

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTOS SUCESSIVOS DE CAPIM-MARANDU EM  
DIFERENTES SOLOS SUBMETIDOS À FERTILIZAÇÃO  
POTÁSSICA**

**Saulo Strazeio Cardoso**

Engenheiro Agrônomo

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CRESCIMENTOS SUCESSIVOS DE CAPIM-MARANDU EM  
DIFERENTES SOLOS SUBMETIDOS À FERTILIZAÇÃO  
POTÁSSICA**

**Saulo Strazeio Cardoso**

**Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

**2016**

C268c Cardoso, Saulo Strazeio  
Crescimentos sucessivos de capim-marandu em diferentes solos submetidos à fertilização potássica / Saulo Strazeio Cardoso. – – Jaboticabal, 2016  
xiv, 30 p. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016  
Orientador: Edson Luiz Mendes Coutinho  
Banca examinadora: Valdeci Orioli Júnior, Anice Garcia, José Eduardo Corá, Carolina Fernandes  
Bibliografia

1. *Brachiaria brizantha*. 2. Potássio. 3. Área foliar. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.416.4:633.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CRESCIMENTOS SUCESSIVOS DE CAPIM-MARANDU EM DIFERENTES SOLOS SUBMETIDOS À FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA

AUTOR: SAULO STRAZEIO CARDOSO

ORIENTADOR: EDSON LUIZ MENDES COUTINHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. VALDECI ORIOLI JÚNIOR  
Departamento de Agronomia / IFTM - Uberaba/MG



Profa. Dra. ANICE GARCIA  
FAFRAM / Faculdade de Ituverava Dr. Francisco Maeda - Ituverava/SP



Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO CORÁ  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Profa. Dra. CAROLINA FERNANDES  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 29 de abril de 2016.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**SAULO STRAZEIO CARDOSO** – nascido em 13 de novembro de 1984 em Ribeirão Preto – SP. Em agosto de 2004 ingressou no curso de Agronomia na Faculdade “Doutor Francisco Maeda” de Ituverava – SP, obtendo-se o título de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2009. Em fevereiro de 2012 obteve o título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo), pela Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal – SP. Em março desse mesmo ano, iniciou o curso de Doutorado em Agronomia, no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal na Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal – SP, sendo bolsista da CAPES.

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.  
Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes.”*

***(Martin Luther King)***

Aos meus pais, **Carlos Cardoso** e **Olga Luzia de Giacomio Strazeio Cardoso**, pelo carinho, incentivo e apoio oferecidos.

Ao meu irmão, **Carlos Júnior**, por sua confiança e credibilidade em minha pessoa, pela união, amizade, força, amor e apoio.

À minha noiva **Marcela Caetano Lopes** pelo incentivo, compreensão e encorajamento, durante todo esse período.

**Ofereço.**

Ao meu padrinho **Osair Lineu de Giacomio Strazeio**, que nos deixou recentemente e tenho certeza que de onde você estiver você estará sempre torcendo por mim. Você permanecerá eternamente em minha lembrança, e principalmente em meu coração. Saudades eternas!

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por mais um obstáculo vencido, pois foi no senhor que encontrei forças para me recompor nas horas mais difíceis dessa caminhada.

Aos meus pais Carlos e Olga, por sempre estarem ao meu lado me apoiando, e incentivando minha vida profissional.

Ao meu irmão Carlos Júnior, sua esposa Ana Lúcia e meu amado sobrinho Matheus, pelo apoio, amizade e pelos momentos de descontração.

A minha noiva Marcela por ser minha companheira inseparável, pela compreensão, carinho, incentivo, pela ajuda nos momentos difíceis e pela compreensão da minha ausência nos últimos meses.

A todos os meus familiares, em especial ao meu padrinho Osair Lineu de Giácomo Strazeio (*in memoriam*) pelo exemplo de caráter e dignidade.

Ao orientador Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho, à vossa cooperação sem limites e aconselhamento, um exemplo de profissional que tornou muitas coisas possíveis e pelas valiosas orientações neste trabalho.

A todos os funcionários do Departamento de Solos e Adubos em especial à Claudia Campos Dela Marta e Dejair Lúcio da Silva, pela amizade e valiosa cooperação.

Ao Bernardo, Fábio Lucas, Fernanda e Marilena, os quais foram importantes o vosso apoio sempre a postos para ajudar quando solicitados.

À professora Dra. Célia Regina Paes Bueno e a graduanda Ana Beatriz Coelho França pela disponibilidade e auxílio nas análises mineralógicas.

Ao professor Dr. Antenor Zanardo, pela cessão do Laboratório de Difração de Raio X do Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, Departamento de Petrologia e Metalogenia (IGCE/UNESP – RIO CLARO) pela realização das leituras das lâminas mineralógicas.

Ao Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária (FCAV/UNESP – JABOTICABAL) em especial à professora Dra. Durvalina Maria M. dos Santos e a técnica de laboratório Sonia Maria R. Carregari pelo auxílio nas análises de carboidratos totais não estruturais.



À banca examinadora pelas críticas e sugestões para a melhoria da qualidade desta tese.

Aos professores das disciplinas cursadas durante o doutorado.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa, pela ajuda nas análises estatísticas.

Aos amigos de pós-graduação: Laérte, André, Jordana, Edmar, Esmeralda, Márcio, Eliza, Marcelo, João Emmanuel, Deise, Annita, Mayara e todos os demais, pela divertida e fraterna convivência e auxílio mútuo.

Ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) e a CAPES, pela oportunidade e concessão de bolsa de estudos.

Compartilho e dedico a vocês essa minha vitória.

**A todos vocês, o meu muito obrigado!**

## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
3.1 Amostras de solos .....	10
3.2 Tratamentos e delineamento experimental .....	11
3.3 Instalação e condução do experimento.....	11
3.4 Avaliações.....	12
3.5 Análises estatísticas .....	12
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
4.1 Concentração de K na parte aérea .....	13
4.2 Área foliar.....	15
4.3 Produção de massa seca.....	18
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>22</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>23</b>

## CRESCIMENTOS SUCESSIVOS DE CAPIM-MARANDU EM DIFERENTES SOLOS SUBMETIDOS À FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA

**RESUMO** – Apesar de sua importância, ainda há uma escassez com relação a estudos relacionados à nutrição mineral de forrageiras, especialmente trabalhos sobre a adubação potássica. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da adubação potássica em diferentes solos, nas concentrações de K na parte aérea, área foliar e produção de massa seca do capim-marandu. O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5 x 5, constituído por cinco solos (Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico, Latossolo Vermelho distrófico típico, Chernossolo Argilúvico Órtico abrupto saprolítico, Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico e Neossolo Quartzarênico Órtico típico) e cinco doses de K (0; 30; 60; 120 e 180 mg kg<sup>-1</sup>) aplicadas antes do plantio das forrageiras. Em intervalos de aproximadamente 30 dias (crescimento), a parte aérea das plantas eram colhidas, totalizando sete crescimentos sucessivos. Em cada crescimento foi avaliado a concentração de K na parte aérea, área foliar e produção de massa seca. Os solos estudados apresentaram capacidade diferenciada no fornecimento de K para as plantas, sendo maior nos MTor e menor no RQo. A adubação potássica promoveu incrementos significativos na concentração de K na parte aérea, na área foliar e na produção de massa seca do capim-marandu sendo mais evidente até o terceiro crescimento sucessivo das plantas.

**Palavras-chave:** *Brachiaria brizantha*, potássio, área foliar.

## SUCCESSIVE GROWTHS OF MARANDU GRASS IN DIFFERENT SOIL UNDER POTASSIUM FERTILIZATION

**ABSTRACT** – Despite its importance, there is still a shortage of studies related to mineral nutrition of forage plants, especially on potassium fertilization. The aim of this study was to evaluate the effects of potassium fertilizer in different types of soils, the K concentrations in aerial part, leaf area and dry matter production of Marandu grass. The experimental design was completely randomized in a factorial 5 x 5 consisting of five soil types (Oxisol–Rhodic Eutrodox, Oxisol–Rhodic Hapludox, Argiluvic Chernosol Orthic Saprrolite, Ultisol–Typic Hapladult and Typical Orthic Quartzarenic Neosol) and five K doses (0, 30, 60, 120 and 180 mg kg<sup>-1</sup>) applied before planting the forage plants. At intervals of approximately 30 days (growth), the shoots were harvested, making a total of seven consecutive growths. In each growth was evaluated the concentration of K in shoots, leaf area and dry matter production. The soils showed different ability in providing K for plants, being higher in mTOR and lower in RQo. Potassium fertilization promoted significant increases in the concentration of K in shoots, leaf area and dry matter production of Marandu grass, being more evident until the third successive plant growth.

**Keywords:** *Brachiaria brizantha*, potassium, leaf area.

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1</b> – Concentração de K na parte aérea de capim-marandu em crescimentos sucessivos em função da adição de potássio em diferentes tipos de solos.....	14
<b>Figura 2</b> – Área foliar de capim-marandu em crescimentos sucessivos em função da adição de potássio em diferentes tipos de solos.....	17
<b>Figura 3</b> – Área foliar de capim-marandu no quarto crescimento em função da adição de doses de potássio .....	18
<b>Figura 4</b> – Produção de matéria seca da parte aérea de capim-marandu em crescimentos sucessivos em função da adição de potássio em diferentes tipos de solos.....	20

**LISTA DE TABELAS**

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> – Caracterização química, mineralógica e física dos solos utilizados no experimento em casa de vegetação.....	10
<b>Tabela 2</b> – Concentração de K na parte aérea de capim-marandu em função dos solos e doses de K .....	13
<b>Tabela 3</b> – Área foliar do capim-marandu sob cultivos sucessivos em diferentes tipos de solos e doses de K. ....	16
<b>Tabela 4</b> – Produção de massa seca da parte aérea de capim-marandu em função dos solos e doses de K .....	19

## 1 INTRODUÇÃO

A produtividade das culturas, diante o modelo da agricultura atual, se torna economicamente viável mediante a adição de nutrientes essenciais retirados das reservas minerais, como por exemplo, o potássio (K). O Brasil possui apenas 3,6% das reservas mundiais de K (LOPES, 2005) e a produção atinge menos de 10% do consumo anual brasileiro.

As importações desse nutriente elevam sobremaneira os custos com a adubação. Nesse sentido, estudos que visem compreender a dinâmica do K no solo, com o intuito de aumentar a eficiência da adubação, tornam-se relevantes ao processo produtivo.

O K é bastante móvel no solo e sua absorção pelas plantas é altamente seletiva. De acordo com Taiz e Zeiger (2004), este nutriente desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais, além disso, ativa varias enzimas envolvidas na fotossíntese e na respiração.

Em geral, nos solos de cerrado, a reserva de K é muito pequena, insuficiente para suprir as quantidades extraídas pelas culturas por cultivos sucessivos e, portanto, a adubação é a forma de repor o nutriente aos solos.

O capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*) está entre as gramíneas mais cultivadas no Brasil Central. Torna-se evidente a necessidade de atenção para a fertilidade do solo e as exigências nutricionais desse cultivar devido à importância dessas pastagens.

Considerado uma gramínea tolerante à cigarrinha-das-pastagens (BOTREL; NOVAES; ALVIN, 1998) e quando utilizado sob pastejo, apresenta menor incidência de fotossensibilização em animais, do que outras espécies do gênero (VALLE; EUCLIDES; MACEDO, 2000).

A adubação potássica apresenta efeitos marcantes na produção de massa seca dessas plantas forrageiras, tornando-se indispensável à aplicação desse nutriente em áreas de exploração intensiva de pastagem. Estudos realizados por Benetti e Monteiro (1999) e Lavres Jr. e Monteiro (2002) demonstraram que a produção de massa seca das plantas forrageiras foi incrementada com o fornecimento de K.

Segundo Mattos e Monteiro (1998) e Gama-Rodrigues et al. (2002), a adição de K tem proporcionado incrementos significativos na produção de massa seca da parte aérea da braquiária cultivar Marandu quando esta é cultivada em meio deficiente em K.

*Brachiaria brizantha* cv. Marandu deficientes em K apresentam colmos finos, raquíticos, intolerantes ao tombamento, folhas pouco desenvolvidas e em alguns casos, pode ocorrer clorose e necrose nas pontas e nas margens das folhas, reduzindo assim a produtividade da forrageira e tornando-as susceptível a danos por frio e doenças (MARSCHNER, 1995)

Segundo Simonsson et al. (2009), a adição de fertilizantes potássicos e o cultivo de plantas com a capacidade de extrair quantidades consideráveis de K, podem influir na relação entre as reservas de K do solo e na sua disponibilidade.

De modo geral, as gramíneas forrageiras apresentam boas respostas na produção de massa seca às aplicações de adubos potássicos. Porém mais estudos com relação a influência do suprimento e disponibilidade de K na produção e qualidade das gramíneas forrageiras, se fazem necessários, em função de solos com diferentes texturas e mineralogias.

Objetivou-se, com esse trabalho, avaliar os efeitos da adubação potássica em diferentes solos, nas concentrações de K na parte aérea, área foliar e na produção de massa seca do capim-marandu.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, as gramíneas do gênero *Brachiaria*, são uma das opções para formação de pastos, firmando-se devido sua capacidade de manejo (MONTEIRO, 1995). São excelentes forrageiras perenes e com grande produção de massa foliar de boa qualidade (KISSMAN, 1997), sendo importantes fontes de nutrientes para os animais em pastejo (SODER; STOUT, 2003).

A disponibilidade de nutrientes, escolha da forragem e suas interações com o meio ambiente são fatores essenciais para o crescimento e sucesso no uso dessas forrageiras (FAGUNDES et al., 2006; PRIMAVESI et al., 2006).

A *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu está dentre as forrageiras que apresenta uma boa produtividade, sendo mais uma opção para os pecuaristas, no qual se pode observar uma tendência ao aumento na utilização dessa cultivar, devido ao fato dessa gramínea se adaptar bem a solos de média e baixa fertilidade ou de textura arenosa, e tolerar altas saturações por alumínio (SOUZA; SOARES FILHO, 1996).

A baixa fertilidade da maioria dos solos nas regiões tropicais é um fator que torna imperiosa a sua consideração nas áreas de pastagens, se o objetivo for incrementar a produtividade agropecuária. À medida que a agricultura torna-se mais intensiva e tecnificada, com maiores rendimentos, aumentam as exigências de nutrientes e, conseqüentemente, o K torna-se mais importante perdendo apenas para o nitrogênio (LAVRES JUNIOR; MONTEIRO, 2003).

O K é um dos nutrientes mais abundantes nos solos, podendo atingir concentrações de 300 a 30.000 mg kg<sup>-1</sup> (SPARKS, 2000), as quais são pouco menores nas regiões tropicais (900 a 19.000 mg kg<sup>-1</sup>) (FASSBENDER, 1984). No entanto, do total existente no solo, apenas uma pequena fração encontra-se em formas mais prontamente disponíveis às plantas, seja ligado às cargas elétricas negativas (K trocável), seja na solução do solo (K solução) (SPARKS, 2000).

O potencial para liberação do K é proporcional à quantidade de minerais primários e secundários, fontes de K, presentes no solo, e à capacidade das plantas em reduzir a concentração de K na solução a concentrações que provoquem a sua liberação dos minerais, o que ocorre principalmente na rizosfera (MITSIOS; ROWELL,

1987; RAO; KHERA, 1994). Além disso, a velocidade com que o K é liberado depende, também, do tipo de mineral, do tamanho das partículas, de seu grau de intemperização e de sua difusão no solo (MEURER; CASTILHOS, 2001).

O K é encontrado em feldspatos e micas (minerais primários) que, ao serem intemperizados, liberam-no para a solução do solo, onde será absorvido pelas plantas. As vermiculitas e esmectitas (minerais secundários) são produtos da intemperização dos primários, também podem apresentar K na sua estrutura, por esse motivo constituem fontes potenciais de K (MELO et al., 2004; CURTI; KÄMPF; MARQUES, 2005).

Com a intemperização da rocha, os minerais primários que contém K sofrem alterações, primeiramente formando as argilas, como as esmectitas e vermiculitas, que, posteriormente transformam-se em caulinita (PÉDRO, 1979). A partir de uma micro divisão das micas, formam-se a illita com a abertura gradual das entrecamadas e conseqüente liberação do K, podendo cátions como Al, Ca e Mg ocupar então esse lugar (MARTIN GARCIA et al., 1997).

Nos solos tropicais com predomínio de minerais de argila do tipo 1:1, pequena parte do K aplicado vai para a solução do solo e o restante migra para o complexo de troca. Já em solos com predomínio de minerais do tipo 2:1, pode haver fixação de K nas entrecamadas desses minerais, no entanto, esse fenômeno é pouco expressivo em solos brasileiros (ERNANI et al., 2007).

O K é o cátion mais abundante nos tecidos vegetais, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes na forma do íon  $K^+$ . Este nutriente é encontrado como cátion livre ou adsorvido e não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, o que torna facilmente trocável das células ou dos tecidos, com alta mobilidade intracelular (MEURER, 2006).

Estudos constataram teores insuficientes de K disponível na maioria dos solos, devido ao crescimento da agricultura brasileira e conseqüentemente, a exigências desse nutriente pelas plantas, proporcionando o grande aumento no consumo dos fertilizantes potássicos (NACHTIGALL; RAIJ, 2005).

A variação de K total nos solos brasileiros se encontra na faixa de 0,05 a 2,5% (LOPES, 1982), ocorrendo maiores teores desse nutriente em solos menos intemperizados. Entretanto, as plantas têm a capacidade de absorver quantidade de

K superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo de K (MEURER, 2006).

Estudos com o K têm despertado interesses, visto que 95% desse elemento consumido no Brasil são importados. O cloreto de K (KCl) tem se destacado como principal produto de importação. No Brasil, a única fonte produtora de fertilizantes potássicos, está sendo explorado pela Companhia Vale do Rio Doce localizada em Sergipe.

O nutriente se redistribui dos órgãos e folhas mais velhas para as mais novas, e conseqüentemente, os sintomas de deficiência de K se manifestam em primeiro lugar nas folhas velhas, caracterizados por uma clorose seguida de necrose das pontas e margens (MALAVOLTA, 1980).

O K possui várias funções na planta, sendo um dos nutrientes mais utilizados na planta, atuando na fotossíntese e, ainda, funcionando como ativador enzimático, na abertura e fechamento de estômatos e conseqüentemente do regime hídrico das plantas. Quando as plantas absorvem  $K^+$  em níveis suficientes, a intensa mobilidade que esse íon tem no xilema e no floema das plantas, possibilita a planta regular seu balanço interno desse nutriente (RODRIGUES et al., 2007).

Embora esteja presente em todas as células vivas, não é considerada uma parte integrante das células, nem possui uma função completamente esclarecida (COELHO; VERLENGIA, 1973). Segundo estudos realizados por Mello et al. (1989), o K não faz parte dos compostos orgânicos estruturais da planta. Presente na forma iônica no suco celular e na seiva dos vegetais, ou então, adsorvidos às proteínas do protoplasma sendo um elemento mineral móvel nos tecidos.

A dose de fertilizante potássico adequada para cada cultura pode ser estimada pela quantidade exportada na colheita e pela quantidade de K liberada das reservas minerais do solo. Estudos realizados por Blake et al. (1999) em três experimentos com duração de 30 anos (1965-1996) no Reino Unido, Alemanha e Polônia, verificaram que menos de 62% de todo o K adicionado encontrado no perfil do solo até a 0,80 m de profundidade e/ou extraído pelas plantas, sendo os demais perdidos por lixiviação.

Rosolem e Calonego (2013) realizaram estudos com rotação de culturas envolvendo soja, triticale, girassol, milheto, sorgo forrageiro, crotalária e pousio em um Nitossolo localizado em Botucatu (SP), verificaram que após três anos de

experimento as culturas não foram eficientes para prevenir as perdas de nutrientes do solo. Esses mesmos autores verificaram também, em outro solo (Latosolo Vermelho), perdas de K tanto para o cultivo com milho (safra de verão) como para o cultivo com soja.

Ferrari Neto (1991), em estudos realizados com Braquiária (*Brachiaria decumbens*) e Colonião (*Panicum maximum*) utilizando a técnica do elemento faltante, verificou-se que a produção dos capins foi influenciada pelo K, ou seja, na ausência do elemento, a produção dessas plantas correspondeu a 30% da massa seca produzida no tratamento completo, na soma de dois cortes.

Silva et al. (1995) avaliando o efeito de diferentes doses de K (0; 39; 78; 156; 234; 312 e 975 mg L<sup>-1</sup>) no capim Tanzânia-1, verificaram respostas lineares positivas às doses de K para produção de massa seca de lâminas de folhas maduras e recém-expandidas, colmos mais bainhas e no perfilhamento do capim.

Cantarutti et al. (2001) em estudo com K, em solo com o cultivo de pastagem com cultivar Marandu, verificaram que os animais consomem todo o K da gramínea, sendo que 99,14% desse K retornam ao pasto pelas fezes e urinas. O retorno do K pelas excreções, entretanto, ocorre com uma distribuição desuniforme no pasto, devido ao fato de se ter uma grande concentração das excreções, próximo de cercas, cochos, bebedouros e áreas sombreadas, não influenciando a produção global das pastagens (BRAZ et al., 2002).

Nesse contexto, segundo um levantamento realizado por Coutinho et al. (2004), a adubação potássica tem proporcionado incrementos significativos na produção de forrageiras estabelecidas em solos com teores baixos ou muito baixos de K.

A baixa resposta das forrageiras com relação à adubação potássica, está relacionada com teores médios ou altos de K no solo. Isso é reportado em um experimento realizado por Paulino et al. (1986) no estado de São Paulo, com teores variando de 1,8 a 2,2 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (solos de várzea) no qual não observaram alterações significativas na produção de massa seca em dois cortes da *Brachiaria humidicola*.

Andrade et al. (1997), cultivando *Brachiaria decumbens* em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico cujo teor inicial de K era de 2,6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, obtiveram respostas semelhantes ao estudo de Paulino et al. (1986). Segundo Raji et al. (1996), esse teor de K inicial no solo é considerado médio e, portanto, os efeitos positivos da

adubação potássica só foram evidentes após a redução da concentração de K no solo estudado, ou seja, no quinto e sexto cortes da forrageira.

Segundo Monteiro e Werner (1997), para o manejo da adubação potássica em gramíneas forrageiras, deve-se levar em consideração o suprimento de K do solo para as plantas como também a ciclagem desse nutriente. Nesse contexto, diversos estudos têm sido realizados visando fornecer subsídios que possibilitem a avaliação da exigência de K pelas gramíneas forrageiras.

Resultados dessas pesquisas tem demonstrado a importância desse nutriente para as culturas, principalmente na influência da produção de massa seca, perfilhamento, balanço nutricional e até mesmo sintomas de deficiência de K.

Mattos (1997) utilizando esta modalidade de estudo, avaliou em duas forrageiras, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk o efeito de oito doses de K e obtiveram respostas favoráveis às doses utilizadas quanto à produção de massa seca da parte aérea, número de perfilhos e à concentração do nutriente nos tecidos.

Andrade et al. (1996), avaliando o efeito da fertilização nitrogenada e potássica, na produção de massa seca da parte aérea de *Panicum maximum*, verificou efeito da aplicação de K. Na ausência desse nutriente, a resposta ao nitrogênio foi limitada, enquanto na presença de K na adubação a resposta ao nitrogênio foi acentuada.

Segundo Faquin et al. (1995) em experimento realizado com doses de K em *Brachiaria decumbens* e *Panicum maximim* cv. Colonião, esses autores verificaram incrementos significativos na produção de massa seca da parte aérea das plantas forrageiras em todos os cortes realizados. Verificaram também, que a produção de massa seca em função das doses de K, no total de cortes, variou em quase quatro e cinco vezes, no capim-Braquiaria e no capim-Colonião, respectivamente.

Incrementos significativos na produção de massa seca também foram observados por Faquin et al. (1995) em um outro experimento, no qual avaliou o desenvolvimento da *Brachiaria decumbens* adubada com cinco doses de K (0, 50, 100, 200 e 400 mg kg<sup>-1</sup>) cultivadas em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico de textura média no Noroeste do Paraná. Os autores verificaram também que, na soma dos cortes, para a produção de massa seca, houve um aumento de quase quatro vezes a mais do que o tratamento sem K.

Seguindo esse mesmo estudo, Mattos e Monteiro (1998) avaliaram o efeito de diferentes doses de K em dois crescimentos sucessivos de capim Marandu e observaram que, à medida que aumentou as doses de K, conseqüentemente houve um aumento na produção de massa seca da parte aérea e raízes das plantas, como também na concentração de K nos tecidos dessa forrageira. Os autores observaram nos tratamentos sem adição de K, sintomas de deficiência de K, caracterizado por clorose na borda das folhas no qual foi se acentuando em direção à nervura principal.

Com a combinação de cinco doses de N (42, 140, 238, 336 e 434 mg L<sup>-1</sup> de N) e três doses de K (78, 234 e 390 mg L<sup>-1</sup> de K), Ferragine e Monteiro (1999) observaram que no primeiro crescimento da *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, a produção de massa seca foi influenciada conjuntamente por N e K, sendo a maior produção obtida com as doses de 434 mg L<sup>-1</sup> e 234 mg L<sup>-1</sup>, de N e K respectivamente. Visando altas produtividades Robinson (1985), ressaltou que a adubação nitrogenada deve ser sempre acompanhada de uma adubação potássica equilibrada.

Costa et al. (2008), avaliando também a combinação de doses de N (0, 25, 50 e 100 mg dm<sup>-3</sup> de N) e K (0, 25, 50 e 100 mg dm<sup>-3</sup> de K) em amostras de um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, verificaram que a adubação potássica aumentou a concentração de K nas plantas, mesmo o solo apresentando altos teores de K (3,6 mmolc dm<sup>-3</sup>).

Ferragine e Monteiro (1999) avaliando o suprimento de N em presença das diferentes doses de K obtiveram a maior produção de massa seca da parte aérea de *Braquiária decumbens*, no primeiro corte, demonstrando que o N associado à adubação potássica é importante para a produção de massa seca, no qual proporcionou maiores rendimentos da forrageira.

Pereira (2001) avaliando o efeito do fornecimento de K na solução nutritiva em relação à área foliar do capim-mombaça, constatou que as doses de K tiveram efeito significativo, em dois períodos de crescimento da gramínea. O autor verificou ainda, que os resultados ajustaram-se a regressão linear, em ambos os cortes e caso as doses excedessem às empregadas, possivelmente a área foliar poderia ser mais elevada.

Estudos realizados por Rodrigues et al. (2007), envolvendo quatro doses de N (0, 75, 150 e 225 mg dm<sup>-3</sup>) e três doses de K (0, 50 e 100 mg dm<sup>-3</sup>) em amostras de

um Latossolo Vermelho Amarelo, textura arenosa, verificaram que houve efeito significativo de N e K para a área foliar. Os autores verificaram que, pelo estudo de regressão houve um comportamento linear decrescente para as doses de N e linear crescente para as doses de K.

O estado nutricional das plantas, juntamente com os fatores ambientais são ferramentas fundamentais para o processo de formação e manutenção dos tecidos vegetais e conseqüentemente de sua área foliar (LAVRES JUNIOR, 2001).

Em estudos realizados por Watson (1952), pode-se afirmar que a área foliar das plantas é dependente da nutrição da mesma, embora não se tenha analisado como os aspectos relacionados ao crescimento foliar tenham sido influenciados pelo suprimento de nutrientes minerais. Lopes et al. (1982) relataram a importância da área foliar para a produtividade de uma cultura.

Segundo Hay e Walker (1989) um parâmetro morfológico de extrema importância para a avaliação das gramíneas é a taxa de alongamento de foliar o qual tem grande correlação com a produtividade da planta forrageira.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Amostras de solos

As amostras de solos foram coletadas na camada de 0–20 cm de profundidade de um Nitossolo Vermelho eutroférico latossólico (NVef), Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd), Chernossolo Argilúvico Órtico abrupto saprolítico (MTor), Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico (PVAe) e Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), situados em áreas dos municípios de Guariba-SP, Jaboticabal-SP, Monte Alto-SP, Monte Alto-SP e São Carlos-SP, respectivamente. Os solos foram classificados conforme critérios estabelecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (SANTOS et al., 2013).

As amostras, depois de secarem ao ar, foram destorroadas, passadas por peneira de malha 6 mm de abertura e armazenadas. Retirou-se uma porção de cada solo, as quais foram destinadas as análises químicas, mineralógicas e físicas (DAY, 1965; RAIJ et al., 2001; BORTOLUZZI; POLETO, 2006) e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização química, mineralógica e física dos solos utilizados no experimento em casa de vegetação.

Solos	pH (CaCl <sub>2</sub> )	MO	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	V	Mineralogia <sup>1</sup>	
		g dm <sup>-3</sup>	(resina) mg dm <sup>-3</sup>	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----			-----	%		
MTor <sup>2</sup>	4,9	21	6	1,8	20	10	34	66	48	Mi, Ct e Gb	
PVAe <sup>3</sup>	4,7	9	4	2,1	12	7	31	52	40	Mi, Ct e Gb	
NVef <sup>4</sup>	4,7	16	4	4,1	10	7	31	52	40	Mi e Ct	
LVd <sup>5</sup>	4,0	19	3	0,5	4	2	58	65	10	Ct, Mi e Gb	
RQo <sup>6</sup>	3,8	16	3	0,7	3	1	47	52	9	Ct e Gb	
		Argila				Silte			Areia		
----- g kg <sup>-1</sup> -----											
MTor <sup>2</sup>		143				113				744	
PVAe <sup>3</sup>		110				270				620	
NVef <sup>4</sup>		582				260				158	
LVd <sup>5</sup>		260				30				710	
RQo <sup>6</sup>		60				0				940	

<sup>1</sup>Difratogramas de raio-x na fração argila: Ct = caulinita; Mi = mica; Gb = gibbsita. <sup>2</sup>Chernossolo Argilúvico Órtico abrupto saprolítico; <sup>3</sup>Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico típico; <sup>4</sup>Nitossolo Vermelho Eutroférico latossólico; <sup>5</sup>Latossolo Vermelho distrófico; <sup>6</sup>Neossolo Quartzarênico Órtico típico.



### 3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos, constituíram na combinação de cinco doses de K (0; 30; 60; 120 e 180 mg kg<sup>-1</sup>) e cinco solos (já mencionados) em esquema fatorial 5 x 5, perfazendo 25 combinações, os quais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, totalizando 150 unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída de um vaso de cerâmica, revestido internamente com saco de plástico, contendo 2,8 kg de amostra de solo.

### 3.3 Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação, localizada na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias–UNESP, Câmpus de Jaboticabal/SP, no período de agosto de 2013 a junho de 2014. A posição geográfica é 21°15'17" de latitude sul, 48°19'20" de longitude oeste, com altitude de 605 metros do nível do mar.

Inicialmente, foi realizada a calagem, para correção da saturação por bases a 60%, valor recomendado por Werner et al. (1997). A aplicação do calcário (12% MgO; 42% CaO; PRNT 95%) foi feita em todo volume de solo, de cada unidade experimental, seguida de incubação úmida por aproximadamente 20 dias.

As amostras de solos foram secadas ao ar e posteriormente foram fertilizados com 200 mg kg<sup>-1</sup> de P e 84 mg kg<sup>-1</sup> de N (fosfato monoamônio), 70 mg kg<sup>-1</sup> de N (sulfato de amônio), 0,5 mg kg<sup>-1</sup> de B (ácido bórico), 0,5 mg kg<sup>-1</sup> de Cu (sulfato de cobre), 2,0 mg kg<sup>-1</sup> de Mn (sulfato de manganês), 0,1 mg kg<sup>-1</sup> de Mo (molibdato de amônio) e 3,0 mg kg<sup>-1</sup> de Zn (sulfato de zinco). A aplicação dos tratamentos (fonte: cloreto de potássio) foi realizada na mesma ocasião, não sendo repetida durante os crescimentos do capim-marandu. A aplicação dos adubos foi realizada no volume total de solo de cada vaso. Os fertilizantes utilizados foram aplicados por meio de solução aquosa, de modo a permitir distribuição o mais uniforme possível.

Deixaram-se as amostras de solo incubando durante 15 dias, mantendo-se a umidade a 80% da capacidade máxima de retenção de água. Após esse período, procedeu-se a semeadura da *B. brizantha* cv. Marandu, utilizando-se 30 sementes por vaso. Sete dias após a emergência das plantas, fez-se o desbaste e foram deixadas

cinco plantas por vaso. O teor de água do solo foi monitorado diariamente, por meio de pesagens diárias, e mantido próximo a 80% da capacidade máxima de retenção. Após cada corte, os vasos foram fertilizados com 80 mg kg<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio em solução. Semanalmente, foi realizado rodízio entre os vasos, para evitar que as plantas recebessem luminosidade desuniforme na casa de vegetação.

Aos 15 dias após a emergência, as plantas foram cortadas a uma altura de 10 cm da superfície do solo com o objetivo de uniformização. Os demais cortes também foram realizados na mesma altura, em intervalos de aproximadamente 30 dias, totalizando sete crescimentos sucessivos.

### **3.4 Avaliações**

Em todos os crescimentos, o material vegetal foi colhido e lavado em solução diluída de água mais detergente neutro e enxaguada em água corrente, água mais HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e água destilada, respectivamente. Imediatamente após a lavagem, o material foi acondicionado em sacos de papel previamente furados e acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Posteriormente, determinou-se a massa seca da parte aérea, e então as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e armazenadas para futuras análises químicas. Cada amostra referente ao material vegetal da parte aérea das plantas foi analisado para K, segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). A avaliação da área foliar (AF) foi realizada em cada crescimento, por meio da leitura das lâminas foliares da planta, através do analisador de área foliar marca LI-3000C Portable Leaf Area Meter.

### **3.5 Análises estatísticas**

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2015). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando constatadas diferenças significativas (5 ou 1% de probabilidade) para as doses de K, dentro de cada solo, realizaram-se estudos de regressão. Também foi empregado o teste de tukey (5% de probabilidade) para os tratamentos qualitativos (solos).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Concentração de K na parte aérea

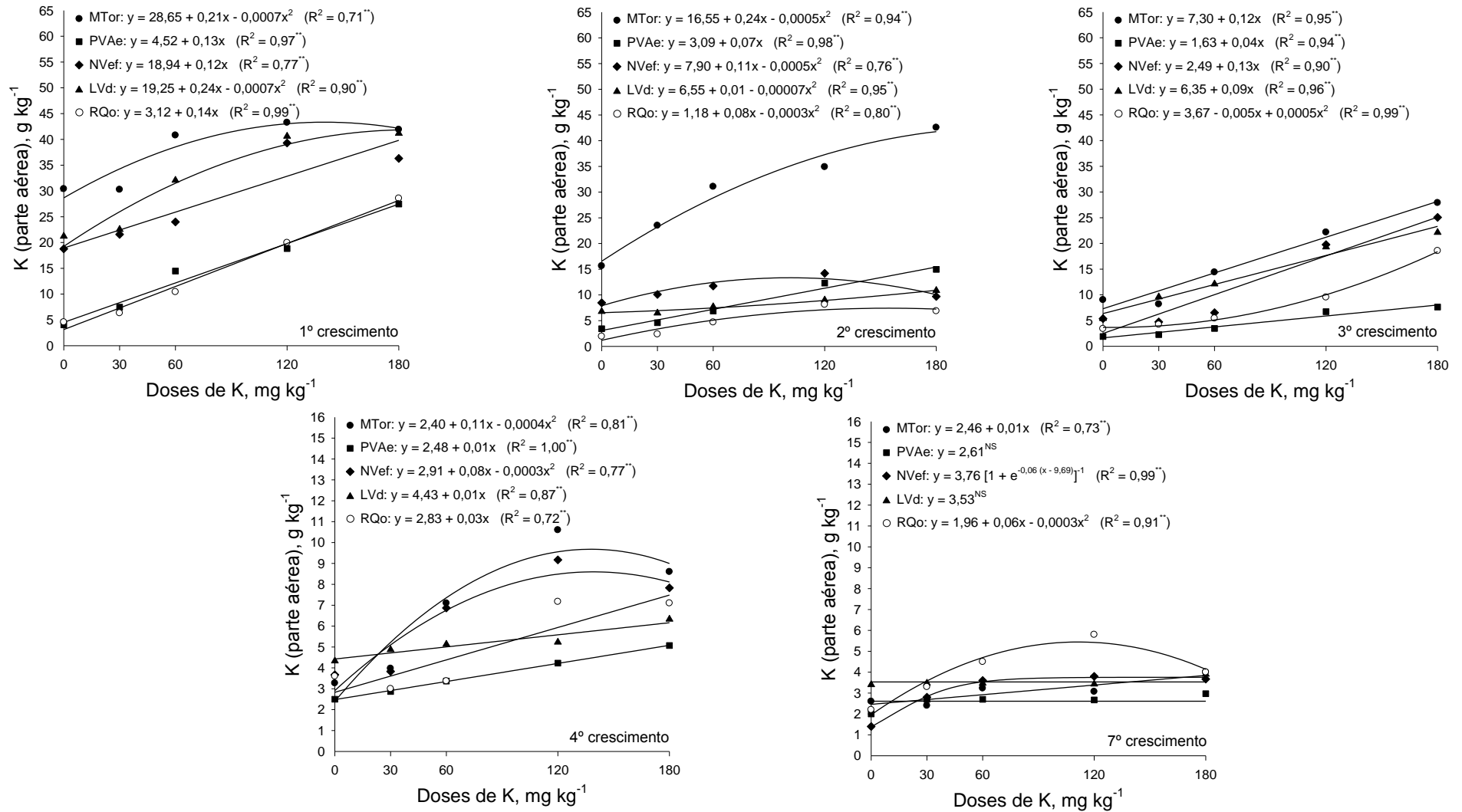
Na Tabela 2 estão apresentados os resultados estatísticos e as médias referentes às concentrações de K na parte aérea do capim-marandu sob crescimentos sucessivos do capim-marandu.

**Tabela 2.** Concentração de K na parte aérea de capim-marandu em função dos solos e doses de K.

Solos (S)	Crescimentos						
	1	2	3	4	5	6	7
	-----g kg <sup>-1</sup> -----						
MTor <sup>1</sup>	37,3	29,5	16,3	6,7	3,9ab	3,9ab	3,1
PVAe <sup>2</sup>	14,5	8,4	4,4	3,6	2,8d	2,8d	2,6
NVef <sup>3</sup>	27,9	10,4	12,3	6,3	4,4a	4,4a	3,1
LVd <sup>4</sup>	31,5	8,2	13,7	5,2	3,4bc	3,4bc	3,5
RQo <sup>5</sup>	13,9	4,8	8,2	4,9	3,2cd	3,2cd	3,9
Teste F	823,7**	855,8**	152,3**	46,9**	23,6**	23,6**	18,4**
<b>Dose K (D)</b> <b>mg kg<sup>-1</sup></b>							
0	15,7	7,3	5,0	3,5	2,8	2,8	2,3
30	17,6	8,9	5,8	3,7	3,1	3,1	2,9
60	24,4	12,4	8,4	5,2	3,4	3,4	3,5
120	32,4	15,7	15,5	7,3	3,9	3,9	3,7
180	35,1	16,9	20,3	6,9	4,3	4,3	3,7
Teste F	558,5**	154,5**	301,3**	98,8**	23,2**	23,3**	25,5**
<b>Interação SxD</b>							
Teste F	13,6**	27,3**	12,4**	8,9**	0,9ns	0,9ns	5,2**
C.V. (%)	5,6	10,6	13,4	13,0	13,7	13,7	14,4

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* = significativo a 1% de probabilidade.

Os incrementos das doses do nutriente nos diferentes solos refletiram-se significativamente ( $P < 0,01$ ) nas concentrações de K na parte aérea das plantas de *B. brizantha* cv. Marandu (Tabela 2). Nota-se que o comportamento das doses foi diferente dentro de cada solo, podendo-se verificar na Figura 1, que o aumento das doses de K no solo elevou as concentrações de K na forrageira e, de forma geral, com a sequência de crescimentos sucessivos, houve uma redução da concentração desse nutriente na parte aérea das plantas.



**Figura 1.** Concentração de K na parte aérea de capim-marandu em crescimentos sucessivos em função da adição de potássio em diferentes tipos de solos.

Também pode-se verificar a capacidade diferenciada dos solos no suprimento de K para as plantas, sendo isso função das características mineralógicas e teores iniciais de K disponível no solo.

Para o quinto e sexto crescimento sucessivos (Tabela 2), pode-se verificar que não houve interação significativa entre os tipos de solos e doses de K, sendo encontrado as maiores concentrações de K na parte aérea do capim-marandu, para as plantas cultivadas no MTor e NVef. Isso possivelmente se explica devido às características mineralógicas desses solos.

Considerando o tratamento testemunha (sem K) e a dose de  $180 \text{ mg kg}^{-1}$  de K, verificou-se que as concentrações de K na forrageira variou entre os solos durante os crescimentos sucessivos. Mattos e Monteiro (1998) também constataram que a adubação potássica aumentou a concentração desse nutriente na parte aérea do capim-marandu.

Independente dos solos, a partir do terceiro crescimento as plantas de capim-marandu apresentaram sintomas visuais de deficiência de K, caracterizados como clorose na margem das folhas mais velhas, avançando em direção à nervura principal. Sintomas semelhantes foram descritos por Mattos e Monteiro (1998).

## 4.2 Área foliar

Em relação à AF das plantas de capim-marandu, houve interação significativa entre os solos e as doses de K, apenas para os três primeiros crescimentos (Tabela 3), verificando-se que, as doses de K promoveram incrementos na AF, sendo estes mais evidentes para o primeiro e terceiro crescimento.

Meiri et al. (1992) verificaram a importância do K para o desenvolvimento e crescimento das folhas de milho, sendo que sua principal função na taxa de expansão foliar parece estar relacionada à atividade da ATPase na membrana plasmática.

Verifica-se na Figura 2, que a AF diferiu entre os solos estudados e com o aumento das doses de K estabelecidas nos tratamentos, houve um aumento da AF. Verifica-se também que, os maiores valores de AF foram para as plantas cultivadas no NVef, solo que apresentou maiores teores de K trocável.

**Tabela 3.** Área foliar do capim-marandu sob crescimentos sucessivos em diferentes tipos de solos e doses de K.

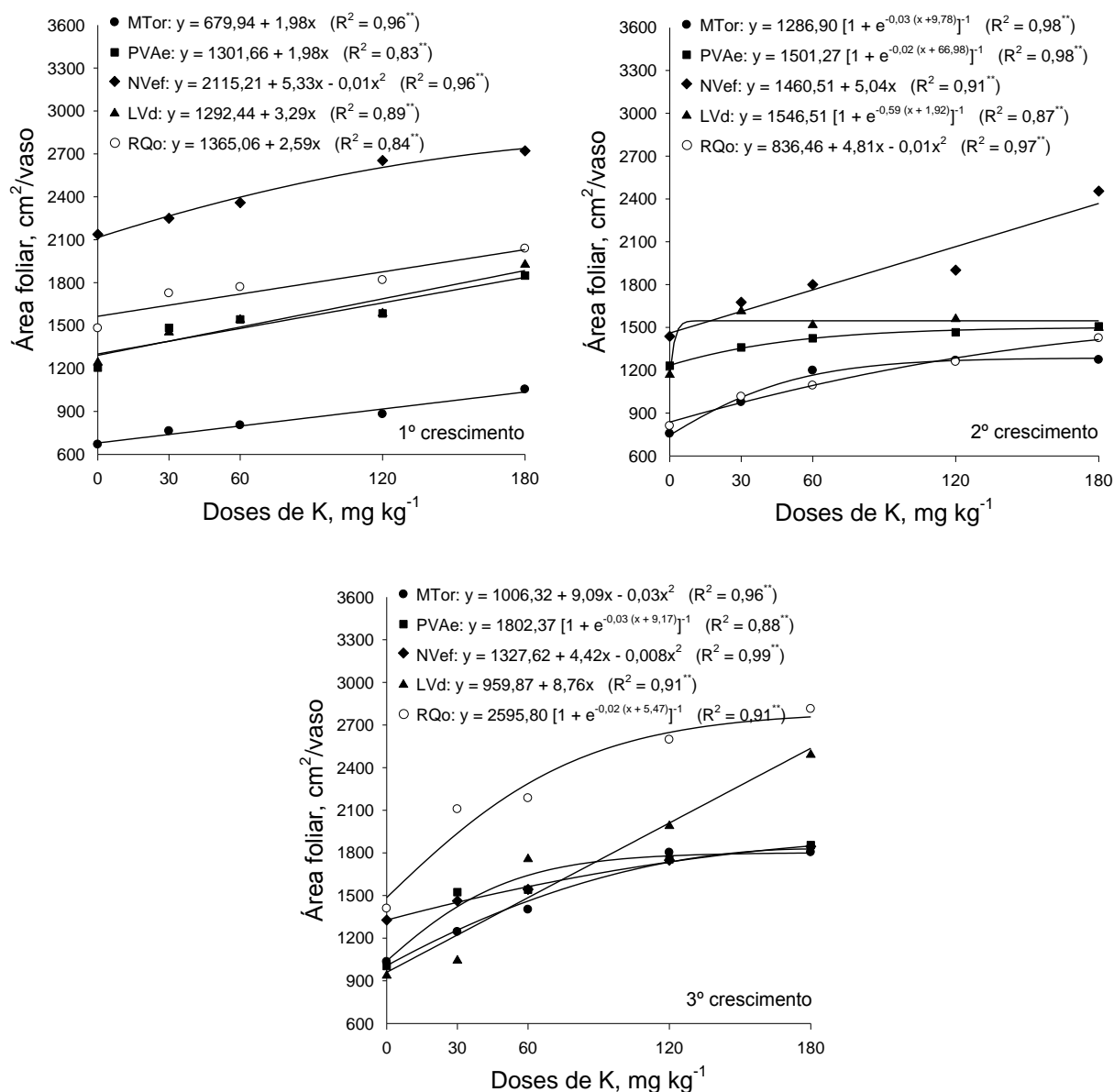
Solos (S)	Crescimentos						
	1	2	3	4	5	6	7
	----- cm <sup>2</sup> /vaso -----						
MTor <sup>1</sup>	834	1050	1457	1609a	1722bc	792c	489bc
PVAe <sup>2</sup>	1533	1365	1535	1311b	1660bc	879c	528bc
NVef <sup>3</sup>	2424	1853	1585	1674a	2405a	1254a	694a
LVd <sup>4</sup>	1549	1470	1642	1331b	1955ab	1049b	572ab
RQo <sup>5</sup>	1766	1084	2222	1230b	1341c	764c	414 c
Teste F	1363,13**	314,30**	157,60**	6,82**	12,29**	23,88**	8,01**
<b>Dose K (D)</b> <b>mg kg<sup>-1</sup></b>							
0	1347	1080	1142	1300	1627	862	515
30	1535	1284	1476	1396	1790	975	565
60	1603	1406	1685	1378	1760	977	540
120	1704	1421	1978	1376	1979	943	520
180	1917	1631	2161	1705	1926	980	557
Teste F	186,57**	120,03**	274,23**	4,37**	1,54ns	1,43ns	0,65ns
<b>Interação SxD</b>							
Teste F	3,74**	82,44**	14,65**	1,49ns	1,33ns	1,51ns	0,65ns
C.V. (%)	3,69	5,23	5,59	20,42	24,03	17,05	26,31

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F; \*\* = significativo a 1% de probabilidade.

Verifica-se na Figura 2, que a AF diferiu entre os solos estudados e com o aumento das doses de K estabelecidas nos tratamentos, houve um aumento da AF. Verifica-se também que, os maiores valores de AF foram para as plantas cultivadas no NVef, solo que apresentou maiores teores de K trocável.

Meiri et al. (1992) relataram que o K é importante para o desenvolvimento e crescimento das folhas, sendo que sua principal função na taxa de expansão foliar parece estar relacionada à atividade da ATPase na membrana plasmática.

Esse comportamento também é condizente com resultados obtidos para concentração de K na parte aérea que também foi maior nos três primeiros crescimentos sucessivos, o que caracteriza o potencial produtivo dessa gramínea em relação à adubação potássica.



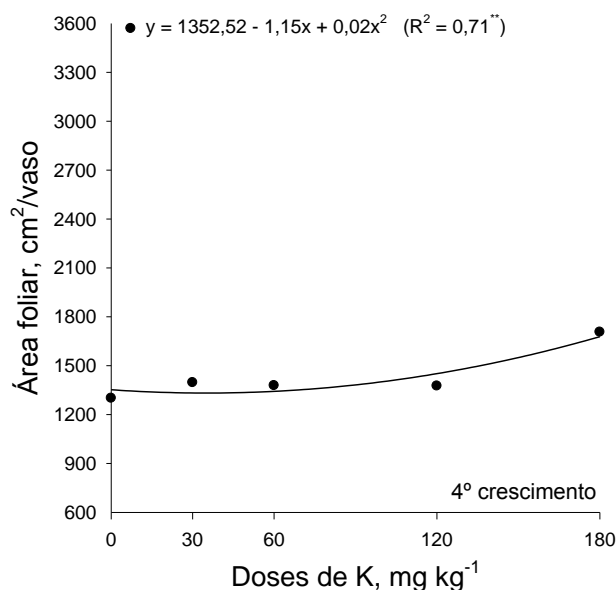
**Figura 2.** Área foliar de capim-marandu em crescimentos sucessivos em função da adição de potássio em diferentes tipos de solos.

A partir do quarto crescimento sucessivo das plantas de capim-marandu (Tabela 3), verifica-se que não foi significativa a interação solos x doses de K, ocorrendo apenas efeito significativo dos diferentes tipos de solos nessa variável. As maiores AF foram encontradas para as plantas cultivadas no NVef, solo com maior teor inicial de K, justificando os resultados encontrados nesse estudo.

Verifica-se no quarto crescimento (Tabela 3 e Figura 3) que não houve interação significativa entre os solos e doses de K para a AF. Com relação aos diferentes tipos de solos, as maiores AF foram para as plantas cultivadas no MTor e

NVef, solos que apresentaram teores médios e altos de K, respectivamente. Observa-se também que, o aumento das doses de K proporcionou incrementos para essa variável estudada.

Rodrigues et al. (2007) também observaram incrementos significativos na AF com o aumento das doses de K, corroborando aos resultados encontrados nesse presente estudo.



**Figura 3.** Área foliar de capim-marandu no quarto crescimento em função da adição de doses de potássio.

Observa-se a capacidade distinta dos solos no suprimento de K para as plantas e, com a sequência de cultivos, a AF foi reduzindo independente dos solos. Possivelmente, isso se explica devido ao fato de que, com o decorrer dos cultivos houve um esgotamento de K das formas disponíveis dos solos sendo as maiores áreas foliares verificadas nas plantas cultivadas nos solos que apresentaram maiores teores iniciais de K no solo.

### 4.3 Produção de massa seca

A produção de massa seca da parte aérea do capim-marandu sob crescimentos sucessivos, e o respectivo resumo da análise de variância, são apresentados na Tabela 4.



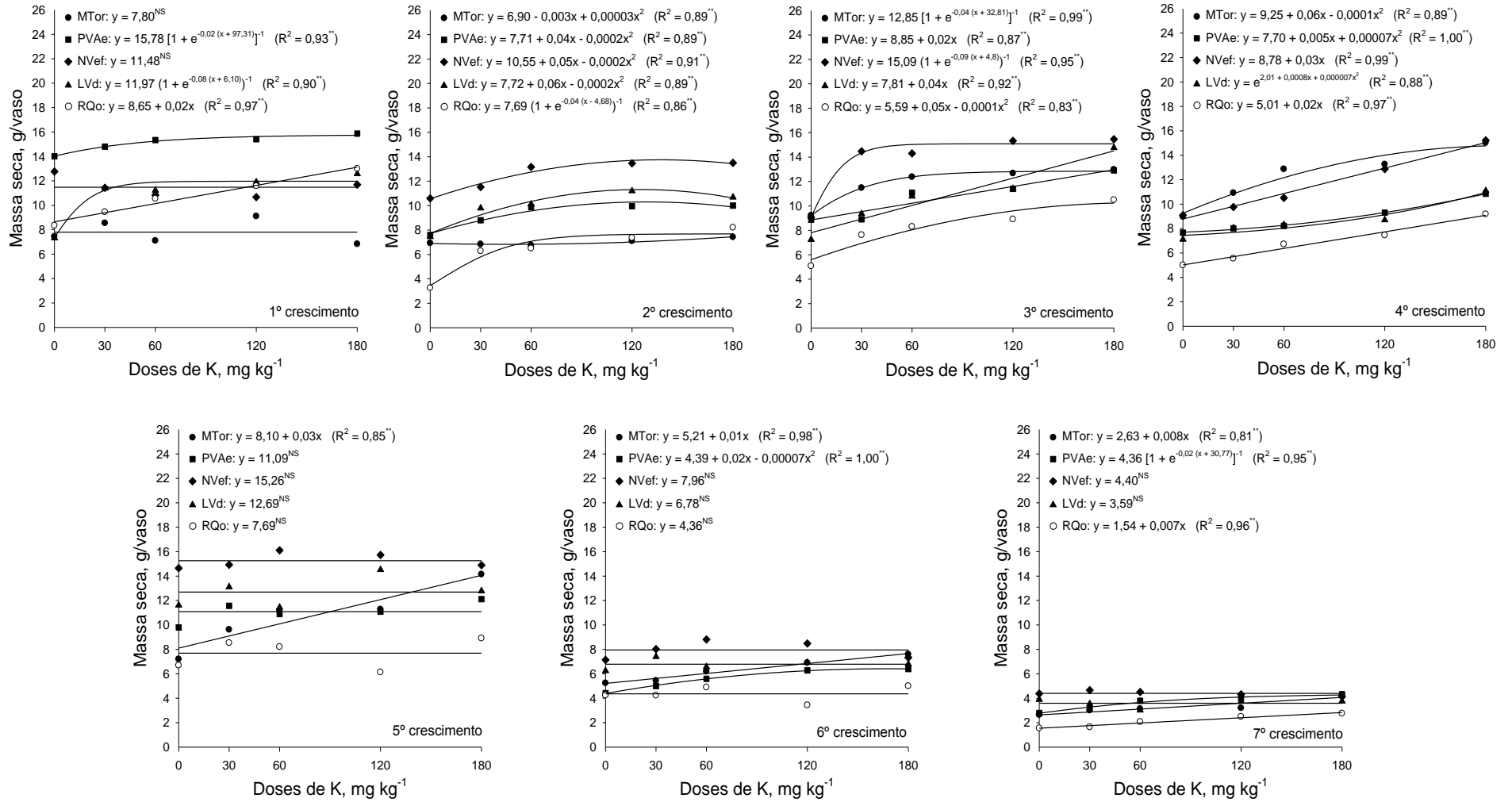
**Tabela 4.** Produção de massa seca da parte aérea de capim-marandu em função dos solos e doses de K.

Solos (S)	Crescimentos						
	1	2	3	4	5	6	7
	-----g/vaso-----						
MTor <sup>1</sup>	7,7	7,7	11,6	11,1	10,7	6,1	3,3
PVAe <sup>2</sup>	11,4	9,0	10,6	8,8	11,1	5,9	3,6
NVef <sup>3</sup>	15,5	12,4	13,7	12,5	15,3	7,9	4,4
LVd <sup>4</sup>	10,2	9,8	10,7	8,6	12,7	6,8	3,6
RQo <sup>5</sup>	10,9	6,1	8,0	6,7	7,7	4,4	2,8
Teste F	88,73**	82,15**	144,19**	143,11**	36,70**	49,24**	59,13**
<b>Dose K (D)</b>							
<b>mg kg<sup>-1</sup></b>							
0	10,1	7,1	7,8	8,6	10,8	5,6	3,2
30	12,0	9,6	10,3	9,5	11,6	6,3	3,6
60	11,1	9,1	11,5	8,9	10,8	6,2	4,4
120	11,1	9,2	11,7	9,7	11,8	6,2	3,6
180	11,6	9,9	13,2	11	12,6	6,6	2,2
Teste F	5,71**	17,90**	137,74**	24,32**	2,69*	3,56*	2,72*
<b>Interação SxD</b>							
Teste F	4,68**	2,35*	7,12**	18,35**	1,86*	3,01**	4,89**
C.V. (%)	10,23	11,11	5,99	7,61	15,47	11,67	11,90

\* e \*\* = significativo a 5% de probabilidade e significativo a 1% de probabilidade, respectivamente.

Produções distintas de massa seca da parte aérea foram observadas entre os solos, para todos os crescimentos sucessivos, observando-se também, que as doses de K promoveram incrementos significativos para a variável estudada.

No primeiro crescimento, observou-se uma maior produção de massa seca para as plantas cultivadas no PVAe. No segundo, terceiro e quarto crescimento, as maiores produções de massa seca, foram para as plantas cultivadas no NVef, NVef e MTor, respectivamente. No quinto crescimento, apenas as plantas cultivadas no MTor que responderam aos incrementos das doses de K, para a produção de massa seca. Já no sexto e sétimo crescimento, a variável estudada foi incrementada com as doses de K, para as plantas cultivadas no MTor/PVAe e MTor/PVAe/RQo, respectivamente.



**Figura 4.** Produção de matéria seca da parte aérea de capim-marandu em crescimentos sucessivos em função da adição de potássio em diferentes tipos de solos.

Visualmente, pode-se observar nos tratamentos com adição de K, um maior número de perfilhos e ocorrência de folhas mais largas, o que poderia explicar o aumento de produção de massa seca observado. Assim, tem sido relatado por Rodrigues et al. (2006) que o fornecimento de K aumenta a AF das gramíneas forrageiras com reflexo na produção de massa seca.

O fornecimento de K promove incrementos significativos na produção de massa seca das plantas forrageiras, principalmente quando os teores de K no solo são considerados baixo ou muito baixos. Incrementos significativos com o fornecimento de K foram encontrados por Monteiro et al. (1980) com capim-Colonião e por Silva et al. (1995) com capim-Tanzânia-1 na produção de massa seca. Silva (1992) com capim-Setária e Colonião, respectivamente, constataram respostas significativas a diferentes doses de K, em relação à produção de massa seca da parte aérea.

De modo geral a baixa resposta do capim-marandu em relação à adubação potássica, está relacionado aos teores médios e altos de K para a maioria dos solos (MTor, PVAe e NVef). Os resultados obtidos no presente estudo também foram encontrados por Paulino et al. (1986). Andrade et al. (1997) obtiveram respostas semelhantes a estes e aos de, com o cultivo de *Brachiaria decumbens* em um argissolo. Com a sequencia de crescimentos, os efeitos positivos da adubação potássica foram mais evidentes devido à redução da concentração de K nos solos, ou seja, a partir do quarto crescimento sucessivo.

## 5 CONCLUSÕES

A adubação potássica promoveu incrementos significativos na concentração de K na parte aérea, na área foliar e na produção de massa seca do capim-marandu sendo mais evidente até o terceiro crescimento sucessivo das plantas. Os solos estudados apresentaram capacidade distinta no fornecimento de K para as plantas.

## 6 REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. M. S.; BENINTENDE, R. P.; FERRARI JR., E.; PAULINO, V. T.; HENRIQUE, W.; WERNER, J. C.; MATTOS, H. B. Efeito das adubações nitrogenada e potássica na produção e composição da forragem de *Brachiaria ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 617-620, 1996.

ANDRADE, J. B. de; COUTINHO FILHO, J. L. V.; JUSTO, C. L.; PEREZ, R. M.; FERRARI JÚNIOR, E.; PAULINO, V. T.; HENRIQUE, W.; WERNER, J. C.; MATTOS, H. B. de. Nitrogênio e potássio na produção e composição da forragem *Brachiaria decumbens* Stapf. **ARS Veterinaria**, Jaboticabal, v.13, p.268-274, 1997.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat - Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos**, Versão 2.0. 2015. Jaboticabal: FCAV, 2015.

BATAGLIA, O. C. FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78).

BENETTI, I.; MONTEIRO, F. A. Doses de potássio na produção e composição química do capim-Vencedor. In: SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 7., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ, 1999. p. 314.

BLAKE, L.; MERCIK, S.; KOERSCHENS, M.; GOULDING, K. W. T.; STEMPEL, S.; WEIGEL, A.; POULTON, P. R.; POWLSON, D. S. Potassium content in soil, uptake in plants and the potassium balance in three European long-term field experiments. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 216, n. 1-2, p. 1-14, 1999.

BORTOLUZZI, E. C.; POLETO, C. Metodologias para estudos de sedimentos: ênfase na proporção e na natureza mineralógica das partículas. In: POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Orgs.). **Qualidade de Sedimentos**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2006. p. 83-140.

BOTREL, M. A.; NOVAES, L. P. N.; ALVIN, M. J. **Características forrageiras de algumas gramíneas tropicais**. Juiz de Fora: Embrapa, CNPGL, 1998. 35p.

BRAZ, S. P.; JÚNIOR, D. N.; CANTARUTTI, R. B.; REGAZZI, A. J.; MARTINS, C. M.; FONSECA, D. M. F.; BARBOSA, R. M. Aspectos quantitativos do processo de reciclagem de nutrientes pelas fezes de bovinos sob pastejo em pastagem de *Brachiaria decumbens* na zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2 supl., p. 858-865, 2002.

CABRAU, A. R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L. A.; ANDRADE, A. T.; SOBRINHO, R. R. L. Resposta e níveis críticos de potássio para o arroz cultivado em solos de várzea inundados. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 75-86, 2004.

CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; COSTA, O.V. Impacto do animal sobre o solo: compactação e reciclagem de nutrientes. In: MATTOS, W. R. S. (Ed.). **Produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 826-837.

CARRIEL, J. M.; WERNER, J. C.; ABRAMIDES, P. L. G.; MONTEIRO, F. A.; MEIRELLES, N. M. F. Limitações nutricionais de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo para o cultivo de três gramíneas forrageiras. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 46, p. 61-73, 1989.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P. de; FAQUIN, V.; FIGUEIREDO, F. C.; RODRIGUES, C. R.; NASCIMENTO, P. P. Adubação nitrogenada e potássica na concentração de nutrientes do capim-xaraés. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 9, p. 86-92, 2008.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. São Paulo: IEA, 1973. 384 p.

COUTINHO, E. L. M.; SILVA, A. R. da; MONTEIRO, F. A.; RODRIGUES, L. R. A. Adubação potássica em forrageiras. In: PEDREIRA, C. G. S.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de. (Eds.). **Fertilidade do solo para pastagens produtivas**. Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 219-277.

CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 2005. p. 91-122.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle size analyses. In: BLACK, C. A. (Ed.). **Methods of soil analyses**. Madison: American Society Agronomy, 1965. p. 499-510.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 393-402, 2007.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C.; MORAIS, R. V.; VITOR, C. M. T.; GOMIDE, J. A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; CASAGRANDE, D. R.; COSTA, L. T. Características morfogênicas e estruturais do capim braquiária em pastagem adubada com nitrogênio avaliadas nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.

FAQUIN, V.; HOFFMANN, C. R.; EVANGELISTA, A. R.; GUEDES, G. A. A. O potássio e o enxofre no crescimento da braquiária e do colônião em amostras de um Latossolo da região Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.19, p.87-94, 1995.

FASSBENDER, H. W. **Química de suelos, com ênfasis em suelos de America Latina**. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1984. 398 p.

FERRAGINE, M. C.; MONTEIRO, F. A. Combinação de doses de nitrogênio e potássio na nutrição mineral de capim-braquiária. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 56, p. 25-33, 1999.

FERRARI NETO, J. **Limitações nutricionais para o colônião (*Panicum maximum* Jacq.) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) em Latossolo da Região Noroeste do Estado do Paraná**. 1991. 126 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

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

HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. **An introduction to the physiology of crop yield**. Nova York: Logman Scientific and Technical, 1989. 292 p.

KISSMANN, K. G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: Basf, 1997. 824 p.

LAVRES JUNIOR, J.; MONTEIRO, F. A. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim-Mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1068-1075, 2003.

LAVRES JUNIOR, J. **Combinações de doses de nitrogênio e potássio para capim-mombaça**. 2001. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

LOPES, A. S. Reservas de minerais de potássio e produção de fertilizantes potássicos no Brasil. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 2005. p. 21-32.

LOPES, A. S. Mineralogia do potássio em solos do Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., 1982, Londrina. **Anais...** Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato, Instituto Internacional da Potassa, 1982. p. 51-65.

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

MARTIN GARCIA, J. M; DELGADO, G.; SANDEZ-MAROÑÓN, M.; PÁRRAGA, J. F.; DELGADO, R. Nature of dioctahedral micas in spanish red soils. **Clay Minerals**, Middlesex, v. 32, p. 107-122, 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2 ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MATTOS, W. T. de; MONTEIRO, F. A. Respostas de *Brachiaria brizantha* a doses de potássio. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 428-437, 1998.

MELO, G. W.; MEURER, E. J.; PINTO, L. F. S. Fontes de potássio em solos distroféricos caulíníticos originados de basalto no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 597-603, 2004.

MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: SBCS, 2006. p. 281-298.



MEURER, E. J.; CASTILHOS, R. M. V. Liberação de potássio de frações de solos e sua cinética. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 823-829, 2001.

MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G. O.; PAVAN, M. A. Amenização da toxicidade de alumínio as raízes de trigo pela complexação com ácidos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 16, p. 209-215, 1992.

MITSIOS, I. K.; ROWELL, D. L. Plant uptake of exchangeable and nonexchangeable potassium. I. Measurement and modelling for onions roots in Chalky Boulder clay soil. **Journal Soil Science**, West Sussex, v. 38, n. 1, p. 55-63, 1987.

MONTEIRO, F. A.; WENDER, J. C. Reciclagem de nutrientes nas pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 14., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 55-84.

MONTEIRO, M. Desertificação ameaça o nordeste brasileiro. **Revista Ecologia e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, n. 51, p. 15-19, 1995.

MONTEIRO, F.A.; LIMA, S.A.A.; WERNER, J.C.; MATTOS, H.B. Adubação potássica em leguminosas e capim-Colonião (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. **Boletim de Industria Animal**, Nova Odessa, v.37, p.127-148, 1980.

NACHTIGALL, G. R.; RAIJ, B. V. Análise e interpretação do potássio no solo. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. (Eds.). **Potássio na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: Potafós, 2005. p. 93-113.

PAULINO, V. T.; WERNER, J. C.; CARRIEL, J. M.; COLOZZA, M. T. Estudos de adubação com *Brachiaria humidicola* e *Setaria anceps* cv. Kazungula em dois solos de várzea do Estado de São Paulo. **Zootecnia**, São Paulo, v. 24, p. 181-206, 1986.

PÉDRO, G. Les conditions de formation des constituants secondaires. In: BONNEAU, M.; SOUCHIER, B. (Eds.). **Pédologie: Constituants et propriétés du sol**. Paris: Masson, 1979. p. 58-71.

PEREIRA, W. L. M. **Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para o capim-Mombaça**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CÔRREA, L. A.; SILVA, A. G. da; CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagens de coastcross adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 53, n. 3, p. 683-690, 2006.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, **Instituto Agrônomo de Campinas**, 2001. 285 p.

RAO, S. C.; KHERA, M. S. Potassium replenishment capacity of soil at their minimal exchangeable K in relations to clay mineralogy. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 157, n. 6, p. 467-470, 1994.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, K.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100)

ROBINSON, D. L. Potassium nutrition of forage grasses. In: MUNSON, R. D. (Ed.) **Potassium in agriculture**. Madison: Wisconsin, 1985. p. 895-914.

RODRIGUES, R. C.; MOURÃO, G. B.; VALINOTE, A. C.; HERLING, V. R. Reservas orgânicas, relação parte aérea– raiz e c–n e eliminação do meristema apical no capim-xaraés sob doses de nitrogênio e potássio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 8, n. 3, p. 505-514, 2007.

RODRIGUES, R. C.; ALVES, A. C.; BRENNECKE, K.; PLESE, L. P. de; LUZ, P. H. C. Densidade populacional de perfilhos, produção de massa seca e área foliar do capim-xaraés cultivado sob doses de nitrogênio e potássio. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 63, p. 27-33, 2006.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C. Phosphorus and potassium budget in the soil–plant system in crop rotations under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 126, p. 127-133, 2013.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um Latossolo Vermelho do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1507-1515, 2012.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1.033-1.040, 2006.

SILVA, D. N.; MEURER, E.; KAMPF, N.; BORKET, C. M. 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**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 433-439, 1995.

SIMONSSON, M.; HILLIER, S.; ÖBORN, I. Changes in clay minerals and potassium fixation capacity as a result of release and fixation of potassium in long-term field experiments. **Geoderma**, Amsterdam, v. 151, n. 3-4, p. 109-120, 2009.

SODER, K. J.; STOUT, W. L. Effect of soil and fertilization level on mineral concentration of pasture: potential relationships to ruminant performance and health. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 6, p. 1.603-1.610, 2003.

SOUZA, S. J.; SOARES FILHO, C. V. S. Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná. In: MONTEIRO, A. L. G.; MORAES, A.; CORRÊA, E. A. S.; SÁ, J. P. G.; ALVES, S. J.; POSTIGLIONI, S. R.; CECATO, U. (Orgs.). **Forragicultura do Paraná**. Londrina: Comissão Paranaense de Avaliação de Forrageiras (CPAF), 1996. p.181-195.

SPARKS, D. L. Bioavailability of soil potassium. In: SUMNER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil science**, Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 48.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DAS PASTAGENS, 17., 2000, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; SOUSA, D.M.G. de Adubação potássica e com micronutrientes. In: MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. de (Eds.) **CERRADO: Uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. p. 179-187.

WATSON, D. J. The physiological bases of variation in yield. **Advances Agronomy**, Maryland Heights, v. 4, p. 101-45, 1952.

WERNER, J. C., PAULINO, V. T., CANTARELLA, H., ANDRADE, N. O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 261-273. (Boletim técnico, 100).

WERNER, J. C.; HAAG, H. P. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 29, n. 1, p. 191-245, 1972.