

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TATIANA CALDAS BORBA**

**PRODUÇÃO DE ALFAFA E TEOR DE BORO E NITROGÊNIO NA  
PLANTA E EM SOLO SUBMETIDO A NÍVEIS DE BORO**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2012**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**TATIANA CALDAS BORBA**

**PRODUÇÃO DE ALFAFA E TEOR DE BORO E NITROGÊNIO NA  
PLANTA E EM SOLO SUBMETIDO A NÍVEIS DE BORO**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2012**

TATIANA CALDAS BORBA

**PRODUÇÃO DE ALFAFA E TEOR DE BORO E NITROGÊNIO NA  
PLANTA E EM SOLO SUBMETIDO A NÍVEIS DE BORO**

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: Dra. Tangriani Simioni Assmann

Co-Orientador: Dr. Alceu Luiz Assmann

PATO BRANCO

2012

B726p Borba, Tatiana Caldas.  
*Produção de alfafa e teor de boro e nitrogênio na planta e em solo submetido a níveis de boro / Tatiana Caldas Borba. -- Pato Branco: UTFPR, 2012.*  
76 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dra. Tangriani Simioni Assmann  
Co-orientador: Prof. Dr. Alceu Luiz Assmann  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2012.  
Bibliografia: f. 57-66.

1. Adubação boratada. 2. Concentração de nutrientes. I. Assmann, Tangriani Simioni, orient. II. Assmann, Alceu Luiz, co-orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. 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*  
Diretoria de Pesquisa e Pós-graduação



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Dissertação n° XXX**

**PRODUÇÃO DE ALFAFA E TEOR DE BORO E NITROGÊNIO NA PLANTA E EM SOLO SUBMETIDO A NÍVEIS DE BORO**

por

**TATIANA CALDAS BORBA**

Dissertação apresentada às . . . horas . . . min. do dia 08 de maio de 2012 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) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus Pato Branco*. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho . . . . .

Banca examinadora:

---

**Prof. Dr. Luís César Cassol**  
UTFPR

---

**Prof. Dr. Alceu Luiz Assmann**  
IAPAR

---

**Dr. Renato Yagi**  
IAPAR

---

**Profa. Dra. Tangriani Simioni Assmann**  
UTFPR  
Orientadora

Visto da Coordenação:

---

**Prof. Dr. André Brugnara Soares**  
Coordenador do PPGAG

À minha mãe Francisca da Silva Caldas (*in memoriam*) pelo incentivo que sempre me deste, ao amor, carinho, cumplicidade que sempre tivemos. A senhora sempre estará no meu coração e caminhando ao meu lado.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao nosso Deus supremo pelo dom da vida, por todas as bênçãos e graças sempre derramadas em minha vida.

Aos meus pais Francisca da Silva Caldas (*in memoriam*) e Orivaldo Ferreira Caldas, ela não pode estar presente nos dois anos de mestrado, mas sempre me apoiou e esteve ao meu lado até o último suspiro. Meu pai querido que acabou tendo que ser pai e mãe e me ajudou demais sempre, obrigada por todo o amor de vocês.

À UTFPR pelos excelentes professores que sempre nos acompanharam no decorrer da caminhada.

Ao IAPAR por ceder o espaço, funcionários, mão-de-obra e recursos para todas as avaliações. Assim como ao pesquisador Dr. Alceu Luiz Assmann pela co-orientação e amizade.

À CAPES pela bolsa cedida.

À professora Dra. e “comadre” Tangriani Simioni Assmann pelos seis anos de orientação e amizade compartilhados.

Ao professor Dr. Luis César Cassol que muitas vezes me dedicou uma palavra amiga nos momentos difíceis que enfrentei no primeiro ano de mestrado.

Às minhas amigas e confidentes, Jussara, Vanessa e Marciela, que sempre estiveram prontas e dispostas para me ajudar, para compartilhar alegrias e tristezas.

À minha amiga, comadre e irmã Claudia que sempre esteve ao meu lado, sempre me dando uma palavra amiga e que foi fundamental nos dias mais difíceis da minha vida.

A todos que de alguma forma ajudaram a terminar mais essa jornada o meu muito OBRIGADA POR TUDO!

“Um homem que nunca muda de opinião, em vez de demonstrar a qualidade da sua opinião demonstra a pouca qualidade da sua mente.”

Marcel Achard



## RESUMO

BORBA, Tatiana Caldas. Produção de alfafa e teor de boro e nitrogênio na planta e em solo submetido a níveis de boro. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito de datas de coletas e doses de boro nas produções de matéria seca da parte aérea e raízes de alfafa, e os teores de boro e nitrogênio nas plantas e em um Latossolo no Sudoeste do Paraná. O experimento foi conduzido no IAPAR de Pato Branco, PR no ano agrícola de 2011. O delineamento experimental para produção de matéria seca de plantas de alfafa foi de blocos ao acaso com parcelas sub-divididas, com datas de coletas e doses de boro. Para avaliação da matéria seca de raiz (MSR) o delineamento foi de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo os tratamentos cinco doses de boro. Para o solo o delineamento foi de blocos aos acaso com parcelas sub-subdivididas com quatro repetições. Onde as parcelas principais se constituíram de coletas, nas subparcelas, cinco doses de boro (0; 0,5; 1; 2; 4 kg ha<sup>-1</sup>) e nas sub-subparcelas as profundidades (0-5; 5-10 e 10-20cm). A maior produção de matéria seca avaliada por coletas foi encontrada no mês de outubro de 2011, com uma produção de 3.676,6 kg ha<sup>-1</sup> e 131,31 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente para matéria seca e taxa de acúmulo. Com relação as concentrações de nutrientes nas plantas as maiores médias foram encontradas nos meses de janeiro, com 81,37 mg kg<sup>-1</sup> para boro e em outubro para o nitrogênio com 44,39 mg kg<sup>-1</sup>. A produção de matéria seca de raízes não foi influenciada pelas doses de boro. A maior concentração, em média, de boro no solo foi de 0,17 mg kg<sup>-1</sup>. Para o amônio obteve-se os maiores valores de 51,13 mg de NH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>, em média, no solo na terceira coleta. A máxima eficiência técnica para o nitrato foi com a dose de 2,14 kg de B ha<sup>-1</sup>, alcançando 52,33 mg kg<sup>-1</sup>. Além de ter sofrido efeito da interação entre datas de coletas e profundidade variando de 39 a 54 mg kg<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Adubação boratada, Integração lavoura-pecuária, concentração de nutrientes.

## ABSTRACT

BORBA, Tatiana Caldas. Produção de alfafa e teor de boro e nitrogênio na planta e em solo submetido a níveis de boro. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2012.

The aim of this study was to evaluate the effect of the rates of boron on dry matter production of Alfalfa plants and their roots, and boron and nitrogen concentration in plants in an Oxisol in Paraná, Brazil. The experiment was conducted at Agronomic Institute of Paraná (IAPAR) in Pato Branco town, Paraná, Brazil, in the 2011 agricultural year. The experimental design to the Alfalfa dry matter production was randomized blocks, in subdivided plots, with collection dates and boron doses. To the analysis of root dry matter (RDM) the design a randomized block design was used with four replicates, and treatments of five doses of boron. For the soil the design was randomized block with the sub-divided plots with four replications. In which the main plots consisted of collections, five doses of B (0, 0.5, 1, 2, 4 kg ha<sup>-1</sup>) in the subplots and in the sub-subplots at 0-5, 5-10 and 10-20 cm depths. The largest dry matter production evaluated by sampling occurred in October 2011, with a production of 3.676,6 kg ha<sup>-1</sup> and 131,31 kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, for dry matter and accumulation rate, respectively. In relation to the nutrients concentration in plants the highest average was found in January, with 81,37 mg kg<sup>-1</sup> of boron concentration, and 44,39 mg kg<sup>-1</sup> of nitrogen, in October. The dry matter production of roots was not affected by boron levels. The highest average boron concentration at the soil was 0,17 mg kg<sup>-1</sup>. The highest average ammonia levels was 51.13 mg kg<sup>-1</sup> of NH<sub>4</sub> at the soil in the third collect. The most efficient technique for the nitrate was a dose of 2,14 kg of B ha<sup>-1</sup>, reaching 52,33 mg kg<sup>-1</sup>. Besides, an interaction between date and depth was observed from 39 to 54 mg kg<sup>-1</sup>.

**Keywords:** Boratada fertilization, crop-livestock, nutrients concentration.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Temperatura média, máxima e mínima e precipitação pluviométrica durante o período experimental (setembro de 2010 a janeiro de 2012) e média de temperatura dos últimos 10 anos. IAPAR-UTFPR.....26
- Figura 2: Demonstração da altura das brotações para realização dos cortes no inverno.....28
- Figura 3: Sazonalidade da produção de matéria seca de alfafa, média de cinco doses de boro, em dez datas de coletas no ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR. ....32
- Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey. ....32
- Figura 4: Taxa de acúmulo de matéria seca de alfafa submetida a doses de boro em dez datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. 34
- Figura 5: Concentração de boro na parte aérea de plantas de alfafa em sete datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.....36
- Figura 6: Concentração de boro na parte aérea de plantas de alfafa submetidas a doses de boro (0; 0,5; 1; 2 e 4 kg ha<sup>-1</sup>) no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. ....37
- Figura 7: Boro absorvido por plantas de alfafa submetidas a diferentes doses de boro em sete datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. ....38
- Figura 8: Concentração de nitrogênio em plantas de alfafa em sete datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. ....39
- Figura 9: Nitrogênio absorvido pelas plantas de alfafa em sete datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. ....40
- Figura 10: Concentração de boro em Latossolo cultivado com alfafa em três coletas distintas, ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. ....50
- Figura 11: Concentração de boro em latossolo cultivado com alfafa submetida a cinco doses de boro (0; 0,5; 1; 2 e 4 kg de B ha<sup>-1</sup>) no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.....51
- Figura 12: Concentração de amônio em Latossolo cultivado com alfafa, em três datas de coletas distintas (21/01; 06/09 e 06/12/11), ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.....53
- Figura 13: Concentração de nitrato em um Latossolo cultivado com alfafa, submetido a diferentes doses de boro, ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.....54
- Figura 14: Concentração de nitrato em um Latossolo cultivado com alfafa em três distintas coletas (21/01; 06/09 e 06/12/11) e em diferentes profundidades, ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. ....55

**LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1: Características químicas do solo para início do experimento, Pato Branco, PR. ....25
- Tabela 2: Dias de coletas, dias entre as avaliações para produção de matéria seca e concentração de boro e nitrogênio foliares, durante 390 dias de avaliação do experimento.....28
- Tabela 3: Produtividade de matéria seca acumulada (kg há<sup>-1</sup>) de alfafa em função de doses de boro em um Latossolo, ano agrícola 2011. UTFPR-IAPAR. 32
- Tabela 4: Matéria seca de raízes de alfafa submetida a doses de boro em um Latossolo no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.....48
- Tabela 5: Concentração de boro em latossolo cultivado com alfafa submetida a doses crescentes de boro, coletadas em diferentes profundidades no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.....51

**SUMÁRIO**

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1 a ALFAFA (Medicago sativa L.).....	14
2.2 BORO NA PLANTA E NO SOLO .....	15
2.3 respostas das fabáceas ao BORO .....	19
<b>3. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E TEORES DE BORO E NITROGÊNIO FOLIARES EM PLANTAS DE ALFAFA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE BORO NO SOLO.....</b>	<b>21</b>
3.1 RESUMO.....	21
3.2 ABSTRACT: .....	21
3.3 INTRODUÇÃO .....	23
3.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.6 CONCLUSÕES .....	40
<b>4 EFEITO DA APLICAÇÃO DE BORO NA PRODUÇÃO DE RAÍZES DE ALFAFA E SOBRE OS TEORES DE NITROGÊNIO E BORO EM LATOSSOLO .....</b>	<b>41</b>
4.1 RESUMO.....	41
4.2 ABSTRACT .....	42
4.3 INTRODUÇÃO .....	43
4.4 MATERIAL E MÉTODOS .....	45
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.6 CONCLUSÕES .....	55
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A alfafa é uma das forrageiras mais utilizadas no mundo, pelo fato de ter alto rendimento e qualidade de sua forragem. Por isso, é um dos volumosos mais indicados para rebanhos leiteiros especializados. O alto potencial da alfafa virá a ser comprometido pela falta de sobre a adaptação, produção e utilização dessa leguminosa, nos diversos ambientes tropicais em que serão utilizadas (BOTREL et al., 2001).

Torna-se necessário superar alguns entraves com o aumento da importância desta forrageira no Brasil, que impedem a expansão desta cultura, como a falta de cultivares adaptadas às nossas condições edafoclimáticas, baixa fertilidade do solo e manejo inadequado (PAIM, 1994).

Essa forrageira quando bem manejada pode produzir até 20 toneladas de matéria seca  $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , com teor médio de proteína de 25%. Em pesquisas da Embrapa Gado de Leite, as produções médias atingidas foram de 54 kg de leite  $\text{ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$  utilizando vacas holandesas puras, sendo fonte única a pastagem de alfafa em cultivo exclusivo, como alimento (ALVIM & BOTREL, 2000).

Para que se tenham novas brotações e crescimento de raízes, elementos como o boro, assim como o cálcio, são de fundamental importância para os vegetais. Estes atuam para produção de plantas de boa qualidade, e suas deficiências normalmente afetam a membrana plasmática, parte reprodutiva e frutos.

Trabalho realizado por Assmann (2009), em solo do Sudoeste do Paraná, mostra que o boro é essencial para leguminosas que são fixadoras de nitrogênio, sendo que se obteve a máxima eficiência técnica com a aplicação de 3,3  $\text{kg ha}^{-1}$  de B em trevo-branco, apresentando uma produção de forragem de 8.350  $\text{kg ha}^{-1}$ , além do que ocorreu uma maior produção de sementes em manejo sem corte com uma produção máxima de 525,81  $\text{kg ha}^{-1}$  de sementes, com o uso de 2,59  $\text{kg ha}^{-1}$  de B.

Grande quantidade do boro em solos apresenta-se na forma mineral de turmalina, sendo que menos de 5% do total do boro do solo pode estar disponível nas plantas, não sendo um guia confiável a adequação de B para crescimento das

plantas, em que, desde 1931 a determinação e medição de formas disponíveis de B têm sido estudadas (RUSSEL, 1957).

Em levantamentos realizados em solos paranaenses apenas 15,54% destes mostram-se com níveis adequados de boro (LUCHESE et al., 1994), indicando a possibilidade de resposta da cultura à sua aplicação. Sendo esses níveis adequados de 0,1 a 0,3 mg dm<sup>-3</sup> (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO –RS/SC, 2004).

A recomendação do uso de boro na adubação, entretanto, não pode ser indiscriminada, uma vez que esse micronutriente pode tornar-se tóxico, se aplicado em excesso, razão pela qual é necessário se conhecer os níveis adequados deste elemento no solo e na planta, para se fazer uma recomendação correta (FAGERIA, 2000).

São poucos os estudos realizados, no Sul do Brasil, até o presente, sobre efeito da adubação com boro em pastagem de alfafa. Assim, este conhecimento torna-se de fundamental importância para o entendimento das interações entre solo e planta, para que se tenha um aumento na porcentagem de estabelecimento destas plantas no sistema de integração lavoura-pecuária, obtendo assim, sistemas de produção mais sustentáveis. Sendo que essa pesquisa baseia-se na seguinte hipótese: a aplicação de boro no solo favorece a produção de forragem e raízes, teores de boro e nitrogênio em plantas de alfafa e em Latossolo.

Portanto, com este trabalho objetivou-se encontrar a dose de boro mais eficiente tecnicamente para a produção de forragem e teores de boro e nitrogênio em plantas de alfafa (*Medicago sativa* L.) e em Latossolo no Sudoeste do estado do Paraná.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A ALFAFA (*Medicago sativa* L.)

A alfafa é uma planta forrageira originária do Sudoeste da Ásia, foi difundida pela Europa e Américas. No Brasil, foi introduzida no Rio Grande do Sul por imigrantes europeus e depois foi levada para os Estados de Santa Catarina, Paraná e São Paulo.

O cultivo dessa forrageira é milenar, sendo que relatos da sua introdução na Europa datam do ano 490 a.C. pelos Persas e na América, mais específico no México, em 1519, pelos espanhóis (CARVALHO & VILELA, 1994). A área plantada com alfafa cobre cerca de 33 milhões de hectares, a qual desenvolve-se melhor em regiões temperadas e em clima tropical, como exemplo tem-se Estados Unidos com nove a dez milhões de hectares, além do continentes europeu, americano, asiático e oceania. Assim como, em lugares de climas extremamente quentes ou frios como é o caso da África e Canadá, ocupando dois milhões de hectares (CROCHEMORE, 1998).

Devido ao seu alto valor nutritivo e excelente produção de forragem a alfafa é uma ótima opção para cultivos múltiplos, como consórcios, e de fundamental importância para a conservação do solo e melhorando o teor de nitrogênio no solo, pois a fixação deste nutriente varia de 50 a 463 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (VANCE et al., 1988).

A alfafa é muito difundida em países que possuem clima temperado, mas tem se adaptado muito bem aos de clima tropical. Aproximadamente 70% da área cultivada com alfafa no Brasil, introduzida no ano de 1968, pois este estado possui condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo dessa forrageira. Mas, atualmente, é percebido um aumento da área plantada com alfafa nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, pois foi implantada crescentemente em áreas intensivas de bovinocultura de leite, devido ao fato do aumento da demanda por alimentos de valor nutritivo alto (RASSINI et al, 2003).

Dentre as principais características da alfafa e que a faz ser conhecida como a “Rainha das Forrageiras”, por possuir grande abrangência de área explorada, é sua boa qualidade nutricional com alto teor de proteína bruta, além de



sua excelente produtividade, boa palatabilidade e digestibilidade, assim como boa capacidade de aportar nitrogênio ao solo e baixa sazonalidade da produção forrageira (RASSINI, FERREIRA & CAMARGO; 2008).

Fatores climáticos e edáficos são essenciais para que a alfafa expresse seu máximo potencial produtivo e sua perenidade, mas por se tratar de uma planta forrageira, devem-se conhecer suas estruturas para que chegue ao resultado esperado (RASSINI, FERREIRA & CAMARGO; 2008).

A alfafa possui um sistema radicular profundo variando de 2 a 5 m, sendo que a raiz principal pode atingir até 15 m de profundidade. A planta pode crescer entre 30 cm a um pouco menos de 1 m de altura, possui caules numerosos os quais surgem a partir de uma única coroa, que se localiza um pouco acima do nível do solo. As flores variam nas cores azul violeta ou violeta, amarelo, branco e tons de verde, dentre outros. O fruto da alfafa é um legume que contém pequenas sementes (NEW WORLD ENCYCLOPEDIA, 2007).

Em relação à produção de matéria seca, esta é dependente da época do ano e dos manejos culturais empregados, variando sua produção de 6 a 18 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo que os intervalos para se efetuarem os cortes é de 30 a 45 dias, bem como a frequência destes pode ser de acordo com a porcentagem de florescimento entre 10 a 20%, na primavera-verão ou ainda na época do aparecimento das primeiras brotações na base do caule, no outono – inverno (EVANGELISTA et al., 2001).

A cultivar Crioula, utilizada neste trabalho, foi inicialmente cultivada no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sendo suas principais características: recuperação rápida após pastejo, ou corte, distribuição estacional da produção, boa produtividade e grande persistência sob corte. Sendo que em trabalho de dez anos conduzido na Estação Experimental de Lages, foram alcançadas produções de 7 a 10 t de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, no qual 1,5 a 2,0 t de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> foram obtidos no inverno (OTANI, 2003).

## 2.2 BORO NA PLANTA E NO SOLO

Boro é um elemento que possui átomo pequeno com apenas três valências, pertence ao grupo de semicondutores de elementos tendo propriedades intermediárias entre os não-metals e metais, sendo que, depois do carbono poderia ser mais complexo do que qualquer elemento (POWER & WOODS, 1997). Apesar de sua baixa abundância natural, o boro é amplamente distribuído tanto na litosfera quanto na hidrosfera. Normalmente, só B solúvel está disponível para as plantas, aproximadamente 10% do total de B no solo (BONILLA & BOLAÑOS, 2004). O B é amplamente distribuído pela crosta terrestre sendo em basaltos a partir de  $5 \text{ mg kg}^{-1}$ , em xistos  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  e no oceano aproximadamente  $4,5 \text{ mg L}^{-1}$  (SHORROCKS, 1997).

Componente de diversos compostos e ativadores de enzimas, o boro é um dos elementos essenciais ao crescimento das plantas (DEAR & WEIR, 2004), além de fazer parte de diversos processos, como absorção iônica, sintetizando lignina, ácidos nucléicos e proteínas, bem como no transporte de carboidratos (ALLEONI et al., 1998).

O boro funciona como um fator essencial no florescimento e produção de sementes, assim quando em carência na planta, em pequeno espaço de tempo, consequência de pouca precipitação, baixa transpiração, ou ainda um rápido crescimento da planta, levando a baixa produtividade (BROWN & HU, 1996). Dessa forma, uma ampla vantagem adaptativa, seria aumentar a absorção e a aptidão de remanejar o boro para a fase reprodutiva, levando a resultados importantes para a agricultura (BASTOS & CARVALHO, 2004).

A correção da deficiência de boro em plantas, onde esse nutriente não é móvel no floema, deve ser realizada via radicular (MALAVOLTA, 1980), como é o caso da maioria das culturas. Uma das consequências da deficiência de boro é a redução do sistema radicular, chegando ao extremo de levar a morte da planta (SANTOS et al., 2004). Este atua para produção de plantas de boa qualidade, e sua deficiência normalmente afetam a membrana plasmática, a parte reprodutiva e frutos (ROSALEM & BÍSCARO, 2007).

De modo geral, em monocotiledôneas a concentração de boro nas folhas das plantas ficam em intervalos de  $10\text{-}100 \text{ mg kg}^{-1}$ . Já as dicotiledôneas apresentam um maior requerimento de B quando comparado com as

monocotiledôneas. Isso justifica a maior frequência de deficiência de B em cultivos de espécies dicotiledôneas, pois estas exigem uma maior atenção no suprimento desse micronutriente (MARIANO et al., 2000).

O boro possui baixa mobilidade dentro do floema, e por consequência, os sintomas de sua deficiência se manifestam nas folhas mais novas ou tecidos recém-formados. Deformação do tubo polínico não ocorrendo à fertilização, produzindo alta quantidade de sementes má formadas se dá pelo fato de no estágio de florescimento, haver a carência desse nutriente. Mesmo que o papel fisiológico do B ainda não esteja totalmente entendido, sabe-se que ele tem suma importância na formação da parede celular, mais especificamente na síntese de componentes, como a pectina, a celulose e a lignina e no transporte de glucídeos. (CASTRO et al., 2006).

Além desses fatores apresentados anteriormente, tem papel fundamental na migração e no metabolismo de carboidratos, auxiliando, por meio do complexo açúcar-borato, a transportar açúcares por entre as membranas (MALAVOLTA, 1980; MARSCHNER, 1995 e MALAVOLTA et al., 1997).

Lacunas no conhecimento da diferença entre as espécies, na absorção de B ainda existem, e as deficiências desse nutriente são muito comuns na agricultura brasileira (FURLANI, 2001).

Em leguminosas, como é o caso da alfafa, a deficiência de B pode causar a diminuição da fixação de  $N_2$  (AZEVEDO et al., 2001). Muitas vezes é limitante na produção de leguminosas forrageiras como alfafa e trevo e também de algumas culturas hortícolas. Bem como, a falta desse nutriente pode reduzir severamente o rendimento (KELLING, 1999).

Em experimento realizado com alfafa em casa de vegetação, SANTOS et al. (2004) observaram que o uso de boro foi significativo na produção de matéria seca desta pastagem. CASTRO et al. (2006) realizando trabalho com girassol e doses de boro em casa de vegetação observaram que, houve efeito significativo na produção de matéria seca, sendo o crescimento linear até a dose  $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$  de B e ficando constante até a dose de  $2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ .

A quantidade de B que pode vir a ser adsorvida no solo, dependerá da concentração da solução em equilíbrio, do tempo de contato, do teor de matéria

orgânica, do pH, da textura e da composição mineralógica do solo, além dos teores de areia e argila e da calagem (AZEVEDO et al., 2002).

Os solos podem conter 0,5 – 2,0 mg de boro disponível, mas isso representa apenas uma pequena parcela do total, pois apenas 0,5 - 2,5% do total do boro no solo está disponível às plantas. O que ocorre também é uma faixa muito estreita entre a deficiência e a toxicidade de boro, pois mais que 0,5 mg kg<sup>-1</sup> deste elemento disponível pode ser tóxico para muitas culturas agrícolas (KELLING, 1999).

O boro, segundo Goldberg (1997a), possui química simples, pelo fato de não sofrer reações de oxi-redução ou volatilização. É possível encontrar boro no solo de cinco maneiras distintas, como em minerais primários no caso de micas e turmalina ricas em boro; em minerais secundários, especialmente na região interna das estruturas das argilas; adsorvidos nestas, na matéria orgânica e biomassa microbiana, além da superfície de hidróxidos; assim como em solução de ácido bórico e borato (SHORROCKS, 1997).

A matéria orgânica é uma das fontes de boro no solo, a qual desempenha papel fundamental, pois plantas crescendo em solos arenosos e baixa reserva orgânica levam à deficiência de boro (FAVARETTO et al., 2007).

O bom desenvolvimento da planta dependerá do pH que é o fator mais importante da solução do solo afetando a disponibilidade de B e sua distribuição entre as fases líquida e sólida, sendo extremamente dependente do mesmo. Assim, com o aumento do pH, o boro, normalmente torna-se menos disponível. Este micronutriente tem função tanto na definição da carga superficial dos colóides com interfaces variáveis quanto no controle da espécie predominante de B na solução (SOARES, et al., 2008).

Os fatores que mais contribuem para a insolubilização deste são: baixa fertilidade de alguns solos, aumento da remoção por meio das colheitas e uso excessivo de calcário e adubos (SOARES et al., 2008), além da alta concentração de alumínio nos solos (FAVARETTO et al., 2007; LENOBLE et al., 1996). Sendo que estudos têm mostrado que o aumento da concentração de B na solução do solo ajuda a proteger contra a inibição do crescimento de raízes por causa do teor de Al (LENOBLE et al., 1996).

## 2.3 RESPOSTAS DAS FABÁCEAS AO BORO

Para que haja o desenvolvimento normal de culturas anuais, o boro é um elemento fundamental, onde participa de inúmeras reações biológicas, em que há relatos de deficiência em várias regiões do mundo, em uma ampla gama de tipos de solo (SAH & BROWN, 1997), além de ocasionar perdas de produtividade em diversas culturas anuais no Brasil (BATAGLIA & RAIJ, 1990).

A alta exigência em boro da cultura da alfafa é atendida pela aplicação deste no solo ou via foliar (RAZMJOO & HENDERLONG, 1997; WALKER et al., 1987), bem como, essa aplicação irá corrigir ou ainda conter a deficiência de boro nas partes vegetativas da planta (DORDAS, 2006).

Rosolem et al. (2008), em trabalho com doses de B em soja-perene, observaram que houve resposta da aplicação de B até  $1 \text{ kg ha}^{-1}$ , no terceiro ano do experimento, influenciando na produtividade da soja, no entanto para os teores oliares de B, em média, a resposta foi constatada, crescente até  $7,5 \text{ kg ha}^{-1}$ .

O B possui importante papel na simbiose *Rhizobium-leguminosa* (BOLAÑOS, 1994). Bem como na planta como um todo, nos nódulos não é diferente, o B também participa da manutenção estrutural da parede celular dos mesmos, tendo participação além dessas funções, para o estabelecimento correto da simbiose (BONILLA et al., 1997).

Em condições de alta acidez no solo, o uso do boro tem proporcionado um desenvolvimento radicular melhor em leguminosas, pois este é um elemento móvel no perfil do solo e atua nesse crescimento radicular (SMITH et al., 1993; LENOBLE et al., 1996; FAVARETTO, 1999), e assim ajuda na absorção de minerais e água.

Em casos de ausência do boro na planta acaba não havendo corretamente o desenvolvimento do tecido meristemático e da nodulação em leguminosas (MALAVOLTA et al., 1953). Sendo assim, vários dos sintomas causados pela deficiência desse nutriente causam a inibição do crescimento radicular, necrose da extremidade da raiz, ausência ou anormalidade na diferenciação vascular, especialmente no floema (GUPTA, 1984).

Em pesquisa com doses de boro na cultura da alfafa, Sherrel & Toxopeus (1978) observaram aumentos na produção de matéria seca quando esse

nutriente era fornecido no substrato. Em solos derivados de arenito e de granito, Haddad & Kaldor (1982) constataram efeitos benéficos do uso de boro, o que não foi o caso para solos de algumas rochas aluviais ou derivados de solos básicos.

São poucas as informações com relação a necessidade de uso de boro em fabáceas, sendo ele o micronutriente principal em limitações na produção de fabáceas como é o caso da alfafa e trevo. Para estas culturas, o nível mínimo disponível de B no solo é de 0,20 e de 0,35 mg kg<sup>-1</sup> para trevo vermelho e alfafa, respectivamente, sendo que valores acima de 0,92 mg kg<sup>-1</sup> poderá ocorrer fitotoxicidade em ambas as culturas (BOLTON, 1962; GUPTA, 1984).

Segundo Assmann (2009), em trabalho com doses de boro em trevo branco no Sudoeste do Paraná, observou que as doses de boro contribuíram para o aumento da fixação biológica, levando a maior produção de matéria seca, refletindo assim, diretamente na fixação biológica de nitrogênio. Salientando que obteve valores de produção de MS total acumulada de 22.827 kg ha<sup>-1</sup> com a dose de 2,51 kg ha<sup>-1</sup> de B, usando como fonte o bórax. Além de ter constatado efeito sobre componentes de rendimento, produção de sementes, nos teores de B e N foliar, concluindo que as doses de 2 a 3 kg ha<sup>-1</sup> de boro seriam as mais indicadas.

### 3. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E TEORES DE BORO E NITROGÊNIO FOLIARES EM PLANTAS DE ALFAFA EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE BORO NO SOLO

#### 3.1 RESUMO

A alfafa é uma das forrageiras mais utilizadas no mundo, pelo fato de ter alto rendimento e qualidade de sua forragem. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de boro (B) na produção de matéria seca (MS) e concentrações de boro e nitrogênio em pastagem de alfafa (*Medicago sativa* L.) cultivada no Sudoeste do estado do Paraná. O experimento foi conduzido no IAPAR de Pato Branco, PR no ano agrícola de 2011. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com quatro repetições. Onde as parcelas principais se constituíram de datas de coletas (dez para avaliação de matéria seca e sete para teores de boro e nitrogênio) e cinco doses de boro (0; 0,5; 1; 2; 4 kg ha<sup>-1</sup>) nas subparcelas, usando como fonte a ulexita (8%). Foram avaliadas a produção de MS, taxa de acúmulo, concentração de boro e nitrogênio foliares, além de quanto foi absorvido de cada nutriente. As maiores produções de MS e taxa de acúmulo foram observados no mês de outubro de 2011, sendo esses valores de 3.676,6 kg ha<sup>-1</sup> e 131,31 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, respectivamente. As maiores concentrações de nutrientes foram observadas no mês de janeiro de 2011 com média de 81,37 mg dm<sup>-3</sup> para boro e outubro com 44,39 g kg<sup>-1</sup> para nitrogênio.

**Palavras-chave:** *Medicago sativa* L., teores de nutrientes, adubação boratada.

#### 3.2 ABSTRACT:

Alfalfa is one of the most widely used forage in the world, because of its high-quality as well as its high forage yield. The aim of this study was to evaluate the effect of the rates of boron(B) on dry matter production besides boron and nitrogen levels in grazing alfalfa (*Medicago sativa* L.) grown in the Southwest Region of Parana State in Brazil. The experiment was conducted at Agronomic Institute of Paraná (IAPAR) in Pato Branco town, Paraná, Brazil, in the 2011 agricultural year.

The experimental design was randomized blocks with sub-divided plots with four replications. In which the main plots consisted of collections, five doses of B (0, 0.5, 1, 2, 4 kg ha<sup>-1</sup>) in the subplots. The dry matter production, accumulation rate, foliar boron and nitrogen concentration, and the amounts of absorption of each nutrient were evaluated. The largest dry matter production and accumulation rate were observed on October 2011, and these values were 3.676,6 kg ha<sup>-1</sup> and 131,31 kg ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>, respectively. The highest concentration were observed in January, with 81,37 mg kg<sup>-1</sup> boron concentration, and 44,39 mg kg<sup>-1</sup> for nitrogen, in October. We can thus conclude that there was an effect of dilution on growth, because in those there was the largest dry matter production, the nutrient concentrations were lower.

**Keys words:** *Medicago sativa* L., nutrients concentration, fertilization boratada.



### 3.3 INTRODUÇÃO

A alfafa pode ser cultivada tanto em regiões tropicais quanto em temperadas, alcançando ótimos resultados para produção leiteira (DIAS et al., 1996; EVANGELISTA et al., 1998).

Com relação à produtividade de matéria seca por hectare, essa irá depender da época do ano e dos tratos culturais utilizados, tendo uma produção que varia de 6 a 18 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (EVANGELISTA et al., 2001). No entanto, não se tem alcançado este potencial, na maioria das situações, pelas limitações edafoclimáticas e de manejo (FONTES et al., 1993; PAIM, 1994; MCKENZI, 2005).

O micronutriente boro tem fundamental participação em determinadas processos tais como transporte de ácido indolacético, atividade da ATPase (GOLDBACH et al., 2001), respiração, lignificação, integridade da membrana, síntese do metabolismo fenólico, da parede celular, do RNA e carboidratos (YAMADA, 2000). O boro ativa a enzima fosforilase do amido, sendo essa responsável pela sintetização do amido, que é uma substância de reserva de partes da planta como sementes, tubérculos, raízes e colmos (FAVARIN & MARINI, 2000).

A resposta da cultura pela aplicação de boro é variável de acordo com fatores como umidade do solo e provimento dos outros macro e micronutrientes. Em experimento em Ontário no E.U.A. as respostas adicionais, chegam a 1.200 kg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup> com aplicação de boro nessa cultura quando apresentava deficiência desse micronutriente (WRIGHT, 1986). Vários experimentos realizados com boro em alfafa constataram que a adição desse micronutriente promoveu aumento na produção de MS e também na concentração de boro na planta (GUPTA & MACLEOD, 1977; SHERREL, 1983). Assim como Assmann (2009), em trabalho com trevo branco e doses de boro, em solo do Sudoeste do Paraná, constatou que com a aplicação de 3,3 e 2,2 kg ha<sup>-1</sup> de B, a produção de forragem foi de 8.350 e 8.665 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que essas produções foram obtidas nos meses de fevereiro e março, respectivamente.

Além da maior produtividade, a aplicação de boro também leva a melhor qualidade da forragem. Santos et al. (2004), em trabalho com alfafa e doses

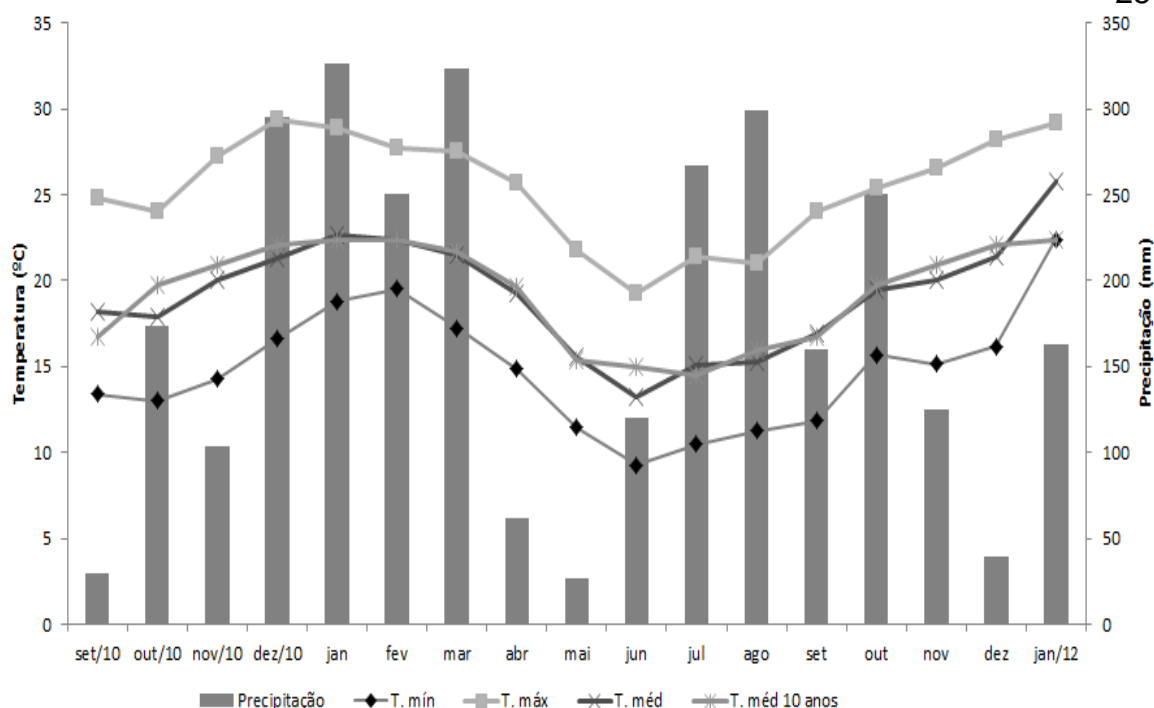
de boro estudaram a nutrição e produção de forragem, constataram aumentos da concentração de boro nos tecidos da folhas, por meio do fornecimento de boro em solução nutritiva, sendo que os maiores incrementos foram alcançados com dose de 1,62 mg L<sup>-1</sup>. Assim como Smith (1970) e Rominger (1975) que encontraram aumentos nos teores de boro em fabáceas forrageiras nos tecidos vegetais, devido a aplicação de B. Segundo Dunlop & Hart (1987), o nível crítico de B em plantas, como alfafa, é de 25 - 35 mg kg<sup>-1</sup>.

Todavia, as concentrações nos tecidos vegetais são influenciadas pela disponibilidade do boro, levando as folhas a manifestarem características dos extremos entre o excesso e a falta (MALAVOLTA et al., 1997).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de datas de coletas e doses de Boro (B) na produção de matéria seca e teores de boro e nitrogênio em pastagem de alfafa (*Medicago sativa* L.) cultivada no Sudoeste do estado do Paraná.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi conduzido nos anos de 2010 e 2011, 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. Encontra-se entre as coordenadas de 25°07' latitude Sul e 52°41' longitude Oeste e tem altitude média de 700 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa em transição para Cfb (MAAK, 1968). A caracterização meteorológica do período estudado está descrito na Tabela 1.



**Figura 1: Temperatura média, máxima e mínima e precipitação pluviométrica durante o período experimental (setembro de 2010 a janeiro de 2012) e média de temperatura dos últimos 10 anos. IAPAR-UTFPR.**

A área experimental era utilizada em sistema de plantio direto há mais de quinze anos, sendo que no verão eram cultivados milho ou soja e no inverno utilizava-se a rotação com cereais de inverno e nabo forrageiro.

O solo onde o experimento foi desenvolvido é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférico relevo ondulado textura argilosa (EMBRAPA, 1999a), formado a partir de rocha eruptiva básica. Foi realizada a coleta de solo nas profundidades de 0,0 a 5,0 cm; 5,0 a 10,0 cm e de 10,0 a 20,0 cm, para caracterização química da área (Tabela 1).

**Tabela 1: Características químicas do solo para início do experimento, Pato Branco, PR.**

Prof.	pH	MO	AL <sup>3+</sup>	H+ AL	Ca	Mg	K	P	V	B <sup>1</sup>
Cm	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>		cmol(c) dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>	%	mg.dm <sup>-3</sup>
0 – 5	5,1	68,3	0,05	7,79	6,13	3,40	0,45	62,8	56	0,17
5 -10	5,1	59,9	0,08	7,13	5,40	3,30	0,13	21,6	55	0,14

10 – 20	4,9	54,9	0,14	7,13	4,40	3,09	0,08	1,9	51	0,12
---------	-----	------	------	------	------	------	------	-----	----	------

MO=Matéria orgânica; V%= Índice de saturação por bases; P- extrator de Melich

<sup>1</sup>extrator: HCl 0,5N

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com quatro repetições. Os tratamentos se constituíram das parcelas principais sendo essas as datas de coletas, dez para produção de matéria seca e sete para concentração de boro e nitrogênio foliares, e nas subparcelas foram alocadas as doses de boro (0; 0,5; 1; 2 e 4 kg ha<sup>-1</sup>). As parcelas mediam 3,0 m x 4,0 m, totalizando 368 m<sup>2</sup>, com espaçamento de 0,5 m entre parcelas e 1,0 m entre blocos.

Tendo em vista a saturação de base, constatada na análise de solo constante na Tabela 1, no mês de julho de 2010 foi realizada uma calagem objetivando elevar a saturação de base a 80%, sendo necessário para isto a aplicação de 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT DE 100%) aplicado em superfície. A semeadura da alfafa, cultivar Crioula, foi realizada no dia 27 de setembro de 2010, em sistema de plantio direto, com densidade de semeadura de 20 kg de sementes ha<sup>-1</sup>.

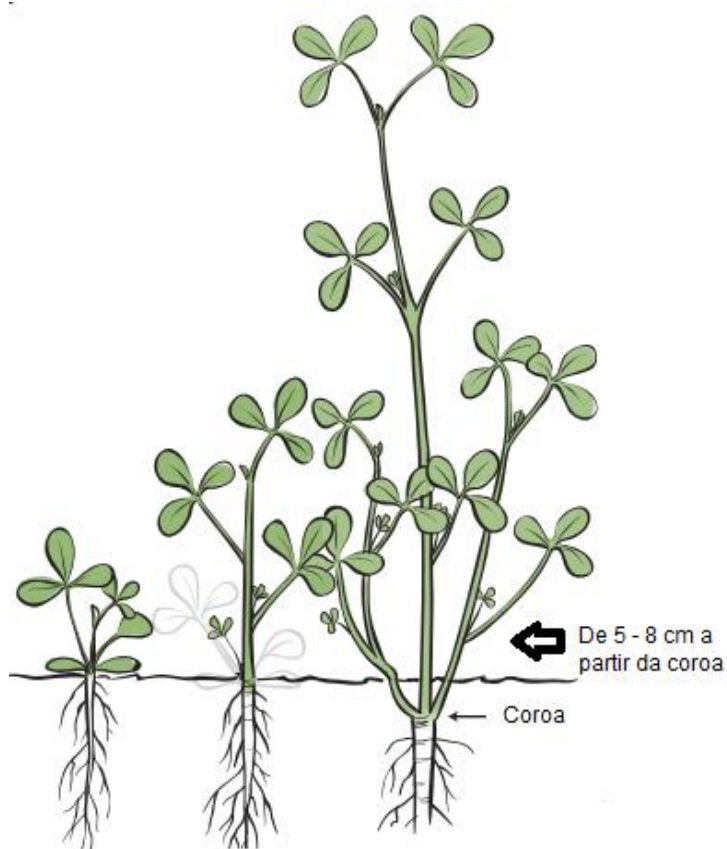
No momento da semeadura da alfafa foi feita adubação de base, com aplicação à lanço de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, usando como fonte Cloreto de potássio e Super fosfato triplo, respectivamente. A adubação potássica foi aplicada mais duas vezes. Sendo a segunda aplicação em janeiro e a terceira em outubro de 2011, sendo ambas com 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, totalizando 180 kg ha<sup>-1</sup>. Já para o fósforo a segunda aplicação foi em setembro de 2011, com 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A alfafa foi inoculada no momento da semeadura com *Rhizobium melilotii*, no momento da semeadura da cultura foi realizada a aplicação dos tratamentos das doses de boro a lanço na forma de Ulexita (8% de boro), sendo que seu fabricante a descreve como um borato natural, pouquíssimo comum contendo quase nada de alumina ou sílica. É encontrada em poucos lugares do mundo, tendo inúmeras aplicações em diversos ramos como no caso da indústria química como ácido bórico, boro e derivados; na indústria de cerâmicas como esmalte e na indústria de fertilizantes (MINERA SANTA RITA, 2005).

As doses de boro foram reaplicadas um ano após a instalação do experimento, no dia 04 de outubro de 2011. Durante todo o experimento foram realizados os tratos culturais de controle de plantas daninhas de forma manual.

A produção de matéria seca foi calculada a partir da amostragem da parte aérea e material senescente em uma área de 0,25 m<sup>2</sup> por parcela. O primeiro corte (de uniformização 15/12/10) foi realizado quando as plantas estavam em florescimento pleno (acima de 50% de florescimento) e, a partir daí, adotou-se o critério de cortar a alfafa com aproximadamente 10% de florescimento. Sendo essas avaliações nos dias: 10 de janeiro, 21 de fevereiro, 05 de abril de 2011.

Após esse período como o florescimento cessou, a forma de avaliação foi pela altura de inserção das brotações, quando estas alcançavam de 5 a 8 cm em relação à coroa. Coincidindo com as datas 25 de maio, 05 de agosto, 06 de setembro de 2011 (Figura 2).



**Figura 2:** Demonstração da altura das brotações para realização dos cortes no inverno.

A partir do início da primavera a forma de avaliação voltou a ser os 10% de florescimento das parcelas, sendo nas datas de 04 de outubro, 09 de novembro, 06 de dezembro de 2011 e 10 de janeiro de 2012, totalizando um período de 390 dias avaliando (Tabela 2).

**Tabela 2:** Dias de coletas, dias entre as avaliações para produção de matéria seca e concentração de boro e nitrogênio foliares, durante 390 dias de avaliação do experimento.

Coleta	Dia da Avaliação		Dias entre avaliações		Dias de experimento
	MS	Concentração de B e N	MS	Concentração de B e N	
Corte de Uniformização	15/12/2011	15/12/2011	0	0	0
Janeiro	10/01/2011	10/01/2011	25	25	25
Fevereiro	21/02/2011	21/02/2011	41	41	66
Abril	05/04/2011	05/04/2011	44	44	110
Maio	25/05/2011	25/05/2011	50	50	160
Agosto	05/08/2011	05/08/2011	72	72	232
Setembro	06/09/2011	06/09/2011	32	32	264
Outubro	04/10/2011	04/10/2011	28	28	292
Novembro	09/11/2011	--	36	--	328
Dezembro	06/12/2011	--	27	--	355
Janeiro/2012	10/01/2012	--	35	--	390

O material foi cortado, pesado e seco em estufa (50°C) até peso constante e pesado novamente, determinando-se o teor de matéria seca do mesmo. Após a avaliação de MS as parcelas foram roçadas a cerca de 10 cm do solo e posteriormente o material verde cortado foi removido das parcelas para simular produção de feno.

A produção de MS acumulada foi obtida pelo somatório da matéria seca obtida em cada corte, sendo dividida em dois períodos, um até setembro de 2011, onde o efeito era da primeira aplicação de boro e o segundo a partir desta data, pois foi realizada a segunda aplicação.

A taxa de acúmulo de MS foi calculada entre os cortes dividindo a produção de matéria seca pelo número de dias entre sua respectiva avaliação.

Após a secagem e determinação da matéria seca, as amostras foram moídas em moinho Willey equipado com peneira de 40 mesh. Posteriormente, estas amostras foram encaminhadas para o laboratório de análises foliares do IAPAR de Londrina, o qual realizou as análises de nitrogênio e boro até a coleta de outubro.

A metodologia utilizada para concentração de nitrogênio na parte aérea de alfafa é conhecida como verde de salicilato, que consiste na degradação de toda a matéria orgânica com digestão ácida (ácido sulfúrico) e determinação com espectrofotômetro UV-VIS (ultravioleta visível) a 640 nm.

Para avaliação dos teores de boro foi utilizada digestão nitro perclórica e determinação por ICP-AES, como descrito por Malavolta et al. (1997).

O boro e nitrogênio absorvidos pela parte aérea das plantas de alfafa foram calculados multiplicando-se a concentração de boro e nitrogênio no tecido foliar pela a produção de matéria seca de cada coleta.

Para o cálculo do nitrogênio acumulado, após realizado o mesmo do nitrogênio absorvido, somou-se as produções obtidas em cada coleta.

Os resultados das avaliações foram submetidos a análise de variância. As variâncias foram avaliadas pelo Teste de Bartlett quanto à homogeneidade. As variáveis que se mostraram homogêneas tiveram os tratamentos avaliados pelo Teste F. Quando os resultados revelaram significância a 5% de probabilidade as médias dos fatores qualitativos (coletas) foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos (doses de boro) foram ajustadas regressões polinomiais entre as doses de B (variável independente) com as demais variáveis dependentes buscando o modelo que melhor expressasse esta relação. Foram testados modelos linear e quadrático e a escolha foi baseada na significância (menor que 5%), e no coeficiente de determinação.

Quando a interação datas de coletas x doses de B foi significativa, foi analisado o comportamento das doses de B dentro de cada data de coletas individualmente e posteriormente, o comportamento das datas de coletas dentro de cada dose de B. Quando a interação não foi significativa, os fatores foram analisados separadamente.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se constatou efeito significativo das doses de boro (B) sobre a produtividade de matéria seca (MS) em nenhuma das coletas realizadas (Apêndice 01). Otsubo (1993) em experimento em vaso com alfafa em que a quantidade de boro extraível com água quente era de  $0,48 \text{ mg kg}^{-1}$ , e as doses variaram de 0 a  $4 \text{ mg kg}^{-1}$ , não observaram influência dessas sobre a produção de matéria seca, assim como neste trabalho. Em trabalho em solos aluviais e de origem do basalto, Haddad & Kaldor (1982) constataram, também, para a cultura da alfafa que não houve aumentos significativos na produção de matéria seca com o uso de boro.

Como pode ser observado houve efeito significativo das datas de coletas sobre a produção de matéria seca ( $P=0,000$ ), comportamento esse, provavelmente, resultante da temperatura, do clima e também das aplicações de potássio sobre este fator (Apêndice 01, Figura 3).

Na coleta de 25 dias (10/01), como o experimento tinha sido instalado à pouco tempo e a planta ainda não tinha estabilidade, sua produção média de MS foi de  $1.335,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS. Na coleta do dia 21 de fevereiro (66 dias) sua produção praticamente dobrou, passando para  $2.242,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS, considerando aqui que pode ter ocorrido um efeito da adubação potássica realizada no dia 01/01/11. No entanto, na coleta do mês de abril essa produção decaiu, pois as temperaturas começaram a diminuir com média de  $19,2^\circ \text{ C}$  (Figura 02), conseqüentemente diminuindo a produção da alfafa.

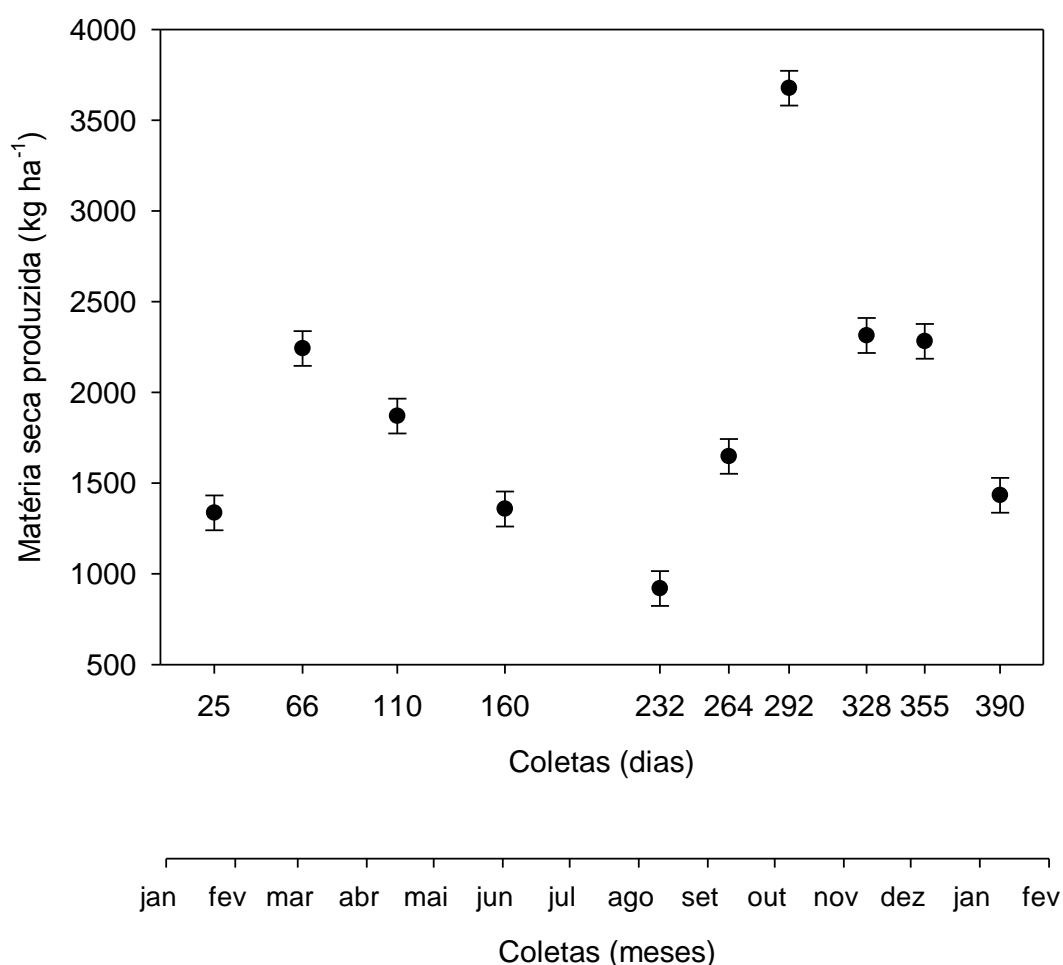
Ferreira et al. (1999), em trabalho com 42 cultivares de alfafa constataram que a produção de matéria seca no período seco teve como média para a cultivar Crioula de  $1.356 \text{ kg ha}^{-1}$ . Dias et al. (2002), em trabalho com vinte e oito cultivares de alfafa em Paty do Alferes –RJ, constataram que no primeiro ano todas as cultivares tiveram boas produções, variando entre  $1.333$  (cv. SW 9210) e  $2.316$  (cv. Crioula)  $\text{kg ha}^{-1}\text{corte}^{-1}$ .

A maior produtividade foi observada na coleta de 292 dias ( $3.676,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de MS), isso se deu pelo fato de ter começado a aumentar a temperatura, e onde se teve uma precipitação de  $250,9 \text{ mm}$  de chuva. Em trabalho realizado em Piracicaba, com as cultivares de alfafa Crioula e CUF-101, Monteiro (1989)



constatou a maior produção de matéria seca nos meses de setembro a fevereiro, o que também foi constatado por Keplin & Santos (1991) com trabalho em Castro-PR.

Dias et al. (2003) em trabalho com a cultivar Crioula avaliando dois biofertilizantes e o efeito de cortes sobre esta também observaram efeito significativo das coletas sobre a produção de MS em que o 2º corte, contudo constatado em (04/01/99), destes foi o mais produtivo com produção de 3.542 kg ha<sup>-1</sup> de MS.



**Figura 3:** Sazonalidade da produção de matéria seca de alfafa, média de cinco doses de boro, em dez datas de coletas no ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR. Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

Na coleta realizada dia 05/08 (232 dias) se observou as menores produções com 919,48 kg ha<sup>-1</sup> de MS, pois neste período não houve uma quantidade adequada de chuvas antes do corte, além de temperaturas muito baixas (Figura 1). Assim como em outros trabalhos com alfafa as menores produções foram

no outono-inverno (SALES, 2001; BOTREL & ALVIM, 1997; BOTREL et al., 2000; PEREIRA et al., 1998; FERREIRA et al., 1999; BOTREL et al., 2001).

A baixa produção da última coleta realizada no dia 10 de janeiro de 2012 se deu pela baixa precipitação e alta das temperaturas, pois altas temperaturas diminuem o período entre cortes, justificando a menor produção observada no verão (RASSINI et al., 2007).

Não foi observado efeito significativo das doses de boro sobre a MS acumulada de alfafa em ambos os períodos de avaliação, antes e após a segunda aplicação de B (Tabela 3). Sendo que a média do acúmulo de MS sobre o efeito da primeira aplicação de B foi de 13.048,2 kg ha<sup>-1</sup>. No segundo período, após a segunda aplicação de B, constatou-se uma média de produtividade de MS acumulada de 9.704,94 kg ha<sup>-1</sup>, mas mesmo sem o efeito das doses a alfafa teve uma excelente produção de forragem.

A boa distribuição da produção de forragem ao longo do ano de cultivares de alfafa foi relatada na literatura, sendo valores inferiores ao encontrado neste trabalho, pois Heinemann et al. (2006) encontraram para a cultivar Crioula a produção de 13.274 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e Monteiro et al. (1998), observaram valores de 12.980 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

**Tabela 3:** Produtividade de matéria seca acumulada (kg há<sup>-1</sup>) de alfafa em função de doses de boro em um Latossolo, ano agrícola 2011. UTFPR-IAPAR.

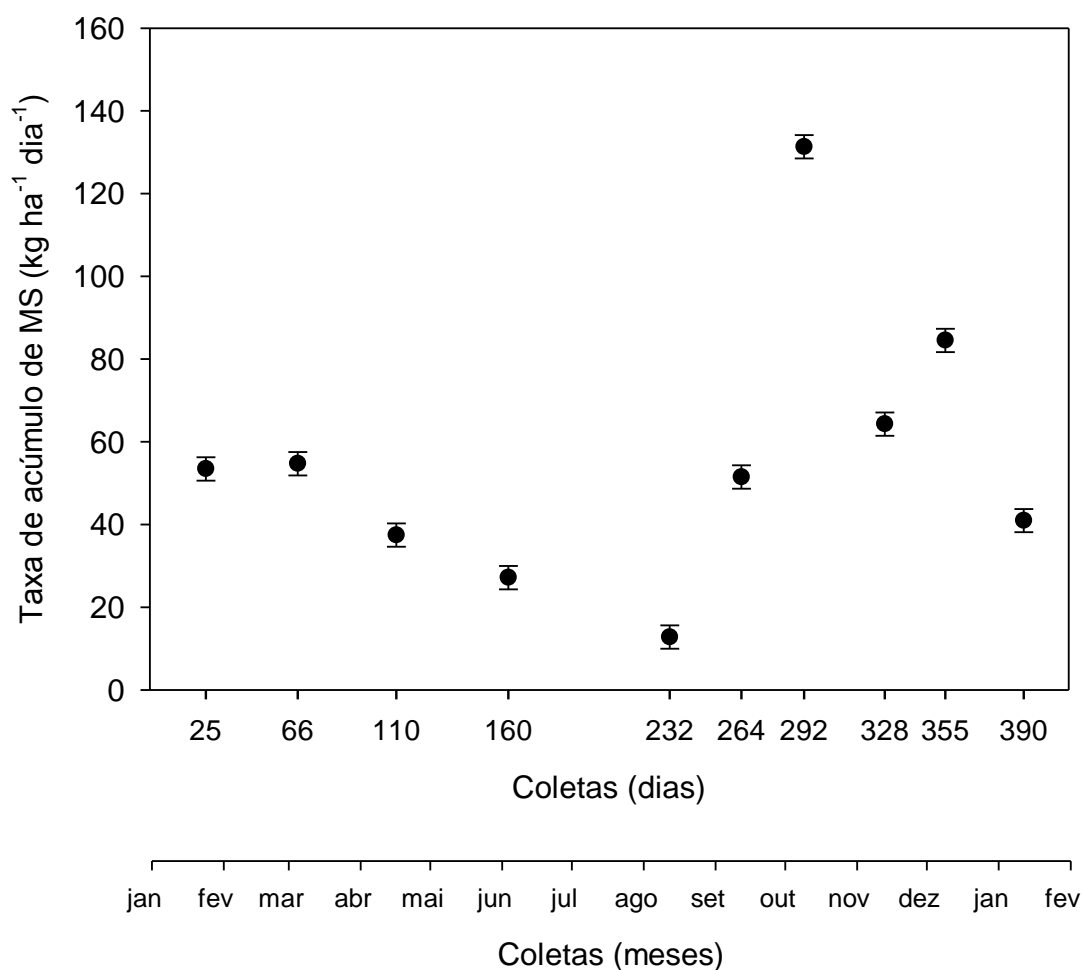
Dose (kg de B ha <sup>-1</sup> )	MS Acumulada (kg ha <sup>-1</sup> )	
	1º Período	2º Período
0	13.544,1 <sup>ns</sup>	10.010,6
0,5	12.575,4 <sup>ns</sup>	9.463,3 <sup>ns</sup>
1	14.010,2 <sup>ns</sup>	9.709,9 <sup>ns</sup>
2	12.588,8 <sup>ns</sup>	9.789,4 <sup>ns</sup>
4	12.522,6 <sup>ns</sup>	9.551,5 <sup>ns</sup>
Média	13.048,2	9.704,94

ns= não significativo estatisticamente com Teste Tukey a 5%.

No APÊNDICE 02 pode-se observar que as datas de coletas também tiveram efeito sobre a taxa de acúmulo da MS (P=0,0000), em que a maior taxa de

acúmulo (Figura 6) foi obtida aos 292 dias de experimento, com uma produção de  $131,31 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  e a mais baixa produção foi na coleta de 232 dias ( $12,77 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), mais uma vez esse fato se deu pelas condições climáticas em que na coleta realizada em outubro a temperatura média foi de  $19^\circ \text{ C}$  e uma precipitação média de 160 mm, favorecendo assim a maior taxa de acúmulo diária.

Ferragine et al. (2004) em trabalho com cultivares de alfafa sob pastejo encontraram valores de 104,46 e  $88,73 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , demonstrando assim que no inverno a taxa de acúmulo é menor. Assim como Monteiro et al. (1999), também em experimento com a cultivar Crioula, observaram que, quando as temperaturas começaram a aumentar, em média de  $24^\circ \text{ C}$ , diferenças quanto a eficácia de rebrotação e produção de matéria seca apareceram.

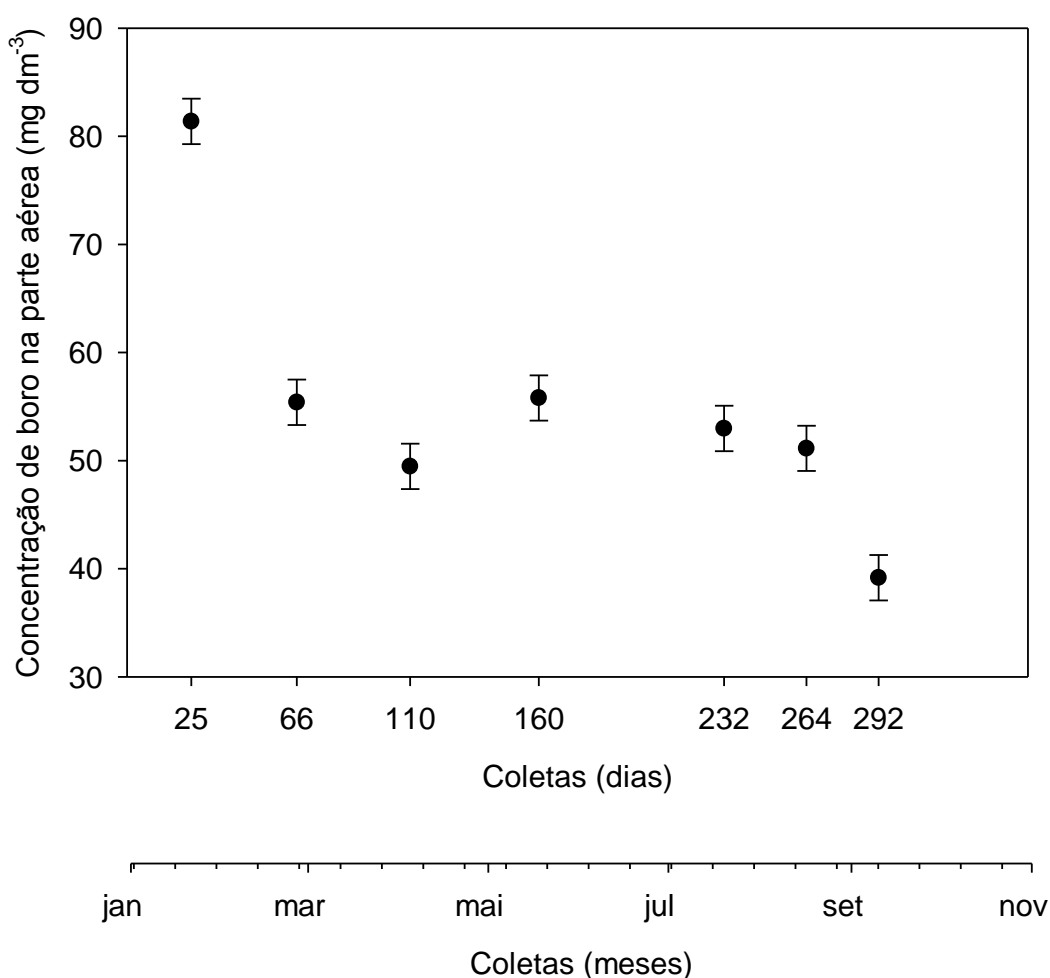


**Figura 4:** Taxa de acúmulo de matéria seca de alfafa submetida a doses de boro em dez datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

Constatou-se efeito estatisticamente significativo das datas de coletas sobre os teores de B foliar ( $P=0,0000$ ). Como se pode constatar (Apêndice 04, Figura 7) a maior concentração, em média, de boro na alfafa se deu na coleta de 25 dias após a uniformização, realizada no dia 10 de janeiro de 2011 ( $81,37 \text{ mg kg}^{-1}$ ), isso ocorreu pelo fato das plantas ainda serem novas, pois o boro é um micronutriente que se concentra principalmente nos tecidos mais jovens da planta. Já a menor concentração foi obtida na coleta de 292 dias ( $39,17 \text{ mg kg}^{-1}$ ) em que ocorre o oposto da coleta de janeiro, as plantas neste caso já são mais velhas, assim diminuindo a concentração de boro nos tecidos. Saliendo que, segundo Dunlop & Hart (1987) o nível crítico de boro em plantas como alfafa é de  $25 - 35 \text{ mg kg}^{-1}$ .

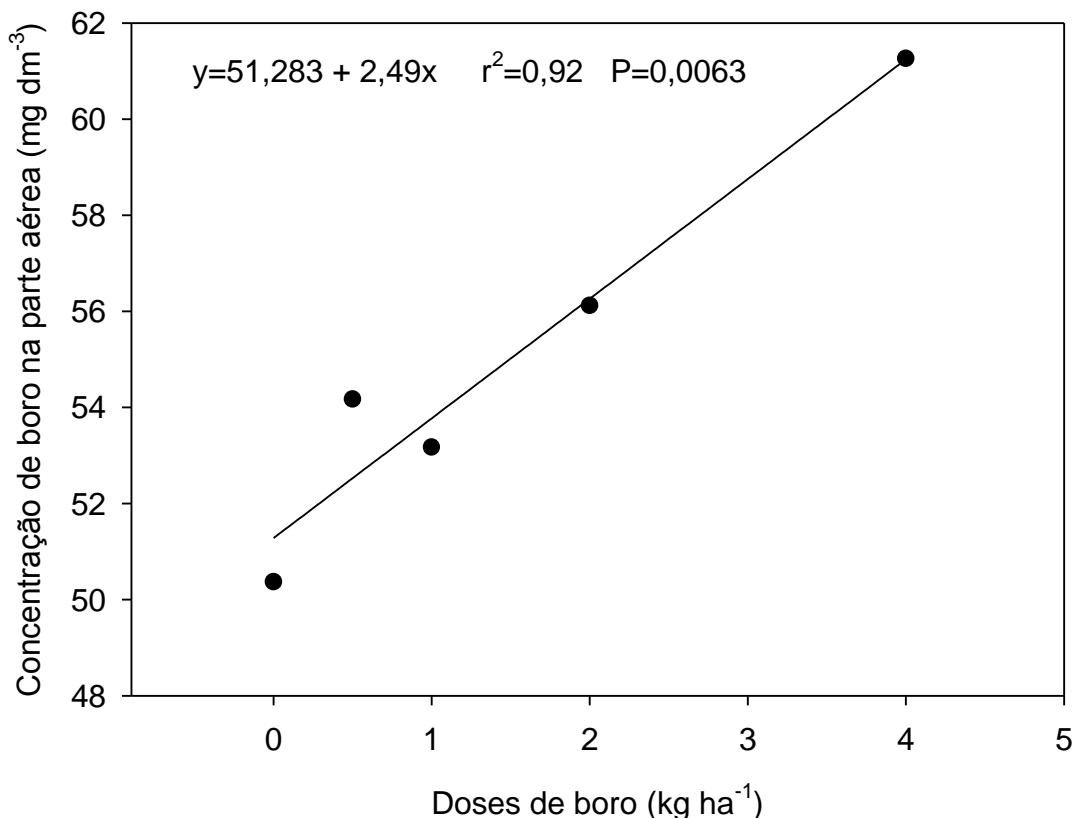
Santos et al. (2004), em trabalho com alfafa submetida a doses de boro em vaso, encontraram concentrações de boro nas partes superiores das plantas de  $11$  a  $66 \text{ mg kg}^{-1}$ . Segundo Cihacek (1994) para que haja um desenvolvimento adequado da cultura da alfafa, terço superior, a concentração de boro deve ficar entre  $30$  a  $80 \text{ mg kg}^{-1}$ .



**Figura 5:** Concentração de boro na parte aérea de plantas de alfafa em sete datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

Constatou-se efeito significativo das doses de boro sobre a concentração deste na planta ( $P=0,0005$ ), como pode ser observado no Apêndice 04. Sendo que, a maior concentração, em média, foi obtida quando aplicado a dose de 4 kg de B ha<sup>-1</sup> (61,26 mg kg<sup>-1</sup>). Bem como, Dordas (2006) que obteve concentração máxima de 82 mg kg<sup>-1</sup> de B também para a cultura da alfafa. Assmann (2009) em trabalho com trevo e com as mesmas doses de B constatou a maior concentração de B no tecido foliar nos meses de outubro, novembro, dezembro e julho, com doses de 2,40; 3,23; 2,72 e 2,77 kg ha<sup>-1</sup> de B, tendo uma concentração máxima de 44, 42, 38 e 48 mg kg<sup>-1</sup> de B, respectivamente.

Segundo Wright (1986), quando se tem concentração inferior a 20 mg de B  $\text{dm}^{-3}$  na planta, estas são consideradas deficientes e provavelmente irão ter perdas na produção de MS.

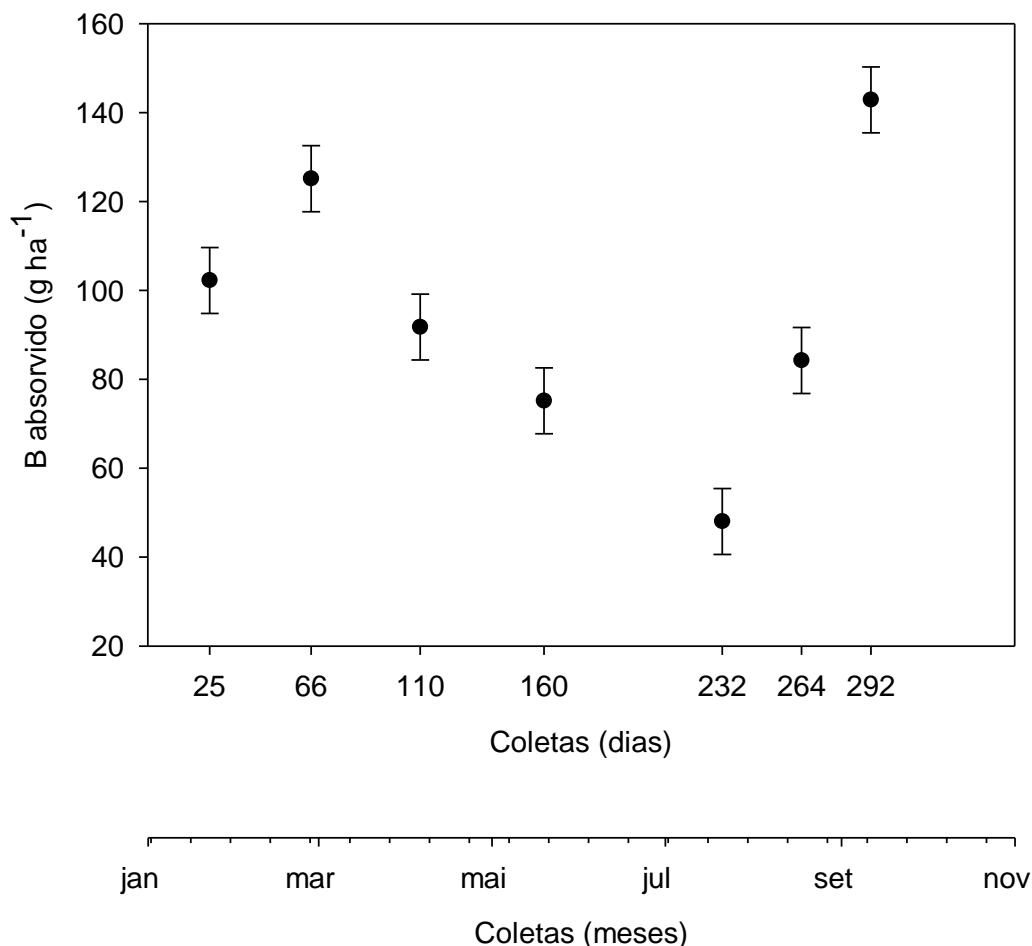


**Figura 6:** Concentração de boro na parte aérea de plantas de alfafa submetidas a doses de boro (0; 0,5; 1; 2 e 4  $\text{kg ha}^{-1}$ ) no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Vale (1995), em trabalho com trevo subterrâneo com doses de boro e calcário em vaso, obteve concentração média de 33,4 mg de B  $\text{vaso}^{-1}$ , quando utilizando 4 mg de B  $\text{vaso}^{-1}$  e de 69 mg de B  $\text{vaso}^{-1}$ , quando utilizado 8 mg de B  $\text{vaso}^{-1}$ . Otsubo (1993) constataram concentrações de boro na parte superior de plantas de alfafa entre 43 – 108  $\text{mg kg}^{-1}$ .

Foi evidenciada influência significativa das datas de coletas sobre a quantidade de boro absorvido por plantas de alfafa ( $P=0,0000$ ) podendo ser observado no Apêndice 05. As maiores quantidades de boro absorvidas foram obtidas na coleta realizada aos 292 dias em que se teve a absorção, em média, de

142,9 g ha<sup>-1</sup> de B, o que coincide também com a coleta de maior produção de matéria seca, acumulando assim uma maior quantidade desse nutriente (Figura 9).



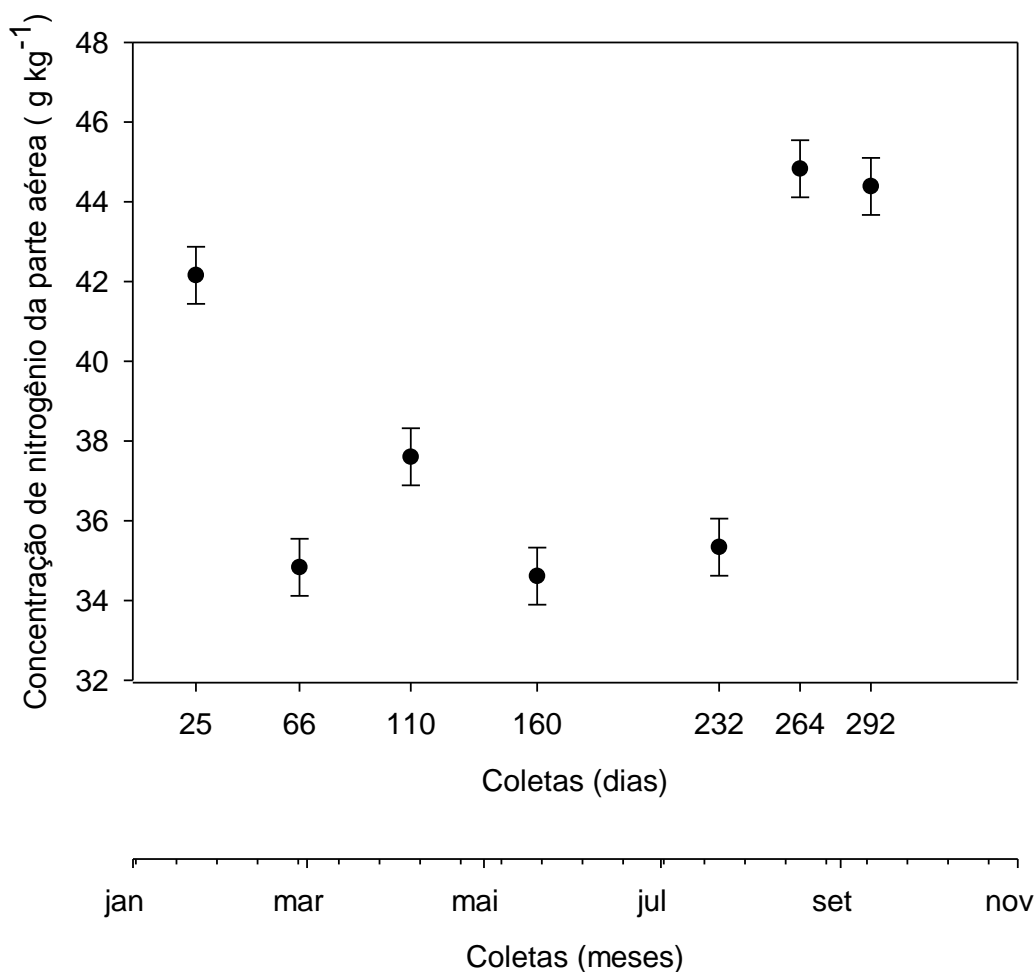
**Figura 7:** Boro absorvido por plantas de alfafa submetidas a diferentes doses de boro em sete datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

De acordo com o peso seco, normalmente as plantas monocotiledôneas contêm de 5 a 10 mg B kg<sup>-1</sup> enquanto as dicotiledôneas possuem de 20 a 70 mg B kg<sup>-1</sup>, mas mesmo assim essas plantas variam no seu conteúdo de B, bem como a habilidade para absorver boro dos solos (SHIFFLER et al., 2003). Malavolta et al. (1997) em trabalho com soja-perene constataram que a faixa de concentração de boro recomendada para essa cultura fica entre 40 a 60 mg kg<sup>-1</sup>.

Constatou-se efeito estatisticamente significativo das datas de coletas (P=0,000) sobre concentração de nitrogênio em plantas de alfafa (Apêndice 06,

Figura 10). Como podem ser observadas as maiores concentrações, em média, de N foram nas coletas de 264 e 292 dias de experimento 44,83 e 44,39 g kg<sup>-1</sup> de N, respectivamente. Assmann (2009) em trabalho com trevo e doses de B observou um uma concentração média de 29,46 g kg<sup>-1</sup> de N dos meses de setembro a fevereiro.



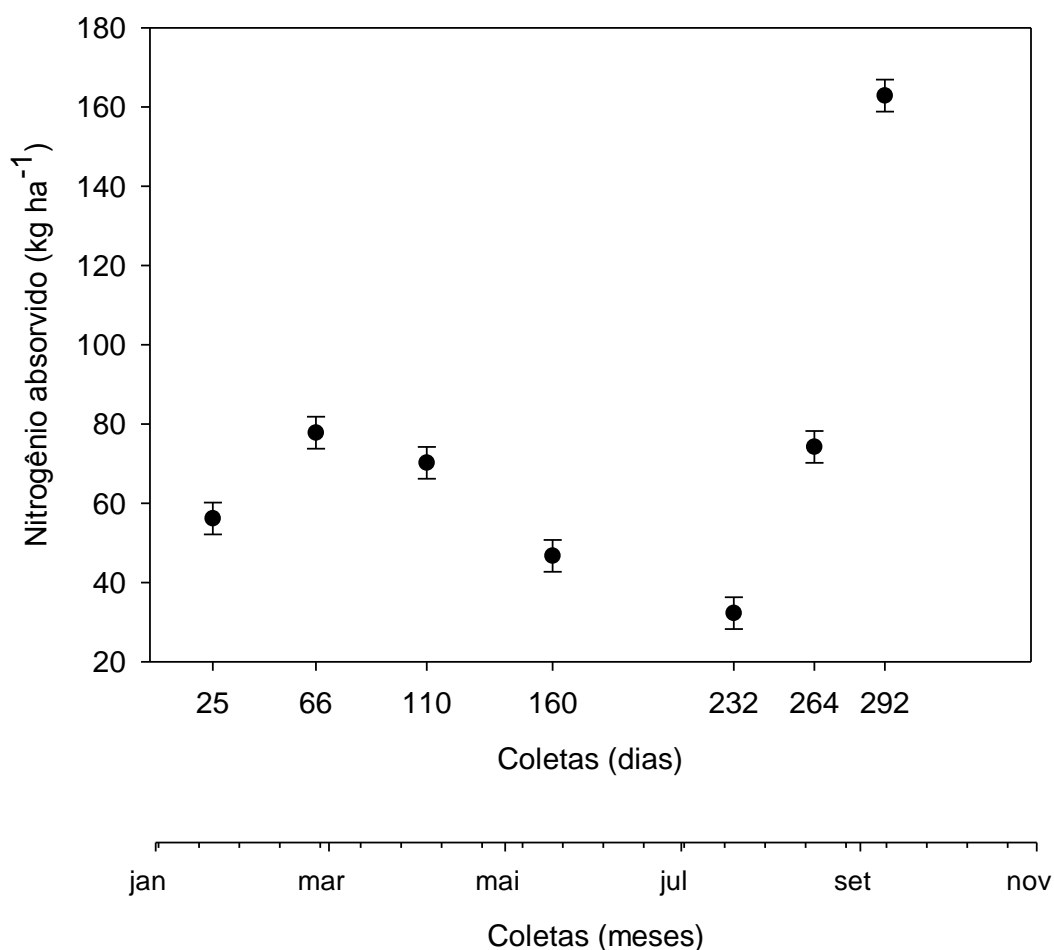
**Figura 8:** Concentração de nitrogênio em plantas de alfafa em sete datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

Foi observado efeito significativo das datas de coletas sobre a quantidade de nitrogênio absorvido ( $P=0,0000$ ) por plantas de alfafa. Como se pode constatar na Figura 11, a maior quantidade de N absorvido foi na coleta do dia 04 de outubro (292 dias) sendo essa de 162,9 kg ha<sup>-1</sup> de N, isso se pelo fato da cultura ter produzido mais neste mês, além disto, esta maior produção pode ter sido influenciada pelas adubações potássica e fosfatada.



Segundo Vance & Heichel (1991), a alfafa é capaz de fixar aproximadamente  $200 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , assim estará suprindo a demanda de nitrogênio requerido por esta, ficando desta forma sem a necessidade, muitas vezes, da adubação nitrogenada, evitando desta forma causar, mais tarde, problemas ao meio ambiente, devido ao seu uso inadequado.



**Figura 9:** Nitrogênio absorvido pelas plantas de alfafa em sete datas de coletas distintas no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

O teor de N na pastagem é relacionado diretamente com o teor de proteína bruta (PB), sendo assim, quando se tem o incremento na concentração de nitrogênio devido a aplicação de boro, haverá concomitantemente uma melhoria na pastagem (ASSMANN, 2009).

Analisando o nitrogênio acumulado em plantas de alfafa, este não sofreu influência estatisticamente significativa das doses de B. Tendo uma concentração de  $582,63 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no total. Assmann (2009) em trabalho com trevo branco e doses de boro, constatou o maior acúmulo de nitrogênio com a dose de  $2,50 \text{ kg ha}^{-1}$  de B, acumulando  $650 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N.

### 3.6 CONCLUSÕES

1. As doses de boro não influenciaram na produção de matéria seca de alfafa, mas a época de coleta sim, sendo as maiores produções encontradas nas estações mais quentes do ano (primavera e verão).

2. A concentração de boro na planta foi afetada tanto pelas doses quanto pelas coletas, sendo em média a maior concentração em janeiro de 2011 com  $81,37 \text{ mg de B kg}^{-1}$  e a menor em outubro com  $39,17 \text{ mg de B kg}^{-1}$ . E a dose de boro em que se obteve a maior concentração na área foliar foi a de  $4 \text{ kg ha}^{-1}$ , com  $61,26 \text{ mg kg}^{-1}$ .

3. As doses de boro não afetaram a absorção de nitrogênio pela planta, pois este foi influenciado apenas pelas coletas, em que a maior concentração foi obtida na coleta do mês de outubro com uma absorção de  $162,9 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

## 4 EFEITO DA APLICAÇÃO DE BORO NA PRODUÇÃO DE RAÍZES DE ALFAFA E SOBRE OS TEORES DE NITROGÊNIO E BORO EM LATOSSOLO

### 4.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito de doses de boro na produção de matéria seca de raízes de alfafa e concentração de boro e nitrogênio em um Latossolo no Sudoeste do Paraná. O experimento foi conduzido no IAPAR de Pato Branco, PR no ano agrícola de 2011. O delineamento experimental para produção de matéria seca de raiz (MSR) foi de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo os tratamentos cinco doses de boro. Para o solo o delineamento foi de blocos aos acaso com parcelas sub-subdivididas com quatro repetições. Onde as parcelas principais se constituíram de coletas, cinco doses de boro (0; 0,5; 1; 2; 4 kg ha<sup>-1</sup>) nas subparcelas e nas sub-subparcelas as profundidades (0-5; 5-10 e 10-20cm). Foram avaliados a produção de matéria seca de raízes de alfafa, as concentrações de boro, nitrato e amônio no solo. Não foi constatado efeito das doses de boro sobre a produção MSR. Tanto as coletas, como as doses de B e a profundidade influenciaram a concentração de boro no solo com concentração média de 0,17 mg kg<sup>-1</sup>. O amônio sofreu efeito estatisticamente significativo apenas das coletas de solo, encontrando-se a maior concentração de amônio na coleta aos 432 dias, com 51,13 mg kg<sup>-1</sup>. A máxima eficiência técnica para o nitrato foi de 2,14 kg de B ha<sup>-1</sup>, alcançando uma concentração de 52,33 mg kg<sup>-1</sup>. Houve também o efeito da interação entre datas de coletas e profundidade, variando as concentrações de nitrato de 39 a 54 mg kg<sup>-1</sup>. Assim, pode-se constatar que as doses de boro são necessárias para melhorar a concentração de boro e nitrogênio mineral no solo, pois este nutriente tem fundamental importância na simbiose rizóbio-alfafa.

**Palavras chave:** *Medicago sativa* L., adubação boratada, concentração de nutrientes.

## 4.2 ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of rates of boron on dry matter production of alfalfa roots and boron and nitrogen concentration in an Oxisol in Paraná, Brazil. The experiment was conducted at Agronomic Institute of Paraná (IAPAR) in Pato Branco town, Paraná, Brazil, in the 2011 agricultural year. The experimental design for the production of root dry matter (RDM) was a randomized block design with four replications, with treatments of five doses of boron. For the soil the design was randomized block with the sub-divided plots with four replications. In which the main plots consisted of collections, five doses of B (0, 0.5, 1, 2, 4 kg ha<sup>-1</sup>) in the subplots and in the sub-subplots at 0-5, 5-10 and 10-20cm depths. The dry matter production of alfalfa roots and the concentrations of nitrate, ammonium and boron in the soil were evaluated. It was observed that the doses of boron had no effect on root dry matter (RDM). Both the samples, the doses of B and the depth influenced the boron concentration in the soil (0.17 mg kg<sup>-1</sup>). The ammonium had only a statistically significant effect on the soil sampling, where it was observed the highest NH<sub>4</sub> concentration on the 432th day collection of 51.13 mg kg<sup>-1</sup>. The maximum technical efficiency for nitrate was 2.14 kg B ha<sup>-1</sup>, reaching 52.33 mg kg<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>. There was also the interaction effect between sampling dates and depth, nitrate concentrations ranging from 39 to 54 mg kg<sup>-1</sup>. Thus it can be seen that boron doses are necessary to improve mineral boron and nitrogen concentration in soil, since these nutrients are crucial to alfalfa symbiosis.

**Key words:** *Medicago sativa* L., fertilization boratada, nutrients concentration.

### 4.3 INTRODUÇÃO

A importância da alfafa como planta forrageira se dá não apenas pela sua alta qualidade e produtividade, mas também pelo fato de ser uma *Fabaceae* e ser capaz de fixar nitrogênio atmosférico, através da simbiose com bactéria *Rhizobium melioli*. Essa fixação pode variar de 170 a 224 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em clima temperado (HEICHEL et al., 1984) e já em condições de clima tropical, essa estirpe de bactéria não é encontrada naturalmente nos solos. Sendo assim, quando cultivada a alfafa, suas sementes devem ser inoculadas com rizóbio específico, pois não há estirpes nativas nessas regiões (FRANCO, 1994).

Para que haja o desenvolvimento normal de plantas anuais, o boro é elemento essencial, pois participa de inúmeras reações biológicas, sendo que a deficiência desse micronutriente foi vista em tipos de solos diferentes, em lugares diferentes do mundo (SAH & BROWN, 1997) e assim pode levar a deficiência em diversas culturas anuais no Brasil e entre outras partes do mundo, levando a grandes perdas na produção (BATAGLIA & RAIJ, 1990).

Os teores de boro no solo influenciam o crescimento radicular das plantas (BARBER, 1995), pois este, ativa enzimas que estão presentes em inúmeros processos metabólicos, dentre eles o transporte de carboidratos, formação de raízes através da divisão, alongamento e conexão da parede celular e no metabolismo das auxinas, e ainda na atividade das membranas celulares (MARSCHNER, 1995; LUND et al., 1996; ONO & RODRIGUES, 1996). No alongamento celular, deve-se destacar o papel do boro por sua participação em parte dos polissacarídeos da parede celular, pois havendo desordem destes, ocorrerá prejuízo ao crescimento radicular (OBATA, 1995).

O boro deve estar presente num determinado local do solo para que ocorra o desenvolvimento das raízes das plantas, pois este nutriente é imóvel no floema (em sua grande maioria). Ou seja, para que as plantas e conseqüentemente, raízes se desenvolvam é preciso que o boro ali esteja em teor adequado, juntamente com o cálcio (YAMADA, 2000).

Assim o estudo da influencia do boro sobre fixação biológica se faz necessário, onde neste trabalho avaliaram-se os teores de nitrato e amônio no solo. O nitrogênio que esta presente no solo encontra-se, na sua grande maioria, na forma orgânica, esta não esta disponível para as plantas e é encontrado também, em pouca quantidade na forma inorgânica ( $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$ ), sujeito a ser absorvido e metabolizado (SOUSA & LOBATO, 2004). Sendo que, conhecer essa relação entre nitrato e amônio é de fundamental importância ao que diz respeito à obtenção de nitrogênio pelas culturas (MILLS et al., 1976 citado por SANTOS, 2003) .

Várias são as fontes de boro utilizadas, dentre elas estão o bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ou  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), o ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), os quais são solúveis em água, um mediantemente solúvel é a colemanita ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) e por fim a ulexita ( $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{B}_{10}\text{O}_{18} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ ) insolúvel em água (LOPES, 1999). Esta é um borato de sódio e cálcio, sendo que dos boratos de cálcio possui a maior solubilidade, o boro é liberado mais vagorosamente conforme sua granulometria, bem como sua solubilidade que dependerá da relação sódio e cálcio no adubo (BYERS et al., 2001)

Segundo Beltrão et al. (2010), maior é o efeito residual de fertilizantes boratados em solos com elevados níveis de silte e argila quando comparados a solos arenosos. Bem como, produtos como colemanita e ulexita, que possuem menor solubilidade e conseqüentemente maior residual.

A concentração do boro na solução do solo irá influenciar na absorção desse pelas plantas. Esta, desse modo, depende de reações entre adsorção de boro e os fatores quais a auxiliam no solo, como óxidos de ferro e alumínio, minerais de argila, hidróxido de magnésio, carbonato de cálcio e a M.O. Sendo que, com o aumento do pH, do teor de materiais adsorventes, da temperatura e com a menor umidade do solo, haverá maior adsorção de boro (GOLDBERG, 1997b).

Fageria (2000) em trabalho com doses de boro nas culturas do arroz, feijão, milho, soja e trigo observaram que os níveis adequados de B no solo foram de 0,4, 0,9, 1,3, 2,6 e 0,4  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente. Assim como Gupta (1983) que obteve valor de 4  $\text{mg B kg}^{-1}$  do solo como nível tóxico para as culturas de feijão e milho.

Sendo que a faixa entre os níveis adequados e tóxicos de boro é estreita para as culturas, se fazendo necessário estudo sobre qual o nível adequado

de aplicação de B no solo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de boro na produção de matéria seca de raízes de alfafa e concentração de boro e nitrogênio em um Latossolo no Sudoeste do Paraná.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi conduzido nos anos de 2010 e 2011, na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, localizada no Município de Pato Branco – PR. A área experimental está situada na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense. Encontra-se entre as coordenadas de 25°07' latitude Sul e 52°41' longitude Oeste e tem altitude média de 700 m.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa em transição para Cfb (MAAK, 1968). A precipitação pluviométrica e temperatura média do período experimental se encontra na Figura 1.

A área experimental era utilizada em sistema de plantio direto há mais de quinze anos, sendo que no verão eram cultivados milho ou soja e no inverno utilizava-se a rotação com cereais de inverno e nabo forrageiro.

O solo onde o experimento foi desenvolvido é classificado como LATOSSOLO VERMELHO distroférico, relevo ondulado textura argilosa (EMBRAPA, 1999a), formado a partir de rocha eruptiva básica. Foi realizada uma coleta de solo nas profundidades de 0,0 a 5,0 cm; 5,0 a 10,0 cm e de 10,0 a 20,0 cm, para caracterização química da área (Tabela 1).

Para a avaliação do solo o delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcelas sub-subdivididas com quatro repetições. Os tratamentos se constituíram de três coletas (10/01, 06/09 e 06/12 de 2011) como parcelas principais, doses de boro (0; 0,5; 1; 2 e 4 kg ha<sup>-1</sup>), sendo as sub parcelas principais. E as sub-subparcelas constituídas das profundidades 0,0 – 5,0 cm; 5,0 – 10,0 cm e 10,0 – 20,0 cm.

Já para avaliação da matéria seca das raízes (MSR) o delineamento experimental foi de blocos ao acaso com 4 repetições. Os tratamentos foram de cinco doses crescentes de boro (0; 0,5; 1; 2 e 4 kg ha<sup>-1</sup>), aplicados no solo. As

parcelas foram de 3 m x 4 m, com espaçamento de 0,5 m e 1,0 m entre blocos, totalizando 368 m<sup>2</sup>.

No dia 21 de novembro de 2011 foi realizada a coleta das raízes. A produção de raízes da alfafa foi avaliada em um metro linear por parcela, em escavação centralizada na linha de semeadura, com 15 cm de profundidade e 15 cm de largura.

O material coletado foi submetido à limpeza e remoção de resíduos, e logo após, pesado verde. As amostras foram pesadas e, posteriormente, secas em estufa (60°C), determinando-se o teor de matéria seca das mesmas.

No mês de julho foi realizada uma calagem para elevar a saturação de base a 80%, que conforme análise química foram necessários 4.000 kg.ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT = 100%) aplicados em superfície. A semeadura da alfafa, Cultivar Crioula, foi realizada no dia 27 de setembro de 2010, em sistema de plantio direto.

No momento da semeadura da alfafa foi feita adubação de base, com aplicação de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A adubação potássica foi aplicada mais duas vezes. A segunda aplicação foi em março e a terceira em setembro de 2011, sendo ambas com 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, totalizando 180 kg.ha<sup>-1</sup>. Já para o fósforo a segunda aplicação foi em setembro de 2011, com 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> à lanço.

A alfafa foi inoculada no momento da semeadura com *Rhizobium melilotii*, no momento da semeadura da cultura foi realizada a aplicação dos tratamentos das doses de boro a lanço na forma de Ulexita (8% de boro). As doses de boro foram reaplicadas um ano após a instalação do experimento, no dia 04 de outubro de 2011.

Durante todo o experimento foram realizados os tratos culturais de controle de plantas daninhas de forma manual.

Para se determinar a concentração de boro e nitrogênio no solo foram realizadas coletas de solo, no dia 10 de janeiro, 06 de setembro e 06 de dezembro de 2011, sendo essas realizadas em diferentes profundidades: 0,0 a 5,0; 5,0 a 10,0; 10,0 a 20,0 cm. Os extratos foram coletados com uso de uma pá de corte.



Todo material de solo coletado foi colocado posteriormente em estufa a 40°C para secar. Após a secagem do material, procedeu-se a moagem do solo em moinho com peneira de 10 mesh, sendo então acondicionado em sacos plásticos. Nas amostras foi realizada a quantificação do boro e nitrogênio no solo.

Para estimativa do comportamento do nitrogênio no perfil do solo foi medida a concentração de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) em diferentes profundidades e assim determinou-se os conteúdos destes no solo usando o método descrito por Tedesco et al. (1995).

Para a determinação do boro disponível foi utilizado 10 g de solo com 0,25 g de carvão ativado; a seguir foram adicionados 20 ml de solução extratora de sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) 0,005 M. Posteriormente, foram encaminhados para o microondas e aquecidos com potência de 490 W durante 10 minutos. Finalizando-se a análise com a leitura por espectrofotometria a 420 nm. Este extrator foi empregado por caracterizar melhor a variabilidade dos teores de B em latossolo similar, adubado com ulexita (BOEIRA, 2011).

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância. As variâncias foram avaliadas pelo Teste de Bartlett quanto à homogeneidade. As variáveis que se mostraram homogêneas tiveram os tratamentos avaliados pelo Teste F. Quando os resultados revelaram significância a 5% de probabilidade as médias dos fatores qualitativos (datas de coletas e profundidade) foram comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos (doses de Boro) foram ajustadas regressões polinomiais entre os níveis de B (variável independente) com as demais variáveis dependentes buscando o modelo que melhor expressasse esta relação. Foram testados modelos linear e quadrático e a escolha foi baseada na significância (menor que 5%), e no coeficiente de determinação.

Quando alguma interação foi significativa, foi analisado o comportamento das doses crescentes de B dentro de cada situação (datas de coletas e profundidades) individualmente e posteriormente, o comportamento das situações dentro de cada dose de B. Quando a interação não foi significativa, os fatores foram analisados separadamente.

A Máxima Eficiência Técnica foi obtida a partir do ponto de máxima de uma equação de segundo grau, que é calculado igualando-se a zero a derivada de primeira da equação e encontrando-se posteriormente o valor de x, conforme a equação apresentada a seguir (CHASTON, 1971).

$$Y = a + bX - cX^2$$

$$\frac{dY}{dX} = b - 2cx \rightarrow x = \frac{b}{2c}$$

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

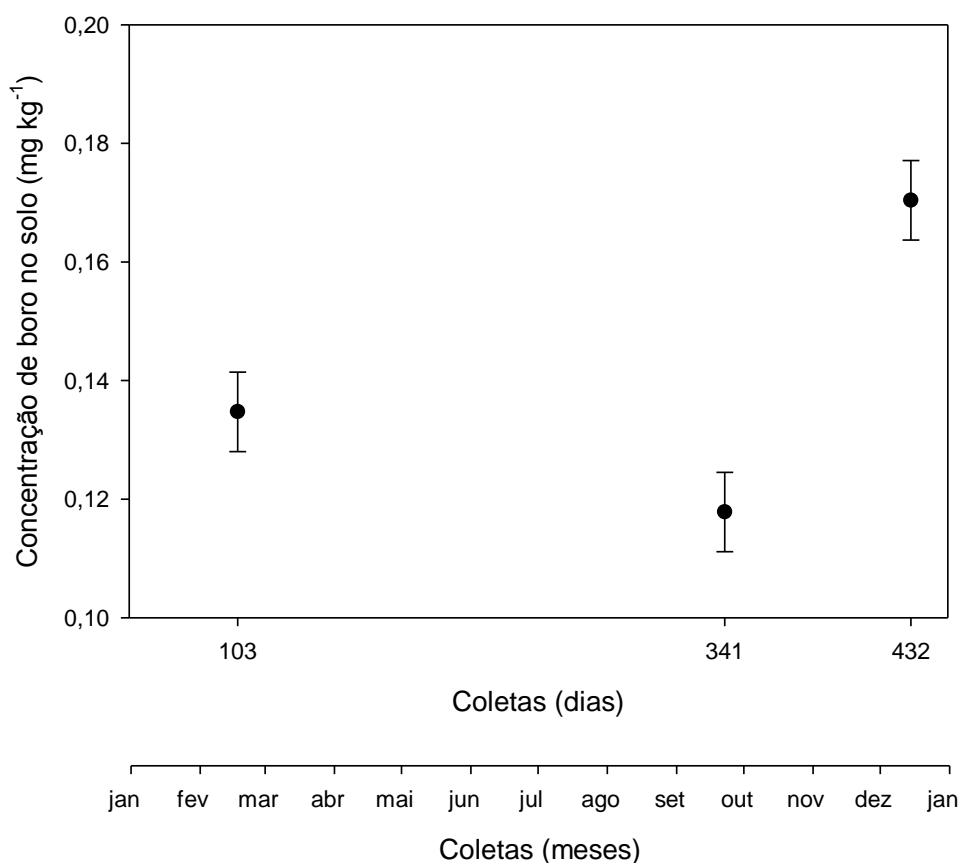
Não foi observado efeito significativo das doses de boro sobre a produção de matéria seca das raízes (MSR) de alfafa, mesmo o boro tendo papel fundamental para o crescimento radicular de alfafa (Apêndice 09, Tabela 4). Salientando que, a produção de MSR variou de 63,42 a 98,78 kg ha<sup>-1</sup>. Assim como Marchetti et al. (2001), em trabalho com girassol em casa de vegetação, com doses e fontes de boro também não observaram diferenças significativas para a produção de MSR. Favaretto et al. (2007), em trabalho com trevo branco e doses de boro, também não constataram efeito significativo das doses de boro sobre a produção de MS das raízes.

**Tabela 4:** Matéria seca de raízes de alfafa submetida a doses de boro em um Latossolo no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Dose de B (kg ha <sup>-1</sup> )	Médias de MSR (kg ha <sup>-1</sup> )
0	84,28 <sup>ns</sup>
0,5	98,78 <sup>ns</sup>
1	87,94 <sup>ns</sup>
2	63,42 <sup>ns</sup>
4	93,10 <sup>ns</sup>
<b>Média</b>	<b>85,50</b>

ns= diferença estatística não significativa

Para os teores de boro no solo foi observada influência significativa das coletas ( $P=0,0000$ ). Como pode ser visto na Figura 10, as maiores concentrações de boro, em média, foram encontradas na coleta de dezembro (aos 432 dias) com o valor de  $0,17 \text{ mg de B kg}^{-1}$  e a menor média se deu na coleta aos 341 dias após a primeira aplicação de boro, com  $0,12 \text{ mg de B kg}^{-1}$ , tendo uma concentração 29% inferior a coleta três. Os teores de boro na terceira coleta são maiores pelo fato da primeira aplicação de boro ter sido feito há um ano e refeita dois meses antes desta coleta. Salientando que, o extrator utilizado foi o sulfato de alumínio.



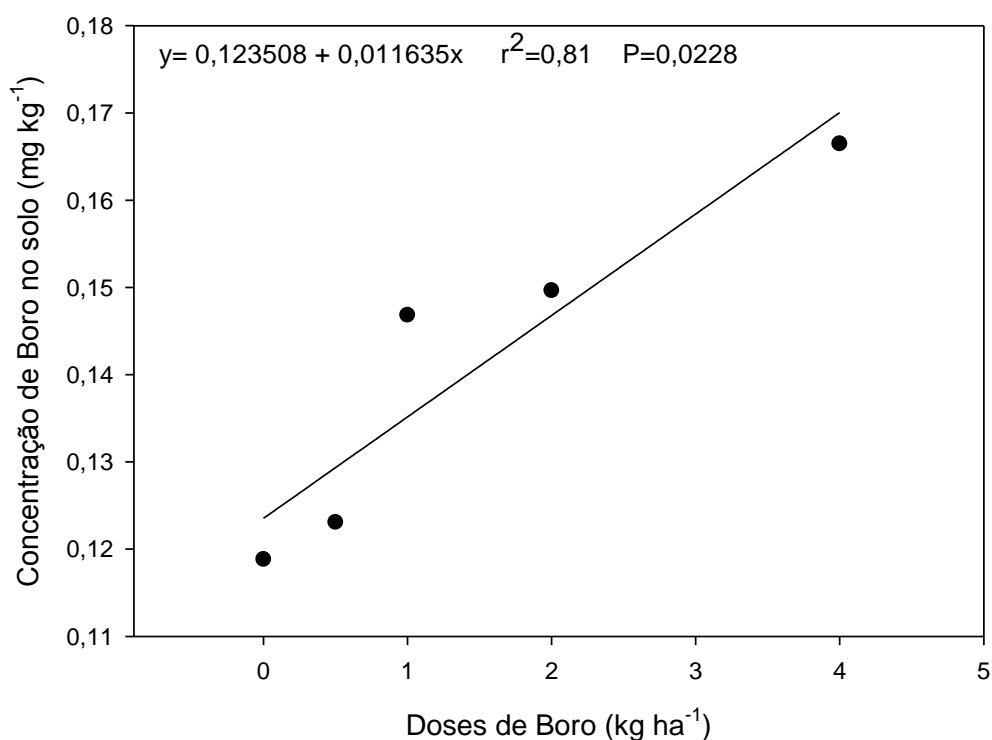
**Figura 10:** Concentração de boro em Latossolo cultivado com alfafa em três coletas distintas, ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

Como constatado no Apêndice 11, houve efeito estatisticamente significativo das doses de boro sobre a concentração de B no solo ( $P=0,007$ ), tendo um comportamento linear, conforme se aumentou a dose, aumentaram-se também as concentrações de boro. Assim como neste trabalho, Oliveira Neto et al. (2009),

em trabalho para avaliar a concentração de boro no solo em função de cinco doses de B (0, 2, 4, 6 e 8 kg de B ha<sup>-1</sup>) aplicadas, observaram que os teores deste nutriente aumentaram linearmente de acordo com as doses aplicadas na superfície do solo.

Souza et al. (2011), em trabalho com doses de calcário e boro na cultura de feijão, utilizando água quente como extrator, observaram que com a aplicação a partir da dose de 1,8 kg ha<sup>-1</sup>, alcançaram concentrações acima de 0,20 mg de B dm<sup>-3</sup>, o que não ocorreu neste trabalho que o máximo atingido foi a concentração de 0,17 mg kg<sup>-1</sup>, sendo considerado teor médio, segundo Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004), quando usado a água quente como extrator.



**Figura 11:** Concentração de boro em latossolo cultivado com alfafa submetida a cinco doses de boro (0; 0,5; 1; 2 e 4 kg de B ha<sup>-1</sup>) no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Foi constatado efeito significativo das profundidades sobre os teores de boro no solo cultivado com alfafa ( $P=0,0017$ ). Como pode ser observado as maiores concentrações de boro, em média, foram encontradas nas profundidades de 0,0 – 5,0 cm, e 10,0 – 20,0 cm, sendo elas 0,16 e 0,15 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Tabela

5). Segundo Dechen & Nachtigall (2007) o B disponibilizado as plantas é encontrado nas camadas superficiais do solo, quando há uma boa drenagem, o qual está diretamente ligada à matéria orgânica, sendo que em condições de baixa precipitação pode vir a dificultar a absorção deste nutriente pelas plantas nessa camada.

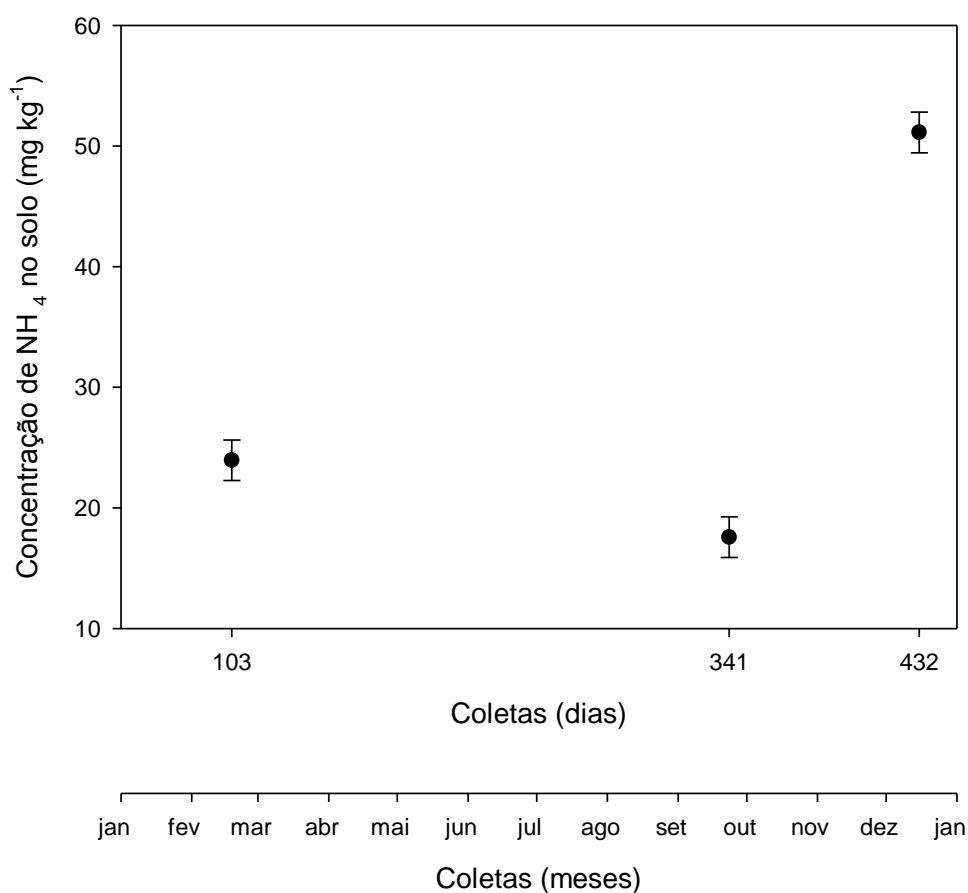
Silva et al (1995), em trabalho de dez anos de aplicações de boro no solo na cultura do algodão, observaram que no nono ano do experimento houve um acúmulo de boro na superfície e lixiviação do mesmo para camadas mais profundas de acordo com as doses usadas. No caso deste trabalho, o período avaliado foi curto e os valores ficaram muito próximos entre si, mesmo havendo diferença estatística, não podendo assim afirmar que houve realmente lixiviação.

**Tabela 5:** Concentração de boro em latossolo cultivado com alfafa submetida a doses crescentes de boro, coletadas em diferentes profundidades no ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Profundidade (cm)	Boro no solo (mg kg <sup>-1</sup> )
0-5	0,16 a
5-10	0,12 c
10-20	0,15 b

\* Médias não seguidas pela mesma letra diferem a 5% de probabilidade de erro pelo teste Tukey.

Como constatado no Apêndice 12 houve efeito estatisticamente significativo das coletas de solo sobre concentração de amônio (P=0,0000). A maior concentração de NH<sub>4</sub> foi encontrada na coleta aos 432 dias com 51,13 mg de NH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>, sendo o dobro do valor encontrado na segunda coleta (Figura 12). Coleta esta, em que já fazia um ano de implantação do experimento e também da primeira aplicação de B.

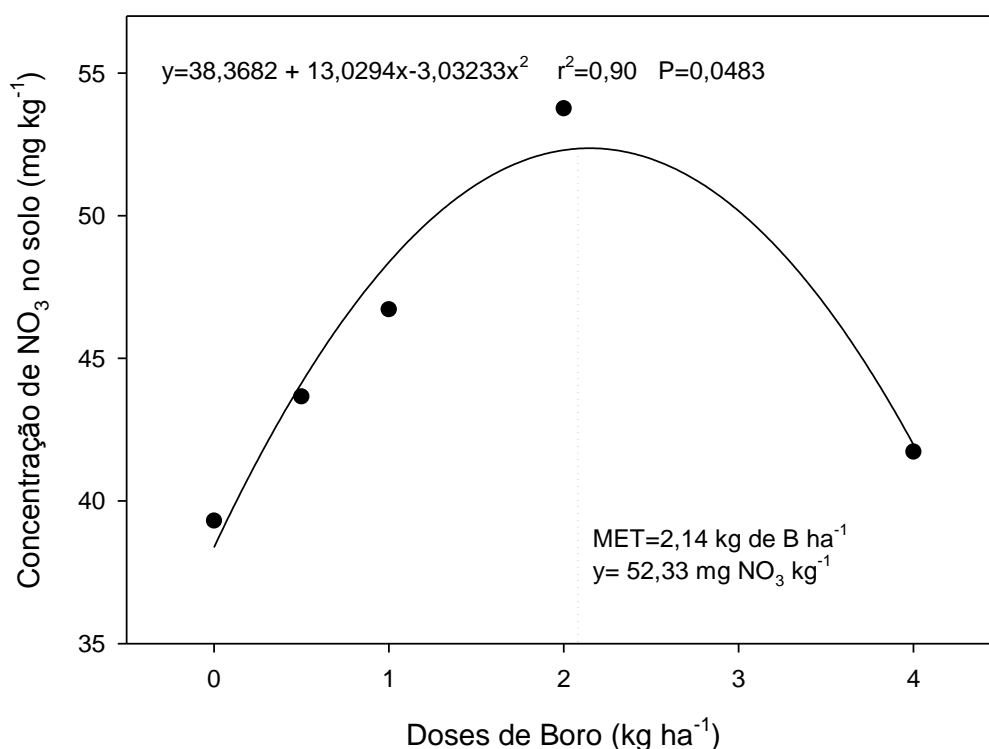


**Figura 12:** Concentração de amônio em Latossolo cultivado com alfafa, em três datas de coletas distintas (21/01; 06/09 e 06/12/11), ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

O amônio reduziu com o decorrer do tempo até a segunda coleta. Isso pode ter acontecido pelo fato da nitrificação e a absorção de uma parte do  $\text{NH}_4$  pelas raízes (KAISER et al., 2010). Já após a aplicação de boro, novamente, os valores de  $\text{NH}_4$  voltaram a aumentar, podendo ser explicado pelo fato do boro auxiliar na fixação biológica do nitrogênio.

Assim como demonstrado no Apêndice 13, constatou-se efeito significativo das doses de boro sobre a concentração de  $\text{NO}_3$  no solo ( $P=0,0176$ ), tendo um comportamento quadrático (Figura 13), em que a máxima eficiência técnica (MET) foi de 52,33 com a dose de 2,14  $\text{kg de B ha}^{-1}$ . Segundo Jadoski et al. (2010) o  $\text{NO}_3$  é a forma que o nitrogênio, disponível para plantas, é mais encontrada no solo.

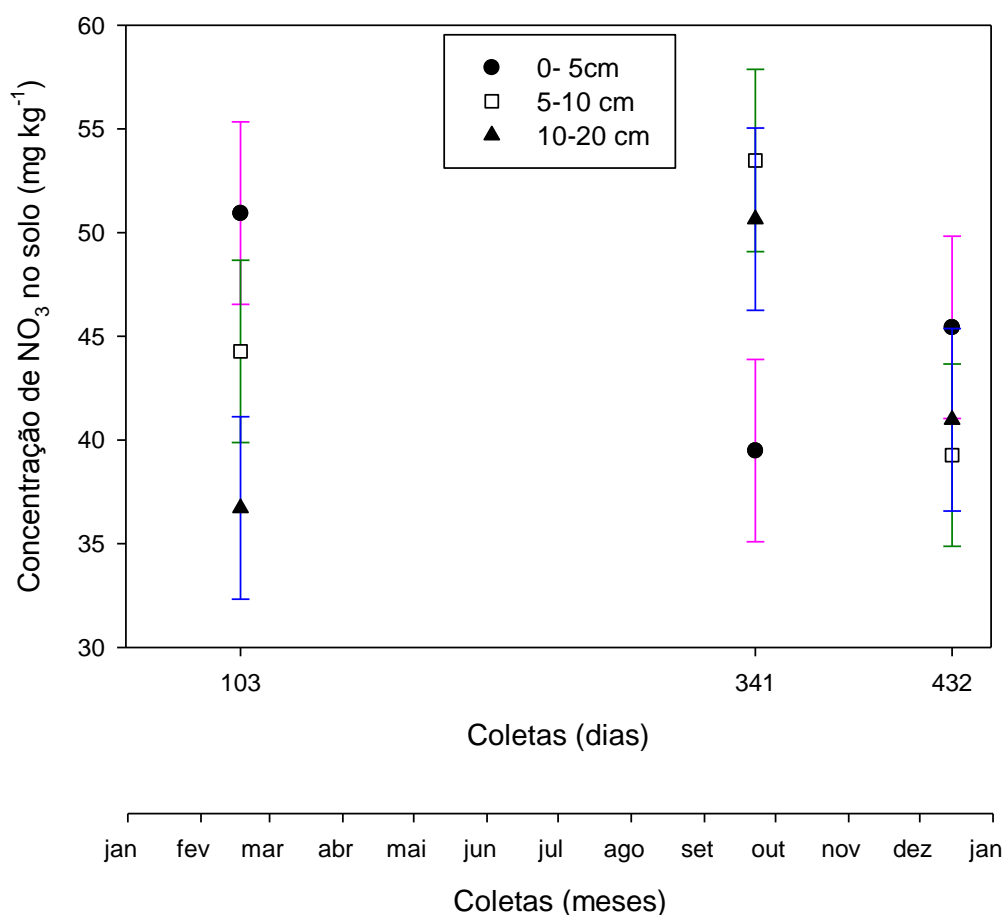


**Figura 13:** Concentração de nitrato em um Latossolo cultivado com alfafa, submetido a diferentes doses de boro, ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

Foi constatado efeito significativo da interação entre as coletas e das profundidades sobre os teores de  $\text{NO}_3$  no solo cultivado com alfafa ( $P=0,0064$ ). Como se pode observar na Figura 16, na profundidade de 10 – 20 cm, na primeira coleta foram encontradas as menores concentrações de  $\text{NO}_3$  no solo, com a média de  $36,72 \text{ mg kg}^{-1}$ . Sendo que na última coleta (432 dias) como havia apenas dois meses da segunda aplicação de B no solo, os valores de nitrato aumentaram, principalmente na camada de 0-5 cm, passando de  $39,49 \text{ mg kg}^{-1}$  na coleta dos 341 dias, para  $45,43 \text{ mg kg}^{-1}$  tendo um incremento de 15% nos teores de  $\text{NO}_3$  no solo.

As concentrações de  $\text{NO}_3$  solo foram superiores na primeira coleta realizada, em relação às coletas subsequentes, sugerindo que esse nutriente possa ter sido absorvido pelas plantas ou lixiviado para as camadas mais profundas. Contudo, os teores de nitrato observados nas camadas superficiais são considerados como adequados, pois de acordo com Bobato (2006) os valores

críticos de  $\text{NO}_3$  no solo estão entre 20 a 30  $\text{mg kg}^{-1}$  e neste trabalho os valores variaram, em média, de 39 a 54  $\text{mg kg}^{-1}$ .



**Figura 14:** Concentração de nitrato em um Latossolo cultivado com alfafa em três distintas coletas (21/01; 06/09 e 06/12/11) e em diferentes profundidades, ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

Barras que não são coincidentes apresentam diferença significativa ao nível de 5% pelo Teste Tukey.

Em relação às profundidades pode-se observar que na primeira coleta realizada as concentrações de nitrato foram superiores na camada superficial diminuindo à medida que se aumenta a profundidade no perfil do solo. Já na segunda coleta os teores de nitrato tenderam a ser maiores nas camadas mais profundas indicando que o nutriente possa ter sido lixiviado no perfil do solo.

Da mesma forma, na terceira coleta, a concentração de  $\text{NO}_3$  na camada superficial foi superior às demais, o que pode ser explicado pela realização de uma nova aplicação de B no período que precedeu essa avaliação, elevando os



teores desse nutriente na camada superficial (0-5 cm), em função de uma possível assimilação desse nutriente, ocasionada pela fixação simbiótica, a qual é favorecida na presença de boro (BLEVINS & LUKASZEWSKI, 1998).

#### 4.6 CONCLUSÕES

1. As doses de boro não afetaram a produção de matéria seca de raízes, tendo como média geral 85,50 kg ha<sup>-1</sup>.
2. As concentrações de boro no solo foram afetadas pela aplicação de boro no solo, mesmo que tenha sido em pequenas proporções.
3. O boro não teve efeito sobre as concentrações de NH<sub>4</sub>, mas observou-se que após a segunda aplicação de boro no solo, esses valores voltaram a subir.
4. A máxima eficiência técnica para o NO<sub>3</sub> foi evidenciada com a dose de 2,14 kg de B ha<sup>-1</sup>, evidenciando assim que o boro pode ter influenciado a fixação biológica.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de boro não foi eficaz na produtividade da alfafa, tanto para a produção de forragem como para de raízes, assim como para teores de boro e nitrogênio, na parte aérea e no solo, concluindo assim que a adubação boratada para alfafa nas condições deste trabalho não se faz necessária.

No entanto, a cultura da alfafa se mostrou uma excelente opção de cultivo para o Sudoeste do Paraná, pois a sazonalidade da produção foi excelente, chegando a produzir em um ano de experimento, aproximadamente, 20.000 kg ha<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS

- ALLEONI, L.R.F. et al., Isotermas de Langmuir e de Freundlich na descrição da adsorção de boro em solos altamente intemperizados. **Scientia agricola**. Piracicaba, v. 55, n. 3, 1998.
- ALVIM, M.J. & BOTREL, M. de A.; Estabelecimento e manejo da alfafa. Instrução técnica para o produtor de leite. Embrapa Gado de Leite. Juiz de Fora-MG, 2000.
- ASSMANN, J.M. **Produção de forragem e sementes de trevo branco (*Trifolium repens* L.) em função de manejos de corte e doses de boro.** Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2009.
- AZEVEDO, W.R. de; FAQUIN, V.; MOREIRA, F.M. de S.; JÚNIOR, A.C.de O. & LISBOA, C.C.; Efeito do boro na nodulação da ervilha cultivada em solos de várzea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1137-1143, Ago. 2002.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach.** 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 414p. 1995.
- BASTOS, A. R. R. e CARVALHO, J. G. de. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas, e seu papel na parede celular. **Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida**. Seropédica, RJ, EDUR, v. 24, n.2, Jul.-Dez., p. 47-66, 2004.
- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Eficiência de extratores na determinação de boro em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.25-31, 1990.
- BELTRÃO, N.E de M.; VALE, L.S. da; MARQUES, L.F.; CARDOSO, G.D. & SILVA, F.V. de F.; Fontes e modos de aplicação de boro no algodoeiro herbáceo. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil); v.5, n.5,(Número Especial) p. 001 - 007 dezembro de 2010.
- BLEVINS, D.G & LUKASZEWSKI, K.M. Boron in plant structure and function. **Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.** v. 49, p. 481–500. 1998.
- BOBATO, Alexon. **Índice nutricional do nitrogênio: uma ferramenta para o diagnóstico do estado nutricional da cultura do milho.** 2006. 76f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Pós-Graduação em Ciência do Solo, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- BOEIRA, C.B.; **Boro em trevo: Eficiência de extratores e efeito sobre atributos químicos do solo, em área come sem corte da parte aérea submetido a níveis**

**de B.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

BOLAÑOS, L.; ESTEBAN, E.; LORENZO, C. de; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M.; FELIPE, M.R. de; GÁRATE, A. & BONILLA, I.; Essentiality of boron for symbiotic dinitrogen fixation in pea (*Pisum sativum*)-*Rhizobium* nodules. **Plant Physiol.** v. 104, p. 85–90. 1994.

BOLTON J. L. Alfalfa. Botany, Cultivation, and Utilization. N Polunin (ed.). **World Crops Series.** Interscience Publishers, Inc. New York. p. 474, 1962.

BONILLA, I.; MERGOLD-VILLASEN, C., CAMPOS, M.E. et al., The aberrant cell walls of boron-deficient bean root nodules have no covalently bound hydroxiproline:proline-rich proteins, *Plant Physiol.* v. 115 p.1329–1340, 1997.

BONILLA, I. & BOLAÑOS, L.; Boron-Calcium relationship in biological Nitrogen fixation under physiological and salt-stressing conditions. Production Practices and Quality Assessment of Food Crops. Vol. 2, “**Plant Mineral Nutrition and Pesticide Management**”, pp. 139–170. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. 2004.

BOTREL, M. de A.; ALVIM, M. J. Avaliação de cultivares de alfafa na Zona da Mata de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 9, p. 971-975, set. 1997.

BOTREL, M. de A.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. V.; VIANA, M. C. M.; ROCHA, R.; MIRANDA, M. Estimativas de coeficientes de repetibilidade para produção de matéria seca em cultivares de alfafa sob diferentes ambientes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 274, p. 651-663, 2000.

BOTREL, M. de A.; FERREIRA, R. de P.; ALVIM, M. J.; XAVIER, D. F. Cultivares de alfafa em área de influência da Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1437-1442, nov. 2001.

BROWN, P.H. & HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. **Annals of Botanic**, v. 77: p.497-505. 1996.

BYERS, D.E.; MIKKELSEN, R.L.; COX, F.R. Greenhouse evaluation of four boron fertilizer materials. **Journal of Plant Nutrition.** v. 24, n. 4-5, p. 717-725, 2001.

CARVALHO, I. A. e VILELA, D. Produção artificial de feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) e seu uso na alimentação animal. In: Cultura da alfafa: estabelecimento, fenação, custo de produção e construção de um secador estático. EMBRAPA/CNPGL, p. 13-20, 1994.

CASTRO C. de et al. Boro e estresse hídrico na produção do girassol. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 214-220, mar./abr., 2006.

CHASTON, I. **Mathematics for ecologists**. London: Butterworth e Co., 132 p., 1971.

CIHACEK, L.J. Alfafa nutrient needs and fertilization. **In: Workshop sobre o potencial forrageiro da alfafa (Medicago sativa L.) nos trópicos**. Juiz de Fora, 1994. Juiz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, p. 93-97. 1994.

CROCHEMORE, M. L. Variabilidade genética da alfafa-Marcadores agromorfológicos e moleculares. IAPAR, Londrina, PR, 58p. (Boletim Técnico, 58). 1998.

DEAR, B.S. & WEIR, R.G.; Boron deficiency in pastures and field crops. Division of Plant Industries. **Agfact P1.AC.1**, 2nd edition. 2004.

DECHEN, A.R. & NACHTIGALL, G.R.; Elementos requeridos à nutrição de plantas. **In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de, FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. (ed); Fertilidade do Solo**. SBCS, Viçosa, p. 92-129, 2007.

DIAS, P. F.; CAMARGO FILHO, S. T.; ARONOVICH, M.; ARONOVICH, S.; VIEIRA, F.S.; LIRA, AT.; SOUTO, S.M. Comparação de cultivares de alfafa (Medicago sativa L.) em Paty de Alferes\_RJ. **In: 33ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Fortaleza, p. 32-34. Fortaleza. Resumos. 1996.

DIAS, P. F.; FILHO, S. T. C.; ARONOVICH, S.; ARONOVICH, M.; SOUTO, S. M. & SCHIMIDT, L. T.; Avaliação de vinte oito cultivares de alfafa em Paty do Alferes, Rio de Janeiro. **Agronomia**, v. 36, n.1-2, p. 29-36, 2002.

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M., LEAL, M.A. de A. & SCHIMIDT, L.T.; Efeito do biofertilizante líquido na produtividade e qualidade da alfafa (*Medicago sativa* L.), no município de Seropédica-RJ. **Agronomia**, v. 37, n.1, p. 16-22, 2003.

DORDAS, C.; Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. **Agronomy Journal**, v. 98, July–August 2006.

DUNLOP, J. & HART, A. L.; Mineral nutrition. In: Baker, M. J. and Willians, W. M. White clover. **Cambrian News**, United Kindgom, 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 412p. 1999a.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, EMBRAPA. 370p. 1999b.

EVANGELISTA, A. R.; SALES, E. C. J.; OLIVEIRA, S. G.; SILVA, C. L. Produção de 34 cultivares de alfafa com dois anos de cultivo no sul de Minas Gerais. In: 35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Botucatu. p. 315-317. Botucatu. Resumos. 1998.

EVANGELISTA, A.R.; REIS, R.S.; BOTREL, É.P.; BERNARDES, T.F. Produção de 34 cultivares de alfafa em dois métodos de semeadura. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n.3, p. 650-653, maio/jun., 2001.

FAGERIA, N.K.; Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n.1, p.57-62. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB, 2000.

FAVARETTO, N., A. C. V. MOTTA, C. BARCIK, S. B.C., LUSTOSA, J. J. COMIN. Biomass and root growth of trifolium vesiculosum affected by boron fertilization in acidic soil of Brazil. In Annual Meeting Soil Science Society of America, **Anais...** Salt Lake City - Utah, SSSA, p. 254, 1999.

FAVARETTO, N., A. C. V. MOTTA, C. BARCIK, S. B.C., LUSTOSA, J. J. COMIN.; Shoot and Root Responses of Trifolium vesiculosum to Boron Fertilization in an Acidic Brazilian Soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 50, n. 4: p. 597-604 July 2007.

FAVARIN, J.L.; MARINI, J.P. Importância dos micronutrientes para a produção de grãos. Sociedade Nacional de Agricultura, 2000. Disponível em: <<http://alternex.com.br/~snafagram/artigos/artitec-micronutrientes.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2010.

FERREIRA, R de P; BOTREL, M.de A.; PEREIRA, A.V.; CRUZ, C.D; Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.6, p. 995-1002, jun. 1999.

FERRAGINE, M. del C.; PEDREIRA, C.G.S; OTANI, L. & TONATO, F.; Produção estacional, índice de área foliar e interceptação luminosa de cultivares de alfafa sob pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n.10, p.1041-1048, out. 2004.

FRANCO, A. A. Nutrição nitrogenada da alfafa em solos tropicais. In: BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; PASSOS, L.P. et al. (Eds.) Workshop sobre potencial forrageiro da alfafa (*Medicago sativa* L.) nos trópicos. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL. p.127-132, 1994.

FONTES, P.C.R.; MARTINS, C.E.; CÓSER, A.C.; VILELA, D. Produção e níveis de nutrientes em alfafa (*Medicago sativa* L.) no primeiro ano de cultivo na Zona da Mata

de Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 22, n.2, p. 205-211, 1993.

FURLANI, A.M.C.; TANAKA, R.T.; TARALLO, M.; VERDIAL, M.F. & MASCARENHAS, H.A.A. Exigência a boro em cultivares de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 929-937, 2001.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 193, n.1-2, p. 35-48, jun. 1997a.

GOLDBERG, S. Chemistry and mineralogy of boron in soils. In: GUPTA, U.C. (ed.). Boron and its role in crop production. **Boca Raton: CRC Press**, p. 3-44. 1997b.

GOLDBACH, H.E.; YU, Q.; WINGENDER, R.; SCHULZ, M.; WIMMER, M.; FINDEKLEE, P. & BALUSKA, R. Rapid response reactions of roots to boron deprivation. **J. Plant Nut. Soil Sci.**, v. 164, p. 173-181, 2001.

GUPTA, U.C. Boron nutrition of alfalfa, red clover and timothy grown on Podzol soils of eastern Canada. **Soil Science**, v.137, p.16-22, 1984.

GUPTA, U.C. Boron deficiency and toxicity symptoms for several crops as related to tissue boron level. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.6, n.5, p.387-395, 1983.

GUPTA, U.C.; MACLEOD, J.A.; Influence of the calcium and magnesium sources on boron uptake and yield of alfalfa and rutabagas as related to soil pH. **Soil Science**, Philadelphia, v. 124, p. 279-284, 1977.

HADDAD, K.S.; KALDOR, C.J.; Effects of parental material, natural available soil boron, and lime on the growth and chemical composition of Lucerne on some acid soils of central Tablelands of New South Wales. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. East Melbourne, v. 22, p. 317-323, 1982.

HEINEMANN, A.B.; PACIULLO, D.S.C.; LÉDO, F.J da S.; PEREIRA, A.V.; BOTREL, M. de A.; REIS, F.A. & MOREIRA, P. Avaliação de cultivares de alfafa na região central do estado de goiás. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 3, p. 257-263, jul./set. 2006.

KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J. M.; STRECK, C. A. & PELLEGRINI, A.; NITRATE AND AMMONIUM IN SOIL SOLUTION IN TOBACCO MANAGEMENT SYSTEMS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 379-387, 2010.

KELLING, K.A.; Soil and Applied Boron. **Understanding plant nutrients**. SR-07-99.75M-25. 1999.

KEPLIN, L.A. da S., SANTOS, I.R.; Princípios e práticas para o estabelecimento e manejo da cultura da alfafa. **Jornal da Área de Assistência Técnica**, CCLPL, v. 84, p. 18-20, 1991.

JADOSKI, S.O.; SAITO, L.R.; PRADO, C.do; LOPES, E.C.; SALES, L.L.S.R.; Características da lixiviação de nitrato em áreas de agricultura intensiva. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 3, n. 1 Jan.- Abr. 2010.

LENOBLE, M.E., BLEVINS, D.G. AND MILES, R.J.; Prevention of aluminum toxicity with supplemental boron. II. Stimulation of root growth in an acidic, high-aluminium subsoil. **Plant, Cell and Environment**. v. 19, p. 1143-1148, 1996.

LOPES, A.S. Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica. São Paulo: **ANDA**, p. 72. (ANDA. Boletim Técnico, 8), 1999.

LUCHESE, E. B.; LENZI, E.; FAVERO, L.O.B. Levantamento preliminares dos teores de boro nos solos do Paraná- Br. **Arq. Biol. Tecnol.**, Curitiba, v. 37(2), p. 345-351, 1994.

LUND, S.T.; SMITH, A.G. & HACKETT, W.P. Cuttings of tobacco mutant, rac, undergo cell divisions but do not initiate adventitious roots in response to exogenous auxin. **Physiol. Plant.**, v. 97, p. 372-380, 1996.

MAAK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná. 350p. 1968.

MALAVOLTA, E. Efeitos do enxofre e do boro e da inoculação em alfafa (*Medicago sativa* L.). **Anais**: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, v. 10. Piracicaba, 1953.

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, **Ceres**, 251p. 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. e OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações. Piracicaba, **POTAFOS**, 319p. 1997.

MARCHETTI, M.E.; MOTOMYA; W. R.; FABRÍCIO, A. C. & NOVELINO, J.O.; Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1107-1110, 2001.

MARIANO, E.D.; FAQUIN, V.; NETO, A.E.F.; ANDRADE, A.T. & MARIANO, I.O. Níveis críticos de boro em solos de várzea para o cultivo do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1637-1644, 2000.

MARSCHNER, H.; Mineral nutrition of higher plants. San Diego, **Academic Press**, 889p. 1995.

MCKENZI, R.H.; Soil and Nutrient Management of Alfalfa. Agri-Facts. Pratical Information for Alberta's agriculture industry. **Agdex**. p. 121/531-5. July, 2005.

MINERA SANTA RITA; Produção de boratos e seus derivados – Ulexita natural MSR. Ficha de produto n. MSR – Ulexite 05/2005.

MONTEIRO, A. L. G. **Avaliação das características morfológicas e fisiológicas de dois cultivares não dormentes de alfafa (CUF-101 e Crioula) através do manejo da área foliar dos perfilhos basilares**. Piracicaba, SP: ESALQ- USP, 1989. 116p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/Universidade de São Paulo, 1989.

MONTEIRO, A. L. G.; COSTA, C.; SILVEIRA, A. C. Produção e distribuição de matéria seca e composição bromatológica de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 5, p. 868-874, 1998.

MONTEIRO, A.L.G.; CORSI, M.; CARVALHO, D.D. Frequência de corte e intensidade de desfolha em duas cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.). I. Peso, número, produção estacional e dinâmica de aparecimento das brotações basilares. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 28, p. 446-452, 1999.

NEW WORLD ENCYCLOPEDIA; Alfafa. New World Encyclopedia; Organizing knowledge for happiness prosperity, and world peace. Disponível em: <http://www.newworldencyclopedia.org/entry/Alfalfa>. Acesso dia: 25-01-2012.

OBATA, H. Micro essential elements. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K. & HIRATA, H., eds. Science of the rice plant – volume two – physiology. **Food and Agriculture Police Research Center**.Tokyo. p. 402-417, 1995.

OLIVEIRA NETO, W de; MUNIZ, A.S., SILVA, M. A. G. da, CASTRO, C. de & BORKERT, C.M.; Boron extraction and vertical mobility in Paraná State oxisol, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1259-1267, 2009.

ONO, E.O. & RODRIGUES, J.D. **Aspecto da fisiologia do enraizamento de estacas caulinares**. Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista, 83p., 1996.

OTANI, LYSSA. Produtividade e valor nutritivo de genótipos de alfafa sob pastejo. Piracicaba: Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2008. 104p. **Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagem) - Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, 2003.



OTSUBO, A.A. **Calagem e boro em um latossolo vermelho escuro cultivado com alfafa (Medicago sativa L.)** Jaboticabal: UNESP/FCAV, 94p. (Dissertação-Mestrado), 1993.

PAIM, N.R. Utilização e melhoramento da alfafa. In: Workshop sobre potencial forrageiro da alfafa (Medicago Sativa L.) nos trópicos, Juiz de Fora, 1994. **Anais**. Juiz de Fora: Embrapa-CNPGL, p.141-158, 1994.

PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. de P.; CRUZ, C. D.; FREITAS, V. de P.; OLIVEIRA, P. T. A. de. Comportamento de alfafa cv. crioula de diferentes origens e estimativas dos coeficientes de repetibilidade para caracteres forrageiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 686-690, 1998.

POWER, P.P. & WOODS, W.G.; The chemistry of boron and its speciation in plants. **Plant and Soil**, v. 193, p. 1–13. 1997.

RASSINI, J.B. **Alfafa (Medicago sativa L.): Estabelecimento e cultivo no Estado de São Paulo**. São Carlos: EMBRAPA-CPPSE, 22p. (EMBRAPA - CPPSE, Circular Técnica, 15. 1988.

RASSINI, J.B.; FERREIRA, R de P.; CAMARGO, A.C. de; Cultivo e Estabelecimento da alfafa. **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. Embrapa Pecuária Sudeste. São Carlos,SP, p. 38-51, 2008.

RASSINI J.B., FERREIRA, R de P.; MOREIRA, A.; TUPY, O.; MEDONÇA, F.C. & BERNARDI, A.C. de C.; Cultivo da Alfafa. Embrapa Pecuária Sudeste. Sistemas de Produção, 1 - 2ª Edição ISSN 1679-1495 Versão Eletrônica, novembro, 2007. Disponível em: [http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Alfafa/SistemaProducaoAlfafa\\_2ed/index.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Alfafa/SistemaProducaoAlfafa_2ed/index.htm). Acesso em: 07/02/2012/.

RAZMJOO, K. & HENDERLONG; P.R. 1997. Effect of potassium, sulfur, boron, and molybdenum fertilization on alfalfa production and herbage macronutrient contents. **J. Plant Nutr.** v. 20, p. 1681–1696.

ROMINGER, R.S.; SMITH, D.; PETERSON, L.A. Yields and elemental composition of alfalfa plant parts at late bud under two fertility levels. **Canadian Journal of Plant Science**, Agricultural Institute of Canadá, v. 55, p. 69-75, 1975.

ROSOLEM, C.A.; ZANCANARO, L. & BÍSCARO, T.; Boro disponível e resposta da soja em Latossolo vermelho-amarelo do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2375-2383, 2008.

RUSSEL, D.A. Boron and soil fertility. **In:** STTEFFERUD, A., ed. The yearbook of agriculture. Washington: The United States Department of Agriculture, p. 121-128. 1957.

SAH, R.N.; BROWN, P.H. Techniques for boron determination and their application to the analysis of plant and soil samples. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.193, n.1-2, p.15-33, 1997.

SALES, E. C. J. **Produtividade, composição bromatológica e degradabilidade ruminal de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.)**. 105 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

SANTOS, A.R. dos; MATTOS, W.T.; ALMEIDA, A.A. da S.; MONTEIRO, F.A.; CORRÊA, B.D.; GUPTA, U.C.; Boron nutrition and yield of alfalfa cultivar crioula in relation to boron supply. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v. 61, n.5, p. 496-500, Sept./Oct. 2004.

SANTOS, J.H. da S.; **Proporções de nitrato e amônio na nutrição e produção dos capins aruana e marandu**. 81p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

SHERREL, C.G.; Boron deficiency and response in white and red clovers and lucerne. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 26, p.197-203, 1983.

SHIFFLER, A.K., JOLLEY, V.D., WEBB, B.L. & CARTER, D.; Correlating yield and Boron uptake of alfalfa to available Boron from three soil Boron tests. **Western Nutrient Management Conference**. v. 5. Salt Lake City, UT. 2003.

SHORROCKS, V.M. The occurrence and correction of boron deficiency. **Boron Agric.**, v. 17, p. 3-5, 1997.

SILVA, N.M.; CARVALHO, L.H.; KONDO, J.I.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, C.A. Dez anos de sucessivas adubações com boro no algodoeiro. **Bragantia**, v. 54, p.177-185, 1995.

SMITH, G. R.; HABY, V.A.; GILBERT, C.L. & PEMBERTON, I.J. Effects of Boron on Seedling Establishment of Annual Legumes. **Better Crops With Planta Food**, v. 77 (3), p. 18-19, 1993.

SMITH, D. Yield and chemical composition of leaves and stems of alfalfa at intervals up the shoots. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Washington, v. 18, p.652-656, 1970.

SOARES, M.R. et al. Adsorção de boro em solos ácidos em função da variação do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 32, p. 111-120, 2008.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E.; Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, G. Cerrado: correção do solo e adubação. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**. ed. 2. p. 129-145. 2004.

SOUZA, H.A. de; NATALE, W.; ROZANE, D.E.; HERNANDES, A. & ROMUALDO; L.M.; Calagem e adubação boratada na produção de feijoeiro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 2, p. 249-257, abr-jun, Fortaleza-CE, 2011.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**, Porto Alegre, Departamento de Solos, UFRGS, 174p. 1995.

VANCE, C. P.; HEICHEL, G. H.; PHILLIPS, D. A. Nodulation and symbiotic dinitrogen fixation. In: HANSON, A. A.; BARNES, D. K.; HILL, R. R. Alfalfa and alfalfa improvement. **Madison: Society of Agronomy**, p. 229-257. 1988.

VANCE, C.P., HEICHEL, G.H. Carbon in N<sub>2</sub> fixation: limitation or exquisite adaptation. **Annual Review of Plant Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 373-392, 1991.

YAMADA, T.; Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Potafos**. Informações Agronômicas. N. 90. Junho, 2000.

WALKER, W.M., GRAFFIS; D.W.; & FAULKER; C.D. Effect of potassium and boron upon yield and nutrient concentration on alfalfa. **J. Plant Nutr.** v. 10, p. 2169–2180, 1987.

WRIGHT, H.; Boron fertilization of alfalfa. Revision of Factsheet "Boron Requirements for Alfalfa": August 1978. **Ministry of Agriculture and Food. Order n. 86-056**. July Agdex, p. 121-531, 1986.

## ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE 01- Análise da variância da variável produção de matéria seca de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR. ....	67
APÊNDICE 02- Análise da variância da variável taxa de acúmulo de plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.....	67
APÊNDICE 03- Análise da variância da variável matéria seca acumulada de plantas de alfafa em função de doses de boro, primeiro período ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR. ....	67
APÊNDICE 4- Análise da variância da variável matéria seca acumulada de plantas de alfafa em função de doses de boro, segundo período ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR. ....	67
APÊNDICE 05- Análise da variância da variável concentração de boro em plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.....	68
APÊNDICE 06- Análise da variância da variável concentração de boro absorvido por plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR. ....	68
APÊNDICE 07- Análise da variância da variável concentração de nitrogênio em plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR. ....	68
APÊNDICE 08- Análise da variância da variável nitrogênio absorvido por plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.....	68
APÊNDICE 09- Análise da variância da variável nitrogênio acumulado de plantas de alfafa em função de doses de boro, ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.....	69
APÊNDICE 10- Análise da variância da variável da variável matéria seca de raiz (MSR) de alfafa em função de doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR....	69
APÊNDICE 11- Análise da variância da variável concentração de boro em Latossolo cultivado com plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR. ....	69
APÊNDICE 12- Análise da variância da variável concentração de amônio em Latossolo cultivado com plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.....	70
APÊNDICE 13- Análise da variância da variável concentração de nitrato em Latossolo cultivado com plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.....	70

## APÊNDICES

APÊNDICE 01- Análise da variância da variável produção de matéria seca de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	9	1,08939E8	1,21044E7	74,35	0,0000
Dose	4	715.564	178.891	1,10	0,3609
Bloco	3	2,12764E6	709.213		
Coletas X Doses	36	5,75562E6	159.878	0,98	0,5082
Coletas X Bloco	27	7,25157E6	268.577		
Doses X Bloco	12	2,57518E6	214.598		
Erro	108	1,75816E7	162.793		
<b>Total</b>	<b>199</b>	<b>1,44946E8</b>			

APÊNDICE 02- Análise da variância da variável taxa de acúmulo de plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	9	197.074	21.897,10	150,99	0,0000
Dose	4	237,65	59,41	0,41	0,8013
Bloco	3	1.731,35	577,12		
Coletas X Doses	36	4.973,62	138,16	0,95	
Coletas X Bloco	27	5.771,56	213,76		
Doses X Bloco	12	1.897,31	158,11		
Erro	108	15.662,60	145,02		
<b>Total</b>	<b>199</b>	<b>227.348</b>			

APÊNDICE 03- Análise da variância da variável matéria seca acumulada de plantas de alfafa em função de doses de boro, primeiro período ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Dose	4	7,52878E6	1,88219E6	1,32	0,3167
Bloco	3	1,01425E7	3,38084E6		
Erro	12	1,707E7	1,4225E6		
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>3,47413E7</b>			

APÊNDICE 4- Análise da variância da variável matéria seca acumulada de plantas de alfafa em função de doses de boro, segundo período ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Dose	4	730079,0	182520,0	0,28	0,8863
Bloco	3	7,08822E6	2,36274E6		
Erro	12	7,86756E6	655630,0		
Total	19	1,56859E7			

APÊNDICE 05- Análise da variância da variável concentração de boro em plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	6	19.740,70	3.290,12	40,96	0,0000
Dose	4	1.846,04	461,51,	5,75	0,0005
Bloco	3	420,27	140,09		
Coletas X Doses	36	1.498,31	62,43	0,78	0,7516
Coletas X Bloco	27	525,27	29,18		
Doses X Bloco	12	1.763,26	146,94		
Erro	126	5.783,17	80,32		
Total	139	31.577,00			

APÊNDICE 06- Análise da variância da variável concentração de boro absorvido por plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	6	119.479,00	19.913,20	32,36	0,0000
Dose	4	3.765,57	941,39	1,53	0,2026
Bloco	3	6.569,78	2.189,93		
Coletas X Doses	24	26.913,40	1.121,39	1,82	0,0270
Doses X Bloco	12	10.763,60	896,97		
Erro	90	64.089,70	712,11		
Total	139	231.581,00			

APÊNDICE 07- Análise da variância da variável concentração de nitrogênio em plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	6	2.498,02	416,34	50,22	0,0000
Dose	4	30,6423	7,66	0,92	0,4549
Bloco	3	48,44	16,15		
Coletas X Doses	24	226,47	9,44	1,14	0,3278
Coletas X Bloco	18	325,11	18,06		
Doses X Bloco	12	140,53	11,71		
Erro	72	596,89	8,29		
<b>Total</b>	<b>139</b>	<b>3.866,10</b>			

APÊNDICE 08- Análise da variância da variável nitrogênio absorvido por plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	6	214.686,00	35.780,90	125,29	0,0000
Dose	4	1.770,56	442,64	1,55	0,1970
Bloco	3	1.008,01	336,01		
Coletas X Doses	24	7.806,79	325,28	1,14	0,3271
Coletas X Bloco	18	8.555,17	475,29		
Doses X Bloco	12	3.984,87	332,07		
Erro	126	20.562,90	285,60		
<b>Total</b>	<b>139</b>	<b>258.374,00</b>			

APÊNDICE 09- Análise da variância da variável nitrogênio acumulado de plantas de alfafa em função de doses de boro, ano agrícola de 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Dose	4	27.605,50	6.901,39	2,39	0,1089
Bloco	3	3.598,47	1.199,49	0,42	
Erro	12	34.665,00	2.888,75		
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>65.869,0</b>			

APÊNDICE 10- Análise da variância da variável da variável matéria seca de raiz (MSR) de alfafa em função de doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Dose	4	2.915,91	728,98	1,21	0,3472
Bloco	3	2.851,78	950,59	0,93	
Erro	12	9.406,06	783,84		
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>15.173,8</b>			

APÊNDICE 11- Análise da variância da variável concentração de boro em Latossolo cultivado com plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	2	0,086401	0,043201	16,06	0,0000
Dose	4	0,056529	0,014132	5,25	0,0007
Profundidade	2	0,036563	0,018281	6,79	0,0017
Bloco	3	0,003016	0,001005		
Coletas X Doses	8	0,034348	0,004294	1,60	0,1344
Coletas X Profundidade	4	0,020259	0,005065	1,88	0,1187
Coleta X Bloco	6	0,020330	0,003388		
Dose X Profundidade	8	0,020945	0,002618	0,97	0,4610
Dose X Bloco	12	0,169111	0,014093		
Profundidade X Bloco	6	0,012569	0,002095		
Coletas X Doses X Profundidade	16	0,043354	0,002710	1,01	0,4551
Erro	108	0,29057	0,002691		
<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>0,793996</b>			

APÊNDICE 12- Análise da variância da variável concentração de amônio em Latossolo cultivado com plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	2	38.094,50	19.047,20	112,06	0,0000
Dose	4	624,93	156,23	0,92	0,4557
Profundidade	2	261,93	130,96	0,77	0,4653
Bloco	3	1.324,45	441,48		
Coletas X Dose	8	1.444,40	180,55	1,06	0,3951
Coletas X Profundidade	4	536,15	134,04	0,79	0,5351
Coletas X Bloco	6	1.495,33	249,22		



Dose X Profundidade	8	1.571,45	196,43	1,16	0,3328
Dose X Bloco	12	1.925,68	160,47		
Profundidade X Bloco	6	134,68	22,45		
Coletas X Dose X Profundidade	16	886,23	55,39	0,33	0,9933
Erro	108	18.357,90	169,98		
<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>66.657,50</b>			

APÊNDICE 13- Análise da variância da variável concentração de nitrato em Latossolo cultivado com plantas de alfafa em função de coletas e doses de boro ano agrícola 2011. IAPAR-UTFPR.

<b>Causas da variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.&gt;F</b>
Coletas	2	1105,56	552,78	1,43	0,2437
Dose	4	4844,91	1211,23	3,13	0,0176
Profundidade	2	295,35	147,67	0,38	0,6833
Bloco	3	2383,04	794,35		
Coletas X Dose	8	3826,12	478,26	1,24	0,2843
Coletas X Profundidade	4	4320,90	1080,22	2,80	0,0297
Coletas X Bloco	6	5377,75	896,29		
Dose X Profundidade	8	4910,70	613,84	1,59	0,1366
Dose X Bloco	12	4540,57	378,38		
Profundidade X Bloco	6	1060,01	176,67		
Coletas X Dose X Profundidade	16	5972,80	373,30	0,97	0,4985
Erro	108	41734,30	386,42		
<b>Total</b>	<b>179</b>	<b>80372,0</b>			

