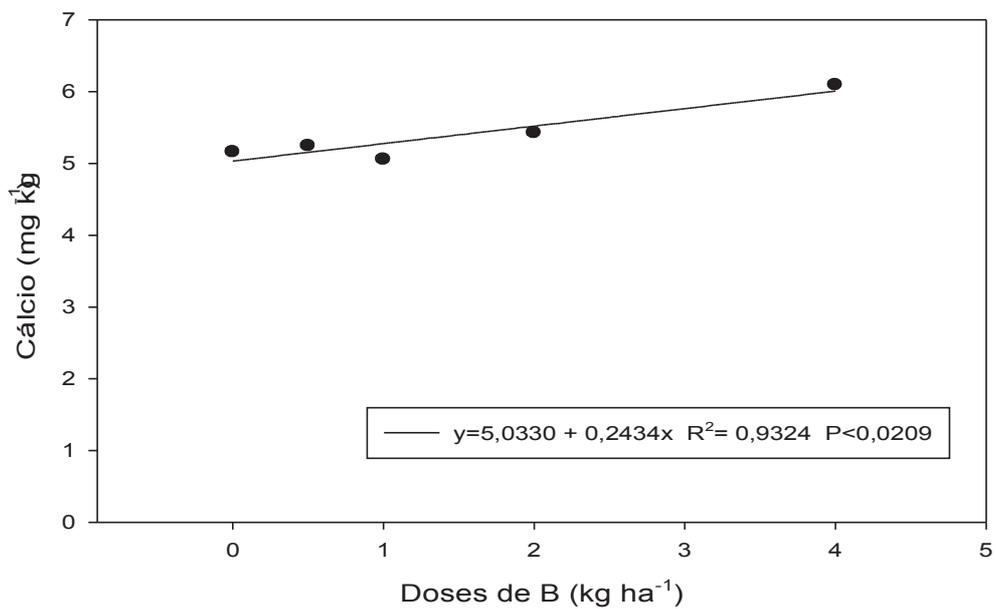


Figura 07 – Doses crescentes de B na concentração de Ca trocável de um LATOSSOLO vermelho distroférico cultivado com trevo branco.

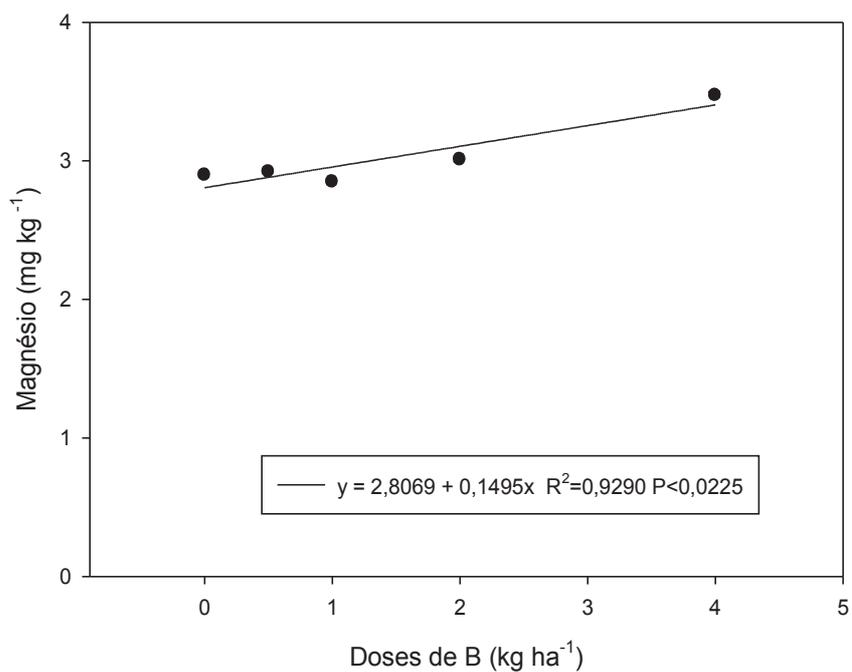


Figura 08 – Doses crescentes de B na concentração de Mg trocável de um LATOSSOLO vermelho distroférico cultivado com trevo branco.

Além disso, a retirada da parte aérea do material cortado aumenta a extração das bases Ca, Mg e K, que são nutrientes essenciais para o crescimento da planta, provocando decréscimo com o manejo de corte e remoção da parte aérea da planta; 5,1 mg kg<sup>-1</sup> de (com corte) para 5,6 mg kg<sup>-1</sup> (sem corte), 2,8 mg kg<sup>-1</sup> de (com corte) para 3,2 mg kg<sup>-1</sup> de (com corte); 0,1 mg kg<sup>-1</sup> de (com corte) para 0,2 mg kg<sup>-1</sup> de (com corte), respectivamente. Contudo, também ocorreu à redução da saturação por bases com o manejo do corte, sendo de 62,7 V% para com corte e de 65,8V% para sem corte, e aumento nos teores de Al no solo (0,08 mg kg<sup>-1</sup> para o corte e 0,03 mg kg<sup>-1</sup> para sem corte) causando maior tendência a acidificação no solo que recebeu o tratamento do corte com a remoção da parte aérea do trevo branco.

Houve um incremento na saturação por bases em função das doses crescentes de B (Figura 09) e diminuição da saturação por bases ao longo do perfil (0-5; 5-10; 10-20 cm); 68,6 V%, 62,2 V% e 62,0 V%, respectivamente. Demonstrando as necessidades nutricionais do solo para cultivo de pastagens para a produção de feno ou silagem.

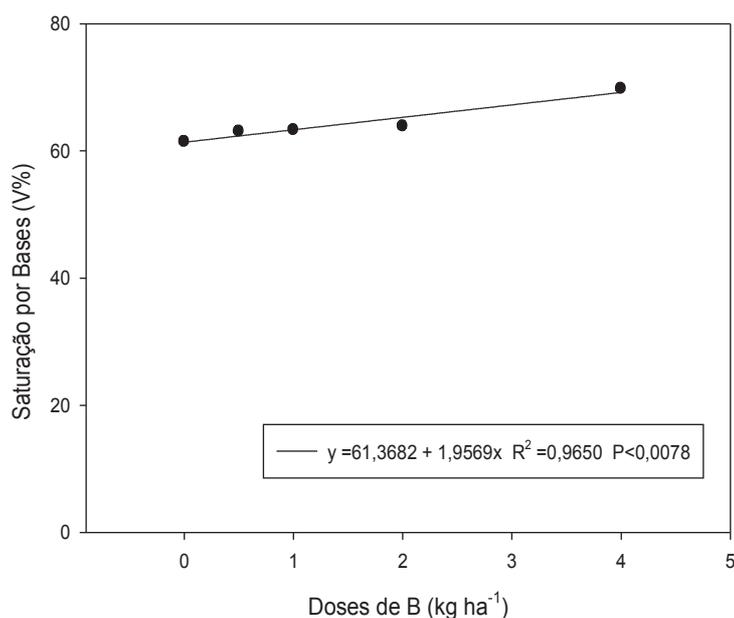


Figura 09 – Doses crescentes de B na Saturação por Bases (V%) de um LATOSSOLO vermelho distroférico cultivado com trevo branco.

Da mesma forma na Figura 10, constata -se que a concentração de H + Al diminui com as doses de B, juntamente com um pequeno aumento no pH (Figura 11).

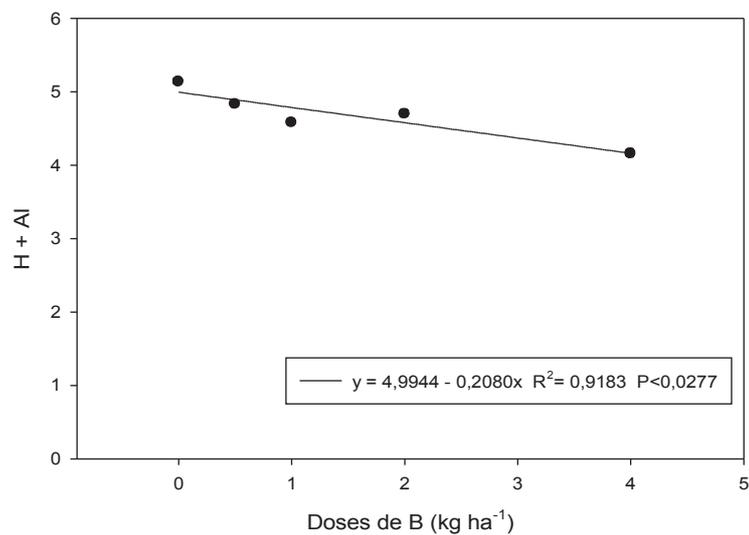


Figura 10– Doses crescentes de B na H + Al de um LATOSSOLO vermelho distroférico cultivado com trevo branco.

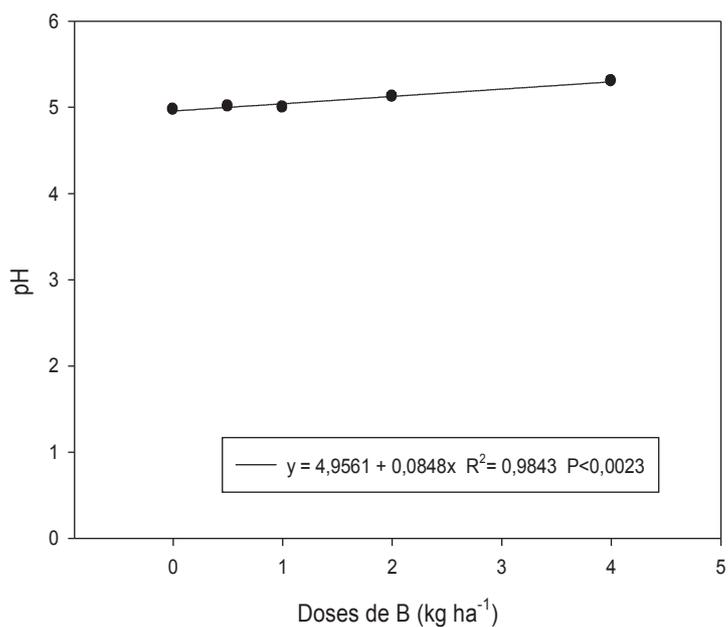


Figura 11 – Doses crescentes de B no pH de um LATOSSOLO vermelho distroférico cultivado com trevo branco.

Mesmo não sendo grande o acréscimo de pH constata-se que o manejo do corte e remoção da parte aérea (pH=5,0) provoca mais efeito de acidificação do solo do que demonstrou o tratamento das parcelas sem corte (pH=5,2).

#### 4.4 CONCLUSÕES

A remoção constante da parte aérea de forrageiras provoca acidificação do solo, aumento de elementos tóxicos como o Al, aumento na extração de Ca, Mg e K do solo, sendo assim, sistemas de produção de silagem e de feno devem constantemente repor bases ao solo via calagem.

A adição de doses crescentes de B no solo provocou o aumento da saturação de bases e aumentou o pH do solo.

#### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a dissertação foi possível estabelecer um novo protocolo de extração para as análises de B melhorando a confiabilidade dos resultados laboratoriais, para LATOSSOLO cultivado com trevo branco. Também, a utilização da ulexita como adubação boratada foi interessante, pois houve resposta para o trevo branco e avaliação da liberação de B para o solo.

Assim, como em toda pesquisa, existiram dificuldades para compra de reagentes e materiais, bem como, após execução do experimento verificou-se algumas falhas no planejamento do terceiro capítulo com a intervenção da calagem.

Para trabalhos futuros, e em vista da influência do tipo de solo e cultivo da planta é necessário que haja novas avaliações com a utilização de outros solos e cultivares.



## REFERÊNCIAS

- ABREU, C.A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G.C.G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). Fertilidade do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 645-736. IBN 978-85-86504-08-2.
- ABREU, C. A. de; ABREU, M. F.; VAN RAIJ, B.; BATAGLIA, O.C.; ANDRADE, J. C. de. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICP OES determination. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 25, n. 19-20, p. 3321-3333, 1994.
- ALCANTARA, P. B., BUFARAH, G. Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas. Editora Nobel. São Paulo, 1999.
- ARRUDA, R. L. V., CASARIN V., PAULA, T. A., SILVEIRA, R. I. Nutrição e Adubação com boro em *Eucalyptus*. Agroflorestal. Piracicaba, São Paulo, 2008.
- ASSMANN, A. L., SOARES A. B., ASSMANN T. S. Integração Lavoura Pecuária para a Agricultura Familiar. IAPAR. Governo do Estado do Paraná, Londrina, 2008.
- ASSMANN, J. M. Produção de Forragem e Sementes de Trevo Branco (*Trifolium Repens L.*) em Função de Manejos de Corte e Doses de Boro. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.
- BARTZ, H.R. & MAGALHÃES, A.F. Avaliação da disponibilidade de boro através de soluções extratoras em alguns solos do Rio grande do Sul. *Agronomia Sul Rio Grandense*, v.11, p. 89-96, 1975.
- BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. Eficiência de extratores na determinação de boro em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 14, p. 25-31, 1990.
- BRANDÃO, R. P. Fonte de boro às plantas: ulexita vs. Gran Boro 10. Difusão de Tecnologia. Informativo Bio soja. Março,2007. p.14-15.
- BERGER, K.C. & TRUOG, E. Boron determination in soils and plants using. *Ind. Chem. Anal.*, ed., Washington, v.1, p. 540-545, 1939.
- BOARETO, M. R. Boro ( $^{10}\text{B}$ ) em laranjeira: absorção e mobilidade. 2006. Tese (Doutorado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- BULL, B. Nutrição de Plantas e Fertilidade do Solo, Hi-Fert, 1997.

CHAVES, F. S.; NOGUEIRA A. R. de A.; SOUZA G. B.; PRIMAVESI A. C. Avaliação de procedimento de extração e determinação de B em amostra de solos São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. ISSN 1517-19. ISSN17-198 ISSN 1517-198

CRUZ, M.C.P. & FERREIRA, M.E. Seleção de métodos para avaliação do boro disponível em solos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 19, p. 1457-1464, 1984.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, 1ª edição, 370p. 1999.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, 2ª edição, 410p. 2009.

EMBRAPA, IAPAR. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Instituto Agrônomo do Paraná. Mapa de Solos do Estado do Paraná. Rio de Janeiro, 74p. 2008.

ERNANI, P. R. Química do solo e disponibilidade de nutrientes. UDESC, Lages, SC, 2008, 230p.

FERREIRA, G. B.; FONTES, R. L. F.; FONTES, M. P. F.;ALVAREZ VENEGAS, V. H. Comparing calcium chloride, barium chloride, and hot water extractions and testing activated charcoal plus azomethine-H dosage for boron determination in Brazilian soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 32, n. 19-20, p. 3153-3167, 2001.

FERREIRA, G. B.; FONTES, R. L. F.; FONTES, M. P. F.;VENEGAS, V. H. A., FONTES, M. P. F.; PEREIRA, J. M. N. Interferência de ferro na dosagem de boro no solo com azometina-H em soluções extratoras ácidas. Pesquisa Agropecuária Brasileira v. 37, n. 9, Brasília, setembro de 2002.

FERREYRA, F.; SILVA, F. R. Frações de boro e índices de disponibilidade em solos do estado do Ceará. Revista Brasileira de Ciências do Solo, Campinas, v.23, p. 227-236, 1999.

FURLANETTI, A. C.; BRAMBILLA, E. Produção, utilização e comercialização do feno. Revista Multidisciplinar da UNIESP. Saber Acadêmico, n. 6. Dez. 2008.

GARDA, G. M.; SCHORSCHER, J. H. D.; BELJAVSKIS, P.; MANSUETO, M. de S.; NAVARRO, M. S.; MOTA, A. A. Composição Química da Turmalina de Turmalinitos Estratiformes da Mina de Passagem de Mariana, Sudeste do Quadrilátero Ferrífero (MG). Revista do Instituto de Geociências – USP. São Paulo, v. 9, n. 2, p. 3-22, junho 2009.

GIBSON, P.B., COPE, W.A. Clover science and technology, White clover, ed Taylor N.L. (American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI), v. 25, p. 471–488, 1985.

GOMIDE L. A. M.; RAMOS E. M., FONTES P. R. Tecnologia de Abate e Tipificação de Carcaças. ed. UFV, p. 19 – 20, 2006.

GUPTA U. C. Essential Elements—Micronutrients. Agriculture and Agri-Food Canada, Charlottetown, Canada, 2008.

GUPTA, U. C. et al. Boron toxicity and deficiency: a review. Canadian Journal of Soil Science, v.65, p.381-409, 1985.

HELYAR, K. Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos. Potafos. Informações Agronômicas nº104 – Dezembro, 2003.

IAPAR. Manual de análise química de solo e controle de qualidade. Londrina, 39p, 1992.

JIN, J. Y.; MARTENS, D. C.; ZELAZNY, L. W. Distribution and plant availability of soil boron fractions. Soil Sci. Soc. Am. J. v. 51, 1987.

KABATA – PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Element of group III. Trace element in soils and plants. 1ª edição. Boca Raton: CRC Press, 1984. p127-134.

LEITE, V.M. Absorção e translocação do boro em cafeeiro, 2002. 105f. Tese (Doutor em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade do Estado de São Paulo, Botucatu, 2002.

LOPEZ, R.R. Avaliação do potencial de produção de sementes de acessos de trevo branco (*Trifolium repens* L.). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 173p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Plantas Forrageiras) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. Editora Agronômica Ceres LTDA. São Paulo, 1980.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2nd. ed. San Diego, USA: Academic Press, 1995. 889 p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 655 p.

MEURER, E. J. Fundamentos de Química do Solo. Editora Evangraf LTDA, 4ª edição, Porto Alegre, 2010.

MORENO, M.; VIANA, F. de S.; OLIVEIRA, F. A.; CASTRO, C.; OLIVEIRA JR., A.; OLIVEIRA NETO, W.; ORTIZ, F. R. XIII Encontro de Química da Região Sul (13-SBQ Sul), 2008.

MOTTA, A. C. V.; MELO, V. F. Capítulo XVII – Química dos solos ácidos. SBCS, Viçosa, 2009, p. 314 – 380.

OLIVEIRA, I. P.; SANTOS, K. J. G.; MOEIRA, F. P. Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos. Goiás, v. 1, n. 1, p. 01-12, 2005.

OLIVO, C. J.; ZIECH, M. F.; BOTH, J. F.; MEINERZ, G. R.; TYSKA, D. & VENDRAMI, T. Forage production and stocking rate on elephantgrass pastures mixed with ryegrass, spontaneous growth species and white clover or forage peanut. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 38, n. 1, 2009.

PAIM, N. R.; RIBOLDI, J. Duas novas cultivares de trevo-branco comparadas com outras disponíveis no Rio Grande do Sul, em associação com gramíneas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 29, n. 1 p. 43-53, 1994.

PAVAN, M. A.; CORREA, A. E. Reações de equilíbrio solo-boro. Pesq. Agropec. Bras., v. 23(3), p. 261-269, Brasília, 1988.

PEREIRA, J. M. Produção e persistência de leguminosas em pastagens tropicais. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 2., 2001, Lavras. Anais... Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. p. 111-142.

REIS C., LÁZARO E., SILVA C. A. MODIFICATION OF PROCEDURE FOR EXTRACTION OF BORON IN SOILS. RECIE, Uberlândia, v. 15, n. 1/2, p. 91-94, jan.-dez. 2006, 1991.

RENGASAMY, P. Gestão solos sódicos, ácidos e salinos, CRC para Soil & Land Management, 1997, J Bourne.

RIBEIRO, A. C. & TUCUNANGO SARABIA, W. A. Avaliação de extratores para zinco e boro disponíveis em latossolos do Triângulo Mineiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 8, p. 85-89, 1984.

ROSOLEM, C. A., FOLONI, J. S. S. e OLIVEIRA, R. H. Dinâmica do nitrogênio no solo em razão da calagem e adubação nitrogenada, com palha na superfície. Pesq. agropec. bras., fev. 2003, v. 38, n. 2, p. 301-309.

SANTOS, I.P.A.; PINTO, J.C.; SIQUEIRA, J.O. et al. Influência do fósforo, micorriza e nitrogênio no conteúdo de minerais de *Brachiaria brizanta* e *Arachis pintoi* consorciados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.2, p.605-616, 2002.

SCHEFFER-BASSO, S.M.; VENDRUSCULO, M.C.; CECCHETTI, D. Desempenho de leguminosas nativas (*Adesmia*) e exóticas (*Lotus*, *Trifolium*), em função do estágio fenológico no primeiro corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.1871-1880, 2005.

SILVA, Fábio Cesar da,/ Editor Técnico. Manual de Análises Químicas do solo, plantas e fertilizantes – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SIMS, J. T.; JOHNSON, G. V. Micronutrient soil tests. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. F.; SHUMAN, L. M.; WELCH, R. M. (Eds.). *Micronutrients in agriculture*. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 472.

SIMSEK, A.; KORKMAZ, D.; VELIOGLU, Y. S.; ATAMAN, O. Y. Determination of boron in hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties by inductively coupled plasma optical emission spectrometry and spectrophotometry. *Food Chemistry*, Oxford, v. 83, p. 293-296, 2003.

SUN, D. H.; WATERS, J. K.; MAWHINNEY, T. P. Determination of total boron in soils by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry using microwave-assisted digestion. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 12, n. 15-16, p. 2493-2503, 1998.

UPJOHN, B.; FENTON, G.; CONYERS, M. *Soil acidity and liming*. 3. ed. Agfact AC, New South Wales, 2005.

VALE, F.; ALCARDE, J. C. Solubilidade e disponibilidade dos micronutrientes em fertilizantes. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 23, p. 441 – 451, 1999.

VITTI, G. C.; NUSSIO, L. G. Correção do solo e adubação de culturas de milho e sorgo de alta produtividade para silagem. In: *Simpósio sobre nutrição de bovinos*, 4. Piracicaba, 1991. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 1 -58.

XU, J. M.; WANG R. W.; BELL, R. W.; YANG, Y. A . & HUANG, L. B. soil boron fractions and their relationship to soil properties. *SOIL. SOC. Am. J.* v. 65, p. 133-138, 2001. *Soil Sci. Soc. Am. J.*

WHITE, R. *Princípios e Práticas de Ciência do Solo, O solo como um recurso natural*. Blackwell Science, 1997.

YAMADA, T. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? Piracicaba: POTAFOS, 2000. 4p. (Informações Agronômicas, 90).

## ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE A – Análise da variância do fator dose de B nas três profundidades, em cada coleta para o extrator $Al_2(SO_4)_3$ , Pato Branco, 2011.....	50
APÊNDICE B – Análise da variância do fator dose de B nas três profundidades, em cada coleta para o extrator água quente, Pato Branco, 2011.....	50
APÊNDICE C – Análise da variância do fator dose de B nas três profundidades, em cada coleta para o extrator Mehlich1, Pato Branco, 2011.....	51
APÊNDICE D – Análise da variância do fator profundidade de amostragem em função das coletas para o extrator sorbitol, Pato Branco, 2011.....	51
APÊNDICE E – Análise da variância da concentração de $H^+$ Al para o fator dose de B, Pato Branco, 2011.....	52
APÊNDICE F – Análise da variância para concentração de Al das doses crescentes de B em função do manejo do trevo branco, Pato Branco, 2011.....	52
APÊNDICE G – Análise da variância para pH do fator dose de B, profundidade de amostragem e manejo, Pato Branco, 2011.....	53
APÊNDICE H – Análise da variância para concentração de Ca para o fator dose de B, manejo e profundidade, Pato Branco, 2011.....	53
APÊNDICE I – Análise da variância para concentração de Mg do fator dose de B, profundidade e manejo, Pato Branco, 2011.....	54
APÊNDICE J – Análise da variância para concentração de K para os fatores manejo, doses de B e profundidade, Pato Branco, 2011.....	54
APÊNDICE K – Análise da variância de saturação por bases dos fatores manejo, profundidade de amostragem e doses crescentes de B, Pato Branco, 2011.....	55
APÊNDICE L – Fotografia da aérea experimental com o trevo branco em outubro de 2009, Pato Branco.....	55
APÊNDICE M – Fotografia do corredor entre dois blocos da aérea experimental com o trevo branco em outubro de 2009, Pato Branco. ....	56
APÊNDICE N – Fotografia da aérea experimental com o trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco. ....	56
APÊNDICE O – Fotografia de material senescente do trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco. ....	57
APÊNDICE P – Fotografia das flores de trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco. ....	57
APÊNDICE Q – Fotografia da aérea experimental com o trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco. ....	58
APÊNDICE R – Fotografia da abelha como agente polimerizadora de trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco. ....	58
ANEXO 1 – Croqui utilizado para o experimento iniciado EM 2007 pela mestre ASSMANN, 2009.....	60
APÊNDICE 01- Xxxxxx.....	62

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Análise da variância do fator dose de B nas três profundidades, em cada coleta para o extrator  $Al_2(SO_4)_3$ , Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para B solo - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>						
A:coleta	5.9779	4	1.49447	19.10	0.0000	(1)
B:dose	8.98358	4	2.2459	26.27	0.0000	(0)
C:profund	19.236	2	9.61801	112.48	0.0000	(0)
D:bloco	0.437696	3	0.145899	1.71	0.1668	(0)
<b>INTERACCIONES</b>						
AB	10.6726	16	0.66704	7.80	0.0000	(0)
AC	0.656513	8	0.0820641	0.96	0.4686	(0)
AD	0.939052	12	0.0782544			
BC	0.511123	8	0.0638904	0.75	0.6497	(0)
ABC	5.28107	32	0.165033	1.93	0.0034	(0)
RESIDUOS	17.9564	210	0.0855066			
TOTAL (CORREGIDO)	70.652	299				

Las Razones-F se basan en los siguientes cuadrados medios:

(0) Residuo

(1) AD

APÊNDICE B – Análise da variância do fator dose de B nas três profundidades, em cada coleta para o extrator água quente, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para B solo - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>						
A:coleta	4.62667	4	1.15667	42.03	0.0000	(1)
B:dose	10.5039	4	2.62597	49.98	0.0000	(0)
C:profund	12.4257	2	6.21284	118.26	0.0000	(0)
D:bloco	0.177622	3	0.0592072	1.13	0.3391	(0)
<b>INTERACCIONES</b>						
AB	7.27861	16	0.454913	8.66	0.0000	(0)
AC	0.205933	8	0.0257416	0.49	0.8626	(0)
AD	0.330279	12	0.0275233			
BC	1.07005	8	0.133756	2.55	0.0115	(0)
ABC	2.94998	32	0.0921868	1.75	0.0107	(0)
RESIDUOS	11.0327	210	0.0525366			
TOTAL (CORREGIDO)	50.6014	299				

Las Razones-F se basan en los siguientes cuadrados medios:

(0) Residuo

(1) AD

APÊNDICE C – Análise da variância do fator dose de B nas três profundidades, em cada coleta para o extrator Mehlich1, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para B solo - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>	
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>						
A.coleta	3,32592	3	1,10864	14,05	0,0010	(1)
B.dose	8,71919	4	2,1798	48,00	0,0000	(0)
C.profund	11,2304	2	5,61521	123,65	0,0000	(0)
D.bloco	0,127315	3	0,0424383	0,93	0,4253	(0)
<b>INTERACCIONES</b>						
AB	3,9863	12	0,332192	7,32	0,0000	(0)
AC	1,0847	6	0,180783	3,98	0,0009	(0)
AD	0,710216	9	0,0789129			
BC	0,380814	8	0,0476017	1,05	0,4021	(0)
ABC	1,84463	24	0,0768597	1,69	0,0294	(0)
RESIDUOS	7,62897	168	0,0454105			
TOTAL (CORREGIDO)	39,0385	239				

Las Razones-F se basan en los siguientes cuadrados medios:

(0) Residuo

(1) AD

APÊNDICE D – Análise da variância do fator profundidade de amostragem em função das coletas para o extrator sorbitol, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para B solo - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>	
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>						
A.coleta	1,59548	3	0,531826	8,40	0,0056	(1)
B.dose	4,39808	4	1,09952	37,79	0,0000	(0)
C.profund	11,111	2	5,55552	190,95	0,0000	(0)
D.bloco	0,0486454	3	0,0162151	0,56	0,6439	(0)
<b>INTERACCIONES</b>						
AB	2,38614	12	0,198845	6,83	0,0000	(0)
AC	0,507772	6	0,0846286	2,91	0,0100	(0)
AD	0,569836	9	0,0633151			
BC	0,377974	8	0,0472468	1,62	0,1213	(0)
ABC	0,996651	24	0,0415271	1,43	0,1007	(0)
RESIDUOS	4,8879	168	0,0290946			
TOTAL (CORREGIDO)	26,8795	239				

Las Razones-F se basan en los siguientes cuadrados medios:

(0) Residuo

(1) AD

APÊNDICE E – Análise da variância da concentração de H+ Al para o fator dose de B, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para H Al - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Manejo	1,15837	1	1,15837	1,35	0,2482
B: Dose Boro	12,3112	4	3,07781	3,59	0,0094
C: Profund	4,50745	2	2,25372	2,63	0,0780
D: Bloco	2,22751	3	0,742503		
INTERACCIONES					
AB	4,62365	4	1,15591	1,35	0,2587
AC	0,4095	2	0,20475	0,24	0,7880
AD	2,73091	3	0,910303	1,06	0,3695
BC	3,86602	8	0,483253	0,56	0,8044
ABC	2,37582	8	0,296977	0,35	0,9449
RESIDUOS	71,9728	84	0,856819		
TOTAL (CORREGIDO)	106,183	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

APÊNDICE F – Análise da variância para concentração de Al das doses crescentes de B em função do manejo do trevo branco, Pato Branco, 2011.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P	
EFECTOS PRINCIPALES						
A: Manejo	0,0821633	1	0,0821633	12,31	0,0392	(1)
B: Dose Boro	0,0474283	4	0,0118571	3,61	0,0194	(0)
C: Profund	0,038705	2	0,0193525	5,89	0,0083	(0)
D: Bloco	0,0141667	3	0,00472222			
INTERACCIONES						
AB	0,0100617	4	0,00251542	0,76	0,5584	(0)
AC	0,00635167	2	0,00317583	0,97	0,3950	(0)
AD	0,0200167	3	0,00667222	2,03	0,1366	(0)
BC	0,0230367	8	0,00287958	0,88	0,5502	(0)
BD	0,165025	12	0,0137521	4,18	0,0014	(0)
CD	0,00566833	6	0,000944722	0,29	0,9372	(0)
ABC	0,00902333	8	0,00112792	0,34	0,9399	(0)
ABD	0,286458	12	0,0238715	7,26	0,0000	(0)
ACD	0,0122083	6	0,00203472	0,62	0,7133	(0)
BCD	0,09529	24	0,00397042	1,21	0,3239	(0)
RESIDUOS	0,0789167	24	0,00328819			
TOTAL (CORREGIDO)	0,89452	119				

Las Razones-F se basan en los siguientes cuadrados medios:

(0) Residuo

(1) AD

APÊNDICE G – Análise da variância para pH do fator dose de B, profundidade de amostragem e manejo, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A.Manejo	0,736333	1	0,736333	10,75	0,0015
B.Dose Boro	1,78083	4	0,445208	6,50	0,0001
C.Profund	1,00117	2	0,500583	7,31	0,0012
D.Bloco	0,860667	3	0,286889		
INTERACCIONES					
AB	0,1295	4	0,032375	0,47	0,7558
AC	0,0181667	2	0,00908333	0,13	0,8760
AD	0,153667	3	0,0512222	0,75	0,5268
BC	0,387167	8	0,0483958	0,71	0,6852
ABC	0,1035	8	0,0129375	0,19	0,9918
RESIDUOS	5,75567	84	0,0685198		
TOTAL (CORREGIDO)	10,9267	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

APÊNDICE H – Análise da variância para concentração de Ca para o fator dose de B, manejo e profundidade, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para Ca - Suma de Cuadrados Tipo III**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A.Manejo	4,74019	1	4,74019	6,55	0,0123
B.Dose Boro	16,3541	4	4,08853	5,65	0,0004
C.Profund	41,8882	2	20,9441	28,92	0,0000
D.Bloco	9,186	3	3,062		
INTERACCIONES					
AB	1,3929	4	0,348225	0,48	0,7497
AC	0,207015	2	0,103507	0,14	0,8670
AD	3,39963	3	1,13321	1,56	0,2040
BC	5,47562	8	0,684453	0,95	0,4844
ABC	1,48548	8	0,185686	0,26	0,9779
RESIDUOS	60,8345	84	0,72422		
TOTAL (CORREGIDO)	144,964	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

APÊNDICE I – Análise da variância para concentração de Mg do fator dose de B, profundidade e manejo, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para Mg - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Manejo	4,00771	1	4,00771	11,76	0,0009
B: Dose Boro	6,21936	4	1,55484	4,56	0,0022
C: Profund	6,18705	2	3,09353	9,08	0,0003
D: Bloco	1,68195	3	0,56065		
INTERACCIONES					
AB	0,648438	4	0,16211	0,48	0,7535
AC	0,135755	2	0,0678775	0,20	0,8198
AD	0,450643	3	0,150214	0,44	0,7245
BC	0,689937	8	0,0862421	0,25	0,9788
ABC	0,290187	8	0,0362733	0,11	0,9989
RESIDUOS	28,6331	84	0,34087		
TOTAL (CORREGIDO)	48,9441	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

APÊNDICE J – Análise da variância para concentração de K para os fatores manejo, doses de B e profundidade, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para K - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFECTOS PRINCIPALES					
A: Manejo	0,0630208	1	0,0630208	10,98	0,0014
B: Dose Boro	0,084225	4	0,0210562	3,67	0,0084
C: Profund	0,224205	2	0,112102	19,53	0,0000
D: Bloco	0,104116	3	0,0347053		
INTERACCIONES					
AB	0,015725	4	0,00393125	0,68	0,6045
AC	0,00646167	2	0,00323083	0,56	0,5718
AD	0,166449	3	0,0554831	9,66	0,0000
BC	0,02797	8	0,00349625	0,61	0,7679
ABC	0,02098	8	0,0026225	0,46	0,8829
RESIDUOS	0,48226	84	0,00574119		
TOTAL (CORREGIDO)	1,19541	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

APÊNDICE K – Análise da variância de saturação por bases dos fatores manejo, profundidade de amostragem e doses crescentes de B, Pato Branco, 2011.

**Análisis de Varianza para V por cento - Suma de Cuadrados Tipo III**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
<b>EFEKTOS PRINCIPALES</b>					
A: Manejo	272,978	1	272,978	5,49	0,0215
B: Dose Boro	987,022	4	246,755	4,96	0,0012
C: Profund	1099,62	2	549,811	11,06	0,0001
D: Bloco	336,57	3	112,19		
<b>INTERACCIONES</b>					
AB	150,002	4	37,5004	0,75	0,5580
AC	29,4701	2	14,735	0,30	0,7443
AD	168,592	3	56,1975	1,13	0,3416
BC	273,508	8	34,1885	0,69	0,7013
ABC	35,3078	8	4,41347	0,09	0,9994
RESIDUOS	4176,31	84	49,7179		
TOTAL (CORREGIDO)	7529,38	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

APÊNDICE L – Fotografia da aérea experimental com o trevo branco em outubro de 2009, Pato Branco.



APÊNDICE M – Fotografia do corredor entre dois blocos da aérea experimental com o trevo branco em outubro de 2009, Pato Branco.



APÊNDICE N – Fotografia da aérea experimental com o trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco.



APÊNDICE O – Fotografia de material senescente do trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco.



APÊNDICE P – Fotografia das flores de trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco.



APÊNDICE Q – Fotografia da aérea experimental com o trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco.



APÊNDICE R – Fotografia da abelha como agente polimerizadora de trevo branco em dezembro de 2009, Pato Branco.



**ANEXOS**

ANEXO 1 – Croqui utilizado para o experimento iniciado EM 2007 pela mestre ASSMANN, 2009.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	SC-Zero	SC-2 kg	SC-1 kg	SC-4 kg	SC-0,5 kg	C-2 kg	C-1 kg	C-4 kg	C-0 kg	C-0,5 kg
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	C-4 kg	C-0,5 kg	C-1 kg	C-Zero	C-2 kg	SC-2 kg	SC-Zero	SC-4 kg	SC-0,5 kg	SC-1 kg
	CORREDOR									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	C-0,5 kg	C-1kg	C-4 kg	C-2 kg	C-Zero	SC-2 kg	SC-0,5 kg	SC-1 kg	SC-4 kg	SC-Zero
6 m	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	C-1 kg	C-Zero	C-2 kg	C-0,5 kg	C-4 kg	SC-4 kg	SC-Zero	SC-0,5 kg	SC-1 kg	SC-2 kg
	6 m									