

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

**VANESSA BIEZUS**

**POTÁSSIO NO SOLO E NA PLANTA E PRODUÇÃO DE ALFAFA  
CULTIVADA NO SISTEMA PLANTIO DIRETO SOB DOSES DE  
ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

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

**VANESSA BIEZUS**

**POTÁSSIO NO SOLO E NA PLANTA E PRODUÇÃO DE ALFAFA CULTIVADA NO  
SISTEMA PLANTIO DIRETO SOB DOSES DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

**DISSERTAÇÃO**

**PATO BRANCO**

**2013**

VANESSA BIEZUS

**POTÁSSIO NO SOLO E NA PLANTA E PRODUÇÃO DE ALFAFA CULTIVADA NO  
SISTEMA PLANTIO DIRETO SOB DOSES DE ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

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

Orientador: Dr. André Brugnara Soares  
Coorientador: Dr. Alceu Luiz Assmann

PATO BRANCO

2013



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
 Câmpus Pato Branco  
 Diretoria de Pesquisa e Pós Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Dissertação n.º 081**

**Potássio no solo e na planta e produção de alfafa cultivada no sistema plantio  
 direto sob doses de adubação potássica**  
 por

**Vanessa Biezus**

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia treze de maio de dois mil e treze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

---

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

---

**Prof. Dr. Luiz César Cassol**  
 UTFPR/PB

---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tangriani Simioni  
 Assmann**  
 UTFPR/PB

---

**Prof. Dr. André Brugnara Soares**  
 UTFPR/PB  
 Orientador

Visto da Coordenação:

---

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

\* “O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do PPGAG.”

Ao meu amado primo Felipe Biezus, do qual sinto saudades e vou lembrar eternamente.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a vida, uma família fraterna, saúde e inteligência para poder estudar e trabalhar.

Aos meus pais por sempre estarem presentes em todos os momentos, pelo incentivo, pelas horas de trabalho para arcar com os custos dos meus estudos e por entenderem os dias importantes em que eu estive ausente. Tenho muito orgulho em dizer que sou filha de pessoas tão dignas e lutadoras.

Aos meus queridos avós, familiares e amigos que sempre depositaram tanta confiança em meus estudos.

Ao meu Orientador André Brugnara Soares, pela orientação, pelos conselhos e “puxões de orelha”. Certamente levarei o aprendizado que tive contigo para minha vida profissional. Ao meu Coorientador Alceu Luiz Assmann, por disponibilizar o experimento e confiá-lo a mim.

Ao pessoal do IAPAR: pesquisadores, funcionários e estagiários, que participaram e ajudaram na condução do experimento. Ao pesquisador André Finkler da Silveira por toda a ajuda no trabalho escrito.

À professora Deonisia Martinichen, que despertou meu interesse pela área de integração lavoura-pecuária e tornou possível o meu primeiro contato com meu orientador e com a UTFPR.

A todos os meus colegas do mestrado, principalmente à Tatiana Caldas, Francisco Migliorini e Jussara Maria Ferrazza (a “mãe Ju”), pela amizade, esclarecimento de dúvidas e pelo apoio no trabalho a campo.

A UTFPR pela disponibilidade do mestrado e a todos os professores pelo conhecimento que passaram, contribuindo para obtenção deste título. Um agradecimento especial ao professor Michelangelo M. Trezzi, o qual me ajudou a evoluir em muitos aspectos na área da docência.

Aos membros da banca pela disposição em participar da defesa deste trabalho e por contribuírem para a melhoria do mesmo.

“Querer ser bem sucedido sem trabalhar duro é como querer colher sem plantar” (David Bly, 2013).

## RESUMO

BIEZUS, Vanessa. Potássio no solo e na planta e produção de alfafa cultivada no sistema plantio direto sob doses de adubação potássica. 78f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Este trabalho teve como objetivo determinar o efeito da adubação potássica em cobertura (0, 50, 100, 200, 300, 400 e 500 kg de  $K_2O$  ha<sup>-1</sup>) sobre a produção e valor nutritivo de forragem de alfafa implantada em sistema plantio direto. O experimento foi conduzido de setembro de 2010 a dezembro de 2011, em Pato Branco – PR. O delineamento experimental foi de blocos completamente casualizados com quatro repetições e sete tratamentos (doses de adubação potássica –  $K_2O$ ). As quantidades totais de adubação potássica foram divididas em três aplicações em cobertura (verão, outono e primavera) tendo como fonte o cloreto de potássio (KCl). As variáveis avaliadas foram: produção de matéria seca total (em um ano de avaliação), produção de matéria seca por estação do ano (primavera, verão, outono e inverno), produção de matéria seca por cortes, intervalo entre cortes, altura do dossel na ocasião do corte, concentração de potássio na parte aérea, valor nutritivo da forragem (FDA, PB e NDT), extração de potássio pela planta e teor de potássio no solo em profundidades. Os resultados foram submetidos à análise de variância, a um nível de 5% de significância, ao teste de Tukey para as variáveis qualitativas, e à análise de regressão polinomial para as quantitativas. O nível de adubação potássica não influenciou nenhuma das variáveis exceto o teor de K no solo, que também foi influenciado pela data de coleta e profundidade de amostragem. Produção de MS, concentração de K na parte aérea, teor de proteína bruta e altura do dossel no momento do corte, apenas sofreram influência da data de coleta.

**Palavras-chave:** feno, fertilidade, *Medicago sativa*



## ABSTRACT

BIEZUS, Vanessa. Soil and plant potassium concentration and forage alfalfa production cultivated in no-till system under potassium fertilization levels. 78p. Graduation Program – Federal University of Technology. Pato Branco, 2013.

This trial aimed to evaluate the potassium fertilization effects (0, 50, 100, 200, 300, 400 and 500 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) over forage production and nutritive value of alfalfa in the Southwestern Paraná. The experiment was carried out from September 2010 to December 2011 in Pato Branco – PR. Completely randomized blocks experimental design with four replications and seven treatments (potassium – K - fertilization levels) were used. The total amount of K was splitted out on three applications on cover (summer, fall and spring). Potassium chlorate (KCl – 60%) was used. The evaluated variable were: total dry matter production (one year round), dry matter production per harvest, harvests frequencies, sward canopy high in the harvests events, aboveground K concentration, forage nutritive value (NDA, CP, TDN), K plant uptake, and K concentration at different soil depths. The data were analyzed by variance analysis (5% significance). Tukey test was used for qualitative variables and polynomial regression analysis for quantitative variables. None variable was affected by potassium fertilization levels, except K concentration in the soil, this one was also affected by date and depth sampling. Dry matter production, aboveground K concentration, crude protein content, and sward canopy height at the harvests, were only affected by date sampling.

**Key words:** alfalfa fertilization, hay, *Medicago sativa*

·  
·

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Componentes estruturais de uma planta de alfafa .....	17
Figura 2 – Brotação basilar da alfafa .....	18
Figura 3 – Dados meteorológicos históricos (2002-2011) e observados durante o período experimental (setembro de 2010 a dezembro de 2011) de avaliação da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011 .....	29
Figura 4 – Distribuição dos tratamentos (doses de adubação potássica) em cada bloco (B1; B2; B3; B4), e dos blocos na área experimental. Pato Branco – PR, 2011 .....	31
Figura 5 – Teores final de potássio no solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de adubação potássica testadas na alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011 .....	36
Figura 6 – Teores médios de K no solo em três profundidades e três épocas de coleta, na cultura da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011 .....	38
Figura 7 – Produção de MS obtida em cada corte, durante um ano de avaliação de alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011. Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.....	40
Figura 8 – Produção estacional de MS da alfafa, cv. Crioula, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011 .....	44
Figura 9 – Altura do dossel da alfafa, cv. Crioula, em cada corte. Pato Branco – PR, 2011 .....	46
Figura 10 – Produção total de forragem da alfafa, cv. Crioula, em função das doses de adubação potássica, em um ano de avaliação (nove cortes). Pato Branco – PR, 2011 .....	47
Figura 11 – Concentração de potássio na parte aérea da alfafa, cv. Crioula, em função dos cortes, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011.....	50
Figura 13 – Extração de K pela alfafa, cv. Crioula, em função das doses de adubação potássica, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011.....	51
Figura 14 – Teor de proteína bruta na MS da alfafa, cv. Crioula, em função dos cortes, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011 .....	52
Figura 15 – Relação entre o teor de proteína bruta na parte aérea da planta e a produção de MS da alfafa, cv. Crioula, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011.....	53
Figura 16 – Produção de proteína bruta em função da produção de MS da alfafa cv. Crioula (a); Produção de proteína bruta em função do teor de proteína bruta da alfafa cv. Crioula (b). Pato Branco – PR, 2011 .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química do solo da área experimental, antes da implantação da cultura da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011 .....	30
Tabela 2 – Datas de aplicação das doses de adubação potássica, datas das coletas de solo e dias decorridos entre as aplicações de K e as coletas de solo, na cultura da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011 .....	39
Tabela 3 – Dados climatológicos obtidos durante os períodos de avaliação da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011.....	41
Tabela 4 – Critério adotado para realização dos cortes; dias decorridos entre os cortes e dias decorridos entre cada corte e a semeadura da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011	43
Tabela 5 – Resultados experimentais de trabalhos que testaram doses de adubação potássica em alfafa, cv. Crioula. ....	47
Tabela 6 – Teores médios de FDA na parte aérea da planta de alfafa, cv. Crioula, em função das doses de adubação potássica e dos cortes, em um ano de avaliação Pato Branco – PR, 2011 .....	55
Tabela 7 – Teores médios de NDT na parte aérea da planta de alfafa, cv. Crioula, em função das doses de adubação potássica e dos cortes, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011 .....	57

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>15</b>
2.1 ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO DA ALFAFA NO MUNDO .....	15
2.2 A PLANTA DA ALFAFA .....	16
2.3 QUALIDADE E RENDIMENTO DA FORRAGEM .....	18
2.4 UTILIZAÇÃO .....	20
2.5 CONDIÇÕES EDÁFICAS PARA A ALFAFA.....	20
2.6 O POTÁSSIO NO SOLO.....	21
2.6.1 Potássio Total .....	22
2.6.2 Potássio Estrutural.....	22
2.6.3 Potássio Trocável .....	23
2.6.4 Potássio Não-Trocável.....	24
2.6.5 Potássio fixado .....	24
2.6.6 Potássio na Matéria Orgânica.....	25
2.7 O POTÁSSIO NA PLANTA .....	25
2.8 RESPOSTA DA ALFAFA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA .....	27
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>28</b>
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	28
3.2 CLIMA .....	28
3.3 SOLO.....	29
3.4 TRATAMENTOS.....	30
3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	31
3.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	32
3.7 AVALIAÇÕES .....	32
3.7.1 Cortes e Avaliações de Matéria Seca.....	32
3.7.2 Concentração de Potássio e Nitrogênio na Parte Aérea da Planta e Valor Nutritivo da Forragem.....	33
3.7.3 Altura do dossel .....	34
3.7.4 Teor de Potássio no Solo.....	34
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	35
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>36</b>
4.1 POTÁSSIO NO SOLO .....	36
4.2 PRODUÇÃO DE FORRAGEM POR CORTES E ESTACIONAL .....	39
4.3 PRODUÇÃO TOTAL DE FORRAGEM .....	46
4.4 CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO NA PARTE AÉREA DA PLANTA E EXTRAÇÃO DE POTÁSSIO PELA PLANTA .....	49
4.5 VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM.....	51
4.6 A HIPÓTESE ORIGINAL DO TRABALHO FOI CONFIRMADA? .....	57
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>59</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>61</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>71</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O estado do Paraná está entre os maiores produtores de leite do Brasil (CAMILO, 2012). Apesar da elevada produção leiteira, o manejo da grande maioria das propriedades ainda é deficiente, com uso de forrageiras de baixa produtividade e qualidade, sobretudo no período de outono e primavera (ASSMANN et al., 2008), fato que resulta em períodos de queda de produtividade e/ou uso excessivo de concentrados, o que aumenta custos e reduz a competitividade do sistema produtivo.

Neste contexto, o uso de forrageiras de elevada produção de forragem, de alta qualidade nutritiva e bem distribuída durante o ano, é a forma mais econômica para intensificar a atividade leiteira, aumentando-se a produção por animal e por área, reduzindo ou eliminando períodos de baixa produtividade animal e o uso de concentrados.

A alfafa entra como uma excelente alternativa, sendo considerada uma das mais importantes forrageiras do mundo, pois reúne características como: produtividade, valor nutritivo, palatabilidade, digestibilidade e baixa sazonalidade da produção de forragem (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008).

Estudos têm evidenciado o alto potencial forrageiro da alfafa no Brasil, sendo as condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. Trabalhos mostram que essa forrageira pode atingir produções acima de 20.000 kg de matéria seca ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com média de teor de proteína de 25% (RASSINI et al., 2003), sendo esta produção distribuída durante todo o ano. No entanto, a literatura defende que o sucesso dessa cultura depende de vários fatores, sobretudo fertilidade do solo (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 1999).

A alfafa é considerada uma grande extratora e exportadora de nutrientes do solo, sobretudo em sistemas manejados sob cortes, e especial atenção deve ser dada ao potássio, pois, como o nitrogênio é adquirido gratuitamente através da fixação biológica, o potássio torna-se o elemento mineral requerido em maior quantidade na adubação do alfafal (RASSINI; FREITAS, 1998). As maioria das recomendações existentes são baseadas em sistemas de produção com revolvimento de solo e com base em dados estrangeiros.

A hipótese deste trabalho foi a de que a adubação potássica, em quantidades adequadas, aumenta a produção e a qualidade da forragem de alfafa, porém, os níveis recomendados na literatura podem estar superestimados em se tratando de sistemas de plantio direto consolidados, de elevada fertilidade. Desta forma, em solos com teor muito elevado de potássio, níveis elevados do fertilizante (acima de 300 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ ) resultam em diminuição na sua eficiência de uso e a produção de forragem não é aumentada. Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar níveis adequados de adubação potássica em cobertura para a produção de forragem de alfafa em solos de fertilidade consolidada, sob sistema plantio direto.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ORIGEM E DISTRIBUIÇÃO DA ALFAFA NO MUNDO

A alfafa (*Medicago sativa* L.) é uma forrageira originária da Ásia Central e Sudoeste da Ásia ou Oriente Próximo (Irã, Iraque, Síria, Turquia e Afeganistão), e daí difundiu-se para a Europa e para as Américas (MONTEIRO, 1999). A adaptação a diferentes tipos de clima e solo tornou possível o seu cultivo em quase todas as regiões agrícolas do mundo, sendo a primeira forrageira a ser domesticada (RASSINI; FREITAS, 1998). Tal distribuição geográfica criou ao longo dos anos inúmeros ecótipos, adaptados às condições de cada local (FAVERO, 2006).

Acredita-se que a sua entrada no Brasil deu-se pelo Rio Grande do Sul, através do Uruguai e Argentina, na segunda metade do século XIX (NUERNBERG, 1994). Há também evidências de que sementes foram trazidas pelos imigrantes alemães e italianos diretamente da Europa, as quais foram cultivadas nos vales dos rios Caí, Taquari, Jacuí e Uruguai (SAIBRO, 1984) e regiões coloniais que permitiram sua ampla extensão devido à adequada fertilidade natural dos solos. Posteriormente, foi difundida para os estados de Santa Catarina e Paraná (NUERNBERG, 1994).

A alfafa é cultivada em mais de 80 países (FAO, 2006), sendo mais frequente nas regiões de clima temperado, onde a área de cultivo fica em torno de 32 milhões de hectares (ha) (PEREIRA; FERREIRA, 2008). Os EUA é o maior produtor mundial com mais de dez milhões de ha cultivados (RASSINI et al., 2007) e com produção de 52 milhões de toneladas de feno, em 6,9 milhões de ha (UNITED..., 2012). O maior produtor do hemisfério sul, e segundo em nível mundial, é a Argentina, com cerca de sete milhões de ha (RASSINI et al., 2007).

No Brasil, estima-se que há cultivo de alfafa em 26.000 ha, sendo o Rio Grande do Sul o estado que mais produz seguido pelo Paraná. Nota-se que a área de produção em regiões não tradicionais de cultivo está aumentando, principalmente no Sudeste e Centro-Oeste (PEREIRA; FERREIRA, 2008) devido à intensificação da bovinocultura nestas regiões (RASSINI et al., 2007) que aumenta a demanda por alimentos de alto valor nutritivo.

Nas condições do sul do Brasil, anos de cultivo contínuo da alfafa determinaram o surgimento de uma população com grande adaptação às condições locais de clima. Após seleções naturais, esta alfafa, que apresenta como principal aptidão a produção de feno, foi denominada de Crioula (FAVERO, 2006) podendo ser considerada a cultivar (cv.) nacional mais promissora (RASSINI et al., 2007).

## 2.2 A PLANTA DA ALFAFA

O conhecimento da estrutura de uma planta forrageira é de fundamental importância para que sua produtividade e perenidade sejam mais bem exploradas (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008). A espécie *Medicago sativa* L. é uma leguminosa perene, pertencente à família Fabaceae (CROCHEMORE, 1998). Apresenta crescimento geralmente ereto, podendo atingir até um metro de altura (MONTEIRO, 1999). O sistema radicular é pivotante (Figura 1), com raiz principal profunda (MONTEIRO, 1999), que penetra de dois a cinco metros no solo, podendo até mesmo, em condições controladas, atingir 20 m de profundidade. Porém, as raízes ramificadas, que são responsáveis pela maior parte da absorção e suprimento de nutrientes à planta, são mais superficiais, concentrando-se nos primeiros 30 a 60 cm (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008).

A coroa é uma estrutura morfológica do sistema radicular e fica posicionada na região superficial do solo (MONTEIRO, 1999) (Figura 1), entre o caule e a raiz, sendo delimitada pelo nó cotiledonar na sua base, e pela altura do resíduo após o corte ou pastejo em seu ápice. Nela estão localizadas, abaixo do nível do solo, as denominadas gemas primárias ou basilares da coroa, as quais ficam protegidas contra os danos causados pelo pastejo ou corte da planta e darão origem às hastes primárias (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008). Com o passar do tempo, as plantas alargam a região da coroa devido às novas brotações, sendo importante para o desenvolvimento de novas hastes após o processo de desfolha ou para o rebrote após o período hibernar em cultivares que apresentam dormência (MARQUEZ-ORTIZ et al., 1996).



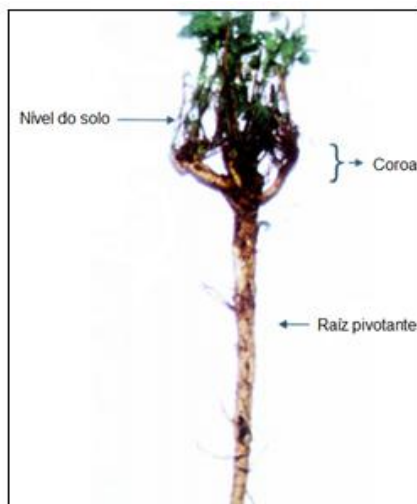


Figura 1 – Componentes estruturais de uma planta de alfafa  
Fonte: Adaptado de Rassini et al. (2008).

As hastes primárias são divididas em nós e entrenós e cada nó possui uma gema foliar, que dará origem à folha composta (Figura 2). Nas axilas destas folhas localizam-se gemas secundárias ou axilares que originarão as hastes secundárias ou axilares, durante a fase vegetativa da planta (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008). Desta forma, a rebrota da alfafa depende das gemas da coroa e/ou das gemas axilares, em função da altura de corte ou do tipo de planta (hábito de crescimento mais ereto ou mais prostrado) (FAVERO, 2006). As estruturas florais também serão desenvolvidas a partir destas gemas axilares, durante a fase reprodutiva (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008).

O momento de realização do corte (quando 10% das hastes estão florescidas e/ou quando a altura dos brotos basais está entre 5 e 10 cm a partir da coroa) correlaciona-se com a fase em que a planta já recuperou suas reservas radiculares após um período de rebrota do corte anterior (MONTEIRO, 1999), havendo um equilíbrio entre produção e qualidade da forragem.

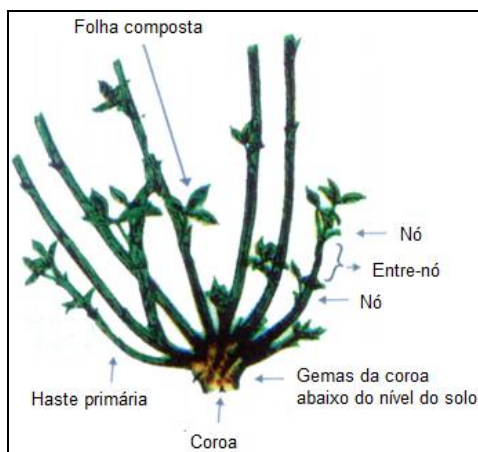


Figura 2 – Brotação basilar da alfafa  
 Fonte: Adaptado de Rassini et al. (2008).

### 2.3 QUALIDADE E RENDIMENTO DA FORRAGEM

A qualidade das espécies forrageiras pode ser determinada pela composição química da planta, obtida através da análise conjunta de alguns constituintes, tais como: concentração em energia, expressa em Nutrientes Digestíveis Totais (NDT), teor de proteína bruta (PB), teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) e Fibra em Detergente Ácido (FDA), concentrações em vitaminas e minerais e digestibilidade da matéria seca (MS) (MÜHLBACH, 2012).

Quanto menor o teor de fibra de uma forragem, melhor é o seu valor nutritivo. A fibra é constituinte da parede celular da célula vegetal, e pode ser separada em FDN e FDA. A FDN é composta por celulose, hemicelulose e lignina, enquanto que a FDA é constituída principalmente por celulose e lignina. A fermentação da celulose e hemicelulose no rúmen do animal é um processo lento, afetado pela presença maior ou menor de lignina, que é a fração não digestível da fibra. Portanto, a FDA é a fração menos degradada no rúmen, pois engloba os dois componentes de menor digestibilidade, que são a lignina e a celulose (MÜHLBACH, 2012).

Estes componentes (FDN e FDA) determinam, respectivamente, o potencial de consumo e digestibilidade da MS da planta, e quando associados ao teor de proteína, minerais, vitaminas e concentração de energia, determinam o valor

nutritivo da forragem. A energia (NDT) fornecida através da forragem para o animal engloba: proteína digestível, fibra digestível, gordura bruta digestível e extrativos não nitrogenados. Já a proteína fornece o nitrogênio (N) necessário para que as bactérias realizem o processo fermentativo no rúmen (BONA FILHO; CANTO, 2012). Em síntese, quanto menor o teor de fibra e maior o de PB (dentro de determinados limites) e NDT, maior é o valor nutritivo de uma forrageira.

É devido ao seu elevado valor nutritivo, bem como pela elevada produção de forragem tenra e de boa palatabilidade aos animais, que a alfafa é considerada a “rainha das forrageiras”, podendo apresentar cerca de 20 a 25% de PB na MS, 60% de NDT e mais de 70% de digestibilidade *in vitro* da MS (ALVIM; BOTREL, 2006). Além disso, é rica em cálcio, fósforo, vitaminas e K (NUERNBERG, 1994).

De acordo com Mittelman et al. (2008), a produtividade média anual brasileira da alfafa fica em torno de 10.000 kg de MS ha<sup>-1</sup>. Porém, estudos mostram que a produtividade média no Brasil central fica em torno de 15.000 a 20.000 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (RASSINI et al., 2007). Nesta região o sistema de produção empresarial prevalece, sendo executado em áreas maiores, com alto nível tecnológico e de investimento em adubação e técnicas de cultivo. Além disso, são áreas tropicais, mais quentes, com estações secas bem definidas e com maior luminosidade, nas quais há maior uso de irrigação (HADDAD; CASTRO, 1999). Para a cv. Crioula, a maioria dos resultados ficam entre 20.000 e 25.000 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (BOTREL; ALVIM, 1997; VIANA et al., 2004; RASSINI et al., 2006), mas de acordo com Rassini et al. (2006), existem registros de produções acima de 30.000 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, porém, devido a limitações ambientais e ou de manejo, estes valores dificilmente são atingidos.

A média anual de cortes no Brasil fica entre seis e oito (MITTELMANN et al., 2008), sendo concentrados durante a primavera e o verão (BATTISTI, 2000). Mas, se bem manejada, permite até 11 cortes por ano, no mínimo cinco a mais do que nos países de clima temperado (ANCHÃO, 1995).

De modo geral, a produção da alfafa é inferior no período frio do ano, e seu pico produtivo ocorre no verão. Entretanto, apresenta a vantagem de continuar produzindo em níveis satisfatórios mesmo nos meses mais frios do ano, sendo bem superior à produção das gramíneas de um modo geral, que são bastante utilizadas na região sul do Brasil. Por se tratar de uma planta de ciclo fotossintético do tipo C3,

as cultivares de alfafa que não sofrem dormência, como a Crioula, apresentam pouca estacionalidade de produção de biomassa durante o inverno, ao contrário das gramíneas tropicais que, devido ao ciclo do tipo C4, são sensíveis aos dias curtos e baixa temperatura (OLIVEIRA; LÉDO, 2008).

## 2.4 UTILIZAÇÃO

A alfafa tem grande valor na alimentação animal, sendo utilizada na forma de feno, silagem, pellets desidratados e forragem verde para bovinos, caprinos e equinos, e incorporada nos alimentos compostos para monogástricos. Pode ainda ser utilizada sob pastejo direto, principalmente por equinos e bovinos (CROCHEMORE, 1998). No Brasil, sua maior utilização ocorre na indústria do cavalo, fábricas de ração, gado de elite, etc., sendo comercializada fundamentalmente na forma de feno (RASSINI et al., 2003).

A utilização da alfafa na alimentação animal desperta interesse, sobretudo, pelas qualidades excepcionais que apresenta, sendo considerado um dos volumosos mais indicados para a alimentação de rebanhos com alto potencial para a produção de leite. Várias são as alternativas para a disponibilização de volumosos para estes animais, porém, o feno oferece facilidade no processo de produção e no armazenamento, e se torna uma prática interessante no manejo alimentar, mas deve reunir o máximo de suas qualidades, como cor, valor nutritivo, palatabilidade e aroma agradável (VIANA et al., 2004). A produção de feno de alfafa pode apresentar custos de produção compatíveis com os da silagem de milho (OLIVEIRA; LÉDO, 2008), sendo que muitas propriedades têm como atividade principal sua produção e comercialização (NUSSIO; MANZANO, 1999).

## 2.5 CONDIÇÕES EDÁFICAS PARA A ALFAFA

De acordo com Oliveira e Oliveira (1999), dentre os fatores que influenciam o cultivo da alfafa os edáficos são os mais importantes, pois esta

forageira é considerada uma grande extratora e exportadora de nutrientes, exigindo solos profundos, férteis, bem drenados, sem impedimentos físicos e elementos tóxicos (alumínio e manganês). Ainda de acordo com os autores, o valor de pH ideal para o desenvolvimento da alfafa fica entre 6,0 e 6,5 e o de saturação por bases (V%) em 80% (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 1999). Porém, Werner et al. (1996) verificaram que as recomendações de pH e de V% para o cultivo da alfafa foram estabelecidas antes de o sistema plantio direto ter sido consolidado e que algumas recomendações que estipulam índices de pH e V% para esta cultura estão superestimados, havendo recomendações de 95% de saturação por bases na camada de 0 a 20 cm, sendo um valor extremamente elevado.

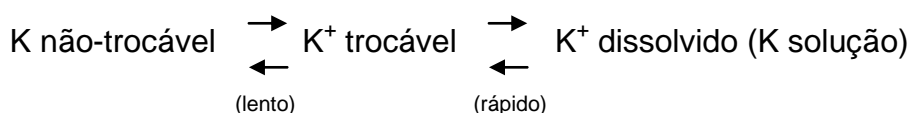
De acordo com Toffoli (2013) as recomendações de necessidade de calagem para a cultura de alfafa, sobretudo nas encontradas na literatura estrangeira, os níveis de pH e saturação por bases do solo são superestimados para as condições brasileiras de clima e solo, e acabam desestimulando o produtor quanto ao uso desta forrageira. A autora testou doses de calcário (0, 2, 4, 6 e 8 t. ha<sup>-1</sup>) em alfafa em Pato Branco – PR, com diferentes formas de aplicação (aração+gradagem, subsolador e superficial) e observou que, mesmo na mais elevada dose de calcário, o valor máximo de pH e de saturação por bases atingido foi de 5,7 e 71,2%, respectivamente, valores estes inferiores aos preconizados nas atuais recomendações técnicas para a cultura da alfafa no Brasil. Embora a máxima eficiência técnica tenha sido constatada com a aplicação de 5,9 t. ha<sup>-1</sup> de calcário, o que resultaria em uma taxa de acúmulo de 66 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, já com a aplicação de 2 t. ha<sup>-1</sup> de calcário, a taxa de acúmulo obtida foi de 64 kg ha<sup>-1</sup> dia, diferindo pouco do valor obtido com a aplicação da dose de máxima eficiência técnica. A autora ainda concluiu que a aplicação do calcário deve ser superficial em solos estabilizados em sistema plantio direto.

De acordo com a literatura (HADDAD; CASTRO, 1999; RASSINI, FERREIRA; CAMARGO, 2008), como a alfafa adquire o N gratuitamente através da fixação biológica, o potássio (K) assume o papel de elemento mineral requerido em maiores quantidades através da adubação para obtenção de produções elevadas desta forrageira.

## 2.6 O POTÁSSIO NO SOLO

O K é um dos nutrientes mais abundantes nos solos, sendo que valores acima de  $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K disponível são considerados altos (RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008).

As diferentes formas de K resultam da maneira com que este elemento está ligado aos componentes sólidos do solo e da energia dessas ligações, e há um equilíbrio específico de cada uma dessas formas com a solução do solo, fato que explica porque elas afetam a disponibilidade de K para as plantas com diferentes magnitudes (ERNANI et al., 2007). De acordo com Troeh e Thompson (2007) as relações de equilíbrio entre as diferentes formas de K no solo ocorrem da seguinte forma:



### 2.6.1 Potássio Total

O somatório de todas as formas de K em um determinado solo determina o K total, o qual varia de acordo com o tipo de solo, composição mineralógica e grau de intemperismo (ERNANI et al., 2007). Existe o K que constitui os minerais, estruturalmente (não trocável), e aquele que se apresenta como cátion trocável e na solução do solo, aparecendo na forma iônica ( $\text{K}^+$ ), considerada disponível para a absorção das raízes pelas plantas. Em se tratando de teores totais de K no solo, geralmente os teores de K-trocável são pouco representativos, o que não é verdade em solos muito intemperizados, nos quais os teores trocáveis podem ser a reserva mais importante de K disponível (FAQUIN, 2005).

### 2.6.2 Potássio Estrutural

A maior parte do K (98%) encontra-se como componente estrutural dos minerais primários e secundários, tais como Feldspatos, micas e argilas micáceas (MALAVOLTA, 1984). Este K apenas é liberado para a solução do solo pela intemperização destes minerais, sendo, portanto, quantidades pequenas e insuficientes para que as plantas tenham sua demanda suprida, em especial aquelas de ciclo curto. Em função desta baixa disponibilidade num curto ou médio período de tempo, os métodos analíticos não quantificam essa forma de K no solo e, portanto, ela não aparece nos resultados de análises de fertilidade dos solos (ERNANI et al., 2007). Ainda de acordo com estes autores, o processo de intemperismo, responsável pela liberação do K estrutural, é favorecido por elevada umidade e temperatura e pela redução da concentração dos elementos na solução do solo. Portanto, no caso do K, à medida que sua concentração na solução diminui, aumenta a contribuição relativa do K trocável e K estrutural na nutrição vegetal.

De acordo com Melo et al. (2004), os Latossolos em condições tropicais, mesmo sendo altamente intemperizados, contêm pequenas quantidades de minerais primários na forma de mica e feldspatos como fonte potencial para liberação de K. Desta forma, no presente trabalho não é de se esperar grandes contribuições desta forma de K no suprimento nutricional da cultura da alfafa.

### 2.6.3 Potássio Trocável

Apenas uma pequena fração do K é considerada disponível para a planta, podendo estar ligada às cargas elétricas negativas nas superfícies das frações orgânicas e inorgânicas (K trocável) ou na solução do solo (K solução) (FAQUIN, 2005). O K trocável restitui rapidamente àquele que foi absorvido da solução do solo pelas plantas ou lixiviado, sendo, portanto, a fonte de maior interesse para a nutrição vegetal (ERNANI et al., 2007). Em sistemas plantio direto, a contribuição da palhada no fornecimento do K é bastante significativa, sendo uma das formas de reposição do K que foi removido do sistema.

Ernani et al. (2007) citam que, mesmo em solos fertilizados, a quantidade do K da solução seria esgotada em poucas horas ou dias se não fosse

reposta pela fase sólida, sendo que a quantidade considerada ideal para a planta é dependente da espécie e do seu estágio de crescimento.

O K da solução isoladamente é de difícil determinação e, desta forma, nas análises de fertilidade do solo, os teores incluem o K da solução mais o K trocável e, em alguns casos, uma pequena fração de algumas outras formas do elemento (ERNANI et al., 2007).

#### 2.6.4 Potássio Não-Trocável

O K não-trocável é considerado o teor extraído do solo através do processo de fervura em ácido nítrico menos o teor extraído da solução de acetato de amônio (K-trocável). É, portanto, a parte do K estrutural mais facilmente dissolvida em meio ácido (contido em minerais primários, de mais fácil intemperização) mais o K fixado nas entre camadas de minerais 2:1. Em solos com predomínio destes minerais, e mesmo em alguns onde há predomínio dos minerais 1:1, o K não-trocável é geralmente maior que o trocável. Já em solos onde os minerais de argila do tipo 1:1 predominam, muitas vezes os teores de K não-trocável e trocável são semelhantes (VILLA; FERNANDES; FAQUIN, 2004), e sua disponibilidade para as plantas pode ocorrer a curto, médio e longo prazo (MEURER, 2006). Em muitas situações, em especial naqueles solos muito intemperizados, o K não-trocável contribui significativamente com o fornecimento deste elemento para a produção vegetal, sobretudo quando o K trocável é baixo (SILVA et al., 1995).

#### 2.6.5 Potássio fixado

O K fixado está no interior das entrecamadas de alguns minerais 2:1, como a illita e vermiculita, neutralizando cargas negativas e somente está disponível quando substituído por outros cátions, fato que ocorre principalmente quando há grande redução na concentração de K na solução do solo. A fixação do K é muito mais expressiva em regiões temperadas, onde os minerais do tipo 2:1 predominam.



Nas regiões tropicais, como é o caso dos solos brasileiros, normalmente não existe esta forma de K, ou ela é pouco expressiva, devido à presença de minerais 1:1 e de polímeros de alumínio, que não permitem que as entre camadas destes minerais se aproximem (ERNANI et al., 2007). Este potássio somente pode ser mobilizado muito lentamente e muito parcialmente, sendo mais expressiva a liberação através da alteração dos minerais do que pela liberação do K que está fixado (FAUCONNIER, 1976).

#### 2.6.6 Potássio na Matéria Orgânica

O teor de K na matéria orgânica é extremamente pequeno, não contribuindo, de modo importante para o suprimento de K para as plantas. Este elemento ocorre somente na fração orgânica viva, ou seja, ele não integra nenhum composto orgânico estável ou fração orgânica abiótica do solo, sendo lavado do material orgânico logo após a morte das células (ERNANI et al., 2007).

### 2.7 O POTÁSSIO NA PLANTA

O K é considerado essencial na produção vegetal (MALAVOLTA, 1984), estando entre os três elementos com maior probabilidade de limitar o crescimento (TROEH; THOMPSON, 2007) e, geralmente, é o segundo mais exigido pelas culturas, ficando atrás somente do N (GLORIA, 1994). Para um ótimo desenvolvimento vegetal, há requerimento de aproximadamente 2 a 5% de K na MS, variando com a espécie e órgão da planta (FAQUIN, 2005). De acordo com Moreira et al. (2007), a deficiência deste elemento causa a perda de vigor dos alfafais permitindo o desenvolvimento agressivo de plantas daninhas, aumento de doenças e maior susceptibilidade a outras condições de estresse.

Elevadas concentrações de K na planta aumentam a taxa de atividade das enzimas e até mesmo a afinidade destas com o substrato (FAQUIN, 2005). Desta forma, dentre as inúmeras funções desenvolvidas pelo K na planta, merece

destaque a ativação de vários sistemas enzimáticos (ERNANI et al., 2007; ASSOCIAÇÃO..., 1990), sendo que mais de 50 enzimas estão na sua dependência para desempenharem atividade normal, tais como: sintetases, oxiredutases, transferases, desidrogenases e quinases (FAQUIN, 2005). Muitos destes sistemas enzimáticos são participantes de processos vitais da planta, como a respiração, fotossíntese (ERNANI et al., 2007), glicólise, síntese de proteínas e amido e metabolismo de carboidratos (MALAVOLTA, 1984).

O adequado suprimento de K é relacionado com o valor nutritivo do produto colhido, destacando-se aqui que, além de ativar enzimas participantes da síntese de proteínas (MALAVOLTA, 1984), aumenta a produção das mesmas, devido à melhor utilização de N pela planta (ASSOCIAÇÃO..., 1990), fato confirmado por Collins et al. (1986), que observaram que o K está relacionado com o aumento da nodulação (número e tamanho dos nódulos) e, portanto, da fixação biológica de N em espécies leguminosas.

O K atua aumentando o tamanho e o número de estômatos por unidade de área, e sua entrada e saída nas células controlam o fechamento e a abertura dos mesmos. Os estômatos são formados por duas células altamente especializadas (células-guarda) e por uma abertura regulável (ostíolo), o qual possibilita as trocas gasosas entre a planta e a atmosfera (MALAVOLTA, 1984). Células-guarda bem supridas de K levam as células adjacentes a absorverem água, o que resulta em aumento na pressão de turgor, que promove a abertura do ostíolo. Porém, quando a quantidade de K reduz, as células-guarda cedem água para as células adjacentes e o ostíolo volta ao seu estado inicial (FAQUIN, 2005).

Além de atuar nas trocas gasosas entre a planta e o meio ambiente, o K tem papel fundamental na regulação osmótica ou manutenção de água na planta (ERNANI et al., 2007). O acúmulo de K nas células cria um potencial osmótico, que torna o gradiente de potencial hídrico favorável para que a água entre na célula por difusão (MALAVOLTA, 1984). Em plantas de alfafa, Faquin (2005) observou que a quantidade de água necessária para produzir uma unidade de MS diminui conforme se aumenta o fornecimento de K.

Lloveras et al. (2001) verificaram em seus estudos extrações de 1.500 a 1.700 kg ha<sup>-1</sup> de K pela alfafa (em produtividade de 21,5 t. ha<sup>-1</sup> de matéria seca) em solo de alta fertilidade, sendo que este elemento é totalmente retirado do sistema através da forragem colhida (fenação).

## 2.8 RESPOSTA DA ALFAFA À ADUBAÇÃO POTÁSSICA

A importância do K na produção vegetal fica comprovada por trabalhos que correlacionam o uso da fertilização potássica com aumentos na produção de MS, como no caso da alfafa.

Rassini e Freitas (1998) testaram diferentes doses de adubação potássica (0, 20, 40, 60, 80 e 100 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ ) em alfafa, aplicadas após cada corte, e observaram que houve resposta linear no rendimento de MS, com produção variando entre 11.300 e 15.700 kg de MS  $ha^{-1} ano^{-1}$  para as doses de 0 e 100 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  após cada corte, respectivamente. Inicialmente, o teor de K no solo era de 0,02  $cmol_c dm^{-3}$ , passando para 0,53  $cmol_c dm^{-3}$  na maior dose, na camada de 0 a 20 cm. Os autores observaram ainda que para cada kg de K aplicado, houve resposta em MS de 44 kg  $ha^{-1} ano^{-1}$ .

Resultado semelhante foi observado por Bernardi et al. (2007) que avaliaram doses (0, 50, 100 e 150 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ ) e frequências de aplicação da adubação potássica (após cada corte, após dois cortes, após três cortes e duas aplicações por ano), sendo um total de 12 cortes. A quantidade do fertilizante potássico foi sempre a mesma, independente da frequência de aplicação, então as quantidades totais aplicadas ao final de um ano de avaliação foram 600, 1.200 e 1.800 kg de  $K_2O$   $ha^{-1} ano^{-1}$ . A produção máxima de 14.000 kg de MS  $ha^{-1} ano^{-1}$  foi obtida com a dose de 124 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$ , aplicados após cada corte, sendo semelhante às obtidas nas frequências de adubação após dois e três cortes. A produção da testemunha (sem adubação de K em cobertura) ficou em 9.000 kg de MS  $ha^{-1} ano^{-1}$ . Inicialmente, o teor de K no solo na camada de 0 a 20 cm, era de 0,1  $cmol_c dm^{-3}$  e passou para valores entre 0,5 e 0,7  $cmol_c dm^{-3}$  para a maior dose, dependendo da frequência de aplicação.

Em trabalho realizado por Bernardi e Rassini (2009) foi avaliada, durante dois anos, a utilização de 0, 600, 1.200 e 1.800 kg de  $K_2O$   $ha^{-1} ano^{-1}$ . Observou-se produção máxima (média de dois anos de avaliação) de 30.500 kg de MS  $ha^{-1}$ , obtida com a dose de 1.423 kg de  $K_2O$   $ha^{-1} ano^{-1}$ . O tratamento testemunha (sem adubação potássica) produziu 15.000 kg de MS  $ha^{-1} ano^{-1}$ , na média dos dois

anos de cultivo. Inicialmente, o teor de K no solo era de  $0,13 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , passando para  $0,31 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na maior dose, na camada de 0 a 60 cm.

Rando (1995) desenvolveu um trabalho no Norte do Paraná com adubação potássica em alfafa e observou incremento de produção em todos os oito cortes realizados. As aplicações de 150, 300 e 600 kg de  $\text{K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  resultaram em aumentos no rendimento de MS de 22, 41 e 45%, respectivamente.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR, localizada no Município de Pato Branco – PR, na região fisiográfica denominada Terceiro Planalto Paranaense. Encontra-se entre as coordenadas de  $26^{\circ} 07'$  de latitude sul e  $52^{\circ} 41'$  de longitude oeste e em altitude média de 700 m. A localização da área experimental pode ser visualizada no Apêndice A.

#### 3.2 CLIMA

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa em transição para Cfb (MORENO, 1961). No período entre 2002 e 2011, os dados climatológicos mostraram precipitação pluviométrica média de 1.904 mm por ano, temperatura média de  $18,9^{\circ}\text{C}$  e máxima e mínima médias de  $25,2^{\circ}\text{C}$  e  $14,4^{\circ}\text{C}$ , respectivamente (dados fornecidos pela estação meteorológica do IAPAR). Para a caracterização climática de cada período (dias decorridos entre cada corte), os dados climatológicos foram organizados separadamente. Os dados climatológicos históricos e observados durante o período experimental estão apresentados na Figura 3. A temperatura média diária foi obtida pela média entre a temperatura

máxima e mínima de cada dia. A temperatura média de cada período foi obtida pela média das temperaturas médias diárias. O mesmo foi feito para as temperaturas máxima e mínima médias, umidade relativa do ar e insolação de cada período. A precipitação para cada período foi obtida pela soma das precipitações diárias.

Para a o calculo de soma térmica diária utilizou-se a seguinte fórmula (GILMORE; ROGERS, 1958):

$$STD = (T_{max} + T_{min})/2 - TB$$

Onde:

STD = Soma térmica diária

Tmax = Temperatura máxima

Tmin = Temperatura mínima

TB = Temperatura base, sendo 0°C para a alfafa (NABINGER, 2002)

Como foi utilizada a soma térmica para cada período, a fórmula utilizada foi:

$$ST \text{ do período} = (STD \text{ do dia } 1 + STD \text{ do dia } 2 + STD \text{ do dia } 3...)$$

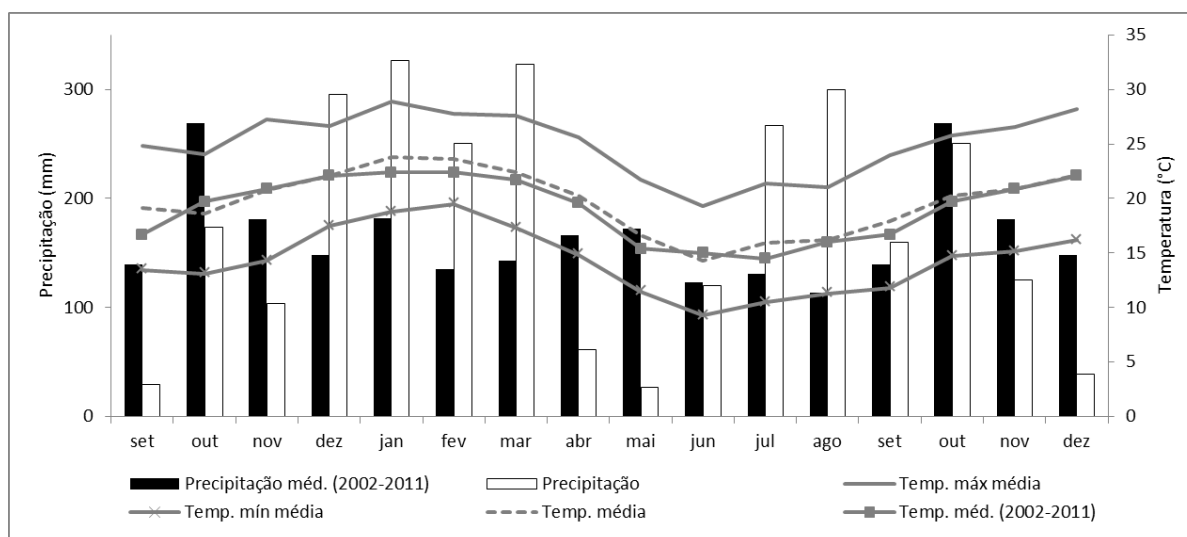


Figura 3 – Dados meteorológicos históricos (2002-2011) e observados durante o período experimental (setembro de 2010 a dezembro de 2011) de avaliação da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011

Fonte: Estação meteorológica do IAPAR, 2011.

### 3.3 SOLO

A área experimental vem sendo utilizada em sistema plantio direto há mais de quinze anos, com cultivo de milho ou soja no verão e rotação de cereais e nabo forrageiro no inverno. De acordo com a Embrapa (2006) o solo predominante na área é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, relevo ondulado, textura argilosa.

Três meses antes da implantação do experimento foram coletadas amostras de solo para as profundidades de 0 a 10, 10 a 20 e 20 a 40 cm, para a caracterização química da área (Tabela 1). Estas amostras foram enviadas para o laboratório de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, para análise de rotina. A coleta de solo e a análise laboratorial foram realizadas seguindo a metodologia descrita por Pavan et al. (1992).

Tabela 1 – Caracterização química do solo da área experimental, antes da implantação da cultura da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011

	Profundidade (cm)		
	0 a 10	10 a 20	20 a 40
pH (CaCl <sub>2</sub> )	5,4	4,8	4,6
MO (g dm <sup>-3</sup> )	42,89	40,21	29,48
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,63	0,5	0,2
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	6,44	3,75	1,91
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,81	1,87	1,26
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0	0,18	0,47
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,97	5,35	5,35
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	9,88	6,12	3,37
V (%)	71,34	53,36	38,65
P (mg dm <sup>-3</sup> )	31,45	6,95	2,73
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	4,36	5,19	6,53
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	61,52	28,02	37,19
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	3,45	3,99	3,95
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	92,61	51,45	19,89

MO: matéria orgânica; V: saturação de bases; SB: soma de bases

### 3.4 TRATAMENTOS

Os tratamentos constituíram-se de sete doses de adubação potássica (0, 50, 100, 200, 300, 400 e 500 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$   $ano^{-1}$ ) utilizando-se como fonte o cloreto de potássio (KCl), com 60% de  $K_2O$  em sua formulação. Cada dose foi parcelada em três épocas distintas de aplicação: verão (13/12/10), outono (25/05/11) e primavera (04/10/11), e foram aplicadas a lanço em área total. As aplicações foram parceladas devido ao uso de doses elevadas, para evitar perdas excessivas de K por lixiviação (MEURER, 2006). Os momentos de aplicação do K foram baseados na literatura, sendo que estas estações do ano favorecem maiores produções (COMISSÃO..., 2004; BERNARDI et al., 2007; RASSINI; FERREIRA; CAMARGO, 2008).

### 3.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo fator de bloqueamento a declividade do terreno. As doses de adubação potássica constituíram as parcelas e a data de coleta constituiu a subparcela. A profundidade de coleta do solo foi inserida como um fator e foi considerada uma subsubparcela. Cada bloco foi composto por sete parcelas de 2 x 4 m (8  $m^2$ ), espaçadas em 0,5 m para evitar contaminação entre as mesmas e facilitar o caminhar dos avaliadores. O croqui da área experimental, com a distribuição dos blocos e tratamentos, pode ser visualizado na Figura 4. O experimento já implantado pode ser visualizado no Apêndice B.

		B4 0	B4 400kg/ha	B4 300kg/ha
B3 400kg/ha	B4 500kg/ha	B4 50kg/ha	B4 200kg/ha	B4 100kg/ha
B3 0	B3 300kg/ha	B3 100kg/ha	B3 200kg/ha	B3 50kg/ha
B2 200kg/ha	B2 50kg/ha	B2 400kg/ha	B2 300kg/ha	B3 500kg/ha
B2 0	B2 100kg/ha	B2 500kg/ha	B1 50kg/ha	B1 400kg/ha
B1 500kg/ha)	B1 100kg/ha	B1 300kg/ha	B1 200kg/ha	B1 0

Figura 4 – Distribuição dos tratamentos (doses de adubação potássica) em cada bloco (B1; B2; B3; B4), e dos blocos na área experimental. Pato Branco – PR, 2011

### 3.6 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no período de setembro de 2010 a dezembro de 2011. A alfafa, cv. Crioula, foi inoculada com a bactéria *Rhizobium meliloti* e semeada em 27 de setembro de 2010, com uso de uma semeadora de parcelas de cereais de inverno (Apêndice C), com espaçamento de 17 cm entre linhas e densidade de 20 kg de sementes ha<sup>-1</sup>. A emergência das plântulas ocorreu no dia 05 de outubro de 2010.

As aplicações de fósforo seguiram a recomendação do Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (COMISSÃO..., 2004). No momento da semeadura, realizou-se aplicação a lanço de 90 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, utilizando-se como fonte o superfosfato triplo. A adubação de reposição de fósforo foi realizada a lanço no dia 04 de outubro de 2011, juntamente com a última aplicação de K, utilizando-se a mesma dose de base.

Dentre os tratos culturais foi realizado o *rouging* (limpeza manual) de plantas daninhas durante todo o período produtivo da alfafa.

### 3.7 AVALIAÇÕES

#### 3.7.1 Cortes e Avaliações de Matéria Seca

O primeiro corte, de uniformização, foi realizado no dia 08 de dezembro de 2010, quando as plantas estavam em florescimento pleno (acima de 50% de florescimento) e, a partir daí, para as avaliações, adotou-se o critério de cortar as plantas no início da floração (10% de florescimento), e quando as brotações basais atingiam altura entre 5-10 cm no período em que as plantas não floresciam. Estes critérios de corte foram fundamentados na literatura, sendo unanimidade em todos os trabalhos encontrados (RASSINI et al., 2007; BERNARDI et al., 2007; HADDAD; CASTRO, 1999; NABINGER, 2002; FAVERO, 2006; BATTISTI, 2000). Na prática,



10% de florescimento é o momento em que as plantas apresentam as primeiras flores (RASSINI et al., 2007).

Os cortes foram realizados em área compreendida em um quadro amostral de 0,25 m<sup>2</sup>, a 10 cm acima do nível do solo, com uso de tesoura de tosquia. No Apêndice D, pode-se visualizar a realização do corte (coleta da amostra). O material colhido foi acondicionado em sacos de papel já identificados (Apêndice E) e, imediatamente, levado à estufa de ventilação forçada a 50°C, até atingir peso constante, sendo então pesado em balança de precisão para a determinação do peso seco.

Para a produção de MS estacional, os dados foram avaliados separadamente, para os cortes correspondentes a cada estação (verão, outono, inverno e primavera).

Após cada corte, as parcelas foram uniformizadas com uso de roçadeira costal (Apêndice F), a 10 cm de altura do solo. Posteriormente, retirou-se o excesso de massa residual com o auxílio de rastelo.

O intervalo entre os cortes foi determinado pelo número de dias decorridos entre um corte e outro, e o número total de cortes foi obtido pelo somatório de todos os cortes, exceto o primeiro (de uniformização).

### 3.7.2 Concentração de Potássio e Nitrogênio na Parte Aérea da Planta e Valor Nutritivo da Forragem

Após a determinação da MS, as amostras foram moídas em moinho do tipo *Willey*, equipado com peneira de 40 *mesh*. Cada amostra moída foi dividida e acondicionada em dois saquinhos plásticos, devidamente identificados. Estas amostras foram encaminhadas para o laboratório de solos da UTFPR, Câmpus Pato Branco, onde foi determinada a concentração de K e N na parte aérea da planta, seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), e para a UTFPR, Câmpus Dois Vizinhos, para a determinação de FDA, seguindo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

O teor de PB foi determinado multiplicando-se a concentração de N pelo fator geral de conversão de N em proteína, que é 6,25.

Para a determinação da produção de K, ou K extraído, de cada corte, multiplicou-se a concentração de K pela produção de MS. E pela soma do K extraído em cada corte foi obtida a extração total de K. Esta mesma metodologia foi utilizada para determinar a produção de PB.

O teor de NDT foi estimado através da fórmula de predição:  $NDT = 96,35 - (FDA \% \times 1,15)$ , sendo esta específica para a cultura da alfafa (SCHROEDER, 1994).

### 3.7.3 Altura do dossel

A altura das plantas foi verificada no momento de cada corte por meio de um bastão graduado *sward stick* (BARTHAM, 1985), em cinco pontos amostrais em cada parcela, tomados do nível do solo até a última folha da haste principal (Apêndice G). A partir da média aritmética dos pontos amostrais, estimou-se a altura do dossel no momento do corte. A altura média do dossel para cada estação do ano foi obtida pela média aritmética entre os cortes correspondentes a cada estação do ano.

### 3.7.4 Teor de Potássio no Solo

Foram realizadas três coletas de solo durante o período experimental, (15/02, 04/10 e 06/12 de 2011), retirando-se uma amostra em cada parcela, a qual foi separada nas profundidades de 0 a 5; 5 a 10 e 10 a 20 cm. O material coletado foi seco em estufa apropriada a 40°C. Posteriormente, foi procedida sua moagem em moinho com peneira de 10 *mesh*. O solo moído foi acondicionado em caixas apropriadas, devidamente identificadas para cada parcela e profundidade, e foi enviado para o laboratório de solos da UTFPR, Câmpus Pato Branco. A coleta do solo e a análise laboratorial de determinação do teor de K seguiram a metodologia descrita por Pavan et al. (1992). Para a determinação do teor de K no solo em função das doses de adubação potássica utilizou-se apenas a última coleta de solo.

### 3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância a um nível de significância de 5% de probabilidade. Para as variáveis que geraram apenas um valor no final do período experimental, as causas da variação para a análise de variância foram: tratamento (GL=6), bloco (GL=3), erro (GL=18) e total (GL=27). Para as variáveis em que se considerou o fator tempo (data de coleta) este foi adicionado no modelo de análise de variância como uma subparcela. Para a variável: teor de K no solo que, além das causas de variação colocadas acima, ainda tinha o fator profundidade de amostragem, esta foi adicionada como uma subsubparcela. Foi utilizado o teste Tukey para comparação de médias para as variáveis qualitativas (datas de coleta, comparação entre os corte, entre estações do ano), e para os fatores quantitativos (níveis de adubação potássica e profundidade de amostragem) foi usada análise de regressão polinomial, escolhendo o modelo significativo ( $P < 0,05$ ) e de maior coeficiente de determinação. As análises de variância podem ser visualizadas no Apêndice H.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 POTÁSSIO NO SOLO

Não foi constatado efeito significativo da interação tripla ( $P=0,5101$ ) doses *versus* data de coleta *versus* profundidade de amostragem para os teores de K no solo. Também não houve interação doses *versus* data de coleta ( $P=0,2562$ ) e doses *versus* profundidade de amostragem ( $P=0,7560$ ). Constataram-se diferenças significativas ( $P=0,0397$ ) no teor final de K no solo provocadas pelas doses de adubação potássica (Figura 5). O teor médio de K passou de  $0,22 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na dose 0, para  $0,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na maior dose, sendo que teores acima de  $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  são considerados elevados (BERNARDI et al., 2007). Ressalta-se aqui que o teor observado no momento da implantação do experimento era de  $0,56 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na camada de 0 a 20 cm, e passou para  $0,27 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  na primeira coleta, demonstrando que houve utilização deste elemento pela cultura.

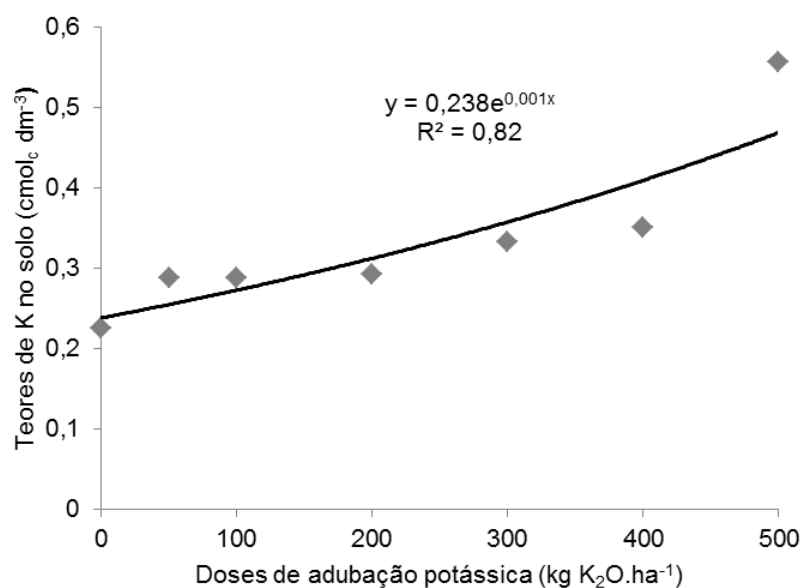


Figura 5 – Teores final de potássio no solo, na profundidade de 0 a 20 cm, em função das doses de adubação potássica testadas na alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011

Nota-se que o teor de K aumentou linearmente no solo, estando de acordo com o observado por Bernardi et al. (2007), que testaram doses de adubação potássica em alfafa, com diferentes épocas de aplicação e observaram que o teor passou de valor inferior a  $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na camada de 0 a 20 cm, para valores entre 0,5 e  $0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para a maior dose, dependendo da época de aplicação. Rassini e Freitas (1998) também observaram aumento linear no teor de K no solo em função das doses de K, o qual passou de  $0,02 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $0,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na camada de 0 a 20 cm. Nota-se que no presente trabalho houve menor resposta do teor de K do solo às doses de adubação potássica em comparação aos trabalhos citados. Este fato pode ser atribuído ao elevado teor deste elemento no solo no momento da implantação do experimento, ao contrário daqueles trabalhos, nos quais os teores eram muito baixos.

O K não é constituinte estrutural das plantas, e permanece quase que totalmente na forma iônica nos tecidos vegetais, sendo liberado quando a cultura está em senescência ou sendo manejada, havendo rápida liberação do K contido nos restos vegetais para o solo com a ação das chuvas. Nesse contexto, estudos têm mostrado que mais de 70% do K acumulado na palhada no SPD são liberados no solo nos primeiros 30 dias após o manejo, e essas reservas podem superar  $300 \text{ kg K ha}^{-1}$  (Rosolem, et al., 2003), fato que pode justificar o elevado teor do elemento no momento de implantação deste experimento.

A situação da fertilidade dos solos do sudoeste paranaense foi diagnosticada por Vizentin (2010), através do levantamento de 2.468 análises de solo desta região. Observou-se que 34% das análises apresentaram valores de K abaixo do nível crítico, 44% tiveram valores considerados médios a altos e 12% apresentaram valores considerados muito altos. De acordo com o autor, este resultado é justificado pelas adubações excessivas realizadas pelos produtores da região, utilizando formulação de fertilizantes com 15 ou 20% de  $\text{K}_2\text{O}$  e também pelo uso indiscriminado de cama de aves, que eleva o teor de K no solo. Além disso, prevalece o sistema plantio direto, com conservação dos restos culturais que reciclam este nutriente.

Fica claro que em solos conduzidos em sistema plantio direto, com fertilidade consolidada e teor de K elevado, as doses de adubação potássica para manter elevadas produções de forragem de alfafa não precisam ser altas,

evidenciando que as recomendações existentes são superestimadas. Através do resultado obtido neste trabalho, sugere-se que a dose de 50 kg de  $K_2O$   $ha^{-1}$  já seria suficiente para manter o teor de K no solo elevado, sendo suficiente para manter o patamar produtivo.

Constatou-se efeito significativo da interação ( $P=0,0330$ ) data de coleta *versus* profundidade de amostragem para os teores de K no solo, os quais também foram influenciados pela data de coleta ( $P<0,0033$ ) e pela profundidade de amostragem ( $P<0,0001$ ) (Figura 6). Observa-se que os teores foram maiores na profundidade de 0 a 5 cm, seguidos pelas profundidades de 5 a 10 cm e de 10 a 20 cm, para todas as datas de coleta. Não houve diferença significativa para os teores da profundidade de 10 a 20 cm em nenhuma das coletas. Provavelmente, os maiores teores nas primeiras camadas devem-se ao fato deste solo ser conduzido sob sistema plantio direto há mais de 15 anos, o que promove aumento da concentração de nutrientes na camada mais superficial (ERNANI et al., 2006), devido aos restos culturais que reciclam nutrientes (ERNANI et al., 2007).

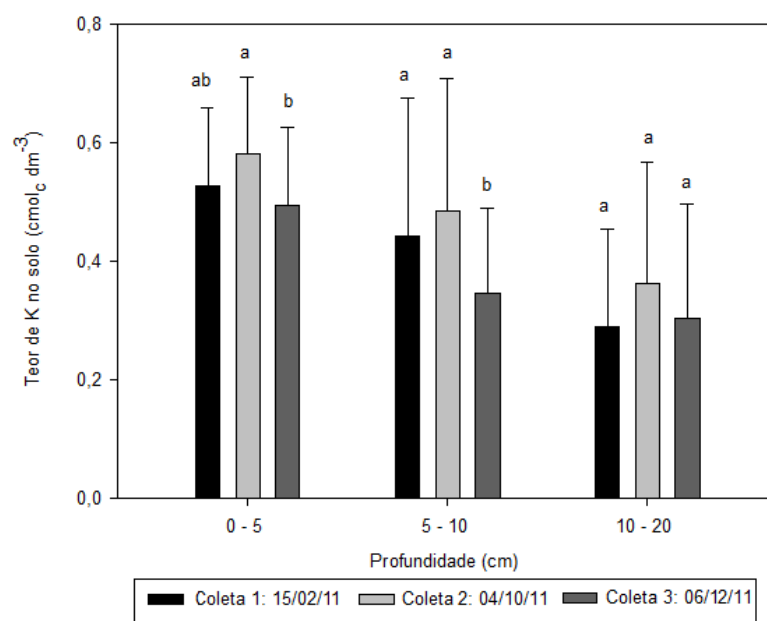


Figura 6 – Teores médios de K no solo em três profundidades e três épocas de coleta, na cultura da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011

Letras diferentes, dentro de cada profundidade, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Na segunda coleta foram obtidos os maiores teores de K, em todas as profundidades, os quais não diferiram significativamente dos obtidos na primeira

coleta. Na terceira coleta ocorreram os menores teores para as profundidades de 0 a 5 cm e 5 a 10 cm, o que pode ser justificado pela maior extração de K pelas plantas neste período. As datas de aplicação do K e das coletas podem ser visualizadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Datas de aplicação das doses de adubação potássica, datas das coletas de solo e dias decorridos entre as aplicações de K e as coletas de solo, na cultura da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011

Data de Aplicação de K	Data de Coleta do solo	Dias entre aplicação de K e coleta do solo
13/12/2010 (Verão)	15/02/2011	64
25/05/2011 (Outono)	04/10/2011	132
04/10/2011 (Primavera)	06/12/2011	63

#### 4.2 PRODUÇÃO DE FORRAGEM POR CORTES E ESTACIONAL

Não foi constatado efeito significativo da interação ( $P=0,9876$ ) doses *versus* corte para a produção de MS, a qual foi influenciada pelos cortes ( $P<0,0001$ ) (Figura 7). A produtividade média foi de 2.017 kg de MS ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, sendo um resultado intermediário entre o obtido por Monteiro et al. (1998), em Marechal Cândido Rondon, de 1.570 kg de MS ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, e o obtido por Rando et al. (2005), em Bandeirantes, PR, de 2.575 kg de MS ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, sendo produtividades médias de dois anos de avaliação.

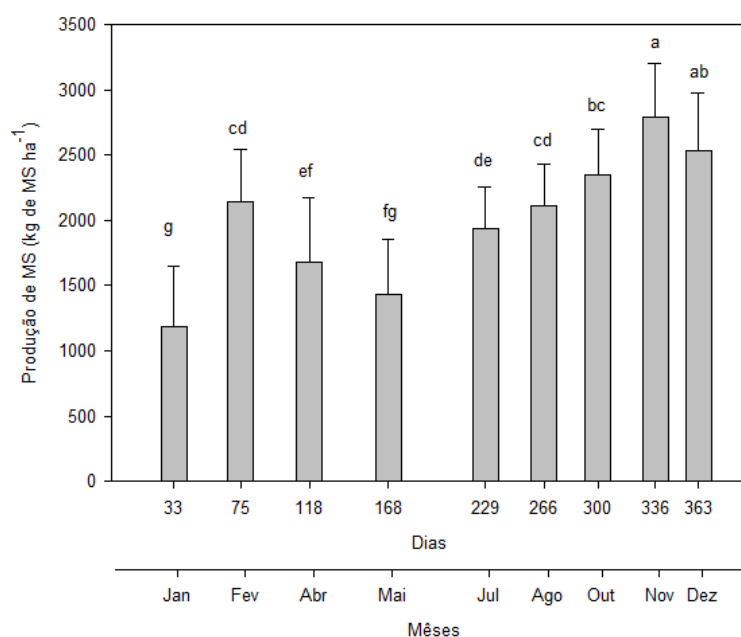


Figura 7 – Produção de MS obtida em cada corte, durante um ano de avaliação de alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011. Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados mostram uma considerável amplitude de 1.608 kg de MS ha<sup>-1</sup> entre os cortes de menor e maior produtividade, sendo que a menor corresponde ao primeiro corte, resultado que pode ser atribuído ao fato de as plantas ainda estarem se estabelecendo, ou pelo menos com um grau de desenvolvimento (profundidade da raiz pivotante, diâmetro da coroa, quantidade de reservas na coroa, quantidade de gemas na coroa) não tão evoluído. Além disso, de acordo com Monteiro (1999), a temperatura é um fator climático que causa diferenças significativas na produtividade da alfafa, sendo que até seis semanas após a emergência o desenvolvimento das plantas é favorecido por temperaturas mais elevadas, entre 20 e 30°C, que resultam em maior expansão foliar. No presente trabalho, estas temperaturas ficaram entre 13 e 31°C, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento inicial das plantas, refletindo em menor produção no primeiro corte.

No segundo corte houve aumento de produtividade em relação ao primeiro, podendo ser atribuído ao fato de que, apesar de as temperaturas médias entre estes cortes ter sido bastante semelhantes (Tabela 3), o período que antecedeu o primeiro corte foi caracterizado por temperaturas mais baixas, com média de 19,9°C. Já no período que antecedeu o segundo corte, as temperaturas foram mais elevadas, com média de 24,81°C. De acordo com Haddad e Castro



(1999), o desenvolvimento da alfafa é favorecido por temperaturas entre 21 e 25°C, estando de acordo com Monteiro (1999) que observou que maiores temperaturas após os cortes favorecem o desenvolvimento da área foliar basilar, havendo maior interceptação de luz desde a rebrota, com maior fixação de carbono, especialmente quando não há limitação hídrica. Observa-se na Tabela 3 que a precipitação foi 204,4 mm superior no segundo corte.

Nos cortes realizados em abril, maio e julho, houve novo declínio de produtividade, podendo ser justificado pelas temperaturas mínimas diárias que reduziram drasticamente. No corte realizado em maio, além da ocorrência de temperaturas negativas, a precipitação foi de apenas 85,8 mm, o que pode ter resultando em queda ainda mais acentuada de produção.

Tabela 3 – Dados climatológicos obtidos durante os períodos de avaliação da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011

Corte	Período	Temperatura (°C)			Prec. (mm)	ST (°C)	UR (%)	Insolação (h)
		Min	Máx	Média				
Estabelecimento	27/09 - 08/12/10	15	24,8	19,9	436,4	1453	67	06:42
1	08/12 - 10/01/11	21	24,8	24,81	212,3	773,2	81	06:00
2	10/01 - 21/02/11	19	28,3	23,73	416,7	1020	84	05:48
3	21/02 - 05/04/11	18	27,6	22,54	426,5	991,7	77	06:42
4	05/04 - 25/05/11	14	23,9	18,77	85,8	957,1	77	07:12
5	25/05 - 25/07/11	9,4	20,2	14,76	336,9	915,3	75	06:00
6	25/07 - 31/08/11	12	21,4	16,54	349,2	628,7	75	06:18
7	31/08 - 04/10/11	12	23,8	17,74	169,1	621	67	07:54
8	04/10 - 09/11/11	15	26,2	20,37	250,9	753,6	66	08:30
9	09/11 - 06/12/11	16	26,7	21,12	116,2	591,4	69	08:06

Tmin.: temp. mínima média; Tmax.: temp. máxima média; Prec.: precipitação; ST: soma térmica; UR: umidade relativa do ar média; In: insolação média.

Fonte: Estação meteorológica do IAPAR, 2011

O aumento de produtividade a partir do corte realizado em outubro (primavera), pode ser atribuído ao fato de as plantas, agora já com um grau mais evoluído de desenvolvimento após vários cortes, que estimulam o surgimento de novas hastes, estarem submetidas a temperatura, fotoperíodo (duração do dia) e insolação (horas de sol pleno) mais elevadas em relação ao período de outono-inverno.

Nos períodos mais quentes do ano (janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro) o intervalo entre os cortes foi menor (Tabela 4), estando de acordo com Nelson e Smith (1968), que também observaram redução no número de dias entre os cortes da alfafa com o aumento da temperatura. Como supra citado, temperaturas mais elevadas após os cortes resultam em aumento da área foliar dos brotos basais, favorecendo a interceptação luminosa e a fixação de carbono.

Além disso, observou-se grande influência do fotoperíodo sobre o intervalo entre os cortes. De acordo com Bergamaschi (2012), a partir de 22 de setembro (início da primavera) até o primeiro dia de março (início do outono) no hemisfério Sul (e na latitude em que a área experimental se encontra), os dias têm duração superior a 12 horas e, segundo Nabinger (2002), a indução floral na alfafa ocorre a partir de um fotoperíodo de 12 horas. Fica claro o efeito combinado entre temperatura e fotoperíodo, sendo que nos períodos de maior temperatura e fotoperíodo, o intervalo entre os cortes foi menor, estando de acordo com o observado por Nelson e Smith (1968).

A partir do corte realizado em abril, o fotoperíodo diminui e a alfafa não floresce, sendo então adotado o critério de altura do rebrote para realização dos cortes. Observando-se os dados climatológicos (Tabela 3), sugere-se que, além do fotoperíodo, a temperatura tenha influência sobre o florescimento da alfafa pois, nos cortes realizados com base na altura do rebrote (em que a alfafa não florescia) as temperaturas médias ficaram sempre abaixo de 19°C.

Greenfield e Smith (1973) sugerem que a soma de graus-dia pode ser utilizada como base para prever o florescimento da alfafa. Os resultados obtidos por estes autores demonstraram que, independentemente do regime térmico, o estágio de primeiras flores da alfafa foi atingido entre 740 e 800 graus-dia. Já Nabinger (2002) comparou cultivares de alfafa, e observou que houve uma variação entre 700 e 1.000 graus-dia para que as primeiras flores visíveis fossem atingidas. No presente trabalho, a soma térmica entre os cortes realizados sob o critério de 10% de florescimento das hastes variou de 591 a 1.020°C (Tabela 3), evidenciando que o uso da soma térmica unicamente, como definidor do manejo de cortes da alfafa, não é satisfatório. Diversidades genéticas dentro do lote de semente, diferenças varietais e variáveis ambientais (fotoperíodo, temperatura, nutrição da planta) influenciam a fenologia (Nabinger, 2002), e por consequência, o “tempo térmico” decorrido entre os cortes.

Tabela 4 – Critério adotado para realização dos cortes; dias decorridos entre os cortes e dias decorridos entre cada corte e a semeadura da alfafa, cv. Crioula. Pato Branco – PR, 2011

Corte	Data do corte	Estação do ano	Critério de corte	Dias entre Cortes	Dias de Experimento
Uniformização	08/12/2010	Primavera	Florescimento*	0	72***
1	10/01/2011	Verão	Florescimento	33	105
2	21/02/2011	Verão	Florescimento	42	147
3	05/04/2011	Outono	Florescimento	43	190
4	25/05/2011	Outono	Altura**	50	240
5	25/07/2011	Inverno	Altura	61	301
6	31/08/2011	Inverno	Altura	37	338
7	04/10/2011	Primavera	Altura	34	372
8	09/11/2011	Primavera	Florescimento	36	408
9	06/12/2011	Primavera	Florescimento	27	435

\*10% de florescimento; \*\* Altura do rebrote entre 5 e 10 cm;

\*\*\* Dias decorridos entre a semeadura (27/09/2012) e o corte de uniformização

Não foi constatado efeito significativo da interação ( $P=0,9048$ ) doses *versus* estações do ano para a produção de MS, a qual foi similar entre as doses ( $P=0,3239$ ) e diferiu entre as estações do ano ( $P=0,0001$ ) (Figura 8). A não influência das doses deve-se, provavelmente, ao fato de o teor de K no solo já estar em níveis adequados para suprir a necessidade da cultura.

Apesar de ocorrerem diferenças produtivas entre as estações, observa-se que a produção de forragem foi bem distribuída durante o ano, com 42% na primavera, 22% no inverno, 19% no verão e 17% no outono. Grande parte dos trabalhos obtiveram menores produções de alfafa no período de outono-inverno (SALES, 2001; BOTREL; ALVIM, 1997; BOTREL et al., 2000; PEREIRA et al., 1998; FERREIRA et al., 1999; BOTREL et al., 2001) e não no período de verão-outono, como no presente trabalho. Provavelmente, dando sequencia a mais um ano de avaliação, as produções de janeiro e fevereiro seriam superiores às obtidas neste mesmo período do ano anterior, pois as plantas já estariam em um nível mais avançado de desenvolvimento podendo, até mesmo, possibilitar um maior número de cortes neste período e, desta forma, a produção de verão se tornaria superior à de inverno.

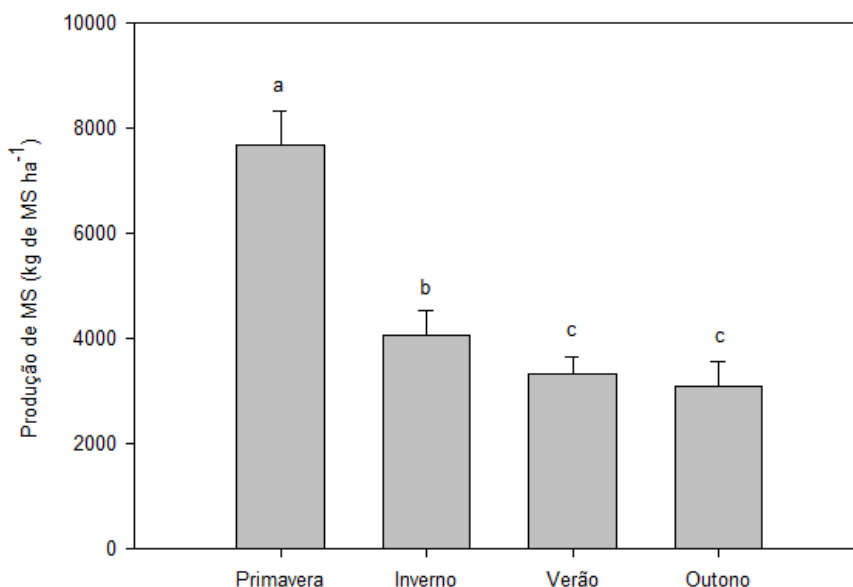


Figura 8 – Produção estacional de MS da alfafa, cv. Crioula, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A grande vantagem da alfafa em relação às demais espécies utilizadas no sul do Brasil é justamente esta distribuição da produção ao longo do ano, podendo ser enquadrada nos planejamentos forrageiros para suprir épocas do ano de déficit de forragem, tanto quanti como qualitativamente.

De acordo com Fontaneli (2011), ocorrem dois períodos marcantes de vazio forrageiro anualmente no sul brasileiro. O vazio forrageiro de primavera (setembro a novembro) é caracterizado pelo final do ciclo das pastagens hibernais (forrageiras de clima temperado), com conseqüente perda de qualidade e capacidade de suporte das mesmas, ou, de acordo com Silva (2012), as áreas de pastagens anuais de inverno foram dessecadas para semeadura do milho, e as perenes de verão (forrageiras de clima tropical) ainda não estão em condições de receber os animais. De acordo com o mesmo autor, o vazio forrageiro outonal (março a maio) é caracterizado como um período onde as forrageiras estivais estão concluindo seu ciclo, com valor nutritivo reduzido, e as forrageiras hibernais ainda não estão estabelecidas.

A magnitude destes vazios forrageiros é definida pela distribuição da produção de forragem no tempo (FERRAZZA, 2011), ficando evidente o papel da alfafa na mitigação dos mesmos, já que as produções obtidas na primavera e no outono foram de 7.670 e 3.104 kg de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

A aveia preta IAPAR 61, espécie hibernal que vem sendo utilizada no sul do Brasil, produziu 2.545 kg de MS ha<sup>-1</sup> no período de outono e 3.718 kg de MS ha<sup>-1</sup> no período de inverno na região de Pato Branco (BIEZUS et al., 2010), sendo, portanto, uma importante ferramenta que pode ser utilizada juntamente com a alfafa, tanto no inverno, quanto para suprir a demanda forrageira no período outonal. Porém, na primavera a aveia já estava completando seu ciclo, com consequente perda de qualidade da forragem, e produziu somente 2.200 kg de MS ha<sup>-1</sup>, concentrados nos meses de setembro e outubro, caracterizando o vazio forrageiro primaveril. Já a alfafa distribuiu sua produtividade (7.670 kg de MS ha<sup>-1</sup>) durante toda a primavera, sendo de fundamental importância neste período.

Entre as espécies forrageiras anuais de verão, o papuã apresenta elevada produção de MS na região de Pato Branco, sendo concentrada basicamente no verão, entre os meses de dezembro a abril (MIGLIORINI, 2012; SARTOR, 2009). Pensando-se em um planejamento forrageiro, esta espécie é de grande valia para somar-se a produção da alfafa neste período (3.330 kg de MS ha<sup>-1</sup>). Posteriormente, quando o papuã, assim como as demais espécies estivais utilizadas na região, está finalizando seu ciclo, a alfafa está produzindo 3.104 kg de MS ha<sup>-1</sup>, podendo suprir o déficit forrageiro de outono juntamente com a aveia.

A elevada produção de forragem da alfafa distribuída ao longo do ano, inclusive no inverno, também é interessante comercialmente para produtores de feno, pois os preços oscilam quase 100% entre o verão e inverno (MONTEIRO et al., 1998), devido à menor oferta de volumosos neste período.

Não foi constatado efeito significativo da interação ( $P=0,2027$ ) doses *versus* corte para a altura do dossel no momento do corte, a qual não foi influenciada pelas doses de adubação potássica ( $P=0,1557$ ), apresentando média de 42 cm. Houve diferença na altura de dossel entre os cortes ( $P<0,0001$ ) (Figura 9). Alturas maiores foram atingidas nos cortes correspondentes ao período da primavera (outubro, novembro e dezembro), seguido pelo inverno (julho e agosto), sendo os períodos de maior produção de MS. No período de primavera-verão, o critério que define o momento do corte (10% do florescimento) é de fácil identificação por parte do produtor, sendo quando as primeiras flores do alfafal estão visíveis. Porém, no período de outono-inverno a alfafa não floresce, e a altura do rebrote é adotada como critério de corte, sendo de mais difícil identificação por parte do produtor e, desta forma, a altura do dossel torna-se uma importante ferramenta

de manejo, podendo-se recomendar que os cortes sejam realizados a 38 e 41 cm de altura do solo no outono e no inverno, respectivamente. Essa é uma tradução da informação considerando os dados obtidos neste trabalho. Em vez de usar a altura do rebrote usar a própria altura do dossel.

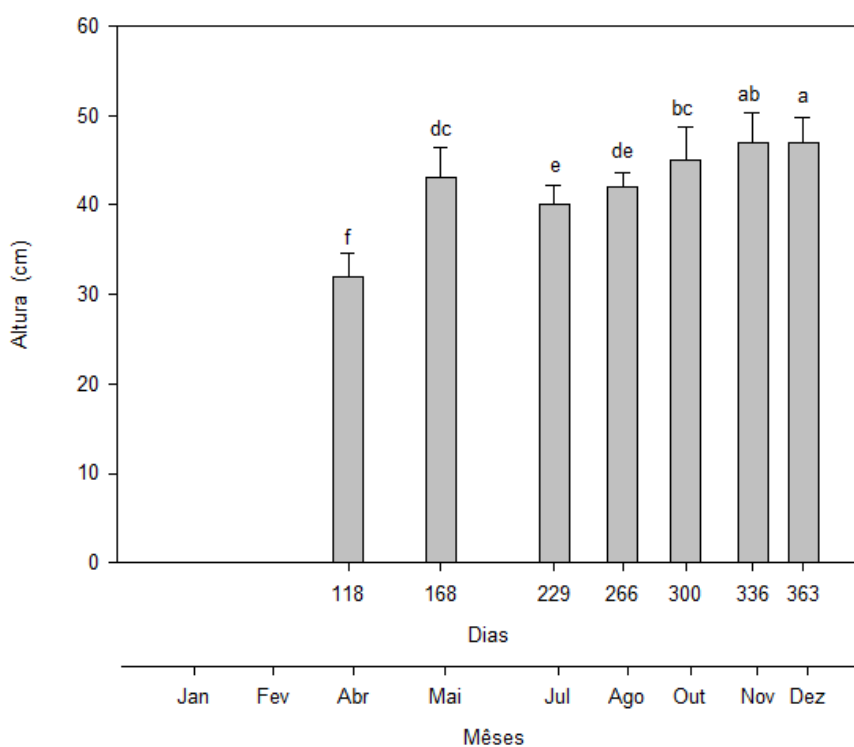


Figura 9 – Altura do dossel da alfafa, cv. Crioula, em cada corte. Pato Branco – PR, 2011. Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Não foi realizada avaliação de altura nos cortes de janeiro e fevereiro.

### 4.3 PRODUÇÃO TOTAL DE FORRAGEM

Não foi constatado efeito significativo das doses de adubação potássica ( $P=0,3239$ ) para a produção de forragem da alfafa (Figura 10), sendo a mesma considerada elevada, com média de  $18.154 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

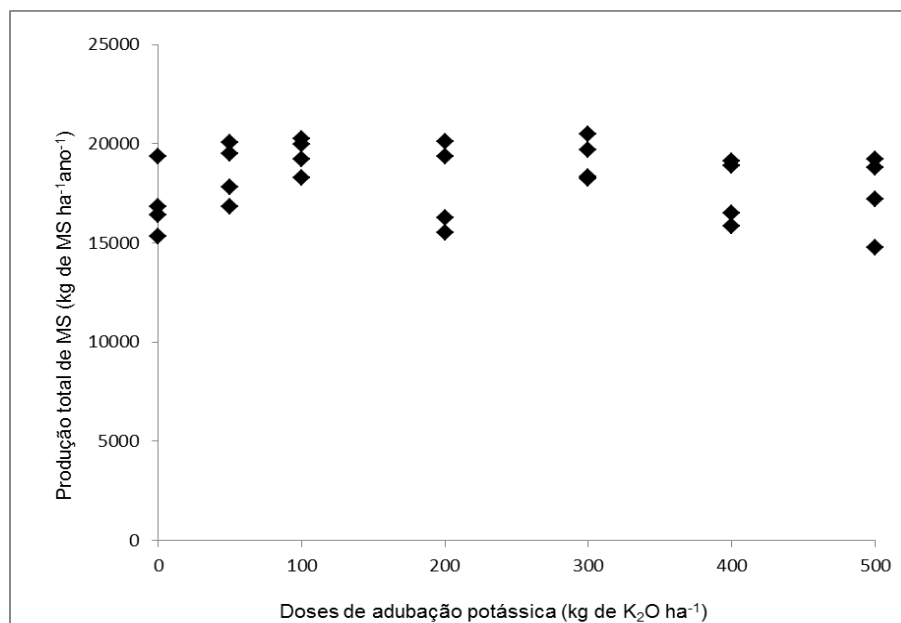


Figura 10 – Produção total de forragem da alfafa, cv. Crioula, em função das doses de adubação potássica, em um ano de avaliação (nove cortes). Pato Branco – PR, 2011

Este resultado é superior aos observados por Rassini e Freitas (1998); Bernardi et al. (2007) e Tashima e Klar (1997), que também testaram doses de adubação potássica em alfafa. Os resultados obtidos por estes autores (Tabela 5) demonstram a importância do fornecimento de adequado nível de K para obtenção de altas produções de MS da alfafa, e também promovem uma indagação do por que não houve resposta às doses testadas no presente estudo. Acontece que os teores de K no solo eram baixos antes da implantação dos experimentos supracitados, sendo insuficientes para atender às necessidades nutricionais da cultura. No presente trabalho, o teor de K no solo era considerado alto, justificando a ausência de efeito da aplicação deste elemento.

Tabela 5 – Resultados experimentais de trabalhos que testaram doses de adubação potássica em alfafa, cv. Crioula.

Autores/ano/local	Tratamentos*	Produção total**	Produção sem K**	Nº de cortes
Rassini e Freitas (1998); São Carlos, SP	0, 180, 360, 540, 720 e 900	Máxima produção: 15.700 com 900 kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	11.300	8
Bernardi et al. (2007); São Carlos, SP	0, 600, 1.200 e 1.800	Máxima produção: 14.000 com 1.612 kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	9.400	12
Tashima e Klar (1997); Bandeirantes, PR	0, 235, 706 e 1.648	Média de 15.000 com a dose de 706 de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	8.586	6

\*kg de K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; \*\*kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>

Em trabalho conduzido por Dutra et al. (1995) a adubação potássica não teve efeito significativo na produção de MS da alfafa, e os autores também atribuíram este resultado ao fato de o solo já ser bem provido de K disponível às plantas. De acordo com Meurer (2006), as pesquisas realizadas nos solos brasileiros não estão apresentando grandes respostas às adubações potássicas, provavelmente devido a fatores como: K prontamente disponível para as plantas em valores adequados ou elevados no solo, presença de minerais que atuam como fonte de K, formas não-trocáveis do elemento contribuindo com seu suprimento, entre outros.

Evidencia-se aqui uma questão já levantada e defendida por outros autores (SOUZA et al., 2001) de que, em solos conduzidos sob plantio direto, com fertilidade já consolidada e teores altos de um nutriente, a adubação com doses elevadas deste nutriente não se justifica. Desta forma, o produtor não desperdiça recursos e gera menor impacto ambiental. Além disso, evitam-se problemas como o antagonismo, onde o excesso de um nutriente interfere na absorção do outro. Neste caso, é clássico o efeito depressivo do K na absorção do magnésio (MEURER, 2006).

A maior produção de MS obtida na região Sudoeste do Paraná em comparação aos trabalhos citados (Tabela 5) pode ser explicada pelos fatores climáticos. As regiões de invernos frios e verões quentes são as mais adequadas para seu cultivo, pois variações ambientais, sobretudo de temperatura, são importantes sobre a produção da alfafa (MONTEIRO, 1999), sendo o que se verifica no sudoeste do Paraná. Além disso, a cv. Crioula é resultado de anos de cultivo contínuo da alfafa nas condições do sul do Brasil (FAVERO, 2006) tendo, portanto, grande adaptação a estas condições locais de clima (FERRAGINE, 2003). A menor precipitação que ocorre no Norte do PR e no Sudeste brasileiro não justifica as menores produções obtidas, pois os experimentos foram conduzidos sob irrigação.

O trabalho conduzido por Borba (2012), em Pato Branco, comprova o grande potencial desta região para o desenvolvimento da alfafa. Foram testadas doses de adubação boratada e, mesmo não havendo resposta a esta adubação, a produção total de MS foi considerada elevada, com média de 22.753 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, em dez cortes, em um período de avaliação de um ano e dois meses.



A alfafa mostrou-se superior ou semelhante em produção de forragem em relação a outras espécies utilizadas na região deste estudo. Assmann (2009) obteve produção de MS de folha + pecíolo de 18.743 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> do trevo-branco, com o uso de adubação boratada. Biezus et al. (2010), avaliaram o desempenho de diferentes cultivares de aveia preta, e observaram que a cv. IAPAR 61 foi a mais produtiva, com 8.229 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Ferrazza (2011) estudou o desenvolvimento de forrageiras anuais de inverno, e observou que o azevém comum produziu 9.545 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e o azevém São Gabriel 9.160 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A aveia preta comum produziu apenas 4.952 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e o trigo duplo propósito BRS Tarumã produziu 6.736 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Quanto às espécies de verão, têm-se os resultados do papuã, que quando manejado sob pastejo, produziu 12.670 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (MIGLIORINI, 2012), sendo este resultado inferior ao encontrado por Adami et al. (2010), de 19.834 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, utilizando 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. Heringer e Moojen (2002) trabalharam com milho sob pastejo, com o uso de níveis crescentes de N de 0 a 600 kg ha<sup>-1</sup>, sendo que houve máxima produção de forragem de 17.416 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, no nível de 464 kg de N ha<sup>-1</sup>.

#### 4.4 CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO NA PARTE AÉREA DA PLANTA E EXTRAÇÃO DE POTÁSSIO PELA PLANTA

Não foi constatado efeito significativo da interação ( $P=0,5150$ ) doses *versus* corte para a concentração de K na parte aérea da planta, a qual foi similar entre as doses ( $P=0,6050$ ) e diferiu entre os cortes ( $P<0,0001$ ) e entre as estações do ano ( $P<0,0001$ ).

A não significância das doses testadas não concorda com o resultado de outros trabalhos, e novamente é justificada pelo elevado teor de K existente no solo antes da implantação do experimento. Smith (1975) observou aumento na concentração foliar de K na parte aérea da alfafa em função do aumento das doses de adubação potássica, obtendo 28 g de K kg<sup>-1</sup> de MS nas plantas que receberam a maior dose. Neto et al. (2010), observaram que o teor foliar de K passou de 7,4 g kg<sup>-1</sup> de MS nas plantas de alfafa que não receberam o nutriente para 21,3 g kg<sup>-1</sup> de MS

nas plantas que receberam a maior dose. Vale ressaltar que nestes trabalhos o aumento nas concentrações de K na planta, em função das doses de adubação potássica, refletiu em maiores produções de MS, evidenciando novamente sua importância na produção vegetal.

Observa-se que a concentração de K variou entre 25 a 36 g kg<sup>-1</sup> de MS entre os cortes (Figura 11), estando de acordo com Sengik (2003) que cita que as concentrações de K nas plantas variam de 20 a 40 g kg<sup>-1</sup> de MS, e também com Nussio e Manzano (1999), que consideram bem nutrida a planta de alfafa que contiver um mínimo de 26 g de K kg<sup>-1</sup> de MS.

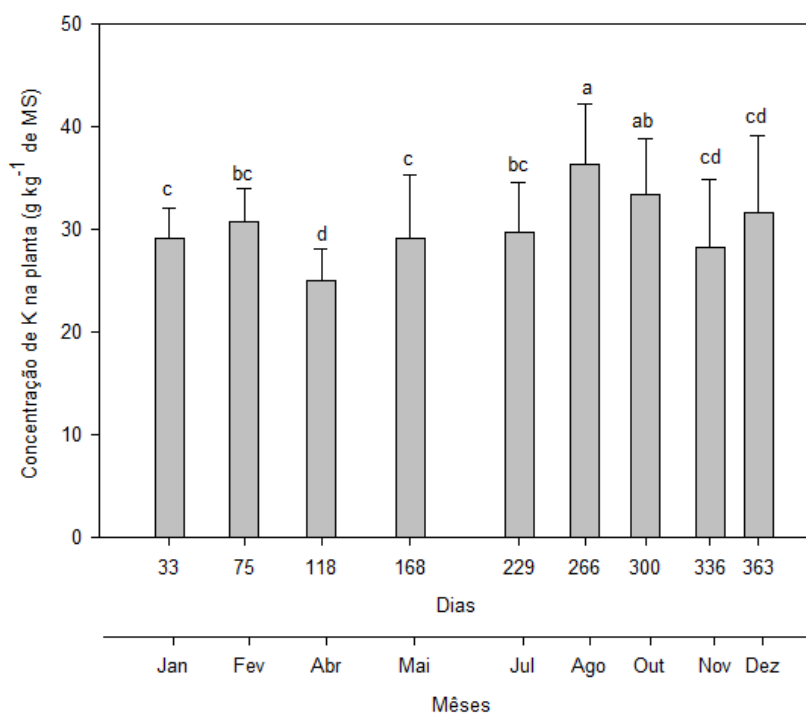


Figura 11 – Concentração de potássio na parte aérea da alfafa, cv. Crioula, em função dos cortes, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011

Letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Não foi constatado efeito das doses de adubação potássica ( $P=0,6411$ ) para a extração de K pela planta (Figura 13). Uma vez que as variáveis que condicionam a extração ou produção de K, que são teor de K no tecido vegetal e produção de forragem, não mostraram efeito dos níveis de adubação potássica, é de se esperar que a produção total ou extração deste elemento também não esteja sendo influenciada pelos níveis de K. A alfafa extraiu em média 579 kg de K ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para produzir 18.154 kg MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, estando de acordo com Bernardi et al.

(2007) que testaram doses de adubação potássica na alfafa, e observaram extração de 473 kg de K ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para a produção de 14.000 kg de MS ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

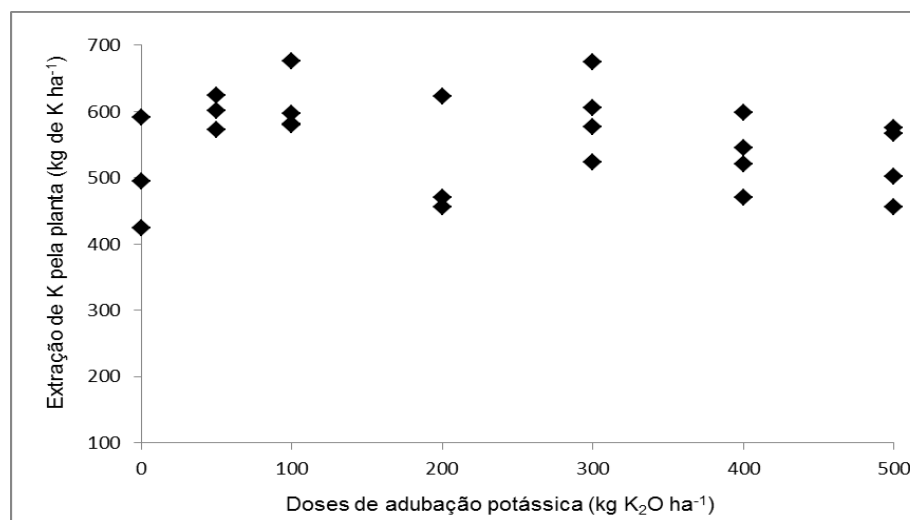


Figura 12 – Extração de K pela alfafa, cv. Crioula, em função das doses de adubação potássica, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011

#### 4.5 VALOR NUTRITIVO DA FORRAGEM

Não foi constatado efeito significativo da interação ( $P=0,7308$ ) doses *versus* corte, para o teor de PB na planta, o qual foi similar entre as doses ( $P=0,5766$ ) e diferiu entre os cortes ( $P<0,0001$ ) (Figura 14).

O teor médio de PB foi de 26,25%, estando de acordo com Battisti (2000), que obteve teor médio de PB de 27,61% para a cv. Crioula. E pode ser considerado elevado quando comparado com os dados de Alvim e Botrel (2006), que citam teores de PB na MS da alfafa entre 20 a 25%, e também quando comparado aos resultados de Dias et al. (2002) que encontraram teor de 21,48%. Em trabalho realizado por Botrel e Alvim (1997), a cv. Crioula situou-se no grupo das que apresentaram maior teor de PB, com 28,5%.

De acordo com Dias et al. (2002) as discrepâncias que existem entre valores de PB em uma mesma espécie são de difícil explicação, sendo atribuídas sobretudo a diferenças edafoclimáticas, diferentes estágios de desenvolvimento da planta no momento dos cortes ou pelo suprimento de N à planta. Como o critério que definiu o momento do corte nos trabalhos supracitados foi o mesmo (10% de

florescimento) e não houve adubação nitrogenada, a variação dos valores entre os cortes pode ser atribuída às diferenças climáticas.

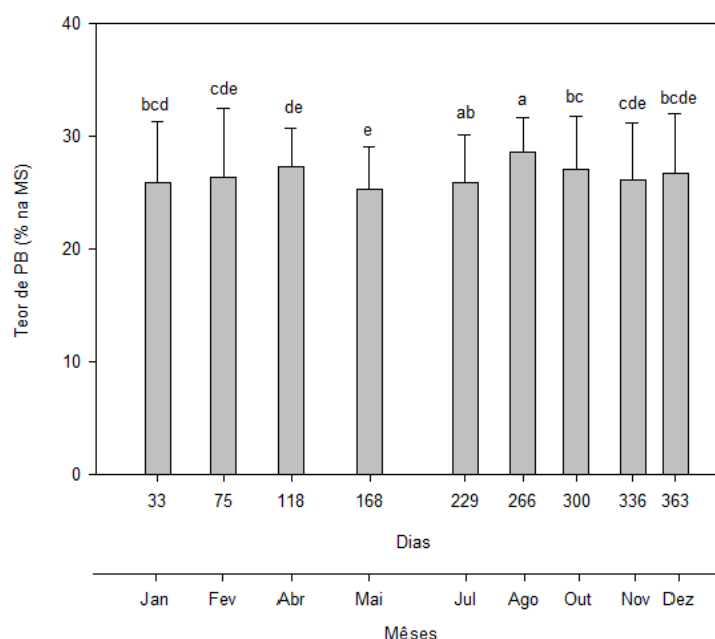


Figura 13 – Teor de proteína bruta na MS da alfafa, cv. Crioula, em função dos cortes, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011  
Letras diferentes diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores teores de PB foram observados nos cortes realizados em agosto (32%) e julho (29,31%), não havendo diferença significativa entre os mesmos. Estes cortes correspondem ao período de inverno, estando de acordo com Battisti (2000) e Dias et al. (2002) que também observaram maiores teores de PB neste período, em diferentes cultivares de alfafa. Estes autores ainda citam que há unanimidade na literatura quanto à maior produção de PB no período de inverno. Alvim e Botrel (2006) justificaram o maior teor de PB obtido no período de inverno pela menor produção de forragem, devido à possível diluição da proteína na MS, fato não observado no presente trabalho, no qual o teor de PB variou independentemente da produção de MS (Figura 15).

De acordo com Cecato et al. (2001), os materiais depositados na parede celular sob baixas temperaturas são menos lignificados em relação àqueles depositados em períodos de temperaturas mais elevadas, o que explicaria os maiores teores de PB obtidos no inverno. Os autores ainda citam que no período de verão, os níveis de celulose e lignina sempre sofrem elevação, devido à maior conversão dos produtos de fotossíntese em tecidos estruturais. Porém, estas

justificativas tornam-se contraditórias, pois deveriam refletir em diferenças no teor de FDA (que será abordado na sequência), o qual não diferiu entre os cortes. De acordo com Battisti (2000), parece que as plantas direcionam maior quantidade de recursos para os cloroplastos em períodos quando a irradiação é baixa (inverno), e um maior número de cloroplastos certamente pode ser associado a uma maior concentração de N e, conseqüentemente, de PB.

Os maiores teores observados no verão em relação ao outono e primavera, podem ser atribuídos ao fato de as plantas estarem no início do desenvolvimento, com maior proporção de folhas em relação às hastes. Em trabalho conduzido por Botrel e Alvim (1997) o teor de PB nas folhas foi, em média, 77% superior aos valores observados na haste da alfafa. Cabe lembrar que, apesar da variação nos teores de PB entre os cortes, eles permaneceram em patamares elevados durante todo o ano.

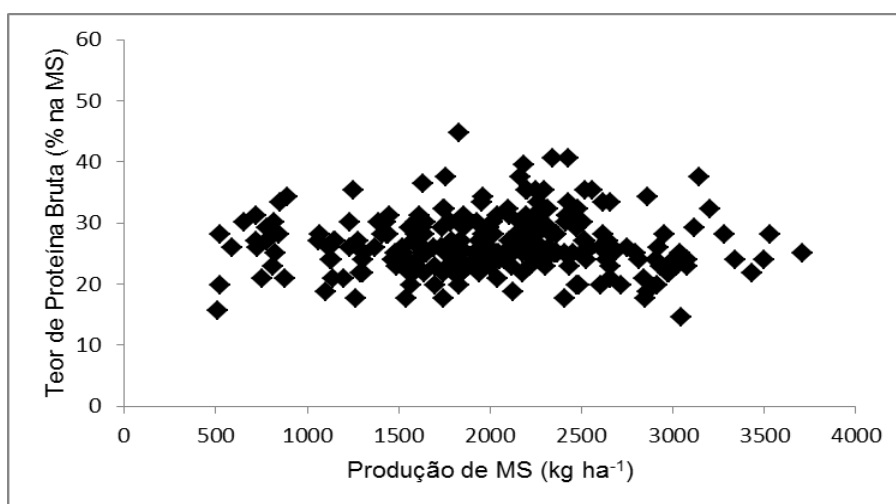


Figura 14 – Relação entre o teor de proteína bruta na parte aérea da planta e a produção de MS da alfafa, cv. Crioula, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011

A produção de PB variou entre 318 e 705 kg ha<sup>-1</sup> corte<sup>-1</sup>, e a produção total foi de 4.845 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo elevada quando comparada a observada por Dias et al. (2002) também em alfafa, sendo de 3.578 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Pode-se observar na Figura 16, que a produção de PB da alfafa depende mais da produção de MS ( $R^2=0,87$ ) do que do teor de PB da planta ( $R^2=0,24$ ), estando de acordo com Dias et al. (2006). Portanto, para a obtenção de grandes quantidades de PB em sistemas de produção animal, como nos casos em

que a alfafa é utilizada como banco de proteína, deve-se manejar esta forrageira visando, sobretudo, o aumento da produção de MS.

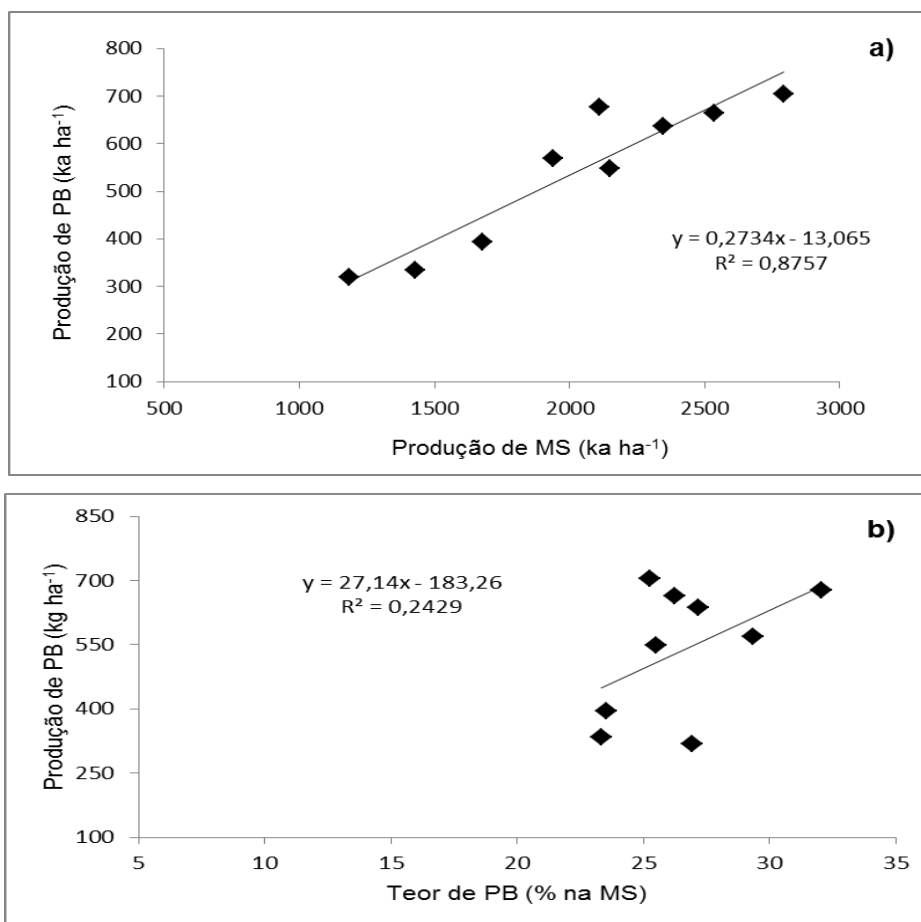


Figura 15 – Produção de proteína bruta em função da produção de MS da alfafa cv. Crioula (a); Produção de proteína bruta em função do teor de proteína bruta da alfafa cv. Crioula (b). Pato Branco – PR, 2011

Em discussão anterior foi levantada a questão dos vazios forrageiros, nos quais, além da falta de forragem, há redução de qualidade da mesma. Nos períodos que correspondem ao vazio forrageiro de outono e primavera, a alfafa disponibilizou, em média, 23,42% e 26,22% de PB, respectivamente, sendo considerada uma forrageira de elevado valor nutritivo para atender às demandas nestes períodos, destacando-se em relação a outras espécies, especialmente em relação às gramíneas (PEREIRA; REIS, 2001).

Segundo Assmann et al. (2008) as aveias branca e preta, bastante utilizadas na região sudoeste paranaense, apresentam de 12 a 15% de PB, estando de acordo com Janusckiewicz et al. (2010) que obtiveram teor médio de 15,59% de PB na aveia manejada sob diferentes alturas. O papuã chegou a atingir teor médio

de 22% de PB (MIGLIORINI, 2010) quando manejado em diferentes alturas em Pato Branco, porém, esse resultado refere-se à coleta realizada através da técnica de simulação de pastejo, havendo uma maior colheita de folhas, e não da planta inteira. Já Sartor (2009) testou doses de adubação nitrogenada em papuã, também em Pato Branco, e encontrou teores de PB na planta inteira de 9,31; 13,19 e 14,37% para as doses de 0, 200 e 400 kg de N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Assmann et al. (2008), citam valores de 16% de PB para o milho, estando de acordo com os resultados de Munaretto et al. (2012), que observaram teores de 17 a 18% de PB quando da utilização de níveis de ureia. Os menores teores de PB apresentados pelas gramíneas devem-se, principalmente, ao fato destas apresentarem altas proporções de caule, e de feixes vasculares nas folhas (DIAS, 2006).

Não foi constatado efeito significativo da interação doses *versus* corte (P=0,2178) para o teor de FDA na planta, o qual também não diferiu entre as doses (P=0,3297), nem entre cortes (P=0,1138). Como esta variável não foi influenciada por nenhum dos fatores, todos os valores médios foram apresentados através da Tabela 6, podendo-se observar que a média geral foi de 25,62%. Este resultado está de acordo com Monteiro et al. (1998) que avaliaram a alfafa em Marechal Cândido Rondon, e também não observaram grandes variações no teor de FDA durante o ano, com média de 32,54% no verão e de 28,03% no inverno, sendo que os autores também atribuíram os menores teores observado no inverno à menor lignificação dos tecidos. O teor obtido no presente trabalho é considerado baixo em relação ao observado por Pires et al. (2006) em São Paulo, que encontraram teor médio de 43,5% de FDA na MS da alfafa, e está de acordo com o valor de 25% encontrado por Araújo et al. (2004).

Tabela 6 – Teores médios de FDA na parte aérea da planta de alfafa, cv. Crioula, em função das doses de adubação potássica e dos cortes, em um ano de avaliação Pato Branco – PR, 2011

CORTES	DOSES (kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> )							MÉDIA
	0	50	100	200	300	400	500	
1° (10/01/11)	26,11	26,39	28,10	27,38	27,21	25,94	23,68	26,40
2° (21/02/11)	25,26	24,85	28,47	27,91	24,81	27,05	27,59	26,56
3° (05/04/11)	24,87	24,62	26,52	27,19	26,9	26,62	27,38	26,30
4° (25/05/11)	27,19	28,00	27,05	24,27	25,05	23,86	24,96	25,77
5° (25/07/11)	24,96	24,06	23,96	26,23	27,05	24,04	23,69	24,86
6° (31/08/11)	24,42	23,79	24,97	22,99	26,96	27,59	21,65	24,62
7° (04/10/11)	25,62	24,55	24,47	26,85	23,75	24,18	25,52	24,99
8° (09/11/11)	24,07	24,36	25,59	27,36	26,51	25,00	24,71	25,37
9° (06/12/11)	25,14	26,15	25,80	24,70	27,80	26,40	23,43	25,63
<b>MÉDIA</b>	25,30	25,20	26,10	26,15	26,22	25,63	24,77	<b>25,62</b>

O teor de FDA obtido no presente trabalho também é baixo quando comparado com outras espécies. Pires et al. (2006), obtiveram teores de FDA de 44,1% na aveia, 61,9% na leucena e 58,4% no capim-guandu. Almeida et al. (1999) encontraram teor de 45,97% no feno de capim *coast-cross* e de 47,12% para o capim-elefante. Silva (2009) encontrou teores de 30,7% para o amendoim forrageiro.

Como o consumo de MS dos animais é inversamente proporcional ao teor de FDA do alimento (MINSON, 1990), pode-se esperar que, se essa alfafa fosse utilizada para alimentar animais, estes estariam tendo um alto valor de consumo voluntário, o que é positivo para o desempenho animal e para a economicidade dos sistemas de produção.

Apesar de o teor de FDN não ter sido avaliado neste trabalho, têm-se resultados de outros autores (PIRES et al., 2006; MINSON, 1990; ARAÚJO et al., 2004; ALMEIDA et al., 1999) que demonstram que a alfafa apresenta baixo teor de FDN quando comparada à outras espécies. Minson (1990) avaliou dietas isoproteicas, com 36% de FDN, comparando dietas à base de alfafa (46% de FDN), silagem de milho (55% de FDN) e capim bermuda (70% de FDN). Apesar do mesmo teor de FDN nas dietas, a dieta à base de alfafa proporcionou maior produção de leite com menor consumo de concentrado e maior consumo de volumoso. O consumo total de MS da dieta com alfafa foi de 5 kg a mais do que na dieta com capim bermuda, e o consumo de concentrado reduziu em 4,2 kg, sendo produzidos 5 kg de leite a mais por dia. Almeida et al. (1999), observaram que o consumo de matéria seca do feno de alfafa (58,69% de FDN) foi 16,6% superior ao consumo do feno de capim *coast-cross* (88,55% de FDN).

Não foi constatado efeito significativo da interação ( $P=0,3440$ ) doses *versus* corte para o teor estimado de NDT na planta, o qual foi similar entre as doses ( $P=0,2391$ ) e entre cortes ( $P=0,0701$ ). Os teores médios de NDT estão apresentados na Tabela 7, sendo a média geral de 67,23%, que está de acordo com os teores observados em alfafa por Rassini et al. (2007) e Damasceno et al. (2002) de 60% e 57,95%, respectivamente. Estes teores são semelhantes aos obtidos por Damasceno et al. (2002) para outras espécies, sendo de 53,02% para o capim tanzânia, 61% para o milheto, 62% para a aveia e azevém e 61,91% para a silagem de milho. Para as gramíneas *coast-cross* e tifton-85 os teores foram superiores aos da alfafa, com 70,41 e 69,1%, respectivamente.



Tabela 7 – Teores médios de NDT na parte aérea da planta de alfafa, cv. Crioula, em função das doses de adubação potássica e dos cortes, em um ano de avaliação. Pato Branco – PR, 2011

CORTES	DOSES (kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> )							MÉDIA
	0	50	100	200	300	400	500	
1° (10/01/11)	66,33	66,00	64,04	64,87	65,06	66,52	69,11	65,99
2° (21/02/11)	67,30	67,77	63,60	64,26	67,82	65,25	64,63	65,80
3° (05/04/11)	67,75	68,03	65,85	65,08	65,41	65,74	64,86	66,10
4° (25/05/11)	66,20	66,40	69,80	65,05	67,35	66,62	65,08	66,64
5° (25/07/11)	67,65	68,68	68,80	66,19	65,24	68,76	69,11	67,77
6° (31/08/11)	68,26	68,99	68,29	69,92	65,35	64,62	71,45	68,13
7° (04/10/11)	66,89	68,12	68,21	65,47	69,03	68,54	67,00	67,61
8° (09/11/11)	68,67	68,34	66,92	64,89	73,48	67,60	67,93	68,26
9° (06/12/11)	74,67	66,28	66,68	67,95	64,38	65,99	76,14	68,87
<b>MÉDIA</b>	68,19	67,62	66,84	65,96	67,01	66,62	68,37	<b>67,23</b>

A fenação da alfafa é de grande importância para conservar o valor nutritivo da forragem, a qual pode ser aproveitada em épocas de déficit forrageiro, ou até mesmo em períodos de menor produção de MS da alfafa, como no outono. De acordo com Mühlbach (2012), em épocas de déficit forrageiro a utilização de forragens conservadas com adição de concentrado é uma estratégia para atender à demanda nutricional dos animais e manter o desempenho produtivo dos mesmos, especialmente quando são utilizados volumosos de elevada qualidade, com elevados teores de PB e NDT e baixo teor de fibra, como no caso da alfafa, que possibilita um maior consumo deste volumoso e menor utilização de concentrado para que seja atingida uma determinada produção (DAMASCENO, 2002).

#### 4.6 A HIPÓTESE ORIGINAL DO TRABALHO FOI CONFIRMADA?

Confirma-se a hipótese de que, em solos conduzidos em sistema plantio direto já consolidado, de elevada fertilidade e alto teor de K, doses elevadas de adubação potássica são desnecessárias para manter alto o teor de K no solo e garantir elevadas produções de forragem da alfafa, evidenciando que as recomendações existentes estão superestimadas. Porém, a produção de forragem não foi influenciada pela adubação potássica, tampouco o teor de K na planta. Desta forma, a produção ou extração de K ha<sup>-1</sup> também não foi influenciada pelos tratamentos. Neste contexto, a recuperação de K e a eficiência de uso do K para a produção vegetal, não foram apresentadas, nem exploradas nesta discussão, porque obviamente apresentaram comportamento linear negativo, já a partir do

menor nível de adubação potássica. Consequentemente, a taxa de recuperação e a eficiência de uso do K foram maiores quanto menor a dose de K aplicada. Desta forma, não se confirma a hipótese original do trabalho.

## 5. CONCLUSÕES

A alfafa demonstrou ser uma excelente forrageira devido à alta produtividade de MS de elevado valor nutritivo (26,25% de PB; 25,62% de FDA e 67,23% de NDT), alcançando média de produção de 18.154 kg de MS ha ano<sup>-1</sup>, a qual foi bem distribuída durante o ano, totalizando nove cortes.

A adubação potássica não proporcionou aumento na concentração do K na parte aérea da planta, tampouco na produtividade de matéria seca e no valor nutritivo da forragem (PB, FDA e NDT).

Os cortes e as épocas (estações) do ano influenciaram a produção de matéria seca. Os maiores rendimentos foram na primavera e o intervalo entre os cortes foi menor no período quente (primavera e verão).

A altura do dossel pode ser utilizada para definir o momento do corte no período de outono-inverno, no qual a alfafa não floresce, facilitando assim, a correta identificação do momento ideal de corte por parte do produtor.

As doses de adubação potássica proporcionaram aumentos nos teores de K no solo. Os teores foram maiores nas camadas superficiais, e menores nos períodos de maior produção de forragem (primavera e inverno).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alfafa mostrou-se uma excelente forrageira para ser utilizada na forma de feno em sistemas intensivos de produção animal na região de Pato Branco – PR, especialmente na produção de leite.

A distribuição da produção de MS durante todo o ano faz da alfafa uma importante ferramenta na produção animal, podendo ser enquadrada nos planejamentos forrageiros para suprir quanti e qualitativamente os períodos de falta de forragem que ocorrem anualmente no sul do Brasil no outono e na primavera.

O resultado obtido demonstra que as recomendações de adubação potássica preconizadas na literatura estão superestimada, devendo ser estudada em alfafais implantados em solos conduzidos sob sistemas de plantio direto já consolidados, com fertilidade construída e elevada.

## REFERÊNCIAS

- ADAMI, P. F. et al. Dynamic of a papuã pasture under two grazing intensities and two nitrogen levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 12, p. 2.569-2.577, 2010.
- ALVIM, M. J.; BOTREL, M. A. Estabelecimento e manejo da alfafa. In: **Instrução Técnica para o Produtor de Leite**. Embrapa Gado de Leite. Minas Gerais, março 2006.
- ALMEIDA, M. I. V de. Valor nutritivo do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), do feno de alfafa (*Medicago sativa*, L.) e do feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) para equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 743-752, 1999.
- ANCHÃO, P. P. **Interação microbiológica de fungicidas no tratamento de sementes de alfafa visando a redução da taxa de semeadura**. 1995. 84 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- ARAÚJO, M. J. Produção de matéria seca e valor nutritivo de sete cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) no brejo paraibano. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 25, n. 2, p. 51-57, 2004.
- ASSMANN, J. M. **Produção de forragem e sementes de trevo branco (*Trifolium repens* L.) em função de manejos de corte e doses de boro**. 2009. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2009.
- ASSMANN, A. L. et al. **Espécies forrageiras para o sistema integração lavoura-pecuária**. In: ASSMANN, A. L.; SOARES, A. B.; ASSMANN, T. S. (Eds). **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008, p. 28-46.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POTASSA E DO FOSFATO. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna**. Piracicaba: POTAFOS, 1990.
- BARTHAM, G. T. **Experimental techniques: the HFRO sward stick**. Midlothian: Hill Farming Research Organization: Biennial Report, 1985, p. 29-30.

BERNARDI, A. C. de C. et al. Produção de matéria seca, teores no solo e extração de potássio pela alfafa em função de doses e frequência da adubação potássica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31. Gramado, 2007. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007.

BERNARDI, A. C. de C.; RASSINI, J. B. Teores de potássio no solo e produção de matéria seca alfafa em função de doses e frequência da adubação potássica após dois anos de cultivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32. Fortaleza, 2009. **Anais...** Fortaleza: SBCS, 2009.

BERGAMASCHI, H. **Fenologia**. 2012. Disponível em: <<http://www.google.com.br/search?hl=ptBR&q=fenologia+homero&meta=>>>. Acesso em: 19 setembro 2012.

BIEZUS, V. et al. Dinâmica produtiva de cultivares de aveia preta na região de Pato Branco-PR. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47. Salvador, 2010. **Anais...** Salvador: SBZ, 2010.

BOTREL, M. 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, 1997.

BOTREL, M. de A. et al. 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. et al. 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, 2001.

BONA FILHO, A.; CANTO, M. W. **Qualidade nutricional das plantas forrageiras**. Disponível em: <<http://www.fundepecpr.org.br/tev/palestras/palestra17.doc>>. Acesso em: 25 outubro 2012.

BORBA, T. C. **Produção de alfafa e teor de boro e nitrogênio na planta e em solo submetido a níveis de boro**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

CAMILO, P. J. Expansão do agronegócio do leite no sudoeste do Paraná: as tecnologias aplicadas à produção. In: ENCONTRO NACIONAL DA GEOGRAFIA AGRÁRIA, 21. Uberlândia, 2012. **Anais...** Uberlândia: ENGA, 2012.

CECATO, U. et al. Perdas de forragem em capim-tanzânia (*Panicum maximum* Jacq cv. Tanzânia-1) manejado sob diferentes alturas sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 295-301, 2001.

COLLINS, M; LANG, D. J; KELLING, K. A. Effects of phosphorus, potassium, and sulfur on alfalfa nitrogen-fixation under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 6, p. 959-963, 1986.

COMISSÃO QUÍMICA DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 394p.

CROCHEMORE, M. L. **Variabilidade genética da alfafa: Marcadores agromorfológicos e moleculares**. Boletim técnico nº 58. Londrina: IAPAR, 1998. 59p.

DAMASCENO, J. C. et al. **Aspectos da alimentação da vaca leiteira**. In: II SUL-LEITE "SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA LEITEIRA NA REGIÃO SUL DO BRASIL". Maringá, p.166-188, 2002.

DIAS, H. L. C. **Valor nutritivo das pastagens tropicais**. 2006. Disponível em: <<http://www.forragicultura.com.br/arquivos/valornutritivopastagenstropicais.pdf>>. Acesso em: 24 outubro 2012.

DIAS, P. F. et al. Avaliação de vinte e oito cultivares de alfafa em Paty do Alfares, Rio de Janeiro. **Agronomia**, v. 36, n. 1, p. 29-36, 2002.

DUTRA, I. M. de S. et al. Efeito da adubação e da calagem na produção de matéria seca das alfafas Crioula e Huinca, em dois solos ácidos no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 494-501, 1995.

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

ERNANI P. R. et al. 2007. Potássio. In: NOVAIS RF; ALVAREZ VH; BARROS NF; FONTES RLF; CANTARUTTI RB; NEVES JCL. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS/UFV. p. 551-594.

FAVERO, D. **Morfofisiologia comparada de populações de alfafa de diferentes hábitos de crescimento**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2006.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. 2005. 186 f. Monografia (Especialização em Solos e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2005.

FAUCONNIER, D. O potássio nos solos tropicais. In: **Institutos da Potassa**, Atlanta (US), 1976, 6 p.

FERRAGINE, M. D. C. **Determinantes morfológicos de produtividade e persistência de genótipos de alfafa sob pastejo**. 2003. 116 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

FERREIRA, R de P. et al. Avaliação de cultivares de alfafa e estimativas de repetibilidade de caracteres forrageiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 995 -1002, 1999.

FERRAZZA, J. M. **Dinâmica de produção de forrageiras anuais de inverno semeadas em diferentes épocas**. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2011.

FONTANELI, R. S. et al. Forrageiras para Integração lavoura-pecuária na região sul-brasileira. In: ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA DO SUL DO BRASIL, 3. Pato Branco, 2011. **Anais...** Pato Branco: Synergismus scyentifica, 2011. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Faostat**. 2006. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 13 abril 2013.

GLORIA, N. A da. Adubação potássica de pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P de. (Eds). **Pastagens: fundamentos de exploração racional**. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 189 -196.

GREENFIELD, P. O.; SMITH, D. Influence of temperature change at bud on composition of alfalfa at first flower. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, n. 6, p. 871-874, 1973.

HADDAD, C. M.; CASTRO, F. G. F. Sistemas de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: ALFAFA, 16. Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999.



HERINGER, I.; MOOJEN, E. Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milho submetida a diferentes níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 875-882, 2002.

JANUSCKIEWICZ, et al. Massa e composição química de três forrageiras de inverno manejadas sob duas alturas de resíduo e pastejo rotacionado. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 47-52, 2010.

MALAVOLTA, E. **O potássio e a planta**. Boletim técnico n° 1. Piracicaba: POTAFOS, 1984. 61 p.

MARQUEZ-ORTIZ, J. J. et al. Crown morphology relationships among alfalfa plant introductions and cultivars. **Crop Science**, Madison, v. 36, n. 3, p. 766-767, 1996.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 281-298.

MELO, G. W. Fontes de potássio em solos distroférricos cauliniticos originados de basalto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 597-603, 2004.

MIGLIORINI, F. **Dinâmica de crescimento do papuã (*Urochloa (Syn. Brachiaria) plantaginea*) manejado em diferentes intensidades de pastejo**. 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

MINSON, D. J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic Press. 1990. 483 p.

MONTEIRO, A. L. G. Fisiologia do crescimento. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 16. Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999.

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**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 868-874, 1998.

MOREIRA, A. et al. **Fertilidade do solo e estado nutricional da alfafa cultivada nos trópicos**. São Carlos: Embrapa, Documento técnico n° 67, 2007. 40 p.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Secção de Geografia. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

MÜHLBACH, PAULO, F. **Por que a qualidade da forrageira é fundamental na dieta da vaca leiteira?** 1012. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-pecuaria-leite/administracao/artigos/por-qualidade-forrageira-fundamental-t823/124-p0.htm>> Acesso em: 31 outubro 2012.

MUNARETTO, G. C.; GAI, V. F. **Rendimento Forrageiro e composição bromatológica do milho (Pennisetum americanum L. LEEKE) sob diferentes níveis de adubação nitrogenada.** 2012. Disponível em:<[http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Agronomia/rendimento\\_forrageiro\\_e\\_composicao\\_bromatologica\\_do\\_milho\\_sob\\_diferentes\\_niveis\\_de\\_adubacao\\_nitrogenada.pdf](http://www.fag.edu.br/tcc/2007/Agronomia/rendimento_forrageiro_e_composicao_bromatologica_do_milho_sob_diferentes_niveis_de_adubacao_nitrogenada.pdf)> . Acesso em: 31 outubro 2012.

NABINGER, C. **Modelo morfogênico da produção potencial de flores em alfafa (*Medicago sativa*).** 2002. 218 f. Tese (Doutorado em zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

NETO, M. A. C. et al. Eficiência do termofosfato magnésico potássico para a alfafa. **Nucleus**, Ituverava, v. 7, n. 2, p. 135-144, 2010.

NELSON, C. J.; SMITH, D. Growth of birdsfoot trefoil and alfafa. II. Morphological development and dry matter distribution. **Crop Science**, Madison, v. 8, p. 21-25, 1968.

NUERNBERG, N. J. Técnicas de produção de alfafa. In: PEIXOTO, A. M. et al. **Pastagens: fundamentos da exploração racional.** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 679-692.

NUERNBERG, N. V.; MILAN, P. A.; SILVEIRA, C. A. M. Cultivo, manejo e utilização da alfafa. In: **Manual de produção de alfafa:** EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE SANTA CATARINA - EMPASC, 1990. p.15-56.

NUSSIO, L.G; MANZANO R. P. Valor Nutritivo e conservação da alfafa. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 16. Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999.

OLIVEIRA, P. P. A; LÉDO, F. J. O uso de alfafa para pastejo bovino. In MITTELMANN, A.; LÉDO, F. J. da S.; GOMES, J. F. (Eds). **Tecnologias para a produção de alfafa no Rio Grande do Sul.** Juíz de Fora: Embrapa clima Temperado. Pelotas: Embrapa gado de leite, 2008. p. 33-53.

OLIVEIRA, P. P. A.; LÉDO, F. J. da S. **O uso de alfafa para pastejo bovino. Juíz de Fora**: Embrapa clima Temperado. Pelotas: Embrapa gado de leite, 2008. p. 33-53.

OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S de. Estabelecimento da cultura. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: ALFAFA, 16. Piracicaba, 1999. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1999.

PAVAN, M.A. et al. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992. 40 p. (IAPAR. Circular 76).

PEREIRA, A. V.; FERREIRA, R. P. Cultivares de alfafa. In: **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. Brasília: Embrapa Transferência de Tecnologia, 2008. p. 193-214.

PEREIRA, A. V. et al. 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.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. Maringá, 2001. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001.

PIRES, A. J. V. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da fração fibrosa e da proteína bruta de forrageiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 4, p. 643-648, 2006.

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P.; MOREIRA, A. **Recomendações para o cultivo de alfafa na região Sudeste do Brasil**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, Circular técnica nº46, 2006. 10p.

RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. de P.; CAMARGO, A. C. de. Cultivo e estabelecimento da alfafa. In: **Cultivo e utilização da alfafa nos trópicos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2008.

RASSINI, J. B. et al. **Cultivo da alfafa**. 2003. Disponível em:< <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Alfafa/SistemaProducaoAlfafa/index.htm>>. Acesso em: 20 julho 2012.

RASSINI, J. B.; FREITAS, A. R de. Desenvolvimento da Alfafa (*Medicago sativa* L.) sob Diferentes Doses de Adubação Potássica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 487-490, 1998.

RASSINI, J. B. et al. **Cultivo da alfafa**. 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: 13 abril 2013.

RANDO, E. M.; SILVEIRA, R. I. Desenvolvimento da alfafa em diferentes níveis de acidez, potássio e enxofre no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n. 2, p. 235-242, 1995.

RANDO, E. M. et al. Avaliação de cultivares de alfafa na região Norte do Paraná. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42. Goiânia, 2005. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005.

REIS, V. M. et al. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006, p. 153-174.

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

SAIBRO, J. C. Produção de alfafa no Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 7. Piracicaba, 1984. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1984.

SARTOR, L. **Eficiência de utilização de nitrogênio, fósforo e potássio por plantas de papuã submetidas a diferentes intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2009.

SCHROEDER J. W. **Interpreting forage analysis**. 1994. North Dakota State University. Disponível em: <<http://www.ag.ndsu.edu>>. Acesso em: 15 novembro 2012.

SENGIK, E. **Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas**. 2003. Disponível em: <<http://www.nupel.uem.br/nutrientes-2003.pdf>>. Acesso em: 05 novembro 2012.

SILVA, D. J.; A. C. QUEIROZ. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 3 ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002, 235 p.

SILVA, F. C. Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: Silva, F.C. (Org.) **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. p. 75-166.

SILVA, C. J. A. Efeito do *creep feeding* e *creep grazing* nas características da pastagem de tifton e azevém e no desempenho de ovinos. **Ciência Animal Brasileira, Goiânia**, v. 13, n. 2, p. 165-174, 2012.

SILVA, V. P. Digestibilidade dos nutrientes de alimentos volumosos determinada pela técnica dos sacos móveis em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 82-89, 2009.

SILVA, D. N. et al. Mineralogia e formas de potássio em dois Latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, n. 3, p. 433-439, 1995.

SMITH, D. Effects of potassium topdressing a low fertility silt loam soil on alfalfa herbage yields and composition and on soil K values. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, p. 61-64, 1975.

SOUZA, D. M. G. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, Circular técnica nº12, 2001. 22p.

TASHIMA, H., KLAR, A. E. **Níveis de água e doses de potássio no desenvolvimento vegetativo e na produtividade da alfafa (*Medicago sativa* L.)**. Botucatu: IRRIGA, 1997. 5 p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TROEH, R.F.; THOMPSON, L.M. Potássio. In: **Solos e fertilidade do solo**, São Paulo: Andrei, 2007. p. 374-400.

TOFFOLLI, L. C. B. **Formas de aplicação e doses de calcário para alfafa implantada em área de plantio direto consolidado**. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Data and Statistics**. 2012. Disponível em:

<[http://www.nass.usda.gov/Statistics\\_by\\_Subject/index.php](http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/index.php)>. Acesso em: 13 abril 2013.

VIANA, M. C. M. et al. Avaliação de cultivares de alfafa nas condições de Cerrado no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 289-92, 2004.

VILLA, M. R.; FERNANDES, L. A.; FAQUIN, V. Formas de potássio em solos de várzea e sua disponibilidade para o feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 649-658, 2004.

VIZENTIN, J. R. **Evolução da fertilidade dos solos do sudoeste do Paraná**. 2010. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2010.

WERNER, J. C. et al. Forrageiras. In: VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed) Boletim técnico 100 – **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2a ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996, p. 245-248.

## APÊNDICES

APÊNDICE A – Localização da área experimental onde se avaliou a produção de forragem de alfafa, cv. Crioula, em função de doses de adubação potássica. IAPAR, Unidade Experimental de Pato Branco, 2011.



APÊNDICE B – Vista da área experimental, com a alfafa já implantada. IAPAR, Unidade Experimental de Pato Branco, 2011.



APÊNDICE C – Realização da semeadura da alfafa, com o uso de uma semeadora de parcelas de cereais de inverno. IAPAR, Unidade Experimental de Pato Branco, 2011.





APÊNDICE D – Coleta de amostra da parte aérea da alfafa. IAPAR, Unidade Experimental de Pato Branco, 2011.



APÊNDICE E – Material coletado (amostra) para avaliação da alfafa. IAPAR, Unidade Experimental de Pato Branco, 2011.



APÊNDICE F – Uniformização das parcelas da alfafa (após o corte de avaliação), com o uso de roçadeira costal. IAPAR, Unidade Experimental de Pato Branco, 2011.



APÊNDICE G – Verificação da altura das plantas de alfafa, no momento do corte, com o uso de um bastão graduado sward stick. IAPAR, Unidade Experimental de Pato Branco, 2011.



APÊNDICE H – Análises de variância

Teor de potássio final no solo

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value	
MAIN EFFECTS						
A:Dose K	0,9409	6	0,156817	2,84	0,0397	(1)
B:Prof	0,596664	2	0,298332	70,14	0,0000	(0)
C:Bloco	0,0396226	3	0,0132075	3,11	0,0385	(0)
INTERACTIONS						
AB	0,197836	12	0,0164863	3,88	0,0008	(0)

AC	0,992319	18	0,0551288			
BC	0,0325167	6	0,00541944	1,27	0,2936	(0)
RESIDUAL	0,153117	36	0,00425324			
TOTAL (CORRECTED)	2,95297	83				

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Residual

(1) AC

### Produção de forragem por cortes

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	2283134.10	380522.35	2.40	0.0308
bloco	3	908575.40	302858.47	1.91	0.1309
bloco*dose	18	5438330.02	302129.45	1.90	0.0197
corte	8	60590951.98	7573869.00	47.71	<.0001
dose*corte	48	4318798.70	89974.97	0.57	0.9876
bloco*corte	24	4511458.16	187977.42	1.18	0.2659

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloco\*dose as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	2283134.102	380522.350	1.26	0.3239
bloco	3	908575.398	302858.466	1.00	0.4145

### Produção de forragem por estação (época)

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	5137051.7	856175.3	1.87	0.1026
bloco	3	2044294.6	681431.5	1.49	0.2277
bloco*dose	18	12236242.5	679791.3	1.49	0.1319
epoca	3	379859061.1	126619687.0	276.78	<.0001
dose*epoca	18	4702796.8	261266.5	0.57	0.9048
bloco*epoca	9	3753551.6	417061.3	0.91	0.5221

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloco\*dose as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	5137051.729	856175.288	1.26	0.3239
bloco	3	2044294.646	681431.549	1.00	0.4145

### Altura

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	111.489796	18.581633	2.35	0.0360
bloco	3	34.545918	11.515306	1.46	0.2309
bloco*dose	18	185.775510	10.320862	1.30	0.1996
corte	6	4849.561224	808.260204	102.15	<.0001
dose*corte	36	351.867347	9.774093	1.24	0.2027

bloco*corte	18	96.846939	5.380385	0.68	0.8241
-------------	----	-----------	----------	------	--------

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloco\*dose as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	111.4897959	18.5816327	1.80	0.1557
bloco	3	34.5459184	11.5153061	1.12	0.3688

### Produção total de forragem

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	20548206.91	3424701.15	1.26	0.3239
bloco	3	8177178.58	2725726.19	1.00	0.4145

### Concentração de K na parte aérea

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	3.36096349	0.56016058	2.62	0.0192
bloco	3	0.57305833	0.19101944	0.89	0.4457
bloco*dose	18	14.56803333	0.80933519	3.79	<.0001
corte	8	25.62013413	3.20251677	15.00	<.0001
dose*corte	48	12.67884365	0.26414258	1.24	0.1699
bloco*corte	24	7.39020238	0.30792510	1.44	0.0977

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloco\*dose as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	3.36096349	0.56016058	0.69	0.6590
bloco	3	0.57305833	0.19101944	0.24	0.8701

### Extração de K pela planta

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	45927.42857	7654.57143	0.72	0.6411
bloco	3	3525.82143	1175.27381	0.11	0.9531

## Teor de PB na parte aérea da planta

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	67.036905	11.172817	0.65	0.6934
BLOCO	3	41.768413	13.922804	0.80	0.4932
BLOCO*dose	18	248.715476	13.817526	0.80	0.6993
epoca	8	1705.875794	213.234474	12.33	<.0001
dose*epoca	48	709.883095	14.789231	0.85	0.7308
BLOCO*epoca	24	212.248016	8.843667	0.51	0.9715

## Tests of Hypotheses Using the Type III MS for BLOCO\*dose as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	67.03690476	11.17281746	0.81	0.5766
BLOCO	3	41.76841270	13.92280423	1.01	0.4122

## Teor de FDA na parte aérea

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	70.3261706	11.7210284	1.75	0.1138
bloco	3	15.1884889	5.0628296	0.76	0.5207
bloco*dose	18	169.2906385	9.4050355	1.40	0.1383
corte	8	113.3778417	14.1722302	2.12	0.0380
dose*corte	48	382.3289402	7.9651863	1.19	0.2178
bloco*corte	24	228.8139217	9.5339134	1.42	0.1063

## Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloco\*dose as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	70.32617060	11.72102843	1.25	0.3297
bloco	3	15.18848888	5.06282963	0.54	0.6621

## Teor de NDT na parte aérea

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	163.6680603	27.2780101	1.45	0.1996
bloco	3	27.7085667	9.2361889	0.49	0.6891
dose*bloco	18	330.7454444	18.3747469	0.98	0.4895
corte	8	280.4508786	35.0563598	1.86	0.0701
corte*dose	48	983.0393325	20.4799861	1.09	0.3440

corde*bloco	24	609.8527119	25.4105297	1.35	0.1424
-------------	----	-------------	------------	------	--------

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for dose\*bloco as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	163.6680603	27.2780101	1.48	0.2391
bloco	3	27.7085667	9.2361889	0.50	0.6852

### Concentração de K por estação do ano

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	1311.21389	218.53565	0.61	0.7246
bloco	3	798.28122	266.09374	0.74	0.5343
bloco*dose	18	6704.84886	372.49160	1.03	0.4417
epoca	3	41684.75264	13894.91755	38.51	<.0001
dose*epoca	18	3312.38919	184.02162	0.51	0.9417
bloco*epoca	9	3565.49414	396.16602	1.10	0.3800

Tests of Hypotheses Using the Type III MS for bloco\*dose as an Error Term

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	6	1311.213893	218.535649	0.59	0.7366
bloco	3	798.281218	266.093739	0.71	0.5561