

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Campus Regional de Umuarama

**Manejo e adubação fosfatada para recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens*
Stapf. na região Noroeste do Paraná**

Autor: IVO JIOTI SUZUKI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Umuarama – PR
Fevereiro/2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Campus Regional de Umuarama

**Manejo e adubação fosfatada para recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens*
Stapf. na região Noroeste do Paraná**

Autor: IVO JIOTI SUZUKI
Orientador: Prof. Dr. Antônio Saraiva Muniz

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para Obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Umuarama – PR
Fevereiro/2015

AGRADECIMENTOS

A DEUS, o instigador da nossa vida, que dá força e perseverança para superar as dificuldades.

À Universidade Estadual de Maringá, que engrandece a região, dispondo de recursos para semear o conhecimento.

À Secretaria de Estado da Educação, que me concedeu o afastamento para realizar esta jornada e multiplicar o conhecimento.

Ao meu orientador, professor Antônio Saraiva Muniz, pelo apoio, pela dedicação, pela confiança e pelo companheirismo com que me guiou pelos caminhos da sabedoria.

Aos professores Antônio Nolla, Claudia Regina Dias Arieira, Juliana Parisotto Poletine e Thiago Roque Benetoli da Silva, do PAG-UEM, pelas orientações e pelos incentivos.

Aos colegas de curso Ricardo Bitencourt, José Eduardo L. Marcon, João Paulo Saran e Gisele C. Bosso pela amizade e pelo companheirismo.

Aos colegas professores do Colégio Agrícola Estadual do Noroeste pelas palavras de incentivo.

Aos colegas Alcione Andreia da Cunha Alexandre, Luiz Alexandre Filho e Sabino Leonides Moteka, do CRN-UEM, pelo incentivo e pelo apoio no uso das instalações do Campus.

Aos meus pais Giichi Suzuki (in memoriam) e Emilia Jioti Suzuki pela dedicação e pela vida.

A minha esposa Emiko e aos meus filhos Kevin Enzo e Igor Yuji, pelo amor, pelo apoio e pela compreensão.

“Separada da prática, a teoria é puro verbalismo inoperante. Desvinculada da teoria, a prática é ativismo cego.”

Gilberto Freire

RESUMO

MANEJO E ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DE *Brachiaria decumbens* Stapf. NA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ

O processo de degradação das pastagens está relacionado à deficiência no atendimento das exigências nutricionais das plantas forrageiras. Este trabalho foi conduzido em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf com sinais de início de degradação, estabelecida em Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, localizada no município de Diamante do Norte, noroeste do Paraná. Teve como objetivo avaliar o efeito de fontes de fósforo e manejo de aplicação no crescimento de braquiária e nos teores de fósforo no solo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas para avaliar efeitos nas plantas e parcelas subsubdivididas para avaliar efeitos no fósforo do solo. Os tratamentos principais (parcelas) foram três manejos de aplicação de adubo fosfatado (lanço, grade e sulcos), e os tratamentos secundários (subparcelas) foram quatro fontes de fósforo (superfosfato triplo granulado, fosfato monoamônio farelado, fosfato monoamônio líquido e ausência de fósforo), resultando em doze tratamentos, em quatro repetições. O fósforo no solo foi avaliado nas profundidades 0-0,025, 0,025-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20m, que constituíram quarenta e oito subsubparcelas, com quatro repetições. A adubação com fósforo foi complementada com nitrogênio, potássio e enxofre. Foram realizados seis cortes da parte aérea da forrageira durante o ano agrícola 2013-2014 e uma coleta de solo no final do ciclo vegetativo, em julho de 2014. Os manejos grade e sulcos com aplicação de fósforo de qualquer das fontes utilizadas resultaram em maior produção de matéria seca, maior concentração e maior exportação de P na parte aérea da forrageira. As fontes de fósforo foram semelhantes em influenciar o crescimento da *Brachiaria*. A ausência de adubação fosfatada ou sua não incorporação ao solo resultaram em menor produção, menor concentração e menor exportação de P na forrageira. O teor de fósforo disponível nas parcelas adubadas teve aumento de até 2,50cm de profundidade.

ABSTRACT

MANAGEMENT AND PHOSPHATE FERTILIZER TO *Brachiaria decumbens* Stapf PASTURE RECOVERY IN NORTHWEST OF PARANA

The process of degradation of pastures is related to a deficiency in meeting the nutritional requirements of forage plants. This study was conducted in *Brachiaria decumbens* Stapf with early signs of degradation, established in Hapludox Clay soils, medium texture, located in Diamante do Norte, northwest of Parana. The objectives of this study were to evaluate the effects of treatments on the phosphorus content in the soil at the end of the cycle, dry matter yield, phosphorus uptake and export from the aerial part of the forage. The experimental design was a randomized block in split plot to evaluate the plants and split-split plots to evaluate soil phosphorus. Had as main treatments three managements of phosphate fertilizer: by throwing, by disc harrows and furrows; the secondary treatments were four phosphorus sources: granular triple superphosphate, monoammonium phosphate branny, monoammonium phosphate liquid and absence of phosphorus, resulting in twelve treatments with four replications to evaluate the forage. The soil of the subplots was divided into four depths: 0-0.025, 0.025-0.05, 0.05-0.10 and 0.10-0.20m, which constituted forty-eight sub-subplots, with four replications. Phosphorus fertilization was supplemented with nitrogen, potassium and sulfur. Six cuts of the aerial part of the forage were conducted during the 2013-2014 growing season and a soil samples collection at the end of the cycle, in July 2014. The management by disc harrows and furrows with phosphorus application of any of the sources used resulted in higher dry matter production, higher P concentration and higher P exportation in the aerial part of forage. The phosphorus sources were similar in influencing the growth of *Brachiaria*. The absence of phosphate fertilizer or not its incorporation into the soil resulted in lower production, lower P concentration and lower P exportation in forage. The phosphorus content available in fertilized plots had increased to 2.50cm deep.

JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TEMA

A população humana expande-se em grande ritmo, principalmente nos países pobres. Nos países em desenvolvimento, em especial no Brasil, na Rússia, na Índia, na China e na África do Sul, a população tem elevado gradualmente seu nível de renda, que tem contribuído para o aumento da demanda de proteínas animais. Além disso, as cidades desses países têm apresentado progressiva concentração demográfica. Por consequência, a demanda de alimentos em geral tem crescido a elevadas taxas. Entretanto, a expansão da exploração das terras para produção de alimentos esbarra em vários fatores, como o socioeconômico, o meio ambiente e a produtividade dos meios de produção, e tem exigido das atividades rurais tanto o respeito às leis de proteção ambiental e aos aspectos legais do trabalho quanto a elevação da produtividade. Aliado a isso, há a percepção de que uma pastagem corretamente manejada estabelece um nível de melhor conservação do solo e meio ambiente, pelo fato de as pastagens apresentarem importante papel paisagístico, na manutenção da flora campestre e na conservação do solo e da vida silvestre (CANTO *et al.*, 2010). Essa percepção é ainda maior quando há a associação da exploração pastoril, concomitante com outras atividades, na mesma área, que auxiliam na elevação da renda rural.

Ao utilizar terras para a expansão da produção agropecuária, sem demandar abertura de novas áreas de vegetação nativa, o país precisa passar por um processo de aumento de capacidade de lotação das pastagens, uma vez que parte delas está sendo ocupada pelas atividades agrícolas e concorrendo com a exploração pecuária.

A criação de bovinos sob pastejo tem uma boa imagem sob a ótica de mercado, sendo chamado de “boi verde”, pois a pastagem representa uma alimentação mais natural dos animais e a principal forma de criação de bovinos do país, com participação de mais de 95% da composição dos volumosos fornecidos ao rebanho. Nesse contexto, o país se tornou o maior exportador mundial de carne bovina há cerca de dez anos, com uma participação de aproximadamente 20% no mercado mundial de carne bovina (IBGE, 2006), com grande possibilidade de manter essa posição pela ocupação de novas áreas e pelo aumento de produtividade, ainda em um futuro próximo.

Segundo Macedo (2004), os sistemas de produção animal em pastagem podem ser encontrados nas seguintes condições, nas diferentes regiões do País: pastagens nativas, pastagens de gramíneas cultivadas e introduzidas, pastagens melhoradas de gramíneas e leguminosas e pastagens de gramíneas com manejo intensivo e adubação. Esses sistemas

podem ocorrer de forma exclusiva ou combinada, dependendo do tipo de exploração. Quanto mais extensiva a exploração, maior é o componente pastagem nativa.

O Paraná apresenta-se com a participação de apenas 4,5% do rebanho bovino nacional, porém ocupa a terceira posição na produção nacional de leite e a nona posição em número de abates bovinos, que mostra a relativa importância do Estado no cenário da pecuária nacional. Ao mesmo tempo, a região noroeste do Paraná concentra aproximadamente um terço do rebanho bovino de gado de corte abatido no Estado, em contrapartida à sua extensão territorial de aproximadamente 15% do território estadual, ressaltando sua grande importância relativa socioeconômica nessa atividade (PARANÁ, 2014).

As pastagens representam 95% da oferta de volumosos da dieta fornecida aos rebanhos (IBGE 2006), sendo complementada pelas forragens conservadas, como a silagem e o feno. A região centro-norte do Paraná apresenta grande participação das forrageiras tropicais introduzidas, como a *B. decumbens* Stapf, porém índices de produtividade pecuária, como ganho de peso, taxa de lotação e produtividade de forragem nessas pastagens, localizadas em áreas marginais para a agricultura de grãos, não foram ainda avaliados (CANTO *et al.*, 2010).

A pecuária nacional teve início com a exploração dos campos nativos e áreas marginais da atividade agrícola, que supriam a demanda à época. No século passado, em 1952, com a introdução da forrageira de origem africana *Brachiaria decumbens* Stapf, verificou-se a multiplicação da produção de carne bovina devido à excelente adaptação dessa forrageira às condições de baixa fertilidade de solo aqui encontradas.

A introdução de espécies de *Brachiaria*, de *Andropogon* e de *Panicum* proporcionou aumentos consideráveis na lotação animal, de 0,3 cabeça ha⁻¹ para 1,0 cabeça ha⁻¹ (MACEDO, 2004). A espécie *Brachiaria* teve grande expansão na região do Brasil Central, estimulada por programa governamental e devido à tolerância aos solos pobres e à fácil multiplicação por sementes, associada à grande vantagem competitiva com invasoras e bom desempenho animal (VALLE *et al.*, 2010). Para isso, houve intensa importação de sementes melhoradas da Austrália, mas sendo cultivada e explorada de forma extensiva e extrativista (MONTEIRO, 2010), assumindo características de monocultivo, com problemas com pragas, como as cigarrinhas e a fotossensibilização dos animais. Apesar disso, a espécie ainda representa mais de 50% da área total de pastagens cultivadas no País, embora tenha havido estabelecimento de outras espécies de *Brachiaria spp.* e *Panicum spp.* nos anos recentes, que foi chamado de “ciclo dos capins” (VALLE *et al.*, 2010).

É comprovado que as pastagens são a alimentação mais barata para rebanhos de ruminantes (PEDREIRA *et al.*, 2001), correspondendo a cerca de um terço do valor de custo de outras fontes de alimento, como silagem, feno e alimentos concentrados (FONSECA *et al.*, 2010). O uso de pastagens é econômico porque o próprio animal colhe a forragem, dispensando ou reduzindo o fornecimento de alimento no cocho, prática que resulta em elevados custos para aquisição ou produção na propriedade.

A exploração extrativista, aliada à ocupação de solos depauperados pelo uso, ou pobres de origem, como na região do Arenito Caiuá no noroeste do Paraná (CANTO *et al.*, 2010), torna a reforma das pastagens uma prática periódica, realizada por meio de arrendamento para agricultores para cultivo agrícola e posterior ressemeadura de forrageiras, seja pelo menor custo, seja pela falta de equipamentos de manejo ou de conhecimento técnico por parte dos pecuaristas. Entretanto, essa prática de reforma das pastagens é realizada com o mínimo de dispêndio de recursos, como a adubação fosfatada e até mesmo a calagem. Isso leva a sucessivos ciclos de reforma de pastagem, com reduzida sustentabilidade da atividade ao longo do tempo.

Por outro lado, segundo Marun (1996) e Cardoso *et al.* (1992), o uso do solo com pastagem permanente resulta em melhores propriedades físicas e aumenta sua atividade biológica, restando a procura da melhoria das propriedades químicas e de manejo como caminho em direção à melhor forma de obter perenidade e sustentabilidade das pastagens.

Na região noroeste do Paraná, o solo é originado do Arenito Caiuá, com os Latossolos ocorrendo predominantemente nas partes altas e nas encostas, e os Argissolos, nos finais de encostas e próximos de cursos d'água. Esses solos geralmente são pobres em fósforo, o que pode estar associado à pobreza da rocha de origem e/ou ao seu elevado grau de intemperização.

A expansão das pastagens nessa região se deve às características químicas e físicas dos solos, que são constituídos de materiais arenosos, cuja mineralogia predominante é o quartzo, sendo, portanto, pobres em nutrientes e susceptíveis à erosão, o que os torna restritivos à agricultura intensiva (MARUN, 1996). Estudando solos dessa região, explorados em diferentes atividades agropecuárias, Fidalski (1997) observou que áreas sob exploração por lavouras anuais apresentaram fertilidade do solo inferior às pastagens e às lavouras permanentes, além de baixos teores de fósforo. As áreas de lavouras anuais, utilizadas nas reformas das pastagens, apresentaram fertilidade do solo inferior às pastagens e às lavouras permanentes.

O modo de produção de bovinos de corte, ainda hoje tradicional e predominante, é espoliativo e determinou, ao longo do tempo, efeito contraproducente. É de se supor que, nos dias atuais, a alta pressão de pastejo, as frequentes reformas de pastos, juntamente com a falta de correções e adubações, têm provocado a degradação da vegetação e do solo, levando, por vezes, ao surgimento espontâneo da grama mato-grosso (*Paspalum notatum* Flügge), espécie nativa que é considerada a principal planta daninha em pastagens no Paraná, especialmente naquelas estabelecidas com gramíneas africanas (CANTO *et al.*, 2010).

No Paraná, a pecuária de corte está baseada quase que no uso exclusivo de pastagens utilizadas sob pastejo. Apesar disso, opções de investimento na pecuária de corte, como melhoria genética dos animais e substituição por forrageiras mais produtivas, não são acompanhadas, na maioria das vezes, por alterações no manejo do pastejo e das adubações que visam atender às exigências nutricionais das novas forrageiras (CANTO *et al.*, 2010). Considerando a necessidade de adequado estabelecimento da pastagem, bem como sua manutenção, produtividade e sustentabilidade, a correção da acidez do solo e a melhoria da fertilidade do solo, por meio das práticas de calagem e adubação, tornam-se necessidades imperiosas em áreas assim cultivadas. (MONTEIRO, 2010)

Para a produção de carne bovina, o fósforo é o terceiro elemento mais exportado do solo, depois do nitrogênio e do cálcio. Sua composição finita nas rochas tem sido considerada um dos possíveis limitantes ao crescimento da produção vegetal, se não for ao crescimento da população humana, e a questão é que é preciso produzir mais alimentos para suprir uma população sempre crescente usando espaços físicos cujas produções são limitadas e condicionadas por uma série de fatores (PEIXOTO, 1986).

O fósforo representa fator de suma importância para a produção de forragem para alimentação dos bovinos devido à sua deficiência generalizada em nossos solos (LOPES *et al.* 2004). A essencialidade do fósforo, do nitrogênio, do potássio, do cálcio, do magnésio e do enxofre já está estabelecida desde Liebig (MALAVOLTA, 2004), mas estudos com o P são necessários para melhor estabelecer as formas econômicas de se aplicá-lo nos cultivos, pois muitos autores consideram que apenas cerca de 10% do fósforo aplicado por meio de fontes solúveis é absorvido no primeiro momento pelas plantas. (RAIJ, 2010)

A disponibilidade de fósforo como nutriente no meio ambiente e na exploração, com o conhecimento e tecnologias atuais, é limitada, levando-nos a buscar formas de uso mais eficientes. O país apresenta dependência de importações do adubo fosfatado – mais de 40%

(IBGE, 2006), além de explorar jazidas de minérios de origem magmática com menores teores de P comparados a jazidas estrangeiras, de origem sedimentar.

No solo, o fósforo é um elemento que apresenta grande afinidade com cálcio, alumínio e ferro, principalmente em solos cauliníticos (RAIJ, 2004). Assim, os adubos fosfatados, ao serem aplicados, apresentam menor resposta que outros adubos. Estima-se que apenas 10 a 15% do P do fertilizante aplicado sejam absorvidos pelas plantas. O restante é fixado pelos solos em formas pouco disponíveis às plantas. O P absorvido pelas plantas é chamado P-solução, que está em equilíbrio com o P-lábil.

Monteiro (2010) registra que, em pastagens de gramíneas já estabelecidas, o fornecimento de fósforo tem deixado de ter prioridade, uma vez que os efeitos sobre pastagens exclusivas de capim têm sido muito aquém daqueles aplicados na fase de formação. O autor também recomenda que, em pastagens estabelecidas, a aplicação de corretivos e de fertilizantes deva ser realizada a lanço, com a pastagem previamente rebaixada.

Assim, a determinação de formas de se aplicar adubos fosfatados assume relativa importância, ao lado da escolha das formas de P encontradas nos adubos comercializados para aplicação em pastagens. Nesse contexto, este trabalho teve por objetivos avaliar a influência de manejos de aplicação e fontes de fósforo sobre a produção de matéria seca, absorção e exportação de fósforo por plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf e sobre teores de fósforo no solo, em condições de campo, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média (EMBRAPA, 2013) no noroeste do Paraná.

REFERÊNCIAS

CANTO, M. W.; JOBIN, C. C.; PAGLIARINI, M. S.; PANCERA JÚNIOR, E. J.; BARTH NETO, A.; INTROVINI, E. P.; ZANFORLIN, P. R. L.; FERREIRA, C. W.; MATIVI, T. M.; ALMEIDA, G. M.; VIZOTTO, B. A pecuária de corte no Paraná - desenvolvimento, caracterização e o papel das pastagens. **Scientia Agraria Paranaensis**, Maringá, v. 9, n. 3, p.5-21, jun. 2010.

CARDOSO, A.; POTTER, R. O.; DEDECEK, R. A. Estudo comparativo da degradação de solos pelo uso agrícola no noroeste do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p.349-353, fev. 1992.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

FIDALSKI, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região noroeste do Paraná. **Unimar**, Maringá, v. 19, n. 3, p.853-861, jun. 1997.

FONSECA, D. M. da; SANTOS, M. E. R.; MARTUSCELLO, J. A. Importância das forrageiras no sistema de produção. In: FONSECA, D. M. da; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: UFV, 2010. p. 13-29.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=1&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

LOPES, A. S.; SILVA, C. A. P. da; BASTOS, A. R. R. Reservas de fosfato e produção de fertilizantes fosfatados no Brasil e no mundo. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 13-33.

MACEDO, M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. e (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.359-396.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. e (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.35-98.

MARUN, F. Propriedades físicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro do arenito Caiuá sob pastagem e culturas anuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 8, p.593-597, ago. 1996.

MONTEIRO, F. A. Pastagens. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2010. p. 231-285.

PARANÁ. **SEAB - Produção agropecuária.** Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

PEDREIRA, C. G. S.; MELLO, A. C. L. de; OTANI, L. O processo de produção de forragem em pastagens. In: MATTOS, W. R. S. *et al.*. **A produção animal na visão dos brasileiros.** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 772-824.

PEIXOTO, A. M. Índices de produtividade da pecuária de corte. In: PEIXOTO, A. M; MOURA, J. C. de e FARIA, V. P. de. **Bovinocultura de corte: fundamentos da exploração racional.** Piracicaba: Fealq, 1986. p. 01-49.

RAIJ, B. van. Fósforo no solo e outros elementos. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas.** Piracicaba: IPNI Brasil, 2010. p. 201-251.

RAIJ, B. van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T. e ABDALLA, S. R. S. e (ed.). **Fósforo na agricultura brasileira.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 201-251.

VALLE, C. B. do; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. P. B. ; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras.** Viçosa: UFV, 2010. p. 13-29.

SUMÁRIO

Introdução	15
Material e métodos	16
Resultados e discussão	20
1 – Produção de forragem	20
2 – Fósforo na planta	23
3 – Fósforo no solo	25
Conclusões	27
Referências	27

MANEJO E ADUBAÇÃO FOSFATADA PARA RECUPERAÇÃO DE PASTAGEM DE *Brachiaria decumbens* Stapf. NA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ

Ivo Jioti Suzuki¹ e Antônio Saraiva Muniz¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail:

isuzuki@seed.pr.gov.br, asmuniz@uem.br

RESUMO: A adequada adubação das forrageiras retarda a degradação das pastagens e/ou possibilita a sua recuperação. Este trabalho foi conduzido em Brachiaria decumbens Stapf em início de degradação, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, em Diamante do Norte, Paraná. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, esquema de parcelas subdivididas para plantas e parcelas subsubdivididas para fósforo no solo. Os tratamentos foram combinações de três manejos de fósforo - lanço, grade e sulcos, com quatro fontes - SFT granulado, MAP farelado, MAP líquido e sem fósforo, resultando doze tratamentos. O solo das subparcelas foi dividido em quatro profundidades, resultando 48 subsubparcelas, com quatro repetições. Foram realizados cortes da parte aérea no ano 2013-2014 e uma coleta de solo final (julho/2014). Os objetivos foram avaliar os efeitos no teor de fósforo no solo, a produção de matéria seca, a absorção e a exportação de fósforo da parte aérea. Os manejos grade e sulcos com fósforo resultaram em maior produção de matéria seca, concentração e exportação de P pela forrageira. As fontes de fósforo foram igualmente eficientes. A falta de fósforo ou sua não incorporação resultaram em menor produção, concentração e exportação de P. O teor de fósforo disponível nas subparcelas adubadas teve aumento até 2,50cm de profundidade.

PALAVRAS-CHAVE: fósforo, forrageira, modo de aplicação.

MANAGEMENT AND PHOSPHATE FERTILIZER FOR *Brachiaria decumbens* Stapf PASTURE RECOVERY

ABSTRACT: the fertilization of forage slows the degradation of pastures. This work was conducted in Brachiaria decumbens in early degradation in Hapludox clay soils, medium texture, North Diamond, Paraná. The experimental design was a randomized block, split plot for plants and sub-split plot to phosphorus in the soil. The treatments were combinations of three phosphorus managements - by throwing, disc harrow and furrows, with four sources - SFT grainy, MAP branny, liquid MAP and without phosphorus, resulting twelve treatments. The soil of the subplots was divided into four depths resulting 48 sub-subplots, with four replications. Forage samplings were harvested in the year 2013-2014 and a final soil sampling (July / 2014). The objectives were to assess the effects on phosphorus content in the soil, the production of dry matter, phosphorus uptake and export by aerial part. The management disk harrows and furrows with phosphorus resulted in increased production of dry matter concentration and export of P by the forage. The phosphorus sources were equally effective. The lack of phosphorus or its non-incorporation resulted in lower production, concentration and export of P. The phosphorus content available in fertilized subplots had increased up to 2.50 cm deep.

KEY WORDS: phosphorous, forage, application mode.

INTRODUÇÃO

A produção animal em pastagens, seja de leite ou de carne, resume-se na interação de dois fatores de produção – desempenho do animal e lotação da pastagem (CORSI, 1986). O desempenho produtivo animal deve-se à genética e à qualidade da sua alimentação, e a lotação da pastagem é consequência da quantidade de forragem produzida pela própria pastagem. Nota-se que a qualidade e a quantidade de forragem são as variáveis afetadas pela degradação das pastagens. Ao manipular essas variáveis por intermédio do fornecimento adequado de nutrientes, podemos alterar substancialmente a condição de degradação da pastagem, intensificando sua exploração e, assim, contribuindo para a sustentabilidade e a economicidade do seu uso.

O papel do fósforo nos seres vivos está relacionado aos mais importantes mecanismos de manutenção metabólica, seja vegetal ou animal, tais como à produção e ao armazenamento de energia pela fotossíntese e pela respiração – ATP-ADP, à manutenção das estruturas vitais nas paredes celulares – fosfolipídeos – e à herança genética – RNA e DNA (STAUFFER e SULEWSKI, 2004).

O fósforo, junto com nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, é um macronutriente cuja essencialidade foi demonstrada há mais de um século antes do estabelecimento dos critérios e metodologia (MALAVOLTA, 2004). Entretanto, sua disponibilidade como nutriente no meio ambiente e seu uso como tal, com o conhecimento e tecnologias atuais, são limitados, exigindo-se a busca por formas de uso mais eficientes.

No solo, o fósforo é um elemento que apresenta grande afinidade com cálcio, alumínio e ferro, principalmente em solos caulíníticos (RAIJ, 2004). Estima-se que apenas 10 a 15% do P do fertilizante aplicado sejam absorvidos pelas plantas. O restante é fixado pelos solos em formas pouco disponíveis às plantas. Em consequência disso, os adubos fosfatados, ao serem aplicados, apresentam menor aproveitamento que outros adubos, demandando estudos com vistas a encontrar formas econômicas e melhores de aplicá-los nos cultivos. Outro aspecto é que há adubos fosfatados solúveis, com a maior parte do P solúvel em água, isto é, prontamente disponíveis (superfosfatos e fosfatos de amônio), enquanto os fosfatos naturais nacionais (termofosfatos e hiperfosfatos) não são solúveis em água (WERNER *et al.*, 1997).

Assim, determinar formas de aplicação de adubos fosfatados assume relativa importância, ao lado da escolha das fontes, entre os adubos comercializados, para aplicação em pastagens já estabelecidas (MONTEIRO, 2010).

Nesse contexto, este trabalho teve por objetivos avaliar a influência de manejos de aplicação e de fontes de fósforo sobre a produção de matéria seca, absorção e exportação de fósforo por plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf e sobre teores de fósforo no solo, em condições de campo, em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, textura média (EMBRAPA, 2013), no Noroeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda-Escola do Campus Regional do Noroeste da Universidade Estadual de Maringá (UEM), em Diamante do Norte, estado do Paraná, cuja localização geográfica é: latitude 22°38'21"S e longitude 52°53'24"W. O clima da região é Cfa, caracterizado como subtropical úmido mesotérmico, segundo a classificação climática de Köppen. Os verões são quentes e as geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas no verão, contudo sem estação seca definida e precipitação anual média de 1300mm (MAACK, 2012). A temperatura média do mês mais quente é maior que 22°C e a do mês mais frio é inferior a 18°C (Figura 1).

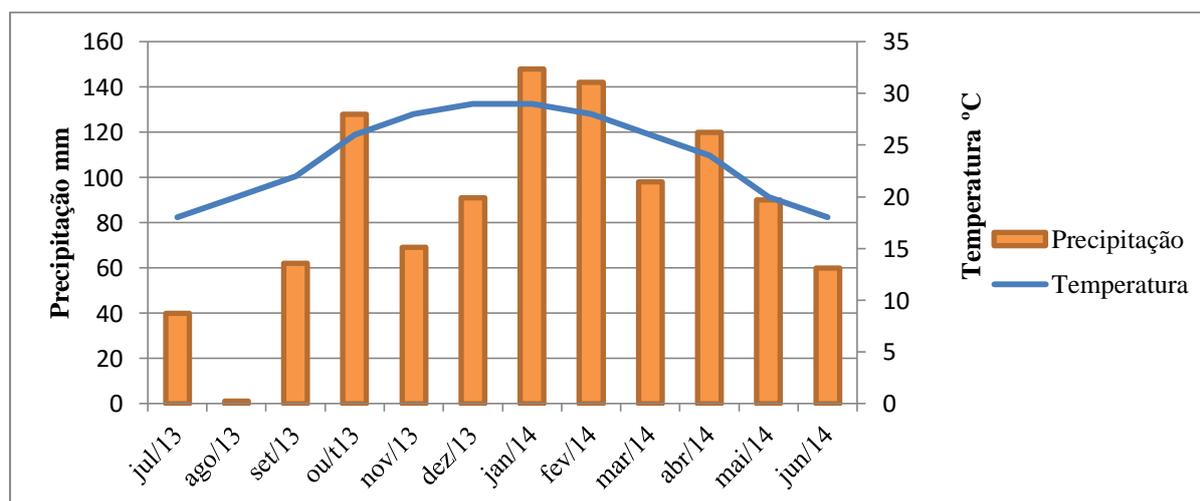


Figura 1 – Precipitação pluviométrica (mm) e temperatura média do ar (°C), durante o período experimental (Diamante do Norte, PR/2014). Adaptado de INMET.

A instalação do experimento foi realizada em uma pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf já existente e com 18 anos de cultivo. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (EMBRAPA, 2013), apresentando textura média (310g kg^{-1}) e suave declividade (3%) voltada para a face oeste.

Para a escolha da área do experimento foram consideradas as seguintes características: pastagem em fase inicial de degradação em solo com baixo teor de fósforo (Tabela 1), ou seja,

pastagem passível de recuperação do potencial de produção com o manejo da fertilidade, em particular o fósforo, para elevar o seu teor no solo visando promover o fortalecimento e o desenvolvimento da forrageira, isto é, sua produtividade e longevidade.

Em setembro de 2013, a área escolhida foi isolada do restante da pastagem, com a instalação de uma cerca elétrica ao redor, e a pastagem foi roçada, uniformizando-se sua altura a 10cm. A implantação do experimento ocorreu em novembro de 2013, quando a umidade do solo foi considerada adequada para a sulcação do solo e a incorporação dos fertilizantes. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com 4 repetições.

Tabela 1 – Características químicas e granulométricas do solo na profundidade de 0-20cm (Diamante do Norte, 2014)

pH	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S-SO ₄ ²⁻	P	M.O.	V
CaCl ₂ cmol _c dm ⁻³ mg dm ⁻³ %				
5,3	0,00	2,54	2,64	0,77	0,20	6,3	1,8	3,08	58,7
Areia			Silte			Argila			
..... g kg ⁻¹									
680			010			310			

Método de extração: H+Al – SMP; Ca, Mg, Al – KCl 1mol l⁻¹; P, K: Mehlich 1; C: Walkley & Black; S-SO₄²⁻: fosfato monocálcico.

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo – DAG/UEM.

Os tratamentos primários, nas parcelas, foram três formas de manejo dos adubos: lanço sem incorporação (LANÇO), lanço incorporado com grade niveladora fechada (GRADE) e incorporado em sulcos (SULCOS). Os tratamentos secundários, aplicados nas subparcelas, foram quatro fontes de adubo fosfatadas: superfosfato triplo granulado - ST (46% P₂O₅), fosfato monoamônio farelado - MS (62% P₂O₅), fosfato monoamônio líquido - ML (62% P₂O₅) e ausência de fósforo – SP. Essas adubações fosfatadas foram combinadas com os três manejos, totalizando 12 tratamentos, com 4 repetições, resultando em 12 parcelas e 48 subparcelas. Procedeu-se à avaliação do P no solo, nas subparcelas, nas profundidades: 0-0,025m; 0,025-0,05m; 0,05-0,10m e 0,10-0,20m; constituindo essas camadas de solo as subsubparcelas.

As parcelas tinham dimensões de 24,00m de comprimento por 6,30m de largura, perfazendo uma área de 151,20m². As subparcelas tinham as dimensões de 6,00m de comprimento por 6,30m de largura, resultando em 37,80m² de área total para cada. Considerando-se bordadura de 1,00m nas laterais, as subparcelas tinham área útil de 17,20m².

A dose de fósforo aplicada foi de 60,00kg ha⁻¹ de P₂O₅, e a adubação da pastagem foi complementada com nitrogênio (80,00kg ha⁻¹ de N) e potássio (20,00kg ha⁻¹ de K₂O), sendo que todo o fósforo foi aplicado na implantação do experimento. Para isso, os adubos fosfatados foram pesados em balança comercial e separados em sacos plásticos individualmente por subparcelas. Não houve necessidade de calagem (WERNER *et al.*, 1997).

A dose total de nitrogênio foi dividida em 4 doses iguais de 20,00kg ha⁻¹, as quais foram pesadas em balança comercial e separadas em sacos plásticos individuais por subparcela e por fonte de nutriente. A primeira dose foi aplicada na implantação, e as demais, aplicadas em intervalos de 30 a 45 dias. O potássio foi aplicado de uma só vez também na implantação. Esses dois nutrientes foram aplicados manualmente, a lanço, em todas as subparcelas. A fonte de potássio foi cloreto de potássio (58% K₂O), e as fontes de nitrogênio foram fosfato monoamônio (12% N e 62% P₂O₅) mais nitrato de amônio (33% N) na primeira adubação e sulfato de amônio (21% N) nas outras três aplicações, de modo que também houve suprimento de enxofre (69kg ha⁻¹ de S) em todos os tratamentos.

O manejo a lanço foi feito com a aplicação do adubo fosfatado a lanço na superfície das parcelas, manualmente e, no caso do adubo líquido, com pulverizador costal manual, diluindo-se o adubo fosfatado monoamônio fosfato em água na concentração de 15% em massa/volume. No manejo em sulcos, para a abertura de sulcos espaçados em 0,45m, foi usada uma semeadora-adubadora com discos de corte e sulcadores, e as fontes de P foram distribuídas dentro dos sulcos, manualmente ou com o pulverizador costal (adubo líquido). Por fim, na modalidade de manejo incorporado com grade, os produtos foram aplicados superficialmente sobre a pastagem, manualmente a lanço ou pulverizados conforme a forma física e incorporados ao solo a 0,05m, com uma passagem de grade niveladora fechada (discos côncavos com diâmetro de 20 polegadas).

As parcelas e subparcelas foram manejadas com cortes da parte aérea sempre que as plantas atingiam a altura média de 0,30m, para obtenção da massa verde, massa seca e posterior análise dos nutrientes na matéria seca.

Em janeiro de 2014, foi iniciada a colheita da parte aérea, cuja altura foi aferida semanalmente com uma régua graduada. Os cortes foram feitos na altura de 0,15m com uma moto-segadeira manual. Em seguida, o material cortado foi manualmente recolhido e acondicionado em sacos de papel identificados.

Em cada subparcela, tomou-se uma amostra da parte aérea, coletada em uma área útil de 1,47m², constituída pela soma de três subamostras colhidas de três subáreas de 0,49m², que foram delimitadas com o uso de um quadrado de madeira de 0,70m de lados e altura de 0,15m. Após a retirada da amostra, toda a área não amostrada da subparcela foi cortada na altura de corte das amostras – 0,15m, com roçadora costal motorizada, e o material foi cortado, rastelado e removido da área.

Em seguida ao corte, foram realizadas as pesagens para estimativa da matéria fresca verde das subparcelas. Uma subamostra com aproximadamente 0,40-0,50kg foi separada de cada amostra, pesada e submetida à secagem em estufa a temperatura de 65°C até atingir massa constante, para se calcular a massa seca estimada da subparcela e, posteriormente, a estimativa de produtividade.

Até agosto de 2014, foram realizados seis cortes nas subparcelas, como descrito anteriormente. Os somatórios das pesagens foram usados para estimar a produtividade de massa fresca e seca total, absorção e exportação de P pela forrageira, em função dos tratamentos.

O material seco foi levado ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Agronomia da UEM, onde foi moído em moinho tipo Willey com peneira de malha 1mm. O material moído foi submetido à digestão nitro-perclórica para posteriores determinações da concentração de fósforo pelo método colorimétrico do metavanadato (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Para avaliar o teor de fósforo no solo, em julho de 2014, ao final do período agrostológico, o solo de cada subparcela foi amostrado em quatro profundidades: 0-0,025m; 0,025-0,05m; 0,05-0,10m e 0,10-0,20m. Cada camada de solo de uma profundidade foi considerada uma subsubparcela, ou seja, 48 subparcelas x 4 camadas resultaram em 192 subsubparcelas para análise no esquema de parcelas subdivididas.

As amostras de solo foram compostas de seis subamostras, que foram coletadas nas diferentes profundidades, com o uso de um trado, e acondicionadas em sacos plásticos identificados. Depois de secas à sombra e peneiradas em malha de 2mm, foram levadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo, do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, onde se procedeu à análise de fósforo disponível extraído por Mehlich 1, determinando-se o fósforo em solução pelo método colorimétrico do azul de molibdato (EMBRAPA, 1997).

Os dados obtidos e tabulados de planta e solo foram submetidos à análise de variância, com o auxílio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA *et al.*, 2011) e as médias foram submetidas ao teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância (SCOTT e KNOTT, 1974).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1 - PRODUÇÃO DE FORRAGEM

Houve efeito das fontes de adubo e de manejo dos adubos ($P < 0,05$) na produção de massa seca da parte aérea da forrageira *Brachiaria decumbens* Stapf. Entretanto a interação entre manejo e fonte de adubo não foi significativa (Tabela 2).

Tabela 2 – Resumo da análise de variância da matéria seca, concentração de fósforo e fósforo exportado da parte aérea da forrageira (Diamante do Norte, 2014)

FV	GL	QM		
		M. SECA	P FOLIAR	P EXP.
MANEJO	3	1,095*	0,342	49,828*
Erro 1	2	25,397	0,07871	7,55
REPET	6	0,818	0,032	7,364
ADUBO	3	2,807*	0,221*	58,607*
MANEJO*ADUBO	6	0,885	0,033	7,715
Erro 2	27	0,770	0,042	6,917
Total corrigido	47			
CV 1 (%)		10,00	13,17	14,30
CV 2 (%)		9,71	9,65	13,69
Média geral		9,042	2,130	19,208

* valor significativo ao nível de 5% de significância.

A tabela 3 mostra que a produção média da forrageira nos tratamentos que receberam adubação fosfatada foi 11,6% superior ao tratamento sem adubação fosfatada. O teor inicial de P no solo encontrava-se com disponibilidade muito baixa (MACEDO, 2004). Assim, maior produção da forrageira seria esperada como resultado da adubação fosfatada.

Tabela 3 – Produção de massa seca da forrageira *Brachiaria decumbens* Stapf, submetida ao manejo e à adubação com fósforo em $t\ ha^{-1}$.

MANEJO ¹	ADUBO ²				MÉDIA
	SP	MS	ML	ST	
LANÇO	7,37 b A	8,32 b A	7,81 c A	8,28 b A	7,95 c
GRADE	8,50 a A	8,62 b A	9,37 b A	8,56 b A	8,76 b
SULCOS	9,10 a B	10,81 a A	10,91 a A	10,87 a A	10,42 a
MÉDIA	8,32 B	9,25 A	9,36 A	9,24 A	

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ² Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. SP: ausência de fósforo; MS: monoamônio fosfato farelado; ML: monoamônio fosfato líquido; ST: superfosfato triplo.

Esses valores estão de acordo com as produções obtidas por Lira *et al.* (1994), os quais concluíram que níveis de adubação intermediários com P ($60\ kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5) e N (20 a 40kg

ha⁻¹ após cada corte) apresentaram produções de forragem de *B. decumbens* Stapf estáveis ao longo de três anos de avaliações.

A adubação fosfatada resultou em produção de parte aérea da forrageira significativamente superior ao tratamento sem fósforo, para todas as fontes utilizadas. Não foram, contudo, registradas diferenças entre as fontes. Araújo *et al.* (2010) observaram aumento linear de produção em gramíneas e em leguminosas forrageiras que receberam doses crescentes de fósforo, assim como aumento da concentração de P foliar.

A adubação fosfatada propiciou maior produção de forragem da parte aérea, e a sua ausência limitou o crescimento das plantas em decorrência da baixa disponibilidade do nutriente no solo, semelhantemente ao registrado por Maciel *et al.*, (2007).

Quanto aos manejos de adubação, a aplicação de P em sulcos promoveu a maior produtividade da forragem (10,42 t ha⁻¹), seguida pela aplicação incorporada com grade (8,76 t ha⁻¹) e pela aplicação a lanço superficial (7,95 t ha⁻¹). Admite-se que a movimentação do solo promoveu maior contato do P com as raízes, favorecendo a produtividade. Nos manejos grade e sulcos, foram obtidos valores 18,9% e 31,0% maiores de produção de matéria seca da parte aérea da forrageira que os registrados no manejo a lanço em superfície.

As médias de produtividade dos manejos em que houve pequena movimentação de solo resultaram em maior produtividade, mesmo quando P não foi aplicado. Na ausência da adubação fosfatada (SP), os manejos grade e sulcos proporcionaram 8,50 e 9,10 t ha⁻¹ de matéria seca, respectivamente, significativamente superior às 7,37 t ha⁻¹ registradas no manejo a lanço, ou seja, o revolvimento do solo propiciou aumento de produção de matéria seca (Tabela 3).

Deve-se ressaltar que o manejo sulco do solo resultou em maior produtividade em todas as adubações, e os seus efeitos foram mais expressivos nos tratamentos que receberam adubação fosfatada. Os tratamentos MS, ST, ML, no manejo sulco, foram semelhantes entre si e significativamente superiores ao tratamento SP. As maiores produções registradas com a mobilização do solo podem ser atribuídas, em parte, à maior mineralização da matéria orgânica nessas condições.

A incorporação das fontes solúveis ao solo favoreceu a produtividade, quando comparada à adubação a lanço. Mesmo considerando a imobilização de parte do P pelos coloides presentes no solo, a incorporação possibilitou um maior contato raiz - nutriente. Por outro lado, quando o P é aplicado a lanço na superfície do solo, a imobilização do P continua existindo, resultando em uma reduzida capacidade de difusão. Esta, segundo Malavolta,

(2004) é o principal mecanismo de absorção do elemento pelas raízes das plantas. Não havendo difusão até as raízes, não haveria absorção.

A maior produção obtida na aplicação em sulcos é, em parte, decorrente do fato de que a localização propiciou menor fixação de fósforo pelo solo, com maior quantidade P-lábil quando comparado ao manejo incorporado com grade. Outro aspecto é que a localização em sulco favoreceria os mecanismos de difusão, consequência da maior concentração de P no sítio do sulco, com teores de P mais constantes na solução do solo para absorção pelas raízes. Também reforça a recomendação de se aplicar o P na fase de implantação dos cultivos, inclusive em pastagens, quando é possível incorporar o adubo fosfatado em profundidade, durante o preparo do solo.

O efeito da incorporação não é sempre observado. Esses efeitos podem ser influenciados pela magnitude do revolvimento. Efeitos negativos ocorrem quando há grande movimentação de solo, especialmente em pastagens já estabelecidas (SILVA *et al.*, 2004; OLIVEIRA *et al.*, 2003; YDOYAGA *et al.*, 2006).

Silva *et al.*, (2004), ao avaliarem métodos de recuperação de pastagens de braquiária no Agreste Pernambucano, concluíram que gradagem pesada apresentou aspecto negativo no vigor de rebrota e recuperação da produção em pastagens degradadas. Oliveira *et al.*, (2003) também concluíram que o uso de gradagem prejudicou o desenvolvimento do sistema radicular e promoveu queda nos teores de matéria orgânica do solo em estudo de efeitos de calagem e adubação para recuperação de pastagem degradada de *B. decumbens*. Isso pode ter ocorrido devido a um dos efeitos prejudiciais do uso frequente das grades de discos e à compactação do solo ao nível da profundidade de corte desses equipamentos. Essa compactação é chamada popularmente de “pé-de-grade”. Ydoyaga *et al.*, (2006) observaram em seu trabalho que o uso de grade em profundidade de 20cm, para recuperação de pastagem de *B. decumbens*, resultou em alto efeito negativo, não sendo observados os benefícios da mineralização da matéria orgânica e da adubação nitrogenada e fosfatada para esse tipo de manejo. Assim, em situações de deficiência de fósforo, admite-se que a liberação do P pela mineralização da matéria orgânica não foi suficiente para compensar o estresse radicular provocado pela movimentação com o corte das raízes.

Nesta pesquisa, usou-se grade niveladora fechada, assim como a sulcação com distância entre sulcos de 0,45m, que resultaram em menor impacto sobre as raízes, com dominância do efeito da mineralização da matéria orgânica sobre o stress nas raízes. Esses resultados sugerem que o manejo de aplicação de P com incorporação por gradagem deve ser leve, usando-se grade niveladora fechada.

2 - FÓSFORO NA PLANTA

A análise de variância das concentrações de P nas folhas da forrageira (Tabela 2) mostra que houve efeito significativo somente devido às fontes de fósforo.

Esses resultados estão de acordo com os observados por Ieiri *et al.*, (2010), que, ao estudarem modos de aplicação de P na recuperação de pastagem com braquiária, não obtiveram resposta ao tipo de manejo de aplicação de fósforo, os quais foram incorporados a 0,10m de profundidade com grade e não incorporados. Entretanto, observaram que, em doses maiores que 50,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅, houve diferenças significativas entre as fontes de P usadas – superfosfato triplo, hiperfosfato e termofosfato.

Também se observa no presente trabalho que os tratamentos com P (MS, ML, ST) apresentaram maior concentração de P na parte aérea do que aqueles sem aplicação de P (SP), exceto quando houve mobilização do solo com a grade (Tabela 4), semelhantemente ao observado na produção de massa seca da parte aérea.

Tabela 4 - Concentração média de fósforo na parte aérea de *Brachiaria decumbens* Stapf, submetida a manejo e adubação com fósforo, em g kgms⁻¹ de P.

MANEJO ¹	ADUBO ²				MÉDIA
	SP	MS	ML	ST	
LANÇO	1,84 bB	2,24 aA	2,27 aA	2,31 aA	1,97 a
GRADE	2,18 aA	2,33 aA	2,27 aA	2,25 aA	2,16 a
SULCOS	1,76 bA	2,01 aA	2,09 aA	2,02 aA	2,26 a
MÉDIA	1,93 B	2,19 A	2,21 A	2,19 A	

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ² Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. SP: ausência de fósforo; MS: monoamônio fosfato farelado; ML: monoamônio fosfato líquido; ST: superfosfato triplo; ms: matéria seca.

As concentrações médias de fósforo no tecido foliar encontradas neste estudo estão de acordo com os valores indicados por Werner *et al.*, (1997) para *B. decumbens* (0,8-3,0 g kg⁻¹) e, mesmo no tratamento sem P, o valores estão na faixa adequada indicada.

A exportação de P, por meio da matéria seca da parte aérea, foi influenciada significativamente pelo manejo e pela adubação fosfatada (Tabela 2), não havendo interação entre as duas causas de variação. As exportações de P pela colheita da parte aérea (Tabela 5) são significativamente maiores nos tratamentos com adubação com P e naqueles em que houve manejo do solo (grade e sulcos) para a aplicação do P, ou seja, a aplicação de P a lanço sem incorporação e os tratamentos sem fósforo foram estatisticamente inferiores (P>0,05),

quando comparados aos demais. Como consequência da maior produção de massa seca da forrageira, houve maior exportação de P nesses tratamentos.

Tabela 5 – Exportação de fósforo pela massa seca da forrageira *Brachiaria decumbens* Stapf, submetida a manejo e a fontes de fósforo, em kg ha⁻¹ de P.

MANEJO ¹	ADUBO ²				MÉDIA
	SP	MS	ML	ST	
LANÇO	13,50 aB	18,63 aA	17,70 bA	19,11 aA	17,24 b
GRADE	18,37 aA	20,06 aA	21,35 aA	19,24 aA	19,76 a
SULCOS	15,89 aB	21,62 aA	23,02 aA	22,02 aA	20,63 a
MÉDIA	15,92 B	20,10 A	20,69 A	20,12 A	

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ² Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. SP: ausência de fósforo; MS: monoamônio fosfato farelado; ML: monoamônio fosfato líquido; ST: superfosfato triplo.

O manejo a lanço resultou em menor absorção e exportação de P. Nesse tratamento, o fósforo adicionado ficou posicionado na superfície do solo, a qual sofre variações rápidas e frequentes de umidade, de forma que a absorção de fósforo pode ter sido dificultada pela alta variação de umidade superficial junto às raízes da forrageira. Essa variação de umidade é restritiva ao crescimento de raízes e à difusão, o principal mecanismo de absorção do elemento pelas plantas (MALAVOLTA, 2004).

Por outro lado, os manejos grade e sulcos promoveram revolvimento do solo, causando dois efeitos positivos na absorção de P: maior mineralização da matéria orgânica e maior contato P-raiz, facilitando a difusão do P no solo, mecanismo mais importante para sua absorção radicular. Na exportação de P, o manejo grade propiciou um aumento de 2,52kg ha⁻¹ de P e houve um aumento de 3,39kg ha⁻¹ de P no manejo sulcos em relação ao manejo a lanço. Por outro lado, os efeitos de adubação com fósforo foram maiores, com exportação de 4,20, 4,77 e 4,20kg ha⁻¹ de P para os adubos MS, ML e ST, respectivamente, quando comparados ao tratamento sem fósforo.

Bomfim *et al.* (2003), estudando o emprego de tratamentos físicos (escarificação e gradeação) e adubação com N e P em pastagem de *B. decumbens* degradada e seus efeitos nas características bromatológicas da forrageira, concluíram que P, associado a N e a tratamentos físicos, resultou em maiores concentrações de proteínas e de fibras na matéria seca da forrageira, as quais geralmente estão associadas a um melhor valor forrageiro das plantas.

3 - FÓSFORO NO SOLO

Os teores de fósforo em profundidade no solo foram influenciados pela adubação fosfatada e observaram-se interações significativas entre manejo e profundidade e adubo e profundidade, não tendo sido observados efeitos do manejo ou da interação do manejo com adubo (Tabela 6).

Tabela 6 – Resumo da análise de variância do teor de P nas camadas de solo das subsubparcelas, mg dm⁻³ (Diamante do Norte, 2014).

FV	GL	QM
Repet	3	69,908
Manejo	2	104,749
Erro 1	6	36,525
Adubo	3	76,873*
Manejo*Adubo	6	37,887
Erro 2	27	24,829
Profund	3	1143,443*
Manejo*Profundidade	6	30,096*
Adubo*Profundidade	9	29,970*
Manejo*Adubo*Profundidade	18	8,656
Erro 3	108	5,948
Total corrigido	191	
CV 1 (%)	82,59	
CV 2 (%)	68,09	
CV 3 (%)	33,33	
Média geral	7,318	

* valor significativo ao nível de 5% de significância.

Na tabela 7, verifica-se que os manejos grade e lanço, na camada de 0-0,025m, proporcionaram teores de P significativamente maiores que no manejo em sulcos, admitindo-se como explicação o fato de que a coleta de solo não foi efetuada nos sulcos de adubação, tendo sido feita nas entrelinhas, onde esse tratamento não recebeu a adubação com fósforo. Assim, considera-se que os teores de P nas profundidades analisadas e sob o manejo sulcos refletem apenas a variação natural do teor de P nesse solo (FIDALSKI, 1997).

Tabela 7 – Teores de fósforo no solo das subsubparcelas de *B. decumbens* Stapf submetidas ao manejo de adubação com fósforo, em mg dm⁻³ de P.

MANEJO²	PROFUNDIDADES (m)¹				MÉDIAS
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	
GRADE	15,56 aA	9,08 aB	4,16 aC	2,52 aD	7,83 a
LANÇO	15,12 aA	9,81 aB	5,50 aC	2,64 aD	8,26 a
SULCOS	10,29 bA	6,49 aB	4,18 aC	2,50 aD	5,86 a
MÉDIAS	13,65 A	8,46 B	4,61 C	2,55 D	

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ² Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

Os teores de fósforo no solo, no manejo grade, apresentaram valores maiores que os registrados no manejo sulcos até a profundidade de 0,05m, com os teores de P no manejo lanço, apresentando-se ligeiramente maiores nas demais profundidades sem, contudo, serem essas diferenças significativas. Admite-se que uma pequena movimentação do solo leve a uma mineralização lenta e gradual dos resíduos orgânicos, que proporciona a liberação e a redistribuição das formas orgânicas de P, que são um pouco mais móveis no solo e menos suscetíveis às reações de adsorção. Também há influência de compostos húmicos que competem com os íons fosfato pelos sítios de carga positiva dos coloides inorgânicos e complexam íons de Al^{3+} e Fe^{3+} , resultando em aumento da disponibilidade de P para as raízes (CARNEIRO *et al.*, 2011).

Os teores de P no solo foram influenciados pela adubação, atingindo teores maiores ($P < 0,05$) que o tratamento em que não houve aplicação de P (Tabela 8) e não houve diferenças significativas entre as fontes utilizadas.

Tabela 8 – Teores de fósforo no solo das subsubparcelas de *B. decumbens* Stapf em função da adubação com P, em $mg\ dm^{-3}$ de P (Diamante do Norte, 2014).

ADUBO ²	PROFUNDIDADES (m) ¹				MÉDIAS
	0-0,025	0,025-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	
SP	8,81 bA	6,06 aB	4,28 aC	2,70 aC	5,46 b
ST	15,00 aA	8,37 aB	4,60 aC	2,53 aD	7,63 a
MS	14,73 aA	9,32 aB	4,87 aC	2,70 aD	7,91 a
ML	16,07 aA	10,07 aB	4,70 aC	2,27 aD	8,27 a
MÉDIAS	13,65 A	8,46 B	4,61 C	2,55 D	

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ² Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Adubos: SP - sem fósforo; ST - superfosfato triplo; MS - MAP sólido e ML - MAP líquido.

Efeitos significativos da adubação fosfatada nos teores de P do solo foram observados na camada de 0-0,025m (Tabela 8), que apresentou maiores teores que nas demais camadas. Nas profundidades maiores, os teores de P decresceram e são estatisticamente semelhantes entre os tratamentos de adubação, refletindo a distribuição natural do P em profundidade.

Destaque-se, contudo, que, na profundidade 2,5 – 5,0cm, os tratamentos que receberam adubação fosfatada (ST, MS, ML) também apresentam teores de P mais alto de P (8,37; 9,32 e 10,07 $mg\ dm^{-3}$ de P, respectivamente) que o tratamento que não recebeu adubação (SP), cujo teor de P foi 6,06 $mg\ dm^{-3}$, embora as diferenças não tenham sido significativas.

Do mesmo modo, admite-se aqui uma pequena mobilidade do fósforo no solo, devido à palhada e à matéria orgânica própria da pastagem, as quais podem interferir na dinâmica e

na disponibilidade do P no solo, como foi constatado por Corrêa *et al.*,(2004) com espécies de planta de cobertura que promoveram a movimentação do P do fertilizante aplicado superficialmente. Silva *et al.* (2003) registraram que, em solos cultivados com braquiária, foi registrado mais P nas frações mais lábeis e menos fósforo nas frações pouco lábeis. Assim, admite-se que esses efeitos sejam maiores nas camadas superficiais.

Os resultados obtidos, não obstante serem de apenas um ano de avaliação e com dose baixa de P, sugerem que a adubação fosfatada em superfície constitui-se em uma estratégia possível para recuperação de pastagens de *Brachiaria* em início de degradação.

CONCLUSÕES

A ausência de adubação fosfatada ou sua não incorporação ao solo resultaram em menor produção da forrageira *Brachiaria decumbens* Stapf.

Os manejos grade niveladora fechada e sulcos, com aplicação de adubação fosfatada solúvel, resultaram em maior produtividade de matéria seca da parte aérea e exportação de P pela forrageira *Brachiaria decumbens* Stapf.

As fontes de fósforo solúvel, superfosfato triplo e fosfato monoamônio sólido e líquido foram igualmente eficientes para promover o crescimento e o desenvolvimento da forrageira.

O teor de fósforo disponível no solo nas parcelas adubadas teve aumento significativo até a profundidade de 2,5cm, não tendo sido influenciado pelo manejo de aplicação.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. M. de; SANTOS, R. V. dos; VITAL, A. de F. M. ARAÚJO, J.L. FARIAS JUNIOR, J. A. de. Uso do fósforo em gramíneas e leguminosas cultivadas em neossolo do semi-árido. **Agropecuária Científica no Semi-árido**. Campina Grande, v. 6, n. 1, p.40-46, jan. 2010.

BOMFIM, E. R. P.; PINTO, J.C.; SALVADOR, N.; MORAIS, A. R. de; ANDRADE, I. F. de; ALMEIDA, O. C. de. Efeito do tratamento físico associado à adubação em pastagem degradada de braquiária, nos teores de proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p.912-920, jul. 2003.

CARNEIRO, L. F.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, J. Z. L.; CURTI, N.; REIS, T.H.P.; VALLE, L. A. R. do. Frações de fósforo no solo em resposta à adubação fosfatada em um Latossolo com diferentes históricos de uso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol.35, n.2, p. 483-491. 2011.

CORRÊA, J. C.; MAUAD, M.; ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p.1231-1237, dez. 2004.

CORSI, M. Parâmetros para intensificar o uso das pastagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de e FARIA, V. P de (ed.). **Bovinocultura de corte: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba, Fealq, 1986. p. 185-202.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. 3ª. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rev. Atual. Rio de Janeiro: Embrapa - CNPSo, 1997. 212p. (Documentos 1).

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, Dez. 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542011000600001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 01/12/2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

FIDALSKI, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região noroeste do Paraná. **Unimar**, Maringá, v. 19, n. 3, p.853-861, jun. 1997.

IEIRI, A. Y.; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na recuperação de pastagem com *Brachiaria*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p.1154-1160, set/out., 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp?t=1&z=t&o=24&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

LIRA, M. de A., FARIAS, I., FERNANDES, A. de P. M., SOARES, L. M. e DUBEAUX JUNIOR, J. C. B. Estabilidade de resposta do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) sob níveis crescentes de nitrogênio e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v.29, n.7, p.1151-1157, jul. 1994.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 4 ed. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2012. 526p.

MACEDO, M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. e (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.359-396.

MALAVOLTA, E. O fósforo na planta e interações com outros elementos. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. e (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p.35-98.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: Associação Brasileira Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 201p.

OLIVEIRA, P. P. A.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. de; CORSI, M. Liming and fertilization to restore degraded *Brachiaria decumbens* pastures grown on a entisol. **Scientia agricola**. Piracicaba, v.60, n.1, p. 125-131, jan./mar. 2003.

RAIJ, B. van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T. e ABDALLA, S. R. S. e (ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 107-114.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C.(Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas, Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1997. 285p. Boletim técnico 100.

SANTOS, D. R. dos; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p.576-586, mar./abr. 2008.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n.3, p.507-512. 1974.

SILVA, M. A. da; NÓBREGA, J. C. A.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; MARQUES, J. J. G. de S. e M.; MOTTA, P. E. F. da. Frações de fósforo em latossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 10, p.1197-1207, out. 2003.

SILVA, M. da C.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; LIRA, M. de A.; SANTANA, D. F. Y.; FARIAS, I.; SANTOS, V. F. dos. Avaliação de métodos para recuperação de pastagens de braquiária no agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.33, n.6, supl.2, p.1-7,dec 2004.

SOUZA, D. M. G. de e LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do cerrado**. Piracicaba, Potafós, 2003. 16 p. Informações Agrônomicas.

STAUFFER, M. D. e SULEWSKI, G. Fósforo – essencial para a vida. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. e (Ed.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 1-12.

YDOYAGA, D. F.; L. M. de A.; SANTOS, M. V. F. dos; DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; SILVA, M. da C.; SANTOS, V. F. dos; FERNANDES, A. de P. M. Métodos de recuperação de pastagens de *Brachiaria decumbens* Stapf no Agreste Pernambucano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p.699-705, mar. 2006.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H.; ANDRADE, N.de O.; QUAGGIO, J. A. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C.(Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas, Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1997. 285p. Boletim técnico 100.