

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES POR AZEVÉM

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CELINA DE FÁTIMA TULLIO DOMINICO

GUARAPUAVA-PR

2019

CELINA DE FÁTIMA TULLIO DOMINICO

ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTE POR AZEVÉM

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Sebastião Brasil Campos Lustosa

Orientador

Prof. Dr. Fabrício William de Ávila

Coorientador

GUARAPUAVA-PR

2019

Celina de Fátima Tullio Dominico


ABSORÇÃO DE MACRONUTRIENTES POR AZEVÉM

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 29 de julho de 2019.



Prof. Dr. Sebastião Brasil Campos Lustosa
(UNICENTRO)



Prof. Dr. Luciano Parinha Watzlawick
(UNICENTRO)



Profª. Drª. Eliza Galak
(CAMPO REAL)

GUARAPUAVA-PR

2019

À Deus e a minha família,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Aos professores, Sebastião Brasil Campos Lustosa (orientador) e ao professor Fabrício William de Ávila (coorientador).

À Senhora Lucilia por ter me dado todas as orientações, quando na época o mestrado;

Aos meus professores Cacilda Farias, Deonísia, Cleber, Marcelo Müller, João Domingo Rodrigues, mestres e doutores pelas aulas ministradas com dedicação em especial Luciano Farinha e Jackson Kawakami pelo profissionalismo e humanidade.

Aos colegas de mestrados pela amizade e disposição, em especial Gisele de Fátima Prates e Ricardo Karpinski;

Aos funcionários da Universidade;

A todos os estagiários que estiveram presentes no período de experimento, entre eles Gabriel Bueno de Souza, João Rafael Markesal, João Davi Tussolim Brolini Dellê, Jaine Carneiro, Luana Zagobinski e Samantha Nunes.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. REFERÊNCIAL TEÓRICO	4
3.1. Azevém	4
3.1.1. Cultivar BARjumbo	5
3.2. Perfilhamento e Produção de Matéria Seca em Plantas Forrageiras.....	6
3.3. Nutrição Mineral em Plantas Forrageiras	8
3.4. Funções do Nitrogênio, Fósforo e Potássio em Azevém	9
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1. Caracterização da Área de Estudo	13
4.2. Implantação e Condução do Experimento	13
4.3. Delineamento Experimental e Variáveis Avaliadas	15
4.4. Análises Estatísticas.....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
5.1. Altura, Perfilhamento, IAF e Massa Seca.....	17
5.2. Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio	22
5.3. Acúmulos de Nitrogênio, Fósforo e Potássio	25
5. CONCLUSÕES	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Caracterização química no perfil do solo antes do início do experimento. ... 13

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Incubação do solo para reação dos corretivos (Figura 1A) e plantas de azevém com 70 DAE (Figura 1B). 14
- Figura 2.** Altura de planta (Figura 2A) e número de perfilhos (Figura 2B) em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta, Guarapuava-PR, 2018. 17
- Figura 3.** Índice de área foliar (IAF) em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$). 19
- Figura 4.** Produção de massa seca (MS) de parte aérea (Figura 4A) e de raízes (Figura 4B) em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$). 20
- Figura 5.** Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na massa seca (MS) de parte aérea em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$). 22
- Figura 6.** Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na massa seca (MS) de raiz em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$). 24
- Figura 7.** Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na massa seca (MS) de parte aérea em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$). 26
- Figura 8.** Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na massa seca (MS) de raízes em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta. Guarapuava – PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$). 28

RESUMO

DOMINICO, C. F. T. A: Absorção de macronutriente por azevém. Guarapuava: UNICENTRO, 2019. (Dissertação – Mestrado em Agronomia).

O objetivo do trabalho foi avaliar a absorção de nutrientes e produção de massa seca (MS) pela cultura de azevém cultivar BARjumbo, desde o estágio inicial de desenvolvimento até aos 150 dias após a emergência (DAE). O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo os tratamentos constituídos de 15 decêndios de avaliação (10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 110; 120; 130; 140 e 150 DAE). As plantas de azevém foram cultivadas em vasos contendo 10 kg de solo, sendo que cada vaso representou uma parcela experimental. Foram avaliados a altura de planta, número de perfilhos, índice de área foliar (IAF), produção de MS e os teores e acúmulos de N, P e K na MS de parte aérea e raiz do azevém. A altura das plantas aumentou linearmente ao longo do período de avaliação, enquanto que para o número de perfilhos, o maior valor obtido foi aos 110 DAE. O IAF foi fortemente incrementado entre 30 e 100 DAE. A produção de MS foi incrementada durante todos os decêndios avaliados (entre 10 e 150 DAE). As maiores taxas de incremento de MS ocorreram entre 50 e 60 DAE. Os teores de N e P na MS de parte aérea diminuíram conforme a idade da planta. Para o teor de K, os valores começaram a diminuir apenas a partir de 100 DAE. Houve aumentos em acúmulos de N, P e K na parte aérea até aos 120 DAE. A partir desta data, os valores diminuíram até o final das avaliações (150 DAE). As épocas de maiores taxas em incrementos de acúmulos de nutrientes na parte aérea coincidiram com as épocas de maior taxa de incremento de MS. A ordem decrescente de acúmulo de nutrientes na parte aérea foi $K > N > P$, enquanto que na raiz a ordem de acúmulo foi $N > K > P$.

Palavras-Chave: *Lolium multiflorum*, BARjumbo, nutrientes, pastagem

ABSTRACT

DOMINICO, C, F. T. Absorption of macronutrient by ryegrass. Guarapuava: UNICENTRO, 2019. (Dissertation - Master in Agronomy).

The objective of this study was to evaluate the nutrient uptake and dry matter (DM) yield in ryegrass cultivar BARjumbo up to 150 days after emergence (DAE). The experiment was conducted under green house conditions from the autumn until the spring of 2018. A completely randomized design with five replicates was used, with treatments consisting of 15 different evaluation periods (10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90, 100, 110, 120, 130, 140 and 150 DAE). The ryegrass plants were cultivated in pots containing 10 kg of soil, with each pot representing an experimental plot. The experiment presented a total of 75 experimental plots. The plant height, tiller number, leaf area index (LAI), DM yield and contents and accumulations of N, P and K in shoot and root DM were evaluated. The plant height increased linearly, while for the tiller number, the highest value was 110 DAE. IAF was strongly increased between 30 and 100 DAE. DM yield was increased during all evaluation periods (between 10 and 150 DAE). The highest rates of DM yield increase occurred between 50 and 60 DAE. The N and P contents in shoot DM decreased according to plant age. For the K content, the values began to decrease only from 100 DAE. There were increases in N, P and K accumulations in shoot up to 120 DAE. From this date, the values decreased up to 150 DAE. Higher rates in increments of nutrient accumulations in shoot coincided with the times of higher rate of DM yield increase. The decreasing order of nutrient accumulation in the shoot was $K > N > P$, whereas in the root the order of accumulation was $N > K > P$.

Keywords: *Lolium multiflorum*, BARjumbo, nutrient, pasture

1. INTRODUÇÃO

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma das espécies anuais de inverno mais utilizada para a produção animal no Sul do Brasil. Caracteriza-se por ser uma espécie forrageira rústica, vigorosa, com alto potencial de produção de matéria seca (MS) e por proporcionar maior número de cortes, dessa forma, aumentando o período de utilização da pastagem (FONTANELI et al., 2012; FERRAZZA et al., 2013).

A produção de forragem ocorre entre o outono, inverno, e alguns genótipos conservam-se em estágio vegetativo até final da primavera, o que proporciona uma forragem de maior qualidade (MITTELMANN et al., 2010).

A qualidade nutricional de uma Poácea para nutrição animal é um fator importante dentro da escolha de espécie a ser implantada, seja destinada ao pastejo, ensilagem ou duplo propósito. Neste sentido, o azevém anual apresenta bons teores de nutrientes e de proteína, com boa qualidade e excelente digestibilidade (FONTANELI et al., 2012).

Diversas cultivares de azevém são lançadas anualmente no mercado brasileiro, aumentando as possibilidades de escolha de genótipo para cada ambiente e sistema de produção (OLIVEIRA et al., 2014). Nesse contexto, o azevém cultivar BARjumbo tem sido usado como uma alternativa, pois apresenta valor nutricional da pastagem superiores ao do azevém comum e com maior produção de matéria seca. Entretanto, pouco se sabe da exigência nutricional dessa cultivar para maior acúmulo de matéria seca (MARCHESAN et al., 2015; RAMOS, 2017).

Para a nutrição adequada das plantas, além da quantidade e da relação entre os nutrientes, é preciso conhecer a dinâmica de acúmulo de nutrientes na massa seca ao longo do tempo de cultivo, pois os desbalanços nutricionais podem acarretar prejuízos à cultura, alterando sua morfologia.

Neste sentido, fica evidente a necessidade de se conhecer o balanço de nutrientes de cada cultura para manejar a adubação, escolher culturas para rotação e otimizar a utilização de fertilizantes. (PAULA et al., 2011).

Segundo Marschner (2012) a marcha de absorção pode ser definida como o estudo da curva de absorção de nutrientes em função da idade da planta; dessa forma, permitindo identificar o período de maior exigência nutricional bem como a quantidade necessária para a produção. Além disso, indica em qual órgão acumula mais nutrientes, o quanto é exportado pelo grão e/ou forragem retirada da área e quanto será necessário

repor no solo para manter a fertilidade. Logo, a marcha de absorção das culturas é uma ferramenta de suma importância para auxiliar os programas de adubação e o manejo de fertilizantes das lavouras (ECHER et. al., 2009).

A falta de informações em relação às necessidades nutricionais do azevém cv. BARjumbo justifica a realização de estudos que contemplem suas necessidades nutricionais, uma vez, que na literatura existe poucos trabalhos conduzidos sobre o assunto e, na maioria das vezes, os trabalhos publicados foram realizados há vários anos e para cultivares diferentes.

Deste modo, estudar a absorção de nutriente e a produção de massa seca em função de diferentes períodos ao longo do ciclo da cultura do azevém é de grande importância para se conhecer as necessidades de macronutrientes em cada época estudada, contribuindo para o aumento da eficiência no manejo da cultura, proporcionando ganhos em produtividade, redução de custos, utilização racional dos adubos e do solo. Diante do exposto, a hipótese do trabalho é que as plantas de azevém absorvem e acumulam diferentes quantidades de nutrientes ao longo dos decênios.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo do trabalho foi avaliar a absorção de nutrientes e produção de massa seca pela cultura de azevém cultivar BARjumbo, desde o estágio inicial de desenvolvimento até aos 150 dias após a emergência.

2.2. Objetivos Específicos

Avaliar a altura de planta, número de perfilhos e índice de área foliar em azevém cultivar BARjumbo de 10 em 10 dias até aos 150 dias após emergência (DAE);

Verificar o acúmulo de massa seca (MS) de parte aérea e de raiz desde o estágio de plântula até 150 DAE;

Determinar os teores e estimar os acúmulos dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na parte aérea e raiz de 10 em 10 dias, desde o estágio de plântula até 150 DAE.

3. REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1. Azevém

O azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) é uma poácea anual pertencente à família da *Poaceae*. É encontrada naturalmente no oeste da Ásia, África do Norte e Sul da Europa (MONTEIRO et al., 1996; VENDRAMINI et al., 2013). No Brasil a cultura tem sido utilizada para pastejo, feno, silagem e fornecimento verde no cocho. Consagrou-se por apresentar alta capacidade de produção de sementes, resistência a doenças e bom potencial de ressemeadura naturalmente. Entretanto, o seu desenvolvimento inicial é lento, possibilitando o consorcio com outras espécies forrageiras (CANTO, 1999). Tem preferência por solos férteis, úmidos, argilosos e com boa matéria orgânica (MONTEIRO et al., 1996).

Possui hábito de crescimento cespitoso ereto, ou seja, os entrenós basais são muito curtos, produzindo afilhos eretos de maneira a formar touceiras densas, tem coloração verde intensa a qual produz vários perfilhos (VENDRAMINI et al., 2013). Segundo Müller et al. (2009), a temperatura base inferior para o seu desenvolvimento varia entre 7 a 8,5 °C e 9 a 10,6 °C, respectivamente para cultivares diplóides e tetraplóides e a temperatura ótima está em torno de 20° C para ambas cultivares (FONTANELI et al. 2012). Entretanto para produção de 10 t ha⁻¹ de matéria seca, recomenda-se temperaturas entre 18 a 23°C, entre outono e início da primavera, sendo recomendada semeadura entre março a maio (ALVES FILHO et al., 2003).

As bainhas são estreitas com folhas lisas, os colmos são retos, de formato cilíndrico e sem pelos com nós avermelhados. No período de crescimento, pode atingir até 1,2 metros (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Os potenciais para produção de sementes em alguns genótipos de azevém podem atingir cerca de 3.500 sementes por planta (GALVAN et al., 2011).

Dois tipos de germoplasmas de azevém podem ser encontrados, o diplóide ($2n = 2x = 14$ cromossomos) e os tetraplóides ($2n = 4x = 28$ cromossomos), os quais determinam diferentes características fenotípicas e genotípicas da cultura. A duplicação de cromossomos afeta, principalmente, o desempenho da cultura, pois aumenta o volume celular (BALOCCHI, LÓPEZ, 2009), elevando o teor de água nas células, bem como os teores de lipídios, proteínas e carboidratos solúveis, aumentando a

digestibilidade, eficiência ruminal e desempenho animal (SMITH et al., 2001, NAIR 2004).

As cultivares tetraplóides se diferenciam das diplóides, principalmente, por apresentarem folhas mais largas e de coloração mais escura, menor número de perfilhos, mas de maior tamanho, menor tolerância ao frio e ao estresse hídrico, maior precocidade, ciclo vegetativo mais longo e maior exigência em fertilidade do solo, para expressar seu potencial de crescimento (FREITAS 2003; BLOUNT et al. 2005; SUGIYAMA 2006).

Na última década o interesse pelo mercado de sementes forrageiras no Sul do Brasil tem despertado investimentos em pesquisa, destacando neste propósito, o uso de genótipos de azevéns, tornando necessário conhecer o potencial produtivo e as características de adaptação às condições de solo e ambiente da Região Sul do Brasil (RAMOS, 2017).

De acordo com Alvim, Mozzer (1984), o azevém constitui uma forrageira de alta qualidade cuja produção de massa seca concentra-se nos meses de outono e inverno, época em que as pastagens tropicais apresentam baixa produtividade. Contudo, já foi detectada variação entre genótipos para a distribuição ao longo do ciclo da produção de matéria seca (MITTELMANN et al., 2004b). Segundo Ramos (2017), maiores produções do azevém cv. BARjumbo ocorre no período primaveril.

3.1.1. Cultivar BARjumbo

De acordo com Beskow (2016), a classificação dos azevéns se diferencia conforme o número de cromossomos e o ciclo de vida, sendo chamado de anual ou *westerwoldicum*, o qual não precisa de temperaturas baixas para florescer, como é o caso do genótipo tetraplóide BARjumbo. Essa cultivar tem um ciclo longo e a alta capacidade de rebrote (BESKOW, 2016). É oriunda do Uruguai e pela condição de maior produção de folhas, a tendência deste genótipo é apresentar melhor qualidade forrageira ao longo do período de utilização. Além disso, as sementes são maiores e folhas mais largas e mais escuras, o que permite uma maior produção de massa seca, pois possui uma maior capacidade fotossintética (CARVALHO et al. 2010).

Mioto et al. (2014) verificaram que a cultivar BARjumbo proporcionou uma rápida disponibilidade de forragem após a semeadura de 10.321,7 kg ha⁻¹.

O valor nutricional da pastagem com o azevém cv. BARjumbo é superior ao do comum, inclusive na avaliação dos consórcios de ambos os cultivares com aveia preta (*Avena strioga*). O Azevém cv. BARjumbo em monocultivo possui maiores teores de proteína bruta, apresenta os menores níveis de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), maiores teores de nutrientes digestíveis totais e digestibilidade *in vitro* de matéria seca (MARCHESAN et al., 2015).

De acordo com Ramos (2017), o azevém cv. BARjumbo proporciona maior produção de massa seca no quarto e quinto pastejos, evidenciando que as maiores produções da cultivar ocorre no período primaveril. Também, nesse período, ocorre à elevação nos teores de FDN e redução dos teores de NDT, característica esperada pela necessidade da planta em aumentar estruturas de sustentação para fase reprodutiva.

3.2. Perfilamento e Produção de Matéria Seca em Plantas Forrageiras

A morfogênese vegetal pode ser definida como a dinâmica de geração e expansão da forma da planta no espaço (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). A morfogênese em poácea é analisada em nível de perfilho, que é composto por uma sequência de fitômeros. Em poáceas, o fitômero é constituído de lâmina foliar, bainha foliar, entrenó, nó e gema axilar (BRISKE, 1991). Considerando uma pastagem em crescimento vegetativo, em que predominantemente folhas são produzidas, a morfogênese da planta pode ser descrita por três características principais: taxa de alongação foliar (TEF), taxa de surgimento de folhas (TSF) e tempo de vida das folhas (TVF) (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Estas características são fatores morfogênicos constituintes do perfilho, que determinam o processo de crescimento de uma poácea. A combinação das variáveis morfogênicas causa mudanças nas características estruturais da pastagem, entre as quais se destacam o comprimento final da folha, a densidade populacional de perfilhos e o número de folhas vivas por perfilho (CAUDURO et al., 2006).

O perfilho pode ser definido como uma unidade modular básica de crescimento das poáceas e o seu desenvolvimento morfológico é baseado na sucessiva diferenciação de fitômeros, a partir de um único meristema. A taxa de aparecimento de perfilho exerce influência sobre a dinâmica de perfilhamento, uma vez que é determinada pelo número de folhas, a qual está associada ao desenvolvimento da gema axilar de cada fitômero (NELSON, 2000; SANTOS et al., 2010; SANTOS et al., 2011).

Segundo Santos et al. (2010), os perfilhos, em função do seu estágio fenológico, são divididos em vegetativo e reprodutivo. Os perfilhos vegetativos possuem como características menor tamanho, maior juvenildade e valor nutritivo, sendo o número de perfilhos o principal componente de produção da planta.

Além disso, em estágio vegetativo, os órgãos dos fitômeros incluem nó, entrenó, gema axilar e folha, lígula, bainha e lâmina foliar. Alguns fitômeros mais basais no perfilho também podem apresentar raízes (TAIZ, ZEIGER, 2014). No estágio reprodutivo, o incremento da produção ocorre através do aumento dos perfilhos existentes (LOPES, 2003; SANTOS et al., 2009b).

A densidade de perfilhos é um dos fatores determinantes na produção de massa seca da forragem e da quantidade de massa acumulada individualmente em cada perfilho. Uma vez que, a partir do desenvolvimento de folhas e perfilhos da poácea proporciona área foliar para interceptação de luz para a fotossíntese, assim, estimulando a produção de fotoassimilados necessários para o crescimento da planta (DIFANTE, 2003; GOMIDE, 2001).

O fluxo de energia no manejo de pastagem compreende a fixação inicial da energia solar pela planta, que a transforma em energia química por meio da fotossíntese nas células clorofiladas das forrageiras (SANTOS et al., 2011a). Este fluxo é regulado pelas características estruturais da população do vegetal, em relação à distribuição radicular, tamanho e distribuição espacial da superfície da parte aérea da planta. Já a interação entre plantas e seu ambiente é influenciado por fatores fisiológicos tais como fotossíntese, respiração a entrada de CO₂ e água e fixação de nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2017).

A heterogeneidade espacial das poáceas é dinâmica, e determinando a sua estrutura horizontal, pois a ocorrência de locais com diferentes alturas dentro da mesma pastagem caracteriza sua estrutura e confere condições climáticas diferenciadas no plano horizontal da pastagem, podendo interferir nas características e na morfogênese dos perfilhos individuais e, por sua vez, modificar o Índice de Área Foliar (IAF) e o acúmulo de forragem do pasto (SANTOS et al., 2011a), podendo, assim, reduzir a fotossíntese líquida (PEDREIRA; PEDREIRA, 2007). Entretanto, de acordo com Pedreira e Pedreira (2007), o hábito de crescimento cespitoso pode reduzir esse efeito em virtude do crescimento ereto e da máxima oferta de luz nos estratos superiores do dossel, mesmo quando IAF é alto.

O IAF pode ser definido a partir da relação entre a área foliar e pela unidade da área ocupada no solo pelo vegetal (WATSON, 1947), logo, é produto de relações dinâmicas entre as características morfogênicas e estruturais da planta (LEMAIRE, CHAPMAN, 1996). Sendo o IAF considerado ótimo, quando o dossel da planta alcança o máximo índice de crescimento (CARVALHO et al., 2007). De acordo com Marchesan et al. (2016) para obtenção de interceptação fotossintética de 95% das folhas, o IAF para a cv. BARjumbo em sistema de manejo de pasto alto e baixo é 4,81 e 4,53 respectivamente.

O azevém apresenta uma variação na porcentagem de massa seca em função dos cortes que são feitos ao longo do ciclo vegetativo. Essa variação é causada pela adubação, temperatura e radiação solar, tendo um desenvolvimento inicial rápido com maior distribuição de matéria seca, em regiões de ocorrência de maior temperatura e luminosidade (CASSOL et al., 2011).

A produção de massa seca pode indicar uma boa aproximação do acúmulo de nutrientes na planta na ausência de uma curva de absorção do mesmo. Em média, as plantas possuem cerca de 5% de nutrientes e minerais na massa seca, havendo diferenças entre as espécies e as quantidades totais exigidas (SOUZA; COELHO, 2001).

3.3. Nutrição Mineral em Plantas Forrageiras

Para a nutrição adequada das plantas é necessário conhecer os padrões normais de acúmulo de nutrientes na massa seca, além da quantidade e os elementos que são absorvidos, durante cada fase do ciclo de desenvolvimento da cultura. A capacidade de extração e acumulação de nutrientes depende da produtividade obtida e da acumulação de nutrientes nos frutos e em outros órgãos da planta (MARSCHNER, 2012). Neste contexto, determinar a marcha de absorção de nutrientes é uma importante ferramenta para se aumentar a eficiência da adubação (ECHER et al., 2009).

De acordo com Gomide (2001), a composição mineral da massa seca das poáceas varia em função da idade da planta, espécies e variedades, tipo de solo e fertilizantes usados, época do ano e sucessão de cortes.

A absorção dos nutrientes diferencia conforme o estágio desenvolvimento do vegetal, com maior intensidade no florescimento e na formação e no crescimento dos frutos, desse modo, deve ser considerado a quantidade absorvida de nutrientes, bem

como os teores de cada elemento nas diferentes fases de desenvolvimento (HAAG et al., 1981; VITTI et al., 1994; MALAVOLTA et al., 1997).

Nesse sentido, a marcha de absorção demonstra a dinâmica de acúmulo de nutrientes na massa seca ao longo do ciclo de uma planta, pois é possível estabelecer a quantidade de cada nutriente a ser aplicada, considerando a eficácia de aproveitamento dos nutrientes pelas plantas em diferentes condições de adubação, manejo da água, climáticas e do ambiente de cultivo (PRADO; NASCIMENTO, 2003).

Segundo Damasseno et al. (2012), por meio da caracterização da marcha de absorção, são fornecidas as informações sobre a necessidade de adubação e o parcelamento dos nutrientes, pois em cada fase do ciclo de desenvolvimento da planta, exige uma nutrição diferente. Por isso, é de suma importância conhecer os nutrientes absorvidos e a época em que essa absorção ocorre. Desse modo, uma adubação equilibrada proporciona nutrição adequada, contribuindo para a máxima expressão do potencial genético da espécie.

3.4. Funções do Nitrogênio, Fósforo e Potássio em Azevém

O azevém é a uma forrageira muito exigente em fertilidade quando comparado aveia e ao milheto (*Pennisetum glaucum*) e responde satisfatoriamente a adubações nitrogenadas, fosfatada e orgânica (MATOS, et al., 2005; HANISCH et al., 2012).

De maneira geral, as plantas de azevém, em razão do seu alto potencial produtivo, possuem grande demanda por nitrogênio (N), cuja disponibilidade no solo, na maioria das vezes, é baixa. A aplicação de N fornece maior rendimento e distribuição mais uniforme da forragem aumentando a produção de matéria seca, além disso, contribui para o incremento no valor nutritivo da planta, em função da associação desse elemento na composição bromatológica e digestibilidade, gerando aumento nos teores de N e proteína bruta, assim diminuindo a relação Carbono Nitrogênio (C/N) das plantas forrageiras (COSTA et al., 2007; MAZZA et al., 2009; PINHO et al., 2014).

O N pode ser absorvido pelas plantas na forma de nitrato (NO_3^-) ou amônia (NH_4^+). A absorção de NO_3^- ou NH_4^+ varia conforme o vegetal e a incidência de luz. Além disso, o estágio fenológico influencia na absorção das formas de N, a qual exerce influência sobre a absorção de outros cátions e ânions. (MARSCHNER, 2012).

O N é o nutriente que mais influencia na morfogênese e no perfilhamento. Esse efeito ocorre pela maior produção de fotoassimilados, com isso, proporciona que os

perfilhos consigam maiores índices de crescimento. Nesse caso, o N aumenta o período de perfilhamento e a sobrevivência dos mesmos (LONGNECKER et al., 1993; SANGOI et al., 2007). Por outro lado, sua deficiência inibe o crescimento e acentua a dominância apical (SANGOI et al., 2007).

De acordo com Santos et al. (2009a) e Cassol et al. (2011) a adubação nitrogenada proporciona expressivo incremento na produção de massa seca do azevém, sendo possível antecipar a entrada dos animais em áreas de pastejo. Entretanto, esse tipo de manejo pode acelerar o crescimento e a diferenciação morfológica dos perfilhos, resultando em efeitos danosos à estrutura e ao valor nutritivo do pasto diferido (ALEXANDRINO et al., 2008; MESQUITA; NERES, 2008).

O avanço no estágio fenológico do azevém, com o suceder dos ciclos, reduz a participação de folhas na massa de forragem, independentemente da dose de N aplicada (QUATRIN et al. 2015). A adubação nitrogenada em azevém cv. BARjumbo promove um aumento da matéria seca rendimento e no acúmulo de proteína bruta, quando são aplicados 120 kg N ha⁻¹ (PAVINATO et al.; 2014).

O fósforo (P) desenvolve um papel essencial em vários processos vitais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Entre eles, destaca-se a transferência e o armazenamento de energia. Quando as moléculas fosfáticas di e trifosfatos de adenosina (ADP e ATP) se quebram, uma grande quantidade de energia é liberada (GRANT et al., 2001). Nas poáceas, influência no crescimento do sistema radicular e no perfilhamento, que são essências para e obter maior produtividade das forrageiras (SANTOS et al., 2002).

Como resultado, a deficiência de P causa inibição do crescimento e desenvolvimento das plantas (GRANT et al., 2001). A absorção, assimilação e translocação de nitrogênio nas plantas podem ser restringidas pela deficiência de fósforo (GNIAZDOWSKA et al., 1999). Entretanto, de acordo com Butler et al. (2006) a resposta do azevém a doses de fertilizantes fosfatados ocorre independente das doses de N. Além disso, há uma relação entre taxa de remoção de P pelo azevém e adubação ótima de P. Neste caso, a remoção de P é maior quando nível de suficiência da cultura é atingido.

Entre os fatores que afetem as concentrações de P, a idade é o fator que mais influenciam os teores desse nutriente nas plantas (MARSCHNER, 2012). Santos et al. (2012), constataram que as concentrações de P da parte aérea do azevém diminui com a idade das plantas e aumentam com as doses de P. Essa redução que ocorre com o

envelhecimento do vegetal é resultante da diluição da concentração de P que se dá pelo aumento da proporção de tecido estrutural e de reserva (MARSCHNER, 2012).

O potássio (K) é um elemento móvel que possui várias funções nas plantas, entre elas, pode-se citar a ativação dos sistemas enzimáticos e participação no processo de fotossíntese e respiração (ERNANI et al., 2007). A necessidade nutricional de K está relacionada a fatores fisiológicos e bioquímicos como os processos de transportes através das membranas, ativação enzimática, neutralização aniônica e potencial osmótico (DECHEN; NACHTIGALL, 2007). Caso não haja disponibilidade de K na quantidade necessária para o vegetal, pode ocorrer a diminuição do tamanho dominância apical, dos internódios e do crescimento da planta (ERNANI et al., 2007; MARCHENER, 2012).

De maneira geral, as plantas têm uma demanda inicial de K elevada, acumulando cerca de 40 % de todo o K necessário para seu desenvolvimento em apenas 52 dias após a emergência (KARLEN et al., 1988), e pelo fato deste nutriente não ser componente estrutural da planta, o K tem alto potencial de ciclagem em sistemas com adição contínua de resíduos (ROSSATO, 2004), cerca de 90 % do K contido no resíduo vegetal é liberado, em aproximadamente 50 dias após entrar no sistema (LUPWAYI et al., 2005). Por outro lado, a dinâmica do K pode ser afetada, também, pelo aumento dos teores de carbono orgânico, que, em longo prazo, promove aumento na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, podendo causar alterações nas doses e no manejo da fertilização potássica (KAYSER; ISSELSTEIN, 2005).

De acordo com Meurer (2006) algumas plantas tem a capacidade de absorver quantidade de K superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo de K. Com acréscimo na taxa de absorção, há um aumento no seu teor na planta, até atingir o nível crítico, desse ponto em diante há uma pequena probabilidade de resposta em produção. Se a planta continuar absorvendo o nutriente, o teor desse nos tecidos tende a aumentar, caracterizando consumo de luxo. Ultrapassado esse limite, o acúmulo torna-se excessivo, gerando consequências negativas, como queda no crescimento e desenvolvimento das plantas e potencialmente diminuição da absorção de outros nutrientes (MALAVOLTA; MORAES, 2007).

Em plantas de azevém anual o K caracteriza-se por ser acumulado em quantidades acima das necessárias, desde que os níveis no solo sejam altos, gerando um efeito residual da adubação potássica do azevém para a cultura seguinte, neste solo,

equivalente a pelo menos 56 % do potássio aplicado, contido na parte aérea dessa forrageira (SIMONETE et al., 2002).

Segundo Floss (2006), em média a quantidade extraída pelo azevém para P é de 0,7 kg t⁻¹ e para K de 26 kg t⁻¹, este último, embora não faça parte de nenhuma substância orgânica vegetal participa como cofator de mais de 120 enzimas que constituem de vários processos fisiológicos. Matos et al., (2005), constataram que o azevém acumula maiores concentrações de N e K na parte aérea do que outras forrageiras.

De acordo com Ferreira et al. (2008) o genótipo de azevém anual resistente ao *Glyphosate* aos 55 DAE acumula na massa seca da parte aérea em média 28,64; 18,07, 8,58; 4,34; 35,27 g kg⁻¹, respectivamente para os nutrientes N Total, N orgânico, N inorgânico, P e K. E 7,60; 0,52; 37,93 g kg⁻¹ de N, P e K, respectivamente na massa seca das raízes. E aos 70 DAE os teores médios de nutrientes na massa seca das plantas de azevém anual foi de 122,40; 30,04; 289,49 g kg⁻¹, para N Total, P e K, respectivamente.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da Área de Estudo

O experimento foi conduzido entre o outono até a primavera do ano de 2018, em casa de vegetação, no Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), *campus* CEDETEG. A área está localizada no município de Guarapuava – Paraná. O clima, de acordo com o sistema Köppen-Geiger, é do tipo Cfb, com verões amenos, sem estação seca definida e com geadas severas.

4.2. Implantação e Condução do Experimento

O experimento foi implantado em abril de 2018. Para tanto selecionou-se o material genético azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) cv. BARjumbo. O solo usado como substrato foi coletado no *campus* CEDETEG, classificado como Latossolo Bruno Distroférico, com textura argilosa (EMBRAPA, 2006). No intuito de evitar uma possível germinação de sementes dormentes, optou-se por coletar o solo apenas do horizonte B.

O solo, para a composição do substrato de crescimento, foi seco ao ar durante 10 dias, destorroado e passado em peneira com malha de 8,0 mm, distribuídos aleatoriamente. Posteriormente, foram feitas amostragem do solo para caracterização química conforme metodologia oficial adotada no Estado do Paraná (Embrapa, 2009), com objetivo de conhecer e corrigir a fertilidade do solo antes do início do experimento (Tabela 1). As proporções médias de areia, silte e argila do solo foram de 430, 290 e 280 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização química no perfil do solo antes do início do experimento.

pH	H+Al	M.O.	Al ³⁺	P-Mehlich	S	
CaCl ₂	cmol dm ⁻³	g dm ⁻³	cmol dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	
4,72	4,44	39,71	0,3	2,58	21,81	
K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Cu	Mn	Zn
-----cmol dm ⁻³ -----			-----mg dm ⁻³ -----			
0,08	1,65	0,63	98,54	2,25	63,90	2,80

As plantas de azevém foram semeadas em vasos de polietileno, os quais foram revestidos com sacos plásticos para evitar a percolação de nutrientes. Os vasos usados apresentaram capacidade de 11L e área de 572 cm², com furos nas laterais, e receberam 10 kg de solo.

Baseado nos resultados da análise química do solo, a correção do solo e as adubações foram realizadas visando a obtenção de alta produtividade de biomassa de azevém (maior que 10 t ha⁻¹), seguindo as recomendações técnicas presentes no Manual de Adubações e Calagem para o Estado do Paraná (SBCS, 2017). Antes de acomodar o solo nos vasos, foi feita a calagem visando elevar a saturação de bases para 60% e a relação Ca:Mg para 4:1, usando o carbonato de cálcio e o carbonato de magnésio p.a. Em seguida, o solo contido em cada vaso foi mantido em incubação sob umidade adequada por 30 dias para reatividade dos corretivos (Figura 1).

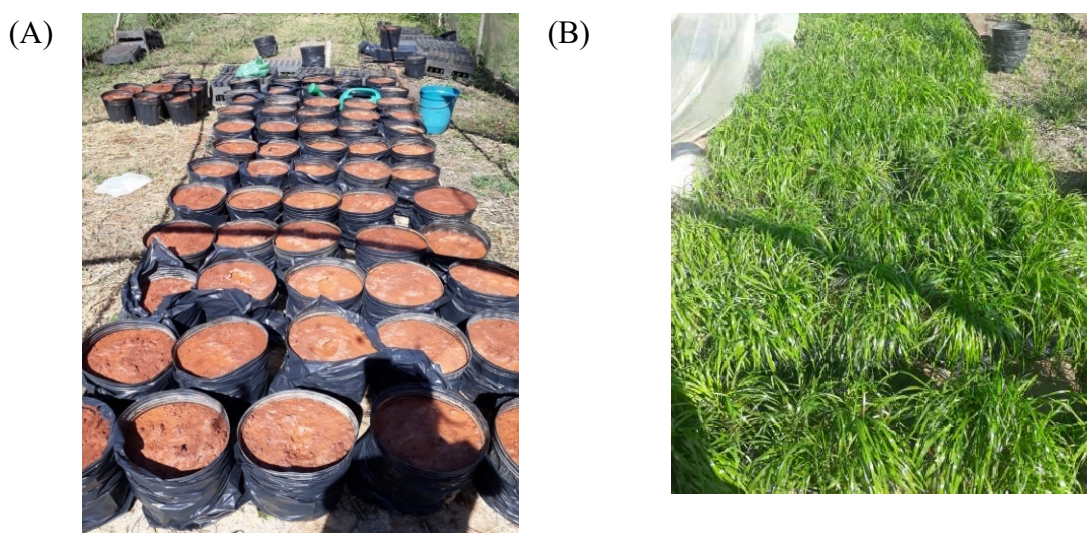


Figura 1. Incubação do solo para reação dos corretivos (Figura 1A) e plantas de azevém com 70 DAE (Figura 1B).

Previamente a semeadura dos vasos, foi realizada a adubação de semeadura com macro e micronutrientes. Aos 30, 60 e 90 dias após emergência (DAE), foram realizadas as adubações de cobertura com N e K. Os nutrientes foram fornecidos aos vasos na forma de soluções nutritiva conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997), usando reagentes p.a. para o preparo das soluções (nitrato de potássio, sulfato de potássio, fosfato de potássio, fosfato de amônio, sulfato de magnésio, cloreto de manganês, sulfato de cobre, sulfato de zinco, ácido bórico e molibdato de amônio). Em relação à adubação NPK, foram fornecidos 350 kg ha⁻¹ de N (50 e 300 kg ha⁻¹ na

adubação de semeadura e cobertura, respectivamente), 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (toda dose fornecida na adubação de semeadura), e 350 kg ha⁻¹ de K₂O (50 e 300 kg ha⁻¹ na adubação de semeadura e cobertura, respectivamente). Por se tratar de um experimento em vasos em casa de vegetação, a adubação de cobertura foi parcelada em três aplicações, aplicando os nutrientes de 30 em 30 dias (30, 60 e 90 DAE).

A semeadura foi realizada manualmente, considerando a densidade de 40 kg ha⁻¹ de sementes, sendo semeados 46 sementes em cada vaso. Após 30 dias houve desbaste, sendo retirado 16 plantas por vaso.

Sabendo que seriam necessários 10 g de material para realização das análises e devido às plântulas dos dois primeiros decêndios serem muito leves e não terem massa suficiente para compor as amostras, neste caso realizou-se semeaduras paralelas para obter massa o suficiente para realização do experimento.

Para repor a evapotranspiração diária da cultura, foi utilizado o sistema de irrigação manual. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente. Já o controle de pragas e doenças não foi necessário.

4.3. Delineamento Experimental e Variáveis Avaliadas

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os tratamentos foram compostos de 15 diferentes períodos (decêndios) de avaliação, sendo 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 e 150 DAE. Cada parcela experimental foi composta de um vaso contendo 10 kg de solo. O experimento teve um total de 75 parcelas experimentais (75 vasos).

Assim, a colheita do material vegetal para as avaliações foi realizada a cada 10 dias, do 10º ao 150º DAE. Em cada decêndio foram coletadas 10 plantas de cada vaso, para realização das análises. Durante a coleta, as plantas foram separadas em parte aérea e raízes. Posteriormente, cada parte do material vegetal foi lavada em água e postas para secar em estufa com circulação forçada de ar a 55º C, até atingir peso constante. Em seguida, foi determinada o peso de matéria seca e o material vegetal foi moído em moinho tipo willey e peneirados em malha 0,75 mm. Depois, as amostras foram enviadas à um laboratório de análise química de solos comercial, para determinação dos teores de N, P e K no material vegetal. O N foi extraído por digestão sulfúrica em bloco digestor, enquanto P e K foram extraídos por digestão nítrica-perclórica em bloco

digestor. As determinações foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (2009).

O número total de perfilhos e a altura de parte aérea das plantas foram aferidas do topo para a base com auxílio de uma fita métrica por ocasião dos decêndios.

Para a determinação do índice de área foliar (IAF) foi realizado a análise destrutiva. As plantas foram cortadas rente ao solo, levadas ao laboratório para serem lavadas, separadas em folha, colmo e material morto e então pesadas. Em cada época de avaliação foram coletadas cinco amostras para realizar a determinação do IAF. As lâminas verdes foram lidas em um aparelho integrador de área foliar (LI-COR- 3000, Nebraska, EUA). Todo o material processado foi colocado em estufa para secagem a 55° C por 72 horas. A área foliar total foi estimada a partir da área foliar específica da alíquota e do peso total de lâminas.

4.4. Análises Estatísticas

Para análise dos dados, primeiramente, realizou-se o teste de Bartlett para avaliar a homogeneidade das variâncias e distribuição normal pelo teste de Shapiro Wilk; posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância (ANAVA, $p < 0,05$), com uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Como se considerou as épocas, em intervalos de dias, para verificação dos efeitos dos tratamentos sobre as variáveis respostas testou-se modelos de regressão linear e quadrática. Quando não foi obtido equações de regressão adequadas, estimou-se o erro padrão da média ($n = 5$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Altura, Perfilamento, IAF e Massa Seca

A Figura 2 apresenta os valores de altura e número de perfilhos das plantas de azevém em função da época de avaliação (entre 10 e 150 dias após emergência – DAE).

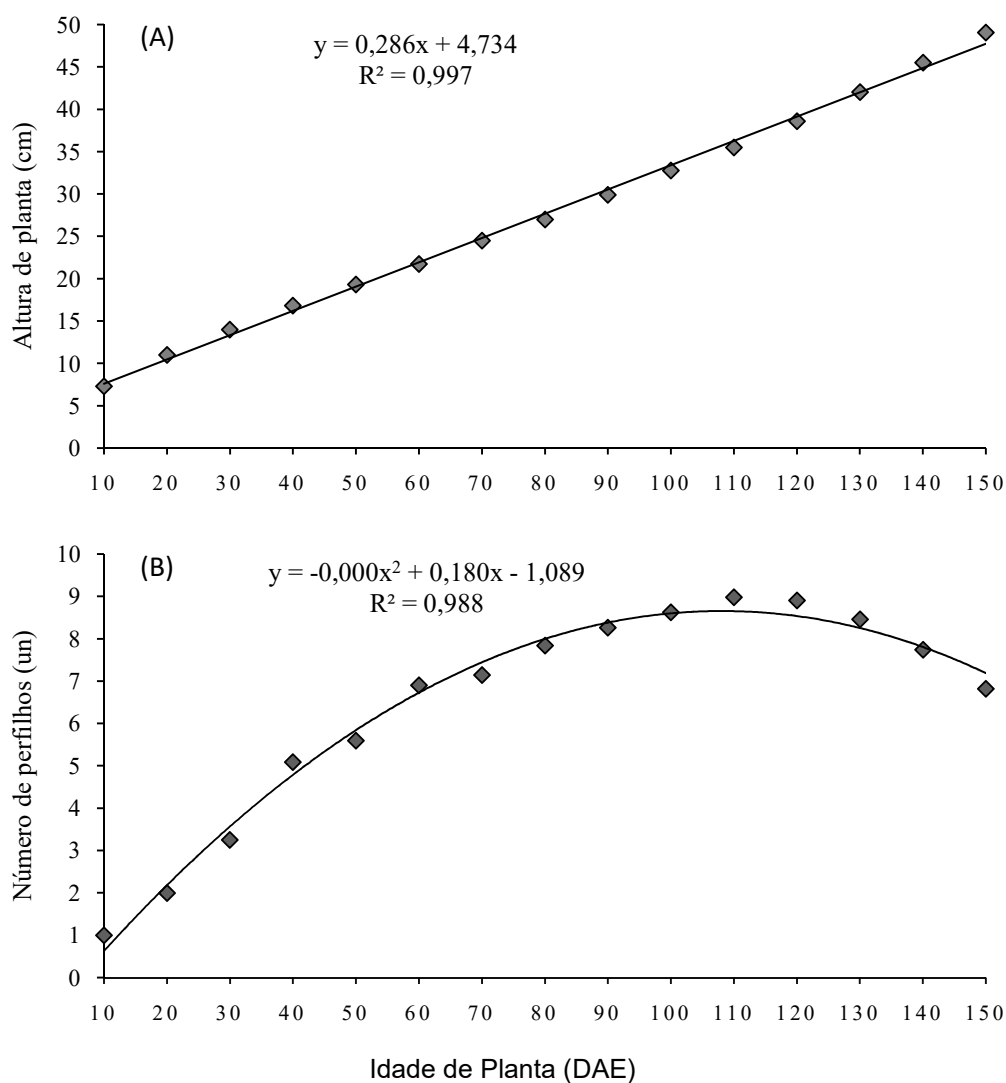


Figura 2. Altura de planta (Figura 2A) e número de perfilhos (Figura 2B) em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta, Guarapuava-PR, 2018.

A altura das plantas aumentou linearmente de forma significativa ($p < 0,05$) ao longo do período de avaliação (Figura 2A). Aos 150 DAE a altura média das plantas foi de 51,06 cm. Por outro lado, o número de perfilhos se comportou de forma quadrática

(Figura 2B). De acordo com a equação de regressão, o menor número de perfilhos estimado foi 0,63, obtido na primeira avaliação (10 DAE), e o maior valor foi 9,07, obtido aos 113 DAE, reduzindo-se a partir desta data, apresentando valor de 7,96 aos 150 DAE.

Mittelmann et al. (2010), estudando a variabilidade de plantas de azevém, observaram que a altura média e o número de perfilhos aos 90 DAE foi 20,8 e 16,6 cm, respectivamente. Este resultado para altura média é inferior ao obtido neste trabalho, o qual constatou altura média de 28,96 cm. Contudo, o número de perfilhos foi superior na mesma idade.

A redução no número de perfilho sem razão da maior altura da planta forrageira foi observado por Santos et al. (2009b) e Santos et al. (2011b) em trabalhos com braquiária. É provável que os perfilhos menores tenham sido sombreados pelos perfilhos de maior tamanho, ocasionando a morte dos primeiros sem função da competição por luz. Ainda, neste caso, maior quantidade de assimilados é direcionada para o crescimento dos perfilhos já existentes, restringindo o desenvolvimento de novos perfilhos (SANTOS et al. 2010a).

Pellegrini et al. (2010) verificaram que, tanto na primeira quanto na segunda avaliação, o número de perfilhos foi maior em função da formação do aparato foliar, sendo que a produção de massa seca de forragem não limitou a entrada de luz na base do dossel vegetativo nesses períodos. Constataram, ainda, que houve aumento no número de perfilhos com adubação nitrogenada, de modo que, para cada 1 kg ha⁻¹ de N aplicado, 2,5 novos perfilhos foram observados na estrutura da forrageira. Segundo Sangoi et al. (2007) o N é o elemento que mais influencia no perfilhamento e sua deficiência inibe o crescimento e acentua a dominância apical.

A densidade populacional de perfilhos e o índice da área foliar (IAF) são características de suma importância, pois interferem na produção de forragem. O IAF foi afetado significativamente ao longo do período de avaliação, entre 10 e 150 DAE (Figura 3). Houve incremento de forma leve nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta até aos 30 DAE e, a partir desta idade, o IAF foi fortemente incrementado até aos 100 DAE. Entre 100 e 110 DAE o IAF foi estabilizado e, a partir desta idade, começou a diminuir até o período final de avaliação (150 DAE).

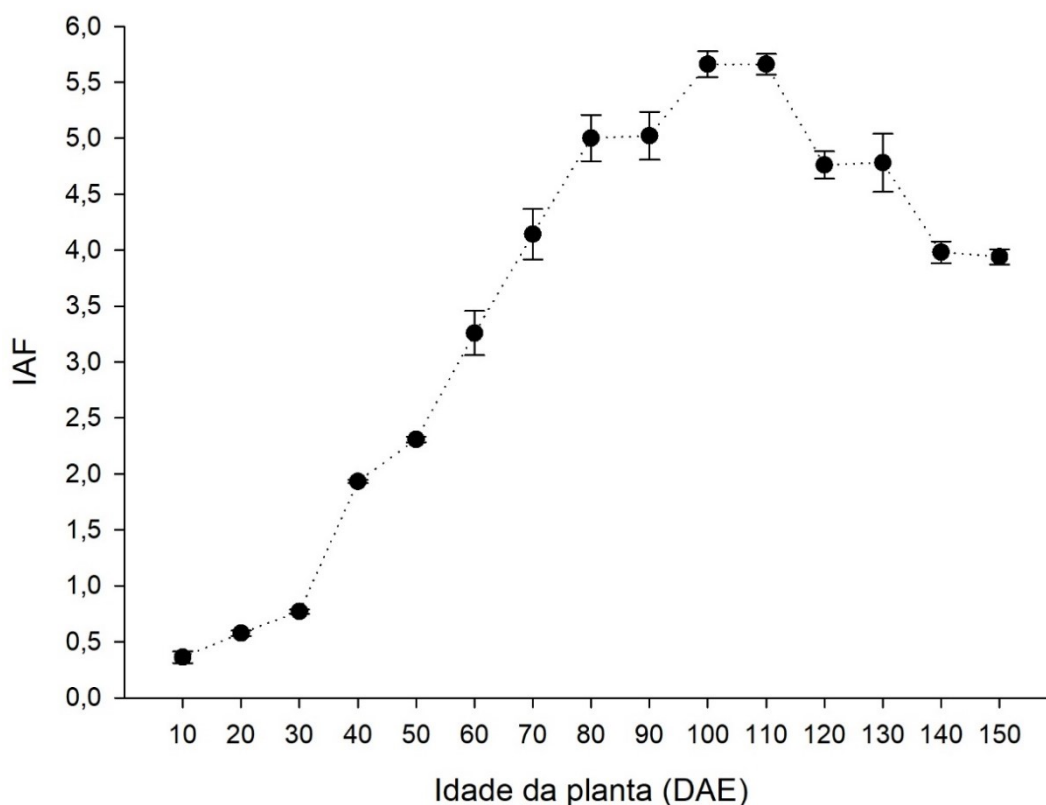


Figura 3. Índice de área foliar (IAF) em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).

Resultados parecidos foram obtidos por Silva et al. (2015b) para a cultura do milho. Marchesan et al. (2016), estudando a produção de cultivares de azevém consorciada ou não com aveia, observaram IAF de 4,53 e 4,75 respectivamente para o azevém cv.BARjumbo cultivado sozinho e em consórcio e de 4,68 e 4,97 para o azevém comum em cultivo sozinho e consorciado, respectivamente, para obtenção de interceptação luminosa.

Houve efeito significativo das épocas de avaliação sobre a produção de massa seca (MS) de parte aérea e de raiz (Figura 4).

Em geral a MS de parte aérea aumentou desde a data inicial até a data final de avaliação. As maiores taxas de incremento de MS de parte aérea foram verificadas entre 50 e 60 DAE e, especialmente, entre 90 e 120 DAE, e a partir desta época as taxas de incremento diminuíram consideravelmente (Figura 4A).

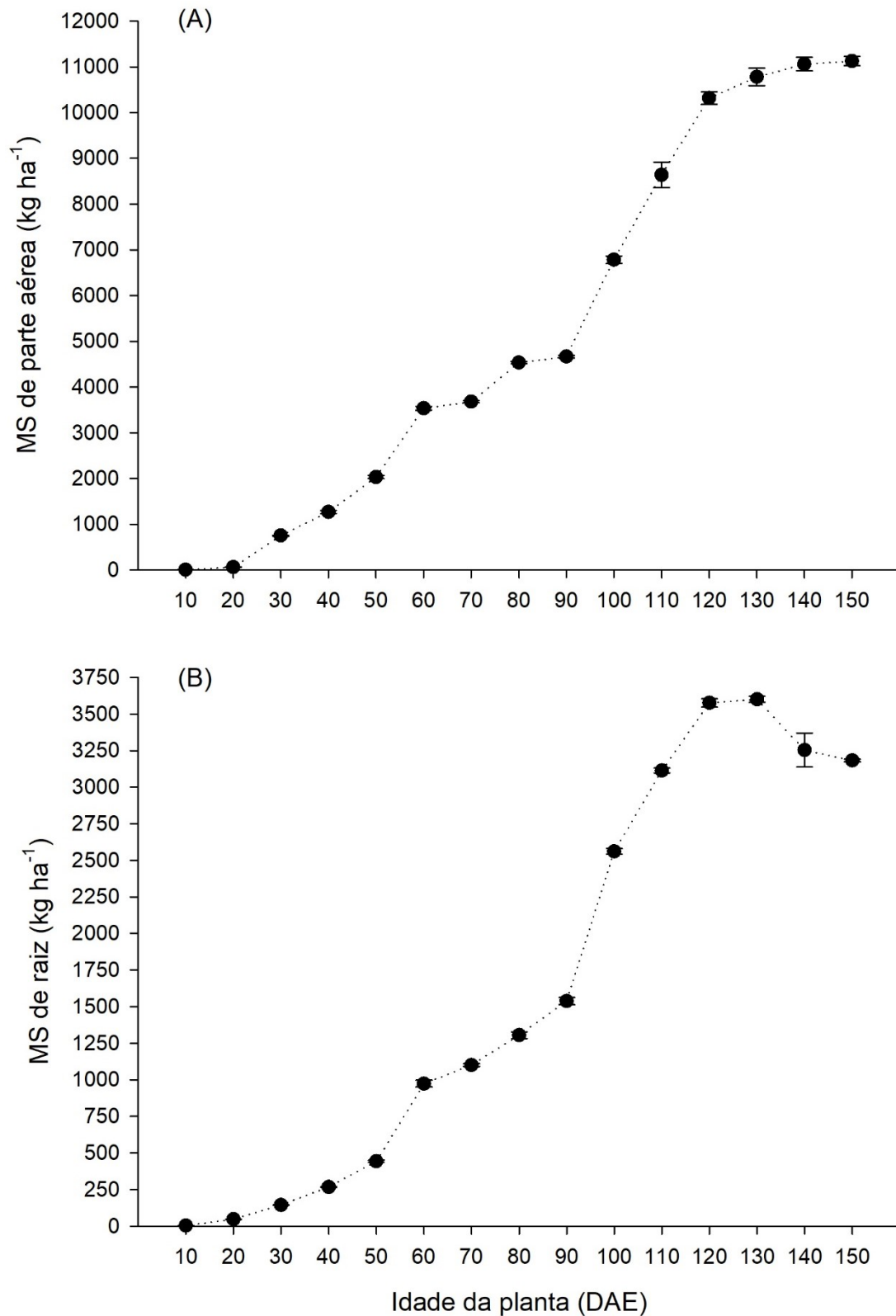


Figura 4. Produção de massa seca (MS) de parte aérea (Figura 4A) e de raízes (Figura 4B) em azévem cv. BARjumbo, em função da época da coleta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).

A máxima produção de MS de parte aérea foi de 11125,6 kg ha⁻¹ aos 150 DAE. Esse resultado é um pouco menor que aqueles obtidos por Matos et al. (2005), os quais observaram uma produção média de MS de azevém comum de 12350 kg ha⁻¹. Porém, os resultados obtidos de MS de parte aérea neste trabalho são superiores aos apresentados por Rocha et al. (2007) e Marchesan et al. (2016) que verificaram produção média de 7444 e 4491 kg ha⁻¹ para a mesma cultura, respectivamente.

A elevada produção de MS de parte aérea de azevém neste trabalho pode estar relacionada ao fato do experimento ter sido conduzido em condições de casa de vegetação (sendo que foi feita a estimativa dos valores obtidos para kg ha⁻¹), reduzindo a possibilidade de perda de produção devido à fatores bióticos e abióticos, especialmente condições climáticas, e de ter sido realizada a adubação inicial com macro e micronutrientes e posteriormente as adubações de cobertura com N e K, proporcionando maior rendimento de MS.

A produção de MS de raiz das plantas de azevém teve comportamento parecido com aquela observada para a MS de parte aérea, porém, para a MS de raiz, o máximo valor (3600,7 kg ha⁻¹) foi obtido aos 130 DAE, estabilizando-se a partir desta época (Figura 4B). Ressalta-se que neste trabalho as plantas foram cultivadas em vasos com 10 kg de solo, e o comportamento da produção de raízes em condições de campo pode ser diferente devido às modificações das condições edáficas.

A produção total de MS é resultado do somatório da produção inicial e dos acúmulos diários durante todo o período experimental. De modo geral, o crescimento das plantas forrageiras é influenciado pela parte aérea e pelo seu desenvolvimento radicular, pois estes processos interagem de forma que a assimilação de carbono na parte aérea é necessária para o crescimento do sistema radicular e a absorção radicular é imprescindível para o desenvolvimento da parte aérea. No início do ciclo do vegetal, o estabelecimento do sistema radicular bem desenvolvido é primordial para um bom aparato foliar, porém, com o passar do tempo as raízes entram em senescência e o acúmulo de MS tendem a diminuir, sendo que os nutrientes ficam mais concentrados na parte aérea da planta (GIACOMINI et al., 2005). Dessa forma, a queda de produção de MS de raiz antes da MS de parte aérea foi esperada.

5.2. Teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio

O estado nutricional das plantas de azevém, avaliado por meio dos teores dos macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na MS de parte aérea, estão apresentados na Figura 5. Houve efeito significativo dos tratamentos (diferentes épocas de avaliação) sobre os teores de N, P e K na MS de parte aérea.

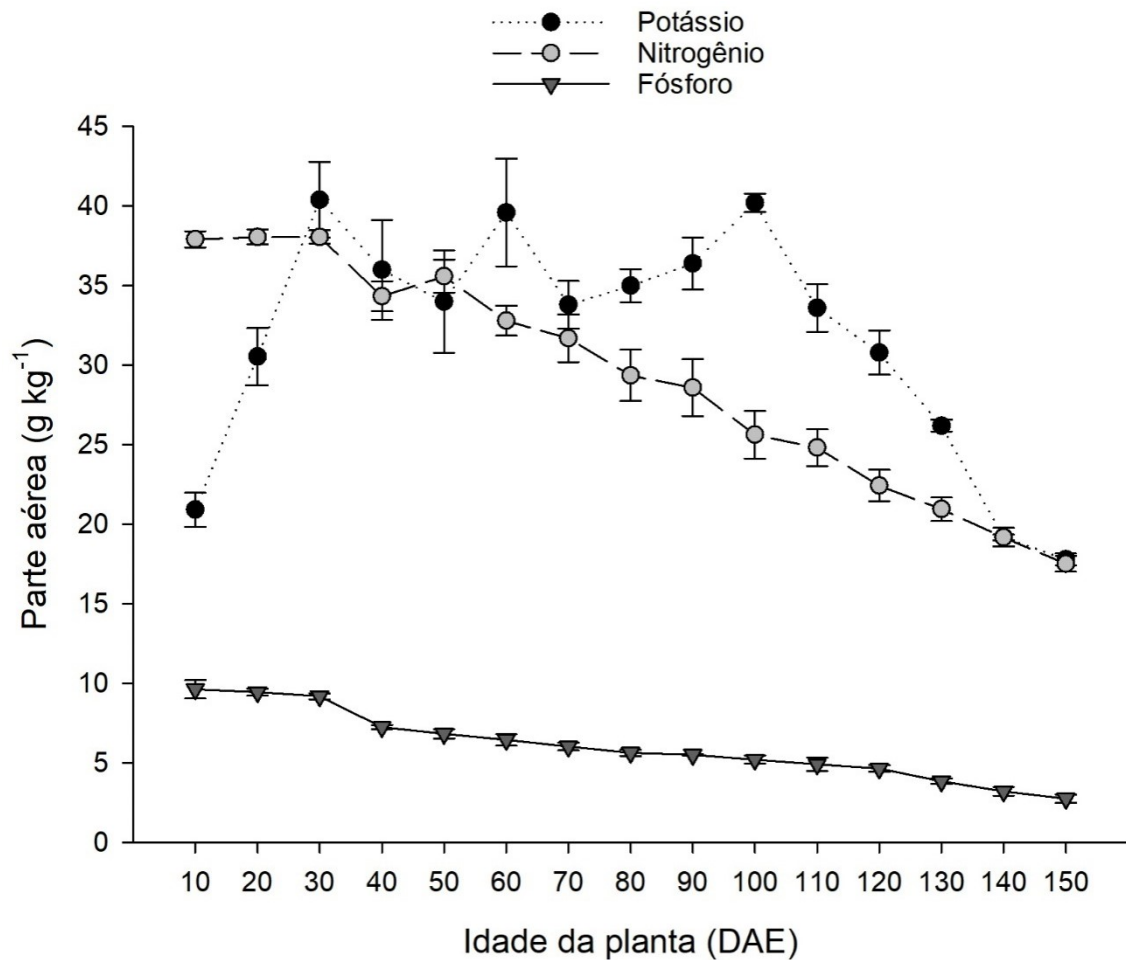


Figura 5. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na massa seca (MS) de parte aérea em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).

Os teores de N e P na MS de parte aérea do azevém diminuíram conforme foi aumentando a idade da planta. Em 10 DAE, os teores de N e P foram 37,9 e 9,6 g kg⁻¹ respectivamente, e aos 150 DAE foram 17,5 e 2,8 g kg⁻¹ respectivamente. Os valores de teores de N até aos 100 DAE e de P até aos 130 DAE estiveram bem acima dos teores

tidos como adequado (23,0 e 2,9 g kg⁻¹ de N e P, respectivamente) para uma produção média de 10 t ha⁻¹ de MS de azevém, segundo a SBCS (2019).

Esse decréscimo em teores de N e P conforme aumenta a idade da planta está relacionado ao aumento da MS produzida em relação à absorção desses nutrientes, dessa forma promovendo o “efeito de diluição”, ou seja, com o aumento da produção de biomassa o N e o P se redistribuem por toda a planta (MALAVOLTA et al., 1997; BACKES et al., 2010). Outro efeito que pode ter ocorrido para a diminuição dos níveis destes nutrientes na planta conforme aumenta a idade é a redistribuição dos mesmos de uma estrutura para outra, que passa a se comportar como dreno, fato que é observado para elementos móveis na planta, como o N e P.

Quanto aos teores de K, o comportamento foi diferente em relação aos teores de N e P. Houve acréscimo em teor de K entre 10 até 30 DAE (com valores variando entre 20,9 até 40,4 g kg⁻¹), em sequência, houve estabilização dos valores até 100 DAE e, posteriormente, houve decréscimo dos valores até a data final de avaliação (150 DAE, apresentando valor de 17,8 g kg⁻¹).

Os teores de K encontrados na MS de parte aérea das plantas de azevém de 30 até 110 DAE podem ser considerados elevados, uma vez que os teores ótimos variam entre 28,1 a 27,4 g kg⁻¹, para uma produtividade de 10 a 12 t ha⁻¹ de MS, respectivamente (SBCS, 2019), ocorrendo assim, o consumo de luxo, o qual consiste no acúmulo do nutriente na biomassa, sem o correspondente aumento na produção de forragem. Matos et al. (2005), também, observaram consumo de luxo nas plantas de azevém e aveia, pois os valores médios de K na parte aérea foram de 44,1 e 40,1 g kg⁻¹, respectivamente. Isso ocorre porque as plantas, em geral, possuem mais de um mecanismo de absorção de K, inclusive para teores mais altos no solo; dessa forma, elas absorvem quantidade acima de sua necessidade metabólica, que é acumulada em organelas da célula vegetal, caracterizando o consumo de luxo (GOMMERS et al. 2005; MARSCHNER, 2012).

Tomando-se como base os teores dos macronutrientes avaliados na MS de parte aérea, aos 10 e 20 DAE a ordem de teores foram N > K > P. A partir de 20 até 130 DAE, a ordem de teores foram K > N > P. Resultados com comportamento parecidos foram obtidos por Matos et al. (2005) para o azevém anual. Para a SBCS (2019), a ordem de teores de nutrientes considerados adequado na MS de parte aérea de azevém para uma produtividade média de 10 t ha⁻¹ é: K (28,1 g kg⁻¹) > N (23,0 g kg⁻¹) > P (2,9 g

kg⁻¹). No período final das avaliações, a partir do 140º DAE, os teores de N e K na MS de parte aérea foram parecidos, com a seguinte ordem: K = N > P.

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de N, P e K na MS de raiz(Figura 6).

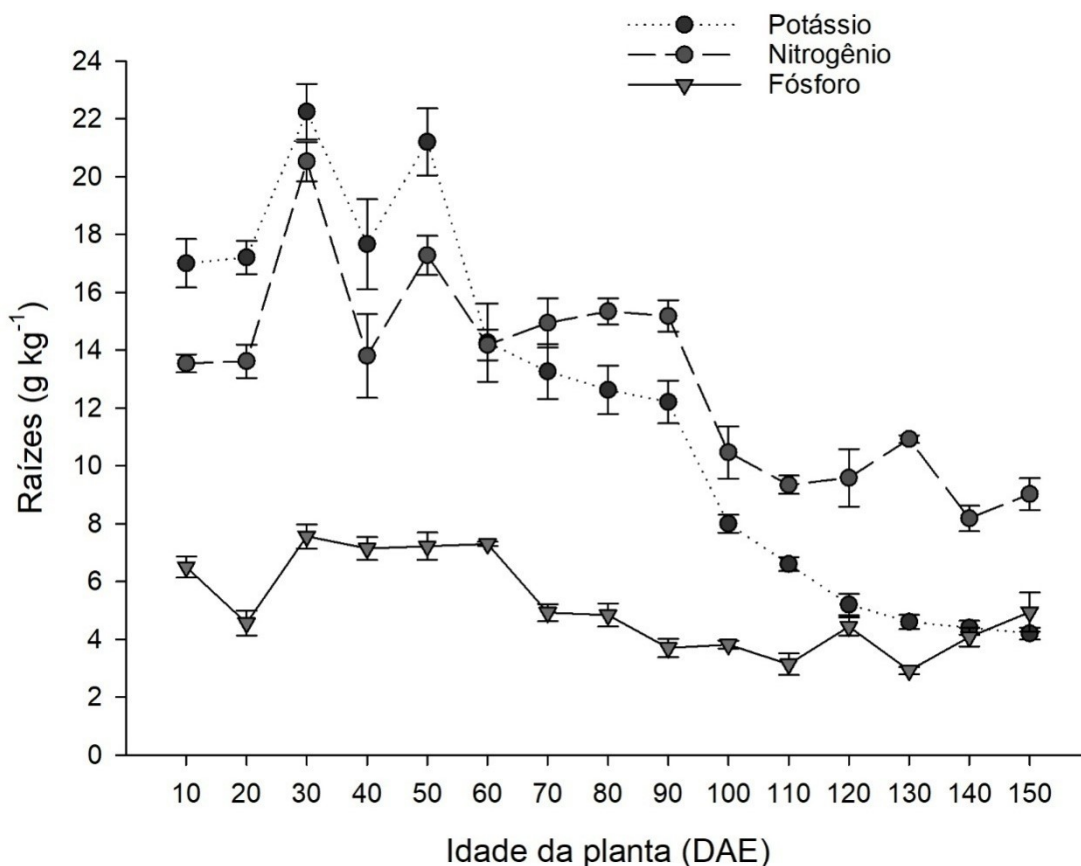


Figura 6. Teores de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na massa seca (MS) de raiz em azevém cv. BARjumbo, em função da época da coleta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).

Os maiores teores de N e K na MS de raiz foram obtidos até aos 90 DAE, com forte decréscimo de valores a partir desta época até 120 DAE, que coincide com a maior taxa de acréscimo de MS de raiz (Figura 4B). Além disso, tal fato pode ser explicado em função da adubação de cobertura com N e K que foram realizadas nos períodos de 30, 60 e 90 DAE, resultando em maiores teores de N e K na MS de raiz até este período de avaliação. Em relação ao P, a variação de teores na MS de raiz foi pequena, sendo que os maiores valores foram observados nos estádios iniciais de desenvolvimento (entre 30 e 60 DAE) e os menores valores entre 70 a 130 DAE.

Dentre os três macronutrientes estudados, tanto na parte aérea quanto na raiz, o P foi o nutriente menos exigido pelas plantas de azevém cv. BARjumbo. Observa-se que os teores de P foram em média três vezes menores quando comparados com os teores obtidos para o N e K. Além disso, houve diminuição nos teores de P tanto na MS de parte aérea quanto na MS de raiz com a idade da planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2012), ao verificarem que as concentrações de P na MS de parte aérea do azevém diminuíram ao longo do tempo. De acordo com Santos et al. (2002) o P desempenha função importante no crescimento do sistema radicular e no perfilhamento das poáceas, que são fundamentais à maior produtividade das forrageiras, sendo exigido em maiores quantidades no início do desenvolvimento da planta.

5.3. Acúmulos de Nitrogênio, Fósforo e Potássio

A dinâmica do acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de azevém, verificada pelo produto entre os teores e o rendimento de MS de parte aérea, está apresentada na Figura 7.

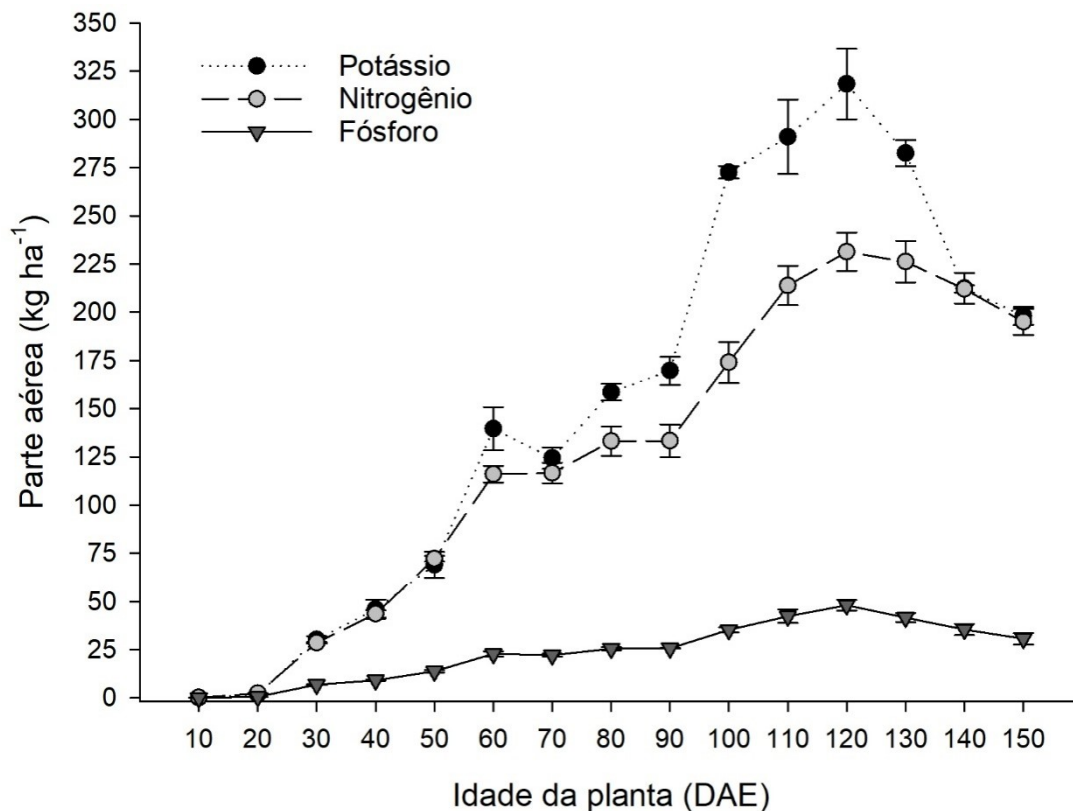


Figura 7. Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na massa seca (MS) de parte aérea em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta, Guarapuava-PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).

Em geral houve acréscimos de acúmulo de N, P e K na parte aérea das plantas de azevém desde a primeira data de avaliação (10 DAE) até aos 120 DAE, reduzindo os valores a partir desta data até a última data de avaliação (150 DAE). Os acúmulos foram menores aos 10 DAE (0,25, 0,07 e 0,14 kg ha⁻¹ para N, P e K, respectivamente) e atingiram o máximo valor aos 120 DAE (221,35, 43,99 e 300,32 kg ha⁻¹ para N, P e K, respectivamente).

Observa-se forte taxa de incrementos desses três macronutrientes na parte aérea do azevém em dois períodos distintos: entre 20 a 60 DAE e entre 90 a 120 DAE, sendo que estes períodos coincidem com as épocas de maior taxa de incremento de MS de parte aérea (Figura 4A). A partir de 120 DAE, observou-se que a produção de MS de parte aérea ainda continuou aumentando (embora com menores taxas de incremento, Figura 4A), porém, os acúmulos de N, P e K começaram a declinar, concluindo que esta diminuição em acúmulos de nutrientes foi resultado do forte decréscimo de absorção pelas raízes das plantas a partir de 120 DAE.

Aos 150 DAE (última data de avaliação), o acúmulo de K foi de 212,03 kg ha⁻¹. Matos et al. (2005), estudando o acúmulo de NPK na MS de plantas forrageiras verificaram que o acúmulo de K foi de 421,67, 282,07 e 227,34 kg ha⁻¹, respectivamente para as culturas do azevém, milho e aveia. Calvalcante et al. (2018), observaram que o K acumulado na biomassa de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) foi de 447 kg ha⁻¹. Estes resultados são superiores aos encontrados neste experimento.

Para o N, o azevém acumulou no total 200,04 kg ha⁻¹, aos 150 DAE. Silva et al. (2015), ao avaliar o acúmulo de nutrientes e a produção de biomassa de aveia + azevém em função da aplicação de calcário e gesso, constataram acúmulo de 140 kg ha⁻¹ de N na massa da forragem, este menor valor, comparado aos resultados deste estudo, ocorreu devido à aveia acumular menor quantidade de N que o azevém (MATOS et., 2005) e pela menor produtividade das forrageiras.

O acúmulo de P aos 150 DAE foi 38,7 kg ha⁻¹, bem menor que os valores de acúmulo observados para o N e K. Matos et al. (2005) observaram comportamento semelhante para as culturas do azevém, milho e aveia. Segundo Marcante et al. (2011), no início do ciclo das espécies forrageira os teores de P são maiores, contudo, na

senescência das folhas mais velhas, os teores de P diminuí, influenciando na distribuição do P das folhas mais velhas para outros órgãos da planta. Shan et al. (2018) ressaltam que menor acúmulo de P proporciona menores concentrações de lignina na parede celular das poáceas, característica favorável para o aumento da produção de biomassas das forrageiras de melhor qualidade nutricional.

Em geral, os resultados de acúmulos de N, P e K deste trabalho são inferiores aos observados por Matos et al. (2005) para o azevém anual, todavia são superiores aos de Assmann et al. (2009), no mesmo período de avaliação para as doses de 20 e 40 kg ha⁻¹ de esterco líquido de suínos, e por Silva et al. (2015a) para o azevém + aveia para todas as doses de gesso agrícola e calcário avaliadas pelos autores.

Entre 20 e 50 DAE, a ordem de acúmulo de nutrientes na parte aérea foi $K \approx N > P$. A partir de 50 até 130 DAE o acúmulo de K passou a ser maior que o de N, alterando a ordem para $K > N > P$. Nos últimos decêndios (140 e 150 DAE) o acúmulo de K e N passaram a ser próximos novamente. Na literatura tem se verificado, de modo geral, que o azevém anual tende a acumular maiores quantidades de N (MATOS et al., 2005; ASSMANN et al., 2009; SILVA et al., 2015a), seguidos do K e P (MATOS et al., 2005; SILVA et al., 2015a) ou P e K (ASSMANN et al., 2009). Contudo, Boer et al. (2007), estudando a marcha de absorção de nutrientes em milheto (*Pennisetum americanum*), e Borin et al. (2010) em estudos de marcha de absorção de nutrientes em milho doce (*Zeamays* L. grupo saccharata), observaram que a ordem de acúmulo nessas cultura foi de $K > N > P$, corroborando com os resultados do presente estudo.

Os acúmulos dos macronutrientes na raiz aumentaram com a idade da planta até atingir o máximo valor aos 110 DAE para o K (20,54 kg ha⁻¹), 140 DAE para o P (15,72 kg ha⁻¹) e 130 DAE para o N (34,31 kg ha⁻¹) (Figura 8), estando essas épocas próximas da época observada para a maior produção de MS de raiz (120 DAE, Figura 4B).

Os valores de acúmulos de N, P e K na decêndios raiz são menores quando comparados aos valores de acúmulos da parte aérea. Em linhas gerais, a parte aérea acumula maior quantidade de nutrientes do que a raiz. Entretanto, na raiz existe menor diferença de valores entre os acúmulos de P e K, sendo que os valores são próximos a partir de 120 DAE.

Para a MS de raiz, a ordem de acúmulo foi $N > K > P$, diferenciando da MS de parte aérea que teve maior acúmulo de K em relação ao N.

Observa-se neste trabalho que há forte relação entre o período de maior taxa de incremento de MS e acúmulo de N, P e K na biomassa de plantas de azevém cv.

BARjumbo, mostrando que nos estádios de maior taxa de produção de biomassa coincide com a maior demanda de nutrientes do solo pela cultura, sendo que este fato deve ser considerado durante o manejo da cultura no campo para obtenção de maior eficiência das adubações.

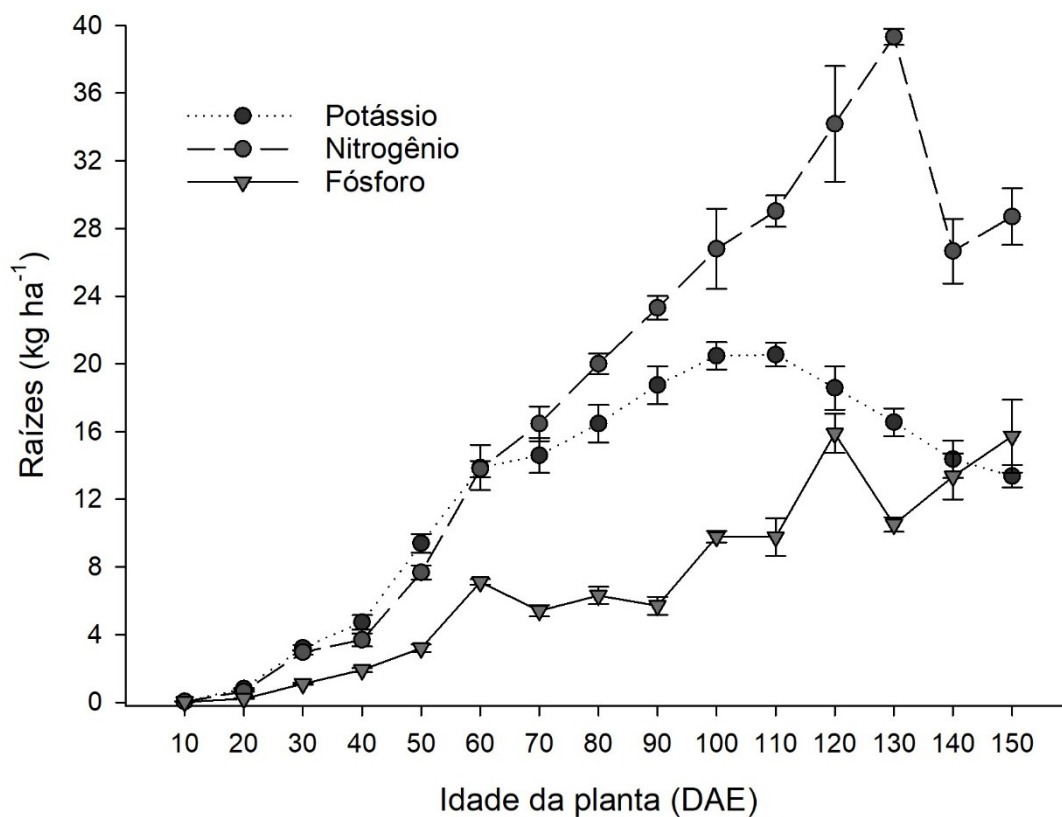


Figura 8. Acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) na massa seca (MS) de raízes em azevém cv. BARjumbo, em função da idade da planta. Guarapuava – PR, 2018. Barras representam o erro-padrão da média ($n = 5$).

5. CONCLUSÕES

A altura das plantas aumentou linearmente ao longo do período de avaliação, enquanto que para o número de perfilhos, o maior valor obtido foi aos 110 DAE.

O índice de área foliar (IAF) foi fortemente incrementado entre 30 e 100 DAE.

A produção de massa seca (MS) de parte aérea foi incrementada durante todos os decêndios avaliados (entre 10 e 150 DAE). As maiores taxas de incremento em MS ocorreram entre 50 e 60 DAE.

Os teores de N e P na MS de parte aérea diminuíram conforme a idade da planta. Para o teor de K, os valores começaram a diminuir apenas a partir de 100 DAE.

Houve acréscimos em acúmulos de N, P e K na parte aérea até aos 120 DAE. A partir desta data, os valores começaram a diminuir até o final das avaliações (150 DAE). As épocas de maiores taxas de incrementos de acúmulos de nutrientes na parte aérea coincidiram com as épocas de maior taxa de incremento de MS. A ordem decrescente de acúmulo de nutrientes na parte aérea foi $K > N > P$, enquanto que na raiz a ordem de acúmulo foi $N > K > P$.

As épocas que responderam melhor a adubação foram entre 50 e 60 dias após a semeadura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSMANN, J. M.; BRAIDA, J. A.; CASSOLI L. C.; MAGIERO, E. C.; MANTEL C.; GRIZI, E. Produção de matéria seca de forragem e acúmulo de nutrientes em pastagem anual de inverno tratada com esterco líquido de suínos. **Ciência Rural**, v.39, n.8, p.2408-2416, 2009.

ALEXANDRINO, E.; MOSQUIM, P.R.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; VAZ, R. G. M. V.; DETMANN, E. Evolução da biomassa e do perfil da reserva orgânica durante a rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a doses de Nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.190-200, 2008.

AUGOSTINHO L. M. D., PRADO, R. de M.; ROZANE, D. E.; FREITAS, N. Acúmulo de massa seca e marcha de absorção de nutrientes em mudas de goiabeira 'pedrosato'. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.577-585, 2008.

ALVIM, M. J.; MOZZER, O. L. Efeitos da época de plantio e da idade do azevém anual (*Lolium multiflorum* L.) sobre a produção de forragem e teor de proteína bruta. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 13, n. 14, p. 535- 541, 1984.

ANDRADE, A. C.; DILERMANDO, M. da F.; QUEIROZ, D. S. L.; SALGADO, T.; CECON, P. R. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetum purpureum* L. cv. napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Edição especial. p. 1643-1651, 2003.

BALOCCHI, O. A.; LÓPEZ, I. L. Herbage production, nutritive value and grazing preference of diploid and tetraploid perennial ryegrass cultivars (*Lolium perenne* L.). **Chile Journal of Agricultural Research**, v. 69, n. 3, p. 331-339, 2009.

BARTH NETO, A.; CARVALHO, P. C. de F.; LEMAIRE, G.; SBRISSIA, A. F.; CANTO, M. W. do; SAVIAN, J. V.; AMARAL, G. A. do; BREMM, C. Perfilhamento em pastagens de azevém em sucessão a soja ou milho, sob diferentes métodos e intensidades de pastejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.3, p.329-338, 2013.

BATISTA, K.; MONTEIRO, F. A. Variações nos teores de potássio, cálcio e magnésio em capim-marandu adubado com doses de nitrogênio e de enxofre. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, v.34, p. 151-161, 2010.

BOER, C.A.; ASSIS, R. L. de; SILVA, G. P.; BRAZ, A. J. B. P.; BARROSO, A. L. de L., CARGNELUTTI FILHO, Alberto; PIRES, F. R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p. 1269-1276, 2007.

BORGES, I. D.; TEIXEIRA, E. C.; BRANDÃO, L. M.; FRANCO, A. A. N.; KOITI KONDO, M.; MORATO, J. B. Macronutrients absorption and dry matter accumulation in grain sorghum, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.17, n.1, p. 15-26, 2018.

BRAZ, A.J.B.P. SILVEIRA, P. M. da; KLIEMANN, H. J.; ZIMMERMANN, F. J. P. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuaria Trop.**, v. 34, p.83-87, 2004.

BRISKE, D.D. **Developmental morphology and physiology of grasses**. In: HEITSCHMIDT, R.K., STUTH, J.W. (Eds.) *Grazing management: an ecological perspective*. Portland: Timber Press. p.85-108, 1991.

BLOUNT, A. R. PRINE, G.M.; CHAMBLISS, C.G.A. **Annual ryegrass**. Tampa: University of Florida, 2005. 315 p.

BUTLER, T.J.; MUIR, J.P.; PROVIN, T.; STEWART, W.M. Phosphorus fertilization of annual ryegrass, **Better Crops**, n. 3, v. 90, p. 6 – 9, 2006.

BULL, L. T. **Nutrição Mineral do Milho**. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H., eds. *Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, Potafos, 1993. p.63-145.

BULL, L.T.; VILLAS BÔAS, R.L.; NAKAGAWA, J. Variações no balanço catiônico do solo induzidas pela adubação potássica e efeitos na cultura do alho vernalizado. **Science Agriculture**, v.55, p. 157-163, 1998.

CARVALHO, C. A. B. de; ROSSIELLO, R. O. P.; PACIULLO, D. S. C.; SBRISSIA, A. F.; DERES, F. Classes de perfílios na composição do índice de área foliar em pastos de capim-elefante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.4, p.557-563, 2007.

CASSOL, L. C.; PIVA, J. T.; SOARES, A. B.; ASSMANN, A. L. Produtividade e composição estrutural de aveia e azevém submetidos a épocas de corte e adubação nitrogenada. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.4, p. 438-443, 2011.

CAUDURO, G.F.; CARVALHO, P.C.F.; BARBOSA, C.M.P. et al. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) manejada sob diferentes intensidades e métodos de pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1298-1307, 2006.

CARPIM, L. K.; ASSIS, R. L. de; BRAZ, A. J. B. P.; SILVA(3), G. P.; PIRES, F. R.; PEREIRA, V. C.; GOMES, G. V.; SILVA, A. G. da. Liberação de nutrientes pela palhada de milho em diferentes estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, n. especial, p. 2813-2819, 2008.

CARVALHO, M.A.C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M.E.; PAULINO, H.B.; BUZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, p.445-450, 2003.

CAVALCANTE, T J.; CASTOLDI, G.; RODRIGUES, C. R. NOGUEIRA, M. M. ALBERT, A. M. Macro and micronutrient uptake in biomass sorghum, **Pesquisa Agropecuaria Trop.**, v. 48, n. 4, p. 364-373, 2018.

CONLEY, M.E.; PAPANAZZI, E.T.; STROUP, W.W. Leaf anatomical and nutrient concentration responses to nitrogen and sulfur applications in poinsettia. **Journal Plant Nutr.**, v.25, p.1773-1791, 2002.

DAMASCENO, MEDEIROS, J. F. de; MEDEIRO, D. C. de; MELO, I. G. C. e; DANTAS, D. da C. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo " harper" fertirrigado com doses de N e K. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 137-146, 2012.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVARE V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. e NEVES, J.C.L (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina, **(Circular 73)**. IAPAR, 1992. 80p.

ECHER, F. R.; DOMINATO, J. C.; Creste, J. E. Absorção de nutrientes e distribuição da massa fresca e seca entre órgãos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 176-182, 2009.

ERNANI, P.R.; ALMEIDA JA; SANTOS FC. **Potássio**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. e NEVES, J.V.L (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006, 306 p.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. & JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. New York: Marcel Dekker, 1991, 476 p.

FARINATTI, ROCHA, M. G. da; POLI, C. H. E. C.; PIRES, C. C.; PÖTTER, L.; SILVA, J. H. S. da. Desempenho de ovinos recebendo suplementos ou mantidos exclusivamente em pastagens de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) **Revista brasileira Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 527-534, 2006.

FERRAZZA, J. M.; SOARES, A. B.; MARTIN, T. N.; ASSMANN, A. L.; MIGLIORIN, F.; N, V. Dinâmica de produção de forragem de gramíneas anuais de inverno em diferentes épocas de semeadura. **Ciência Rural**, v.43, n.7, p.1174-1181, 2013.

FERREIRA, E.A.; SILVA, A.A.; REIS, M.R.; SANTOS, J.B.; OLIVEIRA, J.A.; VARGAS, L.; KHOURI, K.R.; GUIMARÃES, A.A. Distribuição de *glyphosate* e acúmulo de nutrientes em biótipos de azevém. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 165-173, 2008.

FERREIRA, R. B.; MARCHESAN E.; COELHO L. L.; OLIVEIRA M. L. de; TELÓ, G. M.; CARGNELUTTI FILHO, A.; SARTORI, G. M. S. Manejo do azevém no estabelecimento inicial de plantas, na ciclagem de nutrientes e no rendimento de grãos do arroz irrigado. **Ciência Rural**, v.45, n.12, p.2143-2149, 2015.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. ed.3. Passo Fundo, Editora Universitária, p.541-593, 2003.

FONTANELI, R. S. SANTOS, H. P. dos. **Gramíneas forrageiras anuais de inverno**. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S. Forrageiras para integração lavoura-pecuária floresta na região sul-brasileira. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. v.1. cap.4, p. 127–172.

FRANCO, C.F., PRADO, R.M. Uso de soluções nutritivas no desenvolvimento e no estado nutricional de mudas de goiabeira: macronutrientes. **Acta Scientiarum Agronomia**. Maringá, v.28, n.2, p.199-205, 2006.

FREITAS, T. M. S. de. Dinâmica da produção de forragem, comportamento ingestivo e produção de ovelhas *Ile de France* em pastagem de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) em resposta a doses de nitrogênio. 2003. 114 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

GABRIELSEN, E. K. Effects of different chlorophyll concentrations of photosynthesis in foliage leaves. **Physiologia Plantarum**, v.1, n.1, p. 5-37. 1948.

GALVAN, J.; RIZZARDI, M.A.; SCHEFFER-BASSO, S.M. Aspectos morfofisiológicos de biótipos de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sensíveis e resistentes ao glyphosate. **Planta Daninha**, v.29, p.1107-1112, 2011.

GASTAL, F.; BÉLANGER, G.; LEMAIRE, G. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. **Annals of Botany**, v.70, p.437-442, 1992.

GIACOMINI, A.A.; MATTOS, W. T. de; MATTOS, H. B. de; WERNER, J. C. E.; CUNHA, A. da; CARVALHO, D. D. de. Crescimento de raízes dos capins aruana e tanzânia submetidos a duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.4, p.1109-1120, 2005.

GIACOMINI A. A.; SILVA, S. C. da; SARMENTO, D. O. de L.; ZEFERINO, C. V.; TRINDADE; J. K. da; SOUZA Jr, S. J.; GUARDA, V. del'A.; SBRISSIA, A. F.; NASCIMENTO Jr, D. do. Components of the leaf area index of marandupa lisa degrass swards subjected to strategies of intermittent stocking, **Sci. Agric.**, v.66, n.6, p.721-732, 2009.

GOMMERS, A.; THIRY, Y., DELVAUX, B. Rhizospheric mobilization and plant uptake of radio cesium from weathered soils: I. Influence of potassium depletion. **J. Environ. Qual.**, v.34, p.2167-2173, 2005.

GOMIDE, J.A. **Adubação fosfatada e potássica de plantas forrageiras**. In: PEIXOTO, A.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Ed.). Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 155-64.

GNIAZDOWSKA, A.; KRAWCZAK, A. MIKULSA, M.;RYCHTER, A. M. Low phosphorus nutrition alters beans plants' ability to assimilate and translocate nitrate. **Journsl Plant Nut.**, n.22, v. p. 551-563, 1999.

GRANT, C.A.; et al. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações agrônomicas. Piracicaba: **Potafós**, n. 95, 2001. 16 p.

GRANT, S. A.; BERTHARM, G. T.; TORVELL, L. Componentes of regrowth: In grazed and cut *Lolium perene* swards. **Grass and Forage Sciences**, p. 155-168, 1981.

HANISCH, A. L.; FONSECA E. Adubação de pastagens. In: CÓRDOVA, U. de A. Produção de leite à base de pasto em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, p. 205-237. 2012.

KAISER, M.; ISSELTEIN, J. Potassium cycling and loss in grassland system: a review. **Grass Forage Science**, v.60, p.213-224, 2005.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. **Agronomy Journal**, v. 80, p. 232 - 242, 1988.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D.F. **Tissue flows in grazed communities**. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.). The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB International, p. 3-37. 1996.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. Ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E.; et al. Micronutrientes e metais pesados - essencialidade e toxicidade. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Ciência, agricultura e sociedade**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, p.117-154. 2006.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. **Fundamentos do nitrogênio e do enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas**. In: YAMADA, Tsuioshi et al. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba: IPNI Brasil, 2007.

MARIAN F.; VARGAS, L.; AGOSTINETTO, D.; NOHATTO, M. A.; LANGARO, A. C.; DUARTE, T. D. Valor adaptativo e habilidade competitiva de azevém resistente e suscetível ao iodo sulfuron em competição com o trigo, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.6, p.710-719, jun. 2016.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego. Academic Press, 2012. 889p.

MARCHESAN, R.; PARIS, W.; TONION, R.; MARTINELLO, C.; MOLINETE, M. L.; PAULA F.; L.; M.; ROSE, R. Valor nutricional de cultivares de azevém consorciados ou não com aveia sob dois resíduos de pastejo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.14, n.3, p.254-263, 2015.

MARCHESAN, R.; PARIS, W.; GLASENAPP de M.; TONION, L. F.; MARTINELLO, R.; NUNES de O. CL.; HOPPEN, O. S. M. Italian ryegrass cultivars production associate dor not with oat black under two post grazing residues. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2291-2300, 2016.

MATOS, A. T. de; PINTO, A. B.; PEREIRA, O. G.; BARROS, F. M. Extração de nutrientes por forrageiras cultivadas com água residuária do beneficiamento de frutos do cafeeiro, **Revista Ceres**, v.52, n.303, p.675 - 688, 2005.

MESQUITA, E.E.; NERES, M.A. Morfogênese e composição bromatológica de cultivares de *Panicum maximum* em função da adubação. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p.201-209, 2008.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 281-298.

MITTELMANN, A.; MONTARDO, D. P.; CASTRO, C. M.; NUNES, C. D. M.; DÖRING, E.; BUCHWEITZIV, B. O. C. Caracterização agronômica de populações locais de azevém na 8^a Região Sul do Brasil. **Ciência Rural**, v.40, n.12, p. 2527–2533, 2010.

MONTEIRO, A. L. G.; MORAES, A. de; CORREA, E. A. dos S.; OLIVEIRA, J. C. de; SA, J. P. G.; ALVES, S. J.; POSTIGLIONI, S. R.; CECATO, U. **Forragicultura no Paraná**. Londrina-PR: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras CPAF, p. 231 a 235, 1996.

MORAES, Y. J. B. de. **Forrageiras: conceitos, formação e manejo**. Guaíba: Agropecuária, 1995. 215 p.

MÜLLER, L.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; STRECK, N. A.; MITTELMAN, A.; NETO, D. D.; BANDEIRA, A. H.; MORAIS, K. P. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diplóides e tetraplóides de azevém. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1343-1348, 2009.

NAIR, R. Developing tetraploid perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) populations. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 1, p. 45- 49, 2004.

OLIVEIRA, L. V.; FERREIRA, O. G. L.; COELHO, R. A. T.; FARIAS, P. P.; SILVEIRA, R. F. Características produtivas e morfofisiológicas de cultivares de azevém. **Pesquisa Agropecuária Trop.**, v. 44, n. 2, p. 191-197, 2014.

PAVINATO, P. S.; Restelatto, R.; Sartor, L. R.; Paris, W. Production and nutritive value of ryegrass (cv. Barjumbo) under nitrogen fertilization. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 2, p. 230-237, 2014.

PELLEGRINI, L. G. de; MONTEIRO, A. L. G.; NEUMANN, M.; MORAES, A. de; PELLEGRINI, A. C. R. S. de; LUSTOSA, S. B. C. Produção e qualidade de azevém-anual submetido a adubação nitrogenada sob pastejo por cordeiros, **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, n.9, p.1894-1904, 2010.

PEDREIRA, B.C. e; PEDREIRA, C.G.S. Fotossíntese foliar do capim-xaraés *Brachiariabrizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés e modelagem da assimilação potencial de dosséis sob estratégias de pastejo rotativo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.773-779, 2007.

PIANA, Z.; CRISPIM, J.E.; ZANINI NETO, J.A. Superação da dormência de sementes de azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.8, n.1, p.67- 71, 1986.

PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.M.; CAMPOS, F.S.; RAMOS, J.P.F.; MACEDO, C.H.O.; BEZERRA, H.F.C. Silagesso pearl millet submitted to nitrogen fertilization. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 918-924, 2014.

PONTES L. da S.; NABINGER, C.; CARVALHO, P. C. de F.; TRINDADE, J. K. da; MONTARDO, D. P.; SANTOS R. J. dos. Variáveis morfogênicas e estruturais de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejado em diferentes alturas. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.32, n.4, p.814-820, 2003.

PRADO, R.M.; NASCIMENTO, V.M. **Manejo da adubação do cafeeiro no Brasil**. 1.ed. Ilha Solteira: FEIS/UNESP. 2003, 273 p.

RAIJ, B.van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres, 1991. 343p.

RAMOS, A. R. Produção de matéria seca e qualidade bromatológica de genótipos de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo de bovinos de leite. 2017. 57 f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) Universidade Estadual de Santa Catarina, Chapecó, 2017.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S.; Garcia, R. A. Potássio lixiviado da palha de aveia-preta e milheto após a dessecação química. **Pesquisa Agropecuária Trop.**, vol. 42, n. 8, p.1169-1175, 2007.

SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B.; ALVAREZ, V. H. V.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades, **Revista Brasileira Ciências do Solo**, n.26, v. p. 173-182, 2002.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D. M. da; BALBINO, E. M.; MONNERAT, J. P. I. dos S.; SILVA, S. P. da. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e

características da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.38, n.4, p.650-656, 2009a.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. da; BALBINO, E. M.; MONNERAT, J. P. I. dos S.; SILVA, S. P. da. Caracterização de perfilhos em pastos de capim-braquiária diferidos e adubados com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 38, n. 4, p. 643-649, 2009b.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. da; Gomes, V. M.; BALBINO, E. M.; MAGALHÃES, M. A. Estrutura do capim-braquiária durante o diferimento da pastagem. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 32, n. 2, p. 139-145, 2010.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. da; Gomes, V. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; GOMIDE, C. A. de M.; SBRISSIA, A. F. Capim-braquiária sob lotação contínua e com altura única ou variável durante as estações do ano: dinâmica do perfilhamento. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 40, n. 11, p. 2332-2339, 2011a.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M. da; PIMENTEL, R. M.; SILVA, G. P.; Gomes, V. M.; SILVA, S. P. da. Número e peso de perfilhos no pasto de capim-braquiária sob lotação contínua. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 2, p. 131-136, 2011b.

SHAN, L. CHANGCHUN, S.; ZHANG, X.; REN J. Effects of long-term nitrogen and phosphorus addition on plant defence compounds in a freshwater wetland. **Ecological Indicators**, v. 94, n. 1, p. 1-6, 2018.

SILVA, M. R.; PELISSARI, A.; MORAES, A. de; SANDINI, I. E.; CASSOL, L. C.; ASSMANN, T. S.; OLIVEIRA, E. B. de. Acumulação de nutrientes e produção forrageira de aveia e azevém em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista de Ciências Agrárias**, n.38, v.3, 346-356, 2015a.

SILVA, M. F.; ROCHA, M. G.; PÖTTER, L. Leaf tissue flows in ryegrass managed under different stocking rates. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 37, n. 2, p. 115-121, 2015b.

SMITH, K. et al. The effects of ploidy and a phenotype conferring a high water soluble carbohydrate concentration on carbohydrate accumulation, nutritive value and morphology of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). **Journal of Agricultural Science**, v. 136, n. 1, p. 65-74, 2001.

SIMONETE, M.A.; KIEHL, J.C.; ANDRADE, C.A. & TEIXEIRA, C.F.A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38 p.1187-1195, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de Adubação e Calagem Para o Estado do Paraná**. Curitiba, Núcleo Estadual Paranaense da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2017. 289 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). **Manual de Adubação e Calagem Para o Estado do Paraná**. 2. ed. Curitiba, Núcleo Estadual Paranaense da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. 289 p.

SOUZA, V.F. de; COELHO, E.F. Manejo de fertirrigação em fruteiras. In: FOLEGATTI, M.V. (Coord.). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba: Agropecuária. v.2, cap.2, p.71-103. 2001.

SUGIYAMA, S. Responses of shoot growth and survival to water stress gradient in diploid and tetraploid populations of *Lolium multiflorum* and *L. perenne*. **Grasslands Science**, Malden, v. 52, n. 4, p. 155-160, 2006.

VASCONCELLOS, C. A.; BARBOSA, J. V. A.; SANTOS, H. L. dos; FRANCA, G. E. de; BAHIA FILHO, A. F. de C. Acumulação de massa seca e de nutrientes por dois híbridos de milho com e sem irrigação suplementar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.8, p. 887-901, 1988.

VENDRAMINI, J. M. B.; DUBEUX JR, J. C. B.; COOKE; R. F. Gramíneas e Leguminosas de Clima Temperado. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. (Eds.). **Forrageicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. 1. ed. Jaboticabal – SP. v.1. cap 9, p. 125-135. 2013.