

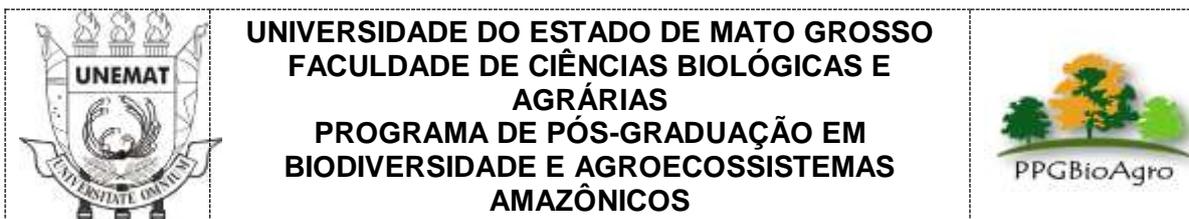
SIMONE HEMKEMEIER LOURINI

**CLASSES DE DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO
EM SOLOS DO NORTE DO ESTADO DE MATO
GROSSO CULTIVADOS COM CAPIM MOMBAÇA**

Dissertação de Mestrado

ALTA FLORESTA - MT

2017



SIMONE HEMKEMEIER LOURINI

**CLASSES DE DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO
EM SOLOS DO NORTE DO ESTADO DE MATO
GROSSO CULTIVADOS COM CAPIM MOMBAÇA**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Caione

ALTA FLORESTA - MT

2017

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Catalogação na fonte: Francisco Leandro Castro Lopes CRB1/3017

L892c	<p>Lourini, Simone Hemkemeier.</p> <p>Classes de disponibilidade de fósforo em solos do norte do Estado de Mato Grosso cultivados com capim Mombaça / Simone Hemkemeier Lourini. Alta Floresta-MT, 2017. 69f.:il.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) □□Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT Orientador: Prof. Dr. Gustavo Caione.</p> <p>1. Pastagem. 2. Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo. 3. Resina de Troca Aniônica. 4. Mehlich-1 5. <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça. I. Autor II. Título.</p> <p>CDD 630</p>
-------	---

FOLHA DE APROVAÇÃO

DEDICATÓRIA

A Deus e à minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me abençoou em cada momento da minha jornada, e sempre será meu refúgio e fortaleza.

À Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, pela oportunidade de formação.

Ao professor e amigo Gustavo Caione pela orientação, sabedoria, paciência e contribuição na realização deste trabalho.

Aos professores Guilherme, Evandro, Luis e Getúlio, pela imensa ajuda na realização dos trabalhos.

Aos colegas do laboratório de solos pela amizade construída nesse pequeno período.

Aos servidores da UNEMAT Câmpus de Alta Floresta, sempre solícitos.

Aos colegas e aos professores do PPGBioAgro, obrigada por ajudar, ensinar e não deixar o cansaço ser maior que a vontade de vencer.

À minha família.

Ao Sr. Geraldo e família, Sr. Arlindo e família e aos meus sogros Etelvina e Juvelino (Kiko) por cederem os locais para a realização dos experimentos.

Aos companheiros Henildo, Reginaldo e Luana.

A todos os amigos que sempre incentivaram, cada palavra ajudou na caminhada.

À Carine, Willian, Fabiano, Anselmo (pai) e Júnior por não medirem esforços nas difíceis coletas e à Alice Emília (mãe) pelas refeições nestes dias.

Ao meu esposo Júnior, amor da minha vida e companheiro incomparável, por sua compreensão, amor, ajuda e cuidado.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE SIGLAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Produção Pecuária	3
2.2 <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	3
2.3 Dinâmica do fósforo no solo	4
2.4 Adubação fosfatada	5
2.5 Calibração de adubação	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Área experimental	11
3.2 Clima	11
3.3 Caracterização pluviométrica	11
3.4 Classificação e análise dos solos	12
3.5 Delineamento experimental e tratamentos	17
3.6 Implantação e condução	17
3.7 Avaliação da produtividade de forragem e acúmulo de fósforo	18
3.8 Avaliação do solo	19
3.9 Análise dos dados	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Massa seca	22
4.2 Fósforo acumulado pelas plantas e teor de P no solo	29
4.3 Correlações da disponibilidade de fósforo	35
4.4 Estimativa da disponibilidade de P	37
5. CONCLUSÕES	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE TABELAS

TABELAS	PÁGINA
1. Resultados da análise química e granulométrica da camada de 0 a 20 cm de profundidade, classificação textural e pedológica das áreas de Alta Floresta-MT, Carlinda-MT e Confresa-MT.....	17
2. Descrição das doses de fósforo em função da capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd)	18
3. Massa seca por corte e massa seca total, em função da aplicação de doses de fósforo de acordo com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Acinzentado Distrófico, no município de Alta Floresta-MT	23
4. Massa seca por corte e massa seca total, em função da aplicação de doses de fósforo de acordo com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Alta Floresta-MT	25
5. Massa seca por corte e massa seca total, em função da aplicação de doses de fósforo de acordo com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Carlinda-MT	26
6. Massa seca por corte e massa seca total, em função da aplicação de doses de fósforo de acordo com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Confresa-MT	28
7. Fósforo acumulado por corte, P acumulado total e teor de P extraído por Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA), em função da adubação fosfatada com base na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em um Argissolo Acinzentado Distrófico, no município de Alta Floresta-MT	30
8. Fósforo acumulado por corte, P acumulado total e teor de P extraído por Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA), em função da adubação fosfatada com base na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Alta Floresta-MT	32

9. Fósforo acumulado por corte, P acumulado total e teor de P extraído por Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA), em função da adubação fosfatada com base na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Carlinda-MT 34
10. Fósforo acumulado por corte, P acumulado total e teor de P extraído por Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA), em função da adubação fosfatada com base na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em um Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Confresa-MT 35
11. Coeficientes de correlação linear entre fósforo (P) acumulado total na parte aérea de capim mombaça e produção de massa seca total com o teor de fósforo extraído por Mehlich-1 e Resina de Troca Aniônica (RTA) em Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd) 37
12. Classes de disponibilidade de fósforo na profundidade de 0-20 cm, extraído pelo método Mehlich-1, para *Panicum maximum* cv. Mombaça, em Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd) 39
13. Classes de disponibilidade de fósforo geral na profundidade de 0-20 cm, extraído pelo método resina de troca aniônica (RTA), para *Panicum maximum* cv. Mombaça, em Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd) 43

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
1. Estado de Mato Grosso. Em destaque os municípios de Alta Floresta, Carlinda e Confresa. Fonte: Adaptado de http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html	11
2. Precipitação pluviométrica diária entre novembro de 2015 e dezembro de 2016, no município de Alta Floresta-MT	14
3. Precipitação pluviométrica diária entre novembro de 2015 e dezembro de 2016, no município de Carlinda-MT	15
4. Precipitação pluviométrica diária entre novembro de 2015 e dezembro de 2016, no município de Confresa-MT	16
5. Massa seca por corte (A) e massa seca total (B) de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Acinzentado Distrófico, no município de Alta Floresta-MT	24
6. Massa seca por corte (A) e massa seca total (B) de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Alta Floresta-MT	26
7. Massa seca por corte (A) e massa seca total (B) de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Carlinda-MT	27
8. Massa seca no primeiro corte (A) e massa seca total (B) de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Confresa-MT	29
9. Fósforo acumulado em cada corte (A) e P acumulado total (B) na parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Acinzentado Distrófico, no município de Alta Floresta-MT	31

10. Fósforo acumulado em cada corte (A) e P acumulado total (B) na parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, em Alta Floresta-MT	33
11. Fósforo acumulado em cada corte (A) e P acumulado total (B) na parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Carlinda-MT	35
12. Fósforo acumulado no primeiro corte (A) e P acumulado total (B) na parte aérea de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Confresa-MT	36
13. Produção relativa total de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função do teor de fósforo extraídos por Mehlich-1, em um Argissolo Acinzentado Distrófico (A) e em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (B), no norte de Mato Grosso	41
14. Produção relativa total de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função do teor de fósforo extraídos por Mehlich-1, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (A) e em um Latossolo Amarelo Distrófico (B) no norte de Mato Grosso	42
15. Produção relativa total de <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça em função do teor de fósforo extraídos por resina de troca aniônica (RTA), em Argissolo Acinzentado Distrófico, Argissolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico, no norte de Mato Grosso	43

LISTA DE SIGLAS

ABIEC: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes

CMAP: Capacidade máxima de adsorção de P

CTC: Capacidade de Troca de Cátions

DAS: Dias Após Semeadura

FCP: Fator Capacidade de Fósforo

LVAd: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico

LAd: Latossolo Amarelo Distrófico

MO: Matéria Orgânica

P: Fósforo

PACd: Argissolo Acinzentado Distrófico

PVAd: Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico

P₂O₅: Pentóxido de fósforo

PPGBIOAGRO: Programa de pós-graduação em biodiversidade e agroecossistemas amazônicos.

P-rem: Fósforo Remanescente

V%: Saturação por bases

RESUMO

LOURINI, Simone Hemkemeier. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, Fevereiro de 2017. **Classes de disponibilidade de fósforo em solos do norte do estado de Mato Grosso cultivados com capim mombaça.** Orientador: Dr. Gustavo Caione.

Na região norte do estado de Mato Grosso, assim como ocorre em diversas regiões do Brasil, não há critérios específicos de interpretação da disponibilidade de P no solo e nem recomendação de adubação fosfatada para pastagem. Objetivou-se com o presente trabalho definir intervalos de teores disponíveis de P em solos do norte de Mato Grosso cultivados com *Panicum maximum* cv. Mombaça, tomando como base características do solo que possam prever o Fator Capacidade de Fósforo do solo (FCP), como o teor de argila e a Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo (CMAP). Foram realizados quatro experimentos em solos representativos da região norte de Mato Grosso e apresentando diferentes capacidades de adsorção de P, sendo dois solos localizados no município de Alta Floresta-MT (Argissolo Acinzentado Distrófico - PACd e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico - PVAd), um em Carlinda-MT (Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico - LVAd) e outro em Confresa-MT (Latossolo Amarelo Distrófico - LAd). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco doses de fósforo e quatro repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação de doses de P_2O_5 determinadas com base em cinco níveis da CMAP dos solos (0%, 3%, 6%, 12% e 24%). As parcelas foram de 5 m x 4 m, desconsiderando 0,5 m em cada extremidade para fins de avaliação. Os cortes foram realizados quando o capim atingia altura de pastejo nos períodos chuvosos. Determinou-se o teor de P na parte aérea da planta de cada corte, além do teor de P no solo pelos extratores Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA) aos 10 meses após a adubação. As doses de fósforo aplicadas ao solo baseadas na CMAP, proporcionaram aumento do teor de P extraído por Mehlich-1 e por resina de troca aniônica em todos os solos avaliados. As correlações entre o P acumulado total com P extraído por Mehlich-1 e por RTA foram altas em todos os solos. As correlações entre produção total de massa seca com P extraído por Mehlich-1 e por

RTA foram moderadas no Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico, e alta para o Argissolo Acinzentado Distrófico. As classes da disponibilidade consideradas como teor “adequado” de P nos solos pelo extrator Mehlich-1 foi de $>19,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Argissolo Acinzentado Distrófico (22% de argila e CMAP: 450 mg dm^{-3}); $>3,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (36% de argila e CMAP: 480 mg dm^{-3}); $>9,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (61% de argila e CMAP: 650 mg dm^{-3}); e $>2,5 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Latossolo Amarelo Distrófico (22% de argila e CMAP: 620 mg dm^{-3}). Para RTA a classe “adequada” da disponibilidade de P nos solos foi de $>15,0 \text{ mg dm}^{-3}$.

Palavras-chave: pastagem; capacidade máxima de adsorção de fósforo; resina de troca aniônica; Mehlich-1; *Panicum maximum* cv. Mombaça.

ABSTRACT

LOURINI, Simone Hemkemeier. M.Sc. State University of Mato Grosso, February 2017. **Phosphorus availability classes in soils of the northern state of Mato Grosso cultivated with mombaça grass.** Advisor: Dr. Gustavo Caione.

In the northern region of the state of Mato Grosso, as in several regions of Brazil, there are no specific criteria for the interpretation of P availability in the soil and no recommendation of phosphate fertilization for pasture. The objective of this work was to define ranges of available levels of P in soils of northern Mato Grosso cultivated with *Panicum maximum* cv. Mombaça, based on soil characteristics that can predict the soil phosphorus capacity (FCP), such as clay content and maximum phosphorus adsorption capacity (CMAP). Four experiments were carried out in soils representative of the northern region of Mato Grosso and presenting different adsorption capacities of P, two soils located in the municipality of Alta Floresta-MT (Ultisol Grayish dystrophic - PACd and Ultisol Red Yellow dystrophic - PVAd). In Carlinda-MT (Oxisol Red Yellow dystrophic - LVAd) and another in Confresa-MT (Oxisol Yellow dystrophic - LAd). The experimental design was in randomized blocks, with five doses of phosphorus and four replicates. The treatments consisted in the application of P₂O₅ doses based on five levels of CMAP of the soils (0%, 3%, 6%, 12% and 24%). The plots were 5 m x 4 m, disregarding 0.5 m at each end for evaluation purposes. The cuttings were performed when the grass reached grazing height in the rainy periods. It was determined the P content in the aerial part of the plant of each cut, in addition to the P content in the soil by the Mehlich-1 and anion exchange resin (RTA) extractors at 10 months after fertilization. Phosphorus doses applied to the soil based on CMAP provided an increase in the content of P extracted by Mehlich-1 and anion exchange resin in all evaluated soils. The correlations between total P accumulated with P extracted by Mehlich-1 and RTA were high in all soils. The correlations between total dry mass production with P extracted by Mehlich-1 and RTA were moderate in the Ultisol Red Yellow dystrophic, Oxisol Red Yellow dystrophic and Oxisol Yellow dystrophic, and high for the Ultisol Grayish dystrophic. The availability classes considered as "adequate" content of P in the soils by the

Mehlich-1 extractor was > 19.0 mg dm⁻³ for Ultisol Grayish dystrophic (22% clay and CMAP: 450 mg dm⁻³); > 3.0 mg dm⁻³ for Ultisol Red Yellow dystrophic (36% clay and CMAP: 480 mg dm⁻³); > 9.0 mg dm⁻³ for the Oxisol Red Yellow dystrophic (61% of clay and CMAP: 650 mg dm⁻³); And > 2.5 mg dm⁻³ for Oxisol Yellow dystrophic (22% clay and CMAP: 620 mg dm⁻³). For RTA the "adequate" class of soil P availability was > 15.0 mg dm⁻³.

Key-words: pasture, maximum adsorption capacity of P, anionic exchange resin, Mehlich-1; *Panicum maximum* cv. Mombaça.

1. INTRODUÇÃO

No norte de Mato Grosso, assim como em todo o país, não é comum o uso de fertilizantes em pastagens. Aliado a isso, não há recomendações de adubação tradicional que sejam alicerçadas por pesquisas. A região tem como principal atividade a pecuária, sendo que nos últimos anos, vem experimentando problemas decorrentes da degradação das pastagens, relacionado à fatores como baixa fertilidade (OLIVEIRA et al., 2012). Neste contexto há necessidade de reforma de pastagens aliada a adubação que venha suprir as necessidades da forrageira implantada.

Cerca de 70% dos solos cultivados no Brasil apresentam problemas em fertilidade, o fósforo (P) é o elemento que limita mais frequentemente a produção das culturas nos solos ácidos tropicais (SANTOS et al., 2002; COSTA et al., 2006), onde o P está fortemente adsorvido aos óxidos de Fe e de Al e apenas uma pequena parte está disponível às plantas (MALAVOLTA, 1981; RAIJ, 1991). Como resultado tem-se redução no perfilhamento, atraso no desenvolvimento das gramíneas forrageiras, o que faz com que o pasto tenha uma cobertura deficiente (ROSSI & MONTEIRO, 1999). Assim, a adubação fosfatada passa a ser o assunto de maior necessidade de pesquisa, pois na implantação das pastagens é o nutriente que mais limita o crescimento.

Atualmente, a recomendação de adubação com P é feita de forma genérica. Usam-se recomendações aproximadas de outras culturas ou voltadas a outras regiões. A utilização de classes de disponibilidade de P voltadas para outras culturas e regiões, sem uma calibração própria, pode acarretar em déficit nutricional da planta, desperdícios na adubação, gerando menor eficiência agrônômica e econômica, já que os valores analíticos podem não ser adequados. Percebe-se a necessidade de se estabelecer parâmetros para a adubação de acordo com enquadramento dos valores analíticos nas classes de disponibilidade de P no solo e a produtividade (SANTOS et al., 2008).

Geralmente a avaliação do P disponível no solo é feita com o uso de soluções extratoras, ou agentes de troca iônica, que apontam à quantificação de formas capazes de repô-lo à solução do solo após absorção pelas plantas (SANTOS et al., 2008). Dentre esses extratores, no Brasil, os laboratórios de análise de solo, utilizam com mais frequência o Mehlich-1 e a Resina de Troca

Aniônica (RTA) (RAIJ et al., 2001). A extração com Mehlich-1 se trata da utilização de extrator ácido, apresentado vantagens, principalmente na rapidez e facilidade da análise, porém pode apresentar baixa capacidade de extração dependendo do teor de argila presente no solo. Depois de obtido o resultado da análise por Mehlich-1, leva-se em consideração, a textura do solo para fazer as interpretações e recomendações. Mas, além de demorada, é onerosa e sujeita a erros, já que é uma medida quantitativa e não fornece qualquer informação sobre a composição da fração argila (NETTO, 1996).

Alternativo a esses problemas, pode-se utilizar o método do P remanescente (P-rem), técnica que vem sendo utilizada por alguns Estados brasileiros como medida do poder tampão dos solos, pois além ser mais prático que a determinação da argila, ele avalia diretamente o potencial de imobilização de P (ROGERI, 2013). Possibilitando a avaliação de forma direta da capacidade de sorção do P no solo, podendo substituir a análise textural (LISBOA et al., 2012). O P-rem ou isoterma de adsorção é um dos pontos utilizados para se determinar a capacidade máxima de adsorção de fósforo – CMAP (ROGERI, 2013).

A CMAP prediz a dinâmica do P adicionado ao solo para as culturas, em termos de aproveitamento imediato ou de “efeito residual” (PEREIRA & FARIA, 1998). Assim, a recomendação de P deve considerar não apenas o P disponível, mas também características do solo que possam predizer o Fator Capacidade de Fósforo (FCP), que é responsável pela variação entre os solos quanto ao requerimento de P (SCHLINDWEIN & GIANELLO, 2009). O FCP é determinado em função do equilíbrio entre a quantidade P na solução e de P no solo, definida como a capacidade do solo em manter um nível de P na solução que está disponível as plantas (FOX & KAMPRATH, 1970). Dessa forma, através da produção relativa baseada na aplicação de doses de P em função da CMAP, pode-se obter base para a classificação de teor de P no solo.

Objetivou-se com o presente trabalho definir intervalos de teores disponíveis de P em solos do norte de Mato Grosso cultivados com *Panicum maximum* cv. Mombaça, tomando como base características do solo que possam predizer o FCP, como o teor de argila e a CMAP.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Produção Pecuária

O Brasil é atualmente o segundo maior produtor e o maior exportador mundial de carne bovina (DIAS-FILHO, 2014), com aproximadamente 209 milhões de cabeças (ABIEC, 2014) e tem a maior parte de seu rebanho criado a pasto tendo as gramíneas forrageiras como a principal fonte de alimento (FERRAZ & FELÍCIO, 2010; INOUE et al., 2012).

As forrageiras mais cultivadas são pertencentes aos gêneros *Panicum* spp. e *Urochloa* spp., tradicionalmente cultivadas em solos de baixa a média fertilidade. Mas, não é comum o uso de fertilizantes em pastagens implantadas. Aliado a isso, não há recomendações de adubação tradicional que sejam alicerçadas por pesquisas. No norte de Mato Grosso, este cenário não é diferente, a região tem como principal atividade a pecuária e nos últimos anos vem experimentando problemas decorrentes da degradação das pastagens relacionado à fatores como baixa fertilidade do solo (OLIVEIRA et al., 2012).

2.2 *Panicum maximum* cv. Mombaça

A espécie *Panicum maximum* Jacq. é uma das forrageiras mais importantes para a produção pecuária nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (HERLING et al., 2000). No Brasil, o plantio de cultivares de *P. maximum* é bastante estimulado devido às suas excelentes características agrônômicas (GUERDES et al., 2000). Mesmo considerando que as gramíneas do gênero *Urochloa* spp. (Syn. *Brachiaria* spp.) representam grande parte das forrageiras cultivadas no Estado de Mato Grosso, suas pastagens têm sofrido grande redução com a sucessão dos anos de exploração e mais recentemente sofre com a morte súbita e, assim, o *Panicum maximum* cv. Mombaça vem substituindo às pastagens de braquiária, nesta região.

O capim mombaça foi lançado no Brasil em 1993, pela Embrapa (JANK et al., 1994; JANK, 1995). É uma planta cespitosa com altura média de 1,65 m, folhas longas, quebradiças e sem cerosidade. As lâminas foliares apresentam poucos pelos curtos e duros. Os colmos são levemente arroxeados e a inflorescência é do tipo panícula longa com ramificações secundárias

longas apenas na base (SAVIDAN et al., 1990).

Suas principais características positivas são a elevada produção sob adubação intensiva, o alto valor alimentício e a resistência média a cigarrinhas das pastagens. É exigente quanto à fertilidade dos solos para o rápido estabelecimento e cobertura do solo (CORRÊA & SANTOS, 2003), e devido às suas exigências algumas cultivares de *Panicum maximum*, não têm tido sucesso em solos com baixos níveis de P disponível (BERETTA et al., 1999). Considerando que o P é limitante na produção de forragens e que os solos brasileiros são deficientes neste nutriente a adubação é fundamental no estabelecimento e na manutenção das pastagens.

2.3 Dinâmica do fósforo no solo

O P pode ser encontrado em dois grupos, fósforo inorgânico e fósforo orgânico, dependendo da natureza do composto a que ele está ligado. O grupo do fósforo inorgânico é dividido em duas partes, o P dos minerais primários e o P adsorvido (RHEINHEIMER, et al., 2008).

O fósforo orgânico é originário dos resíduos vegetais adicionados ao solo, dos tecidos microbianos ou dos produtos de sua decomposição (RHEINHEIMER et al., 2000; CONTE et al., 2002 e 2003; MARTINAZZO et al., 2007). O fósforo orgânico pode representar de 5 a 80% do fósforo total do solo e é a fonte de P às plantas, principalmente nos solos tropicais, devendo ser levado em consideração em estudos envolvendo a sua dinâmica e a biodisponibilidade (RHEINHEIMER & ANGHINONI, 2003).

A disponibilização do P depende de dois compartimentos interligados: a solução do solo, que constitui o fator intensidade (I), e a fase sólida, que armazena os fosfatos que podem abastecer a solução dos quais, lábeis, não lábeis, ou moderadamente lábeis, denominado fator quantidade (Q). A dinâmica de comportamento que explica como o primeiro compartimento é abastecido pelo segundo é chamado fator capacidade (C), e representa o poder tampão ou a taxa de recomposição que é controlada pela energia de ligação do nutriente ou pelo grau de labilidade (RHEINHEIMER et al., 2008). Segundo Novais & Smyth (1999), o FCP pode ser entendido como a resistência do solo à mudanças no fator I quando se põe ou se retira P do solo (Q). Para

Novais et al. (2007) a relação Q/I, medida do FCP ou Poder Tampão de P do solo, é maior em solos com maior adsorção de P, como os mais argilosos e mais intemperizados e menor em solos com menor adsorção, como os arenosos e, se argilosos, menos intemperizados. De acordo com Santos et al. (2008) os métodos de avaliação da fertilidade do solo procuram estimar a porção de Q passível de repor I para predizer a necessidade de suplementação do nutriente.

Deve-se considerar ainda que quanto mais lábil a fração mais dependente do grau de intemperização do solo, das características físico-químicas, da mineralogia, da textura, do teor de matéria orgânica, da atividade biológica e da vegetação predominante (WALKER & SYERS, 1976; CROSS & SCHLESINGER, 1995).

2.4 Adubação fosfatada

Cerca de 70% dos solos cultivados no Brasil apresentam limitação em fertilidade e o P é o elemento, cuja ausência limita mais frequentemente a produção das culturas nos solos ácidos tropicais (SANTOS et al., 2002). Nestes solos o P está fortemente adsorvido aos óxidos de Fe e de Al e apenas uma pequena parte está disponível às plantas (MALAVOLTA, 1981; RAIJ, 1991).

Os solos da região norte de Mato Grosso, inseridos no bioma amazônico, possuem como principais fatores limitantes da fertilidade a deficiência de N, P, S, Ca, Mg, B, Cu, Zn, acidez elevada, baixa capacidade de troca de cátions e também a alta fixação de P aplicado (SANCHEZ & COCHRANE, 1980). A eficiência de utilização de P pelas plantas está relacionada ao solo, havendo diferenças quanto aos processos de adsorção (FARDEAU, 1996), além do diferente comportamento das plantas quanto em absorver P.

O desenvolvimento inicial das plantas é muito dependente do P no solo (MALAVOLTA et al., 1974) e a sua baixa disponibilidade pode causar severas restrições (MARSCHNER, 1995). O P desempenha papel fundamental no metabolismo das plantas, na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese, além de ser componente estrutural dos ácidos

nucléicos, coenzimas, entre outros. Para as gramíneas forrageiras, a indisponibilidade de P faz com que o pasto tenha uma cobertura deficiente, resultando em grande prejuízo à produção, redução no perfilhamento, atraso no desenvolvimento das plantas (ROSSI & MONTEIRO, 1999), o que torna a nutrição fosfatada um fator limitante à produtividade de massa seca pelas forrageiras (COSTA et al., 2006). Assim a adubação com P torna-se o assunto de maior necessidade de pesquisa, pois na implantação das pastagens é o nutriente que mais limita o crescimento.

A adubação fosfatada ocorre em doses elevadas e sua eficiência esta relacionada a aplicação de forma adequada no solo, que depende, segundo Sousa & Lobato (2004) do solo, da fonte de P, da espécie a ser cultivada, do sistema de preparo e do clima, citando como formas mais utilizadas de adubação fosfatada, a lanço, na superfície, com e sem incorporação, no sulco de plantio, em cova e em faixas. A adubação fosfatada de implantação de pastagens é superior à de manutenção, pois de acordo com Macedo (2004) estas plantas possuem características de alta capacidade de ciclagem de nutrientes e profundidade de sistema radicular de grande importância nas práticas de manutenção.

O termo fixação de P envolve mecanismos de adsorção, através de ligações covalentes ou eletrostáticas, e de precipitação, com formação de compostos insolúveis, o que torna o elemento indisponível para as plantas (ALCARDE et al., 1991).

Atualmente a recomendação de adubação com P é feita de forma equivocada. Usam-se recomendações aproximadas de outras culturas ou voltadas a outras regiões como o Boletim 100 (RAIJ et al., 1997), 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), Cerrado (SOUSA & LOBATO, 2004), Cerrado para pastagens (MARTHA JÚNIOR et al., 2007), entre outros. A utilização de classes de disponibilidade de P voltadas para outras culturas e regiões, sem uma calibração própria, pode acarretar em déficit nutricional da planta, desperdícios na adubação, gerando uma menor eficiência agrônômica e econômica, já que os valores analíticos podem não ser adequados, como exemplo citado por Santos et al. (2008) da genérica utilização de classes de disponibilidade de P adotadas para o sistema plantio direto obtidas com o

cultivo convencional da soja. Percebe-se a necessidade de se estabelecer parâmetros para a adubação de acordo com enquadramento dos valores analíticos nas classes de disponibilidade de P no solo e a produtividade das culturas (SANTOS et al., 2008).

2.5 Calibração de adubação

A principal finalidade da análise do solo é avaliar a disponibilidade de nutrientes para as plantas e, em caso de deficiência, estimar a quantidade a aplicar de corretivos e fertilizantes de modo racional e econômico. Porém, a viabilidade da análise de solo depende de um programa de calibração dos valores obtidos pelo método analítico com o rendimento das culturas (SCHLINDWEIN & GIANELLO, 2008). Para calibrar a adubação fosfatada é indispensável relacionar o resultado da análise do solo com o correto enquadramento na sua classe de disponibilidade.

As classes de disponibilidade são obtidas levando em consideração o teor do nutriente no solo, o índice de crescimento e a produtividade das culturas naquelas condições, comparando o resultado da análise do solo com as características das plantas cultivadas (ROUSE, 1968; CATE & NELSON, 1973; ANGHINONI & VOLKWEISS, 1984). Por isso, elas dependem de um conjunto de experimentos com várias culturas e em diferentes solos, os quais darão suporte para a calibração (SANTOS et al., 2008).

Geralmente a avaliação do P disponível no solo é feita com o uso de soluções extratoras ou agentes de troca iônica, que apontam à quantificação de formas capazes de repô-lo à solução do solo após a absorção pelas plantas (SANTOS et al., 2008). Dentre esses extratores, no Brasil os laboratórios de análise de solo, utilizam com mais frequência os de Mehlich-1 e o de Resina de Troca Aniônica-RTA (RAIJ et al., 2001).

Na extração do P por RTA há a remoção contínua da solução pela troca com o bicarbonato ou cloreto da resina, criando um gradiente de concentração que força a saída da superfície dos colóides até chegar ao equilíbrio eletroquímico entre o solo e a RTA (SANTOS et al., 2008). Apesar de ser defendido por muitos autores o RTA é um método que dispende de muito tempo e, segundo Rheinheimer et al. (2003) extraí mais P do que o Mehlich 1

em solos com altos teores de argila e menos naqueles de texturas leves, sendo um método sensível à textura do solo.

O extrator de Mehlich-1 é composto de mistura de ácidos fortes em baixas concentrações, com pH entre 2 e 3, fazendo a extração do P pela dissolução ácida dos compostos fosfatados de fraca energia, sendo maior para fosfatos de cálcio, seguida daqueles ligados ao alumínio e, por último, daqueles ligados ao ferro (SANTOS et al., 2008). Apresentando a desvantagem de ter baixa capacidade de extração de P em solos com alta quantidade de argila (CQFS-RS/SC, 2004) e apresentar resultados superestimados da disponibilidade em solos previamente adubados com fosfatos naturais (GATIBONI et al., 2003). O extrator Mehlich-1 também apresenta vantagens, como a sua facilidade de execução e o baixo custo da análise (SANTOS et al., 2008).

Para compensar a deficiência do método Mehlich-1, os solos são separados em classes de tamponamento, cujo critério utilizado para este fim é o teor de argila (CQFS-RS/SC, 2004), ou seja, depois de obtido o resultado da análise de solo para P, utilizando o extrator Mehlich-1, leva-se em consideração, também, a textura do solo para fazer as interpretações e recomendações de aplicação de P. Mas essa metodologia, além de demorada é onerosa e sujeita a erros, tendo problemas, já que é uma medida quantitativa e não fornece qualquer informação sobre a composição da fração argila (NETTO, 1996). Assim, solos com o mesmo teor de argila, mas com composições diferentes desta fração recebem o mesmo tratamento. Mello et al. (1989) afirmam que se deve considerar que o tipo de argila também tem influência nos processos de sorção de P, pois argilas iguais, mas com saturação de íons de maior valência proporcionaram maior capacidade de adsorção de P.

Levando em consideração que a recomendação de P deve considerar não apenas o P disponível, mas também características do solo que possam prever o FCP, que é responsável pela variação entre os solos quanto ao requerimento de P (SCHLINDWEIN & GIANELLO, 2009). O FCP é determinado em função do equilíbrio entre a quantidade P na solução e do P do solo, definida como a capacidade do solo em manter um nível de P na

solução que está disponível às plantas. Este fator é obtido pelo coeficiente da equação de 2º grau, pelo cruzamento de dois pontos e pela tendência de dispersão dos pontos, entre o P dissorvido e o P sorvido nas diferentes concentrações de P adicionado para diferentes solos (FOX & KAMPRATH, 1970). Para isso, alguns fatores devem ser levados em consideração, como: a resposta das plantas aos fertilizantes, em várias condições ambientais; métodos de extração; características do solo (teor e o tipo de argila, umidade, CTC, pH, matéria orgânica, adsorção de Ca e de P) e a produção esperada (MELSTED & PECK, 1977; RAIJ, 1981; COPE & EVANS, 1985; ROBINSON & SYERS, 1991; OLIVEIRA et al., 2013). Contudo, poucos trabalhos demonstram diferenças da CMAP de acordo com o teor de argila (LEAL & VELOSO, 1972; TUCCI, 1991).

Assim, surge em 1999 o método do P remanescente (P-rem), técnica que vem sendo utilizada por alguns Estados brasileiros como medida do poder tampão dos solos, pois além de ser mais prático que a determinação da argila, ele avalia diretamente o potencial de imobilização de P (ROGERI, 2013). O P-rem possibilita a avaliação de forma direta da capacidade de sorção do P no solo e pode substituir a análise textural na recomendação de adubação deste nutriente (LISBOA et al., 2012). O P-rem também conhecido como isoterma de adsorção é um dos pontos utilizados para se determinar a CMAP (ROGERI, 2013).

Através das isotermas de adsorção, que descrevem quantitativamente a adsorção de solutos à superfície de sólidos, sob condições constantes de temperatura e pressão, tem-se a representação matemática dos mecanismos de adsorção e precipitação, mostrando a quantidade de adsorbato sorvido em função de uma concentração de equilíbrio (BOHN et al., 1985). Estes modelos de adsorção no solo possibilitam a expressão numérica das propriedades de solo e permitem conhecer mais a respeito da natureza dos processos de adsorção (BARROW, 1978). A isoterma de Langmuir foi utilizada pela primeira vez por Olsen & Watanabe (1957) para descrever a adsorção de P pelo solo, possibilitando o cálculo da capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) e da constante relacionada com a energia de adsorção e estes valores podem ser relacionados com várias propriedades do solo, fornecendo

informações sobre a natureza da reação entre o solo e o fertilizante fosfatado (OLSEN & WATANABE, 1957; NOVAIS & SMYTH, 1999).

A CMAP prediz a dinâmica do P adicionado ao solo para as culturas, em termos de aproveitamento imediato ou utilização posterior, denominado de “efeito residual” (PEREIRA & FARIA, 1998). Segundo Woodruff & Kamprath (1965) o valor da CMAP de solos tem sido usado como uma estimativa da quantidade desse nutriente requerida pelos solos para condicionar o crescimento máximo das plantas. Geralmente solos com alto FCP estão relacionados com alta CMAP (GUILHERME et al., 2000; BROGGI et al., 2011).

Dessa forma, através da produção relativa baseada na aplicação de doses de P em função da CMAP pode-se obter parâmetros para a classificação de teor de P no solo. O indicador da disponibilidade (teor do nutriente extraído pelo método de análise química) deve estar correlacionado com algum indicador da planta (BRAY, 1948), sendo geralmente utilizados o fator produção e P acumulado pela planta.

Cope & Evans (1985) assim como Cope & Rouse (1973) sugerem para a classificação de teores de P que uma faixa de 0 a 50% corresponde à um teor "muito baixo" 50 a 75% corresponde a um teor "baixo", para teor "médio" de 75 a 100% e para a de teor "alto" mais de 100% de produção relativa. Já para Raij (1981) a produção relativa que corresponde a um teor de P "muito baixo" é de 0 a 70%, teor "baixo" de 70 a 90%, 90 a 100% corresponde a um teor "médio" e acima de 100% "alto". Já, Sousa et al. (2007) sugerem que os intervalos de teores sejam estratificados em quatro classes de fertilidade: muito baixo menor que 26%, baixo de 27% a 54%, médio de 55 a 80% e o adequado acima de 80%, que são específicos para pastagens na região do Cerrado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área Experimental

Foram realizados quatro experimentos entre novembro de 2015 e dezembro de 2016, no norte do estado de Mato Grosso, sendo dois no município de Alta Floresta-MT (Lat. 09°52'32"S e Long. 56°05'10"W), um em Carlinda-MT (Lat. 09°57'29"S e Long. 55°49'56"W) e outro em Confresa-MT (Lat. 10°38'38"S e Long. 51°34'08"W) (Figura 1).



Figura 1. Estado de Mato Grosso. Em destaque os municípios de Alta Floresta, Carlinda e Confresa. Fonte: Adaptado de <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html>

3.2 Clima

Pela classificação de Köppen, as regiões de Alta Floresta/MT e Carlinda/MT apresentam clima tipo Am, chuvoso, com nítida estação seca, com precipitação média anual de 3.014 mm para Carlinda e 3.032 mm para Alta Floresta, e temperatura média anual entre 24,6 e 28,3 °C (ALVARES et al., 2014). A região de Confresa apresenta clima tipo Aw, segundo a Classificação de Köppen, caracterizado pela existência de três a quatro meses de estiagem concentrados, de junho a setembro, com temperatura média entre 24,7 a 28,3° C, e precipitação média anual de 2190 mm (ALVARES et al., 2014).

3.3 Caracterização pluviométrica

Os valores médios de precipitação durante o período do experimento são apresentados na Figura 2 para o município de Alta Floresta-MT, na Figura 3 para Carlinda-MT e Figura 4 para Confresa-MT. No município de Alta

Floresta os dados foram obtidos da estação meteorológica da Universidade do Estado de Mato Grosso. Nos municípios de Carlinda e Confresa os dados foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016). Devido a possíveis falhas decorrentes de problemas (pane) nos sensores ou sinal de satélite, não há dados pluviométricos referentes ao período de 01 de agosto à 16 de dezembro de 2016 para o município de Carlinda e dados referente ao mês de novembro de 2016 para o município de Confresa-MT.

3.4 Classificação e análise dos solos

Para efeito de classificação pedológica, as amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-20 cm, 40-60 cm, 60-80 cm e 80-100 cm, com o uso de trado pedológico, sendo realizada uma amostragem por área. Posteriormente, essas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises de Solo, Adubo e Foliar (LASAF) da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Câmpus Universitário de Alta Floresta, seguindo os critérios estabelecidos pela Embrapa (2013) foi realizada a classificação dos solos (Tabela 1). Para fins de avaliação da fertilidade do solo, foram coletadas 20 amostras simples em cada área experimental na camada de 0-20 cm formando uma amostra composta. As amostras foram analisadas seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (2009) e os atributos expressos na Tabela 1.

Para estimar a Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo (CMAP) foram tomados 2,5 cm³ de TFSA de cada solo, em pH natural, dispersos em 25 mL de solução contendo P, preparadas em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, nas concentrações de 0; 2; 4; 10; 20; 40; 60; 80; 100; 120 mg mL⁻¹. As leituras se deram em (mg L⁻¹) cm⁻³ para todos os solos. As suspensões solo-solução foram agitadas por 24 horas em temperatura ambiente e os extratos analisados, determinando-se a concentração de P no sobrenadante (ALVAREZ et al., 2000). As quantidades de P adsorvido pelos solos foram calculadas pela diferença entre a quantidade adicionada e a quantidade remanescente na solução de equilíbrio.

Utilizou-se a isoterma de Langmuir Linearizada ($C/q = 1/ab + (1/b)C$) (FONSECA et al., 1988). Os dados obtidos foram utilizados para

construir as isotermas de adsorção para cada solo, plotando-se a quantidade de P adsorvido em função da concentração na solução de equilíbrio e os valores obtidos de CMAP (mg cm^{-3}) foram de 0,45 para o solo Argissolo Acinzentado Distrófico, de 0,48 para Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, 0,65 no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e 0,62 no Latossolo Amarelo Distrófico. A CMAP destes solos são de 450 mg dm^{-3} para o Argissolo Acinzentado Distrófico, de 480 mg dm^{-3} para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, 650 mg dm^{-3} no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e 620 mg dm^{-3} no Latossolo Amarelo Distrófico.

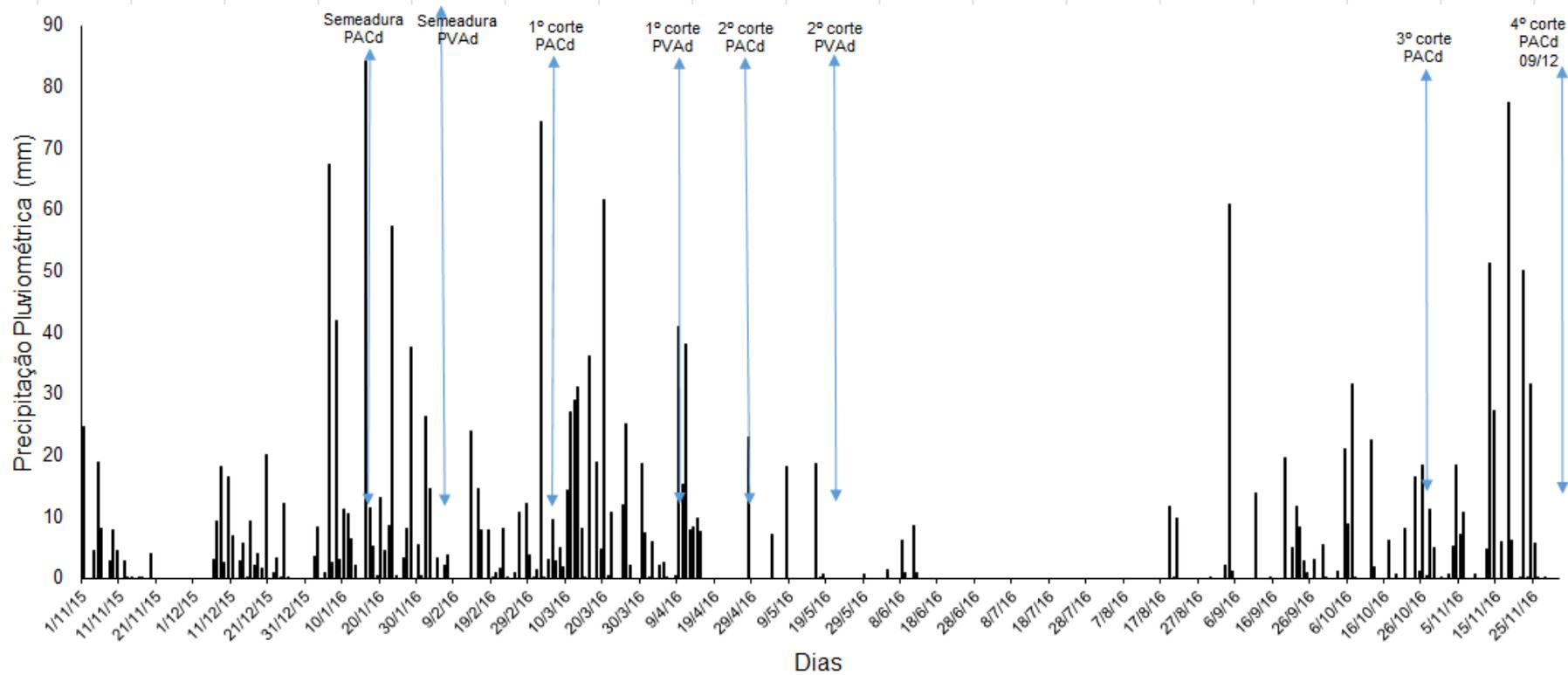


Figura 2. Precipitação pluviométrica diária entre novembro de 2015 e dezembro de 2016, no município de Alta Floresta-MT.

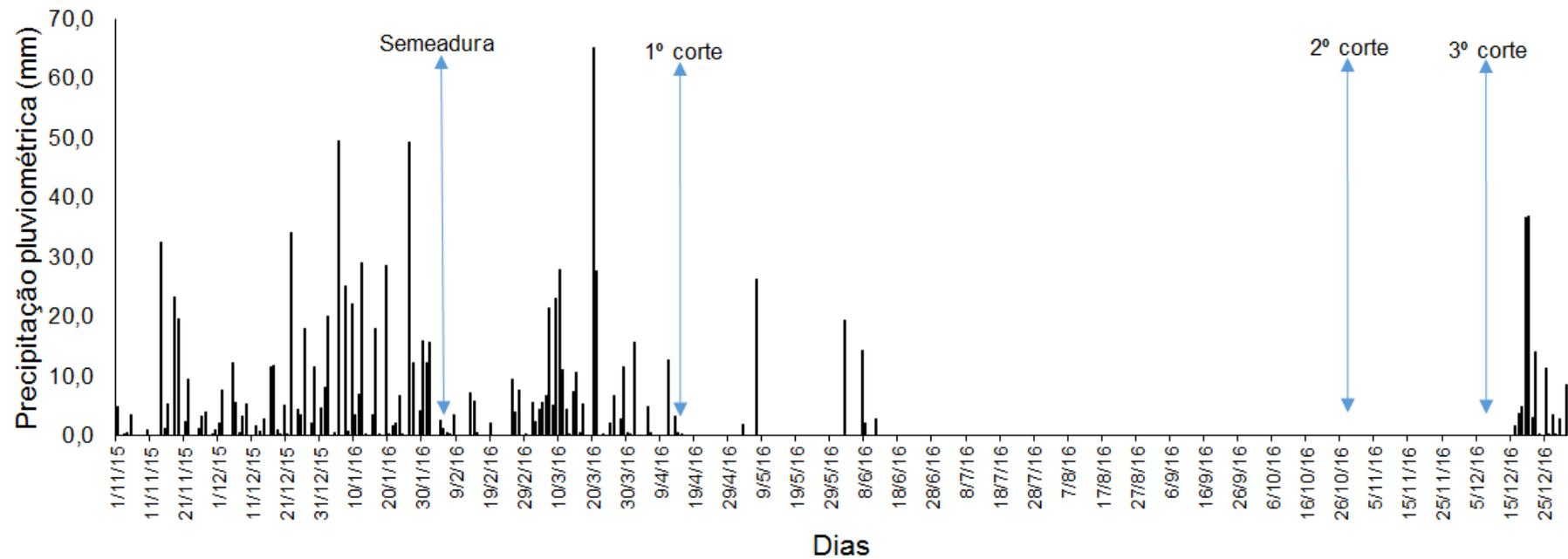


Figura 3. Precipitação pluviométrica diária entre novembro de 2015 e dezembro de 2016, no município de Carlinda-MT.

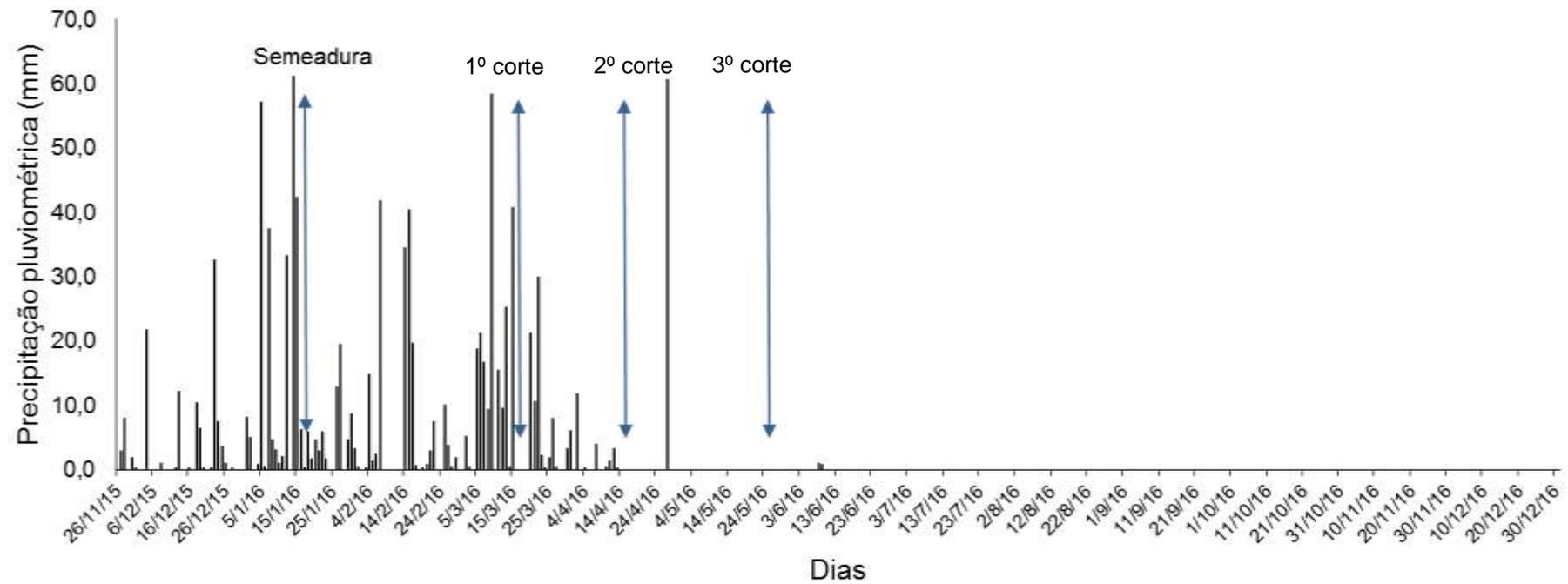


Figura 4. Precipitação pluviométrica diária entre novembro de 2015 e dezembro de 2016, no município de Confresa-MT.

Tabela 1. Resultados da análise química e granulométrica da camada de 0 a 20 cm de profundidade, classificação textural e pedológica das áreas de Alta Floresta-MT, Carlinda-MT e Confresa-MT.

	Atributos químicos										
	pH	MO	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³	H ⁺	SB	CTC	V
	H ₂ O	g Kg ⁻¹	Mehlich-1 mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----							pH 7,0
1 Alta Floresta	5,9	32,0	5,2	1,25	0,56	0,17	0,17	2,66	1,98	4,8	41,1
2 Alta Floresta	6,0	20,2	1,3	1,12	0,45	0,17	0,08	2,77	1,74	4,6	37,9
Carlinda	5,2	24,5	1,2	1,02	0,51	0,31	0,47	6,54	1,84	8,9	20,8
Confresa	5,5	10,6	0,6	0,50	0,29	0,14	0,22	4,27	0,93	5,4	17,2
	Atributos físicos						Classificação textural	Classificação Pedológica			
	Argila	Areia	Silte	-----%							
1 Alta Floresta (PACd)	22	70	8				Franco Argilo Arenosa	Argissolo Acinzentado Distrófico			
2 Alta Floresta (PVAd)	36	58	6				Argilo Arenosa	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico			
Carlinda (LVAd)	61	35	4				Argilosa	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico			
Confresa (LAd)	22	70	8				Franco Argilo Arenosa	Latossolo Amarelo Distrófico			

3.5 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido nas quatro áreas com a forrageira *Panicum Maximum* cv. Mombaça. Os tratamentos consistiram na aplicação de doses de P_2O_5 determinadas com base em cinco níveis da CMAP dos solos (0%, 3%, 6%, 12% e 24%) de cada área (Tabela 2). O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco doses de fósforo e quatro repetições. As parcelas foram de 5 m x 4 m, desconsiderando 0,5 m em cada extremidade para fins de avaliação somente na área útil da parcela (4,5 m x 3,5 m).

Tabela 2. Descrição das doses de fósforo em função da capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd).

Nível de P (% da CMAP)	PACd	PVAd	LVAd	LAd
	-----Doses de P_2O_5 (kg ha ⁻¹)-----			
0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	62,0	66,0	89,0	85,0
6	124,0	132,0	179,0	170,0
12	247,0	264,0	357,0	341,0
24	495,0	528,0	714,0	681,0

3.6 Implantação e condução

O preparo do solo foi realizado com o uso de grade aradora seguido de grade niveladora. A correção da acidez do solo e a adubação (exceto fosfatada) foram feitas com base nos resultados das análises químicas dos solos, tendo como base as recomendações propostas por Sousa & Lobato (2004). Houve necessidade de aplicação de calcário, com PRNT de 85%, realizada no mês de dezembro de 2015 no Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd) (1,0 t ha⁻¹) e no Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd) (1,2 t ha⁻¹); no mês de novembro de 2015 no Latossolo Amarelo Distrófico (LAd) (2,7 t ha⁻¹) e no Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (LVAd) (4,0 t ha⁻¹), objetivando elevar a saturação por bases para 60% (SOUSA & LOBATO, 2004).

A semeadura foi realizada, no dia 15/01/2016 no PACd, 03/02/2016 no PVAd, 06/02/2016 no LVAd e 16/01/2016 no LAd, com 15 kg ha⁻¹ de sementes de *Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça.

Na semeadura, a adubação correspondeu à aplicação de P (tratamentos) na forma de fosfato monoamônico (MAP) e não houve a necessidade de aplicação de K em nenhuma das áreas (SOUSA & LOBATO, 2004). O fertilizante foi aplicado e incorporado com auxílio de enxada rotativa. O semeio ocorreu a lanço seguido de incorporação leve das sementes com o auxílio de rastelo. A adubação de cobertura com 50 kg ha⁻¹ de N foi feita seguindo indicações de Sousa & Lobato (2004), tendo como fonte ureia, aplicada aos 40 a 45 dias após a semeadura em todas as áreas.

3.7 Avaliação da produtividade de forragem e acúmulo de fósforo

Para fim de avaliação das variáveis “massa seca” e “acúmulo de P na parte aérea” da forrageira, foram realizados cortes do capim mombaça sempre que planta atingia altura de pastejo (0,90 a 1,00m). Estes cortes foram realizados nos dois períodos chuvosos do ano de 2016, sendo o primeiro período de janeiro a abril e o segundo de outubro a dezembro.

Para o Argissolo Acinzentado Distrófico, foram realizados quatro cortes, sendo dois no primeiro período chuvoso (05/03 e 27/04) e dois no segundo (25/10 e 09/12). Na área do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, foram realizados cortes apenas no primeiro período chuvoso (06/04 e 18/05). No Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico foi realizado apenas um corte no primeiro período chuvoso (16/04), e mais dois cortes (02/11 e 07/12) no segundo período chuvoso. Para o Latossolo Amarelo Distrófico foram realizados três cortes, todos no primeiro período chuvoso (17/03, 16/04 e 25/05).

A variável massa seca foi avaliada utilizando um quadrado vazado com área de 0,25 m², para demarcar os pontos amostrais para a coleta do capim em três locais na área útil da parcela. O material presente no interior do quadrado foi cortado, com o auxílio de um cutelo, a 0,25 m da superfície do solo. As amostras foram lavadas e em seguida acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa a 65 °C ± 2 °C até a obtenção do peso constante. As amostras foram pesadas em balança semi-analítica para determinação da massa seca e então foram moídas em

moinho tipo Willey e levadas LASAF para a realização das análises, seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (2009).

Os teores de P na massa seca da parte aérea foram determinados pelo método do azul de molibdênio precedido de digestão sulfúrica, via úmida com $H_2SO_4+H_2O_2$ (EMBRAPA, 2009). Com base na concentração de P determinada na parte aérea das plantas e a produtividade de massa seca (MS), foi calculada a extração de P pela forrageira. A partir destes dados calculou-se o P acumulado na massa seca da parte aérea do capim mombaça. Os cálculos foram efetuados de acordo com a seguinte equação:

$$P \text{ acumulado (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{teor de P na MS (g kg}^{-1}\text{)} \times MS \text{ (t ha}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

3.8 Avaliação do solo

Aos dez meses após a aplicação dos tratamentos foi feita a amostragem do solo no centro de cada parcela. Foram coletadas cinco amostras simples na camada 0-20 cm de profundidade para formar uma amostra composta. As amostras foram secas ao ar, peneiradas e submetidas à análise laboratorial no LASAF, para determinação do teor de P através do método Mehlich-1 conforme metodologia descrita pela Embrapa (2009) e resina de troca aniônica – RTA através da metodologia de Raij et al. (2001), com modificações, sendo efetuada da seguinte forma: a resina, já pré-condicionada, foi lavada com água deionizada para decantação da resina, e para retirada do líquido sobrenadante, eliminando detritos orgânicos. A areia foi separada da resina por decantação, transferindo a resina de um béquer para outro. Em seguida lavou-se a resina com dez volumes de NH_4Cl 1 mol L^{-1} e um volume de água. No tratamento, para cada volume de resina foram preparados cinco volumes de $NaHCO_3$ 1 mol L^{-1} com pH 8,5. Colocou-se a resina em um béquer em contato com um terço dessa solução por uma hora, submetendo a agitação ocasional para liberação de CO_2 . Depois fez-se a passagem do restante da solução por algumas horas, e em seguida foi lavada com vinte volumes de água. Para a extração do P, transferiram-se 2,5 cm^3 de terra para frasco

plástico cônico de 80 mL, acrescentaram-se 25 mL de água e uma bolinha de vidro; os frascos foram tampados e as amostras agitadas durante uma hora para promover a desagregação do solo. Retirou-se a bolinha de vidro e adicionaram-se 2,5 cm³ de resina medidos com cachimbo provido de fundo de malha de poliéster; os frascos foram fechados e agitados por 16 horas em agitador com movimento circular-horizontal a uma velocidade de 200 RPM. Promoveu-se a retirada do solo com o mínimo possível de água deionizada, transferindo a resina da peneira para frasco plástico de 100 mL com auxílio de um funil, utilizando 50 mL de solução de NH₄Cl 0,8mol L⁻¹ e HCl 0,2 mol L⁻¹. Para a determinação do P, ao invés de diluir 4 mL da solução em 16 mL na solução diluída de molibdato, esses 4mL foram acrescidos de 10 mL da solução diluída de molibdato mais ácido ascórbico, agitou-se por 2 minutos a 220 RPM, e após uma hora fez-se a leitura no espectrofotômetro tendo o comprimento de ondas de 660 nm.

3.9 Análise dos dados

Para o valor de produção máxima da cultura foi utilizado o valor estimado pela equação de regressão. No caso do uso de equações lineares com respostas positivas à aplicação de P, o valor de rendimento máximo foi o correspondente à maior dose utilizada.

Através da máxima produção calculou-se a produção relativa (PR) referente a produção de massa seca de cada tratamento, através da fórmula:

$$PR(\%) = \text{Produção por tratamento} / \text{Produção máxima} \times 100 \quad (2)$$

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Para os efeitos significativos foi feita a análise de regressão polinomial com o auxílio do programa estatístico Sisvar[®] (FERREIRA, 2011). Na análise de regressão, os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados, escolhendo-se os modelos significativos com maior coeficiente de determinação (R^2).

Com os dados de teores de P no solo e a função de produção,

foram obtidos os níveis críticos de P nos diferentes solos para *Panicum maximum* cv. Mombaça. Com base nos modelos de regressão selecionados para produção agrícola em função das doses de P aplicadas (kg ha^{-1}) foram calculadas as doses necessárias para atingir 26, 54 e 80% da produção máxima para cada solo. Foi realizada a correlação linear entre as variáveis teor de P extraído por Melich-1 e RTA com P acumulado total e produção de massa seca total.

A produção relativa em função dos teores de P foram ajustadas ao modelo de regressão e o gráfico construído através do software SigmaPlot[®] v.10.0. O teor crítico foi definido com a concentração do nutriente no solo necessária para alcançar 80% do rendimento máximo da cultura. Através da equação foram determinados os níveis de disponibilidade de P para as classes de produção que, pelos critérios sugeridos por Sousa et al. (2007), e que correspondem aos rendimentos potenciais: muito baixo (menor que 26%), baixo (de 27% a 54%), o médio (de 55 a 80%) e o adequado (acima de 80%).

Para determinação da recomendação das doses de P em relação às classes de fertilidade se tomou como base o critério da dose de suficiência, fundamentando-se na elevação do teor do nutriente no solo até os valores de nível crítico (CANTARUTTI et al., 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Massa Seca

O efeito da aplicação de doses de P com base na CMAP (450, mg dm⁻³) do Argissolo Acinzentado Distrófico (22% de argila) sobre a variável massa seca não foi significativo apenas no quarto corte (Tabela 3).

Tabela 3. Massa seca por corte e massa seca total, em função da aplicação de doses de fósforo de acordo com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Acinzentado Distrófico, no município de Alta Floresta-MT.

CMAP %	Massa seca				
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte	Total
0	1,75	2,94	6,65	4,02	15,37
3	4,13	4,84	5,16	5,12	19,26
6	6,18	4,46	8,43	4,20	23,28
12	11,13	4,88	8,93	4,04	29,00
24	14,17	6,40	11,84	6,35	38,76
F	25,21**	12,77**	4,03*	0,85 ^{ns}	10,70**
CV %	27,16	14,66	30,66	45,93	22,23

Teste F – ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro.

A partir do quarto corte percebe-se uma queda na resposta a adubação fosfatada, o que pode ser atribuído a baixa resposta deste solo a adubação fosfatada, já que o teor de disponibilidade de P inicial era superior em relação aos demais experimentos (Tabela 1). Werner et al. (1968) em testes com fontes de P no estado de São Paulo também perceberam queda na produtividade do capim pangola, que produziu grandes quantidades no 1º ano deixando de reagir no 2º e 3º ano quando utilizadas fontes prontamente solúveis de P.

A máxima produção (14,3 t ha⁻¹) referente ao primeiro corte foi ajustada para os 24% da CMAP, com a aplicação de 495 kg ha⁻¹ de P₂O₅, já que pela equação foram encontrados valores acima da maior dose aplicada (Figura 5A). O segundo e o terceiro cortes demonstram o aumento linear para a produção, comum ao capim mombaça, já que o mesmo responde bem a adubação e é muito exigente em termos de nutrição (Figura 5A). mesmo comportamento foi visto no trabalho de Ferreira et al. (2008) que verificaram aumento linear da massa seca foliar nas três primeiras coletas em função do

aumento das doses de P_2O_5 para o capim mombaça. A produção total também apresentou aumento linear (Figura 5B), demonstrando que a aplicação de P baseada na CMAP influenciou positivamente o acúmulo de P e o consequente aumento da massa seca. A maior capacidade de assimilação e concentração de P na parte aérea pela planta forrageira é uma característica importante, já que servirá de alimentação e fornecimento mineral para os animais. Neste caso, a maior dose (24% da CMAP) representou a máxima produção para fins de determinação das classes de disponibilidade com a aplicação de 495 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

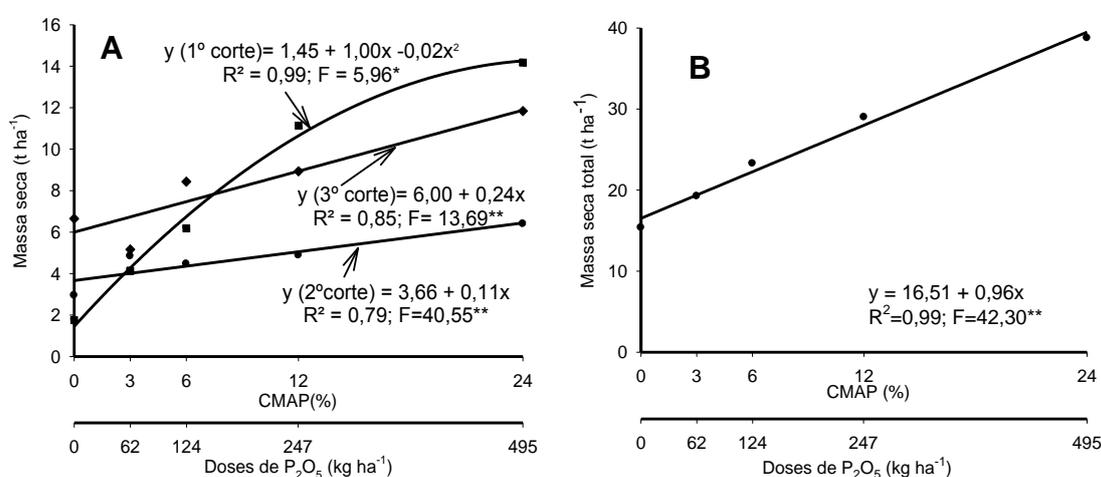


Figura 5. Massa seca por corte (A) e massa seca total (B) de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Acinzentado Distrófico, no município de Alta Floresta-MT.

Para o experimento realizado no Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (CMAP= 480 mg dm^{-3} ; 36% de argila) a variável massa seca apresentou resultados significativos para todos os cortes (Tabela 4). Percebe-se que houve uma diferença visível no incremento de produção já a partir da menor dose aplicada em comparação a testemunha. Resultados semelhantes foram obtidos por Gheri et al. (2000) em trabalho com adubação fostatada, que verificaram o maior incremento da dose zero (35 mg dm^{-3}), para a primeira dose (70 mg dm^{-3}). Demonstrando assim, a eficiência da adubação fosfatada em relação a produção.

Tabela 4. Massa seca por corte e massa seca total, em função da aplicação de doses de fósforo de acordo com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Alta Floresta-MT.

CMAP %	Massa seca		
	1º corte	2º corte	Total
	t ha ⁻¹		
0	4,01	3,45	7,46
3	7,46	5,31	12,76
6	8,91	5,32	14,23
12	8,49	6,05	14,54
24	9,44	8,57	18,01
F	11,15**	4,95*	15,83**
CV %	16,94	28,99	14,39

Teste F – * e ** - significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro.

O acúmulo máximo de massa seca no Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico foi de 10,1 t ha⁻¹ no primeiro corte, com a aplicação de P para atingir 17,11% da CMAP, correspondendo a 376 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 6A). Já no segundo corte houve aumento linear (Figura 6A), assemelhando-se aos resultados encontrados por Rossi & Monteiro (1999), que avaliando doses de P em solução nutritiva sobre a produção de matéria seca de *Panicum maximum* cv. Colonião, verificaram uma alta capacidade de absorção de P pela espécie. A máxima produção total (17,8 t ha⁻¹) de massa seca foi alcançada na dose referente a 21,74% da CMAP, correspondendo à aplicação de 478 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 6B).

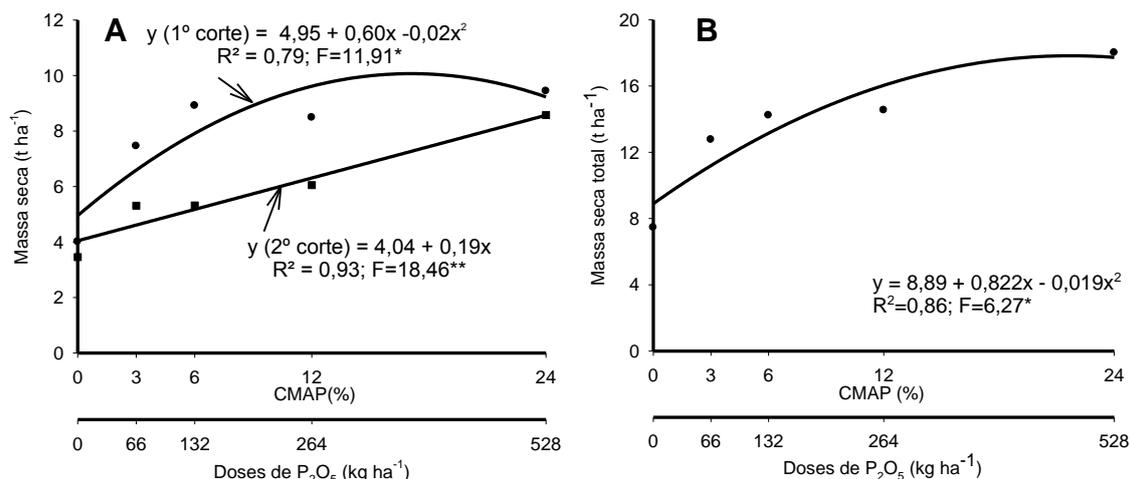


Figura 6. Massa seca por corte (A) e massa seca total (B) de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Alta Floresta-MT.

Para o experimento conduzido no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (61% de argila; CMAP= 650 mg dm⁻³), todos os cortes demonstraram resultados significativos para a variável massa seca (Tabela 5). Nesta área foi realizada somente uma coleta no primeiro período chuvoso, já que o índice pluviométrico não foi favorável.

Tabela 5. Massa seca por corte e massa seca total, em função da aplicação de doses de fósforo de acordo com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Carlinda-MT.

CMAP %	----- Massa seca -----			
	1º corte	2º corte	3º corte	Total
	----- t ha ⁻¹ -----			
0	1,00	2,84	3,90	7,74
3	9,07	11,31	4,12	24,51
6	7,40	11,72	6,40	25,51
12	9,61	12,53	11,77	33,92
24	9,52	12,40	16,82	38,74
F	8,98**	4,91*	9,44**	17,14**
CV (%)	33,21	36,61	42,23	21,93

Teste F – * e ** - e significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro.

No Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico as doses de P, baseadas na CMAP sobre a massa seca, proporcionaram a produção de 11,2 t ha⁻¹ de

massa seca com a aplicação de 482 kg ha⁻¹ de P₂O₅ aos 16,19% da CMAP para o primeiro corte, já no segundo corte a produção de massa seca foi de 14,8 t ha⁻¹ com a aplicação de 467 kg ha⁻¹ de P₂O₅, que corresponde a 15,68% da CMAP (Figura 7A).

Houve maior acúmulo de massa seca por dose de P na segunda coleta em comparação a primeira. Considerando que o P é essencial para a divisão celular, pelo seu papel na estrutura dos ácidos nucléicos, e que no estágio inicial das forrageiras maior parte da atividade meristemática é voltada ao desenvolvimento do sistema radicular (CANTARUTTI et al., 2002), é provável que inicialmente houve maior investimento no desenvolvimento das raízes e após o primeiro corte, com o sistema radicular desenvolvido e o estresse do corte, houve maior acúmulo de massa seca na parte aérea da planta que pode ser verificado na segunda coleta.

Outro fator que pode explicar o menor acúmulo de massa seca no primeiro corte é a baixa quantidade de chuvas que antecederam o primeiro corte. A máxima produção total (Figura 7B) chegou a 40,0 t ha⁻¹ de massa seca, aos 19,40% da CMAP, com aplicação de 577,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

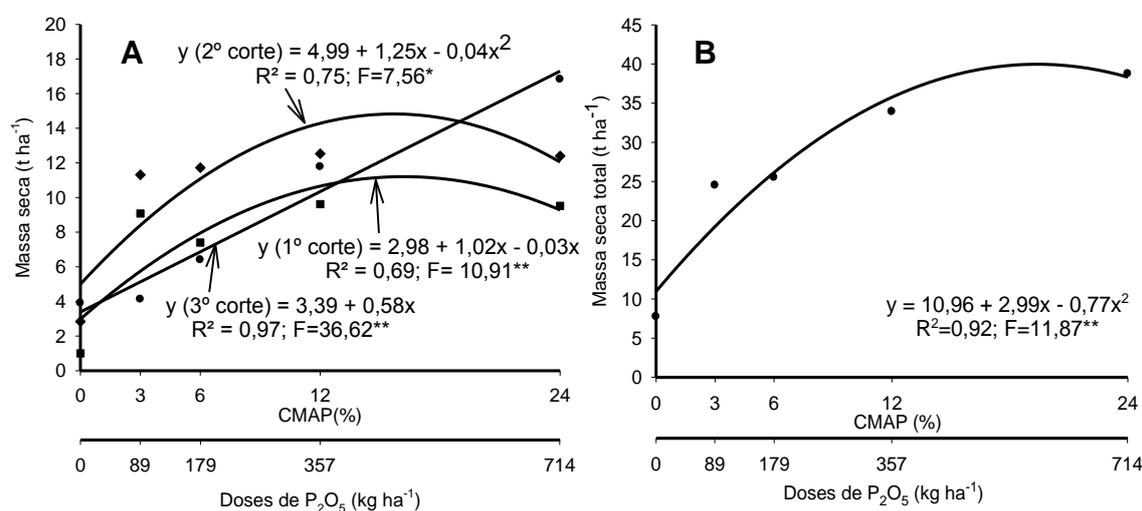


Figura 7. Massa seca por corte (A) e massa seca total (B) de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Carlinda-MT.

No experimento com Latossolo Amarelo Distrófico (CMAP= 620 mg

dm⁻³; 22% de argila), nota-se que somente o primeiro corte (61 DAS) apresentou resultado significativo (Tabela 6) na avaliação do efeito das doses de P para massa seca. Resultados semelhantes foram encontrados em trabalhos realizados com cana-de-açúcar, que não tiveram resultados significativos para o incremento de massa seca em função de doses de P (FREITAS et al., 2006; CAIONE et al., 2012). Nesta área o período que antecedeu o segundo e o terceiro corte correspondeu a índices pluviométricos muito baixos, 104,8 mm e 60,6 mm respectivamente, o que explica o reduzido acúmulo de massa seca, fato que pode explicar também a variação de produtividade observada em comparação aos demais solos, além de outros fatores não controlados, que são inerentes a cada situação (qualidade da argila, entre outros). De acordo com Euclides (1995), o gênero *Panicum* tem como características a alta capacidade de produção e alto valor nutritivo, mas seu crescimento é paralisado durante o ano, especialmente nos meses de menores temperaturas, luminosidade e disponibilidade hídrica. Müller et al. (2002) concluíram que os principais atributos responsáveis pela produção de massa de forragem do capim Mombaça, na região de cerrado, são temperatura mínima do ar e disponibilidade de água no solo.

Tabela 6. Massa seca por corte e massa seca total, em função da aplicação de doses de fósforo de acordo com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Confresa-MT.

CMAP %	----- Massa seca -----			
	1º corte	2º corte	3º corte	Total
	----- t ha ⁻¹ -----			
0	1,85	2,80	1,85	6,50
3	3,30	3,20	2,47	8,97
6	4,39	2,57	2,46	9,42
12	4,87	2,70	2,50	10,07
24	7,51	3,45	2,35	13,31
F	6,34**	0,45 ^{ns}	0,66 ^{ns}	3,42*
CV (%)	37,94	37,34	28,77	27,42

Teste F – ns, * e ** - não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade de erro.

Houve aumento linear no acúmulo de massa seca referente a primeira coleta (Figura 8A). leiri et al. (2010) também verificaram aumento crescente de massa seca de *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk

conforme há elevação na dose de P_2O_5 . A produção total também teve aumento linear (Figura 8B), a qual se atribuiu o valor de $13,4 \text{ t ha}^{-1}$ para a máxima produção total de massa seca aos 24% da CMAP, com aplicação de $681,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 . O aumento da produtividade de *Panicum maximum* cv. Mombaça em resposta à adubação fosfatada baseada na CMAP reforça a importância desse nutriente para o aumento da produção de massa seca dessa forrageira.

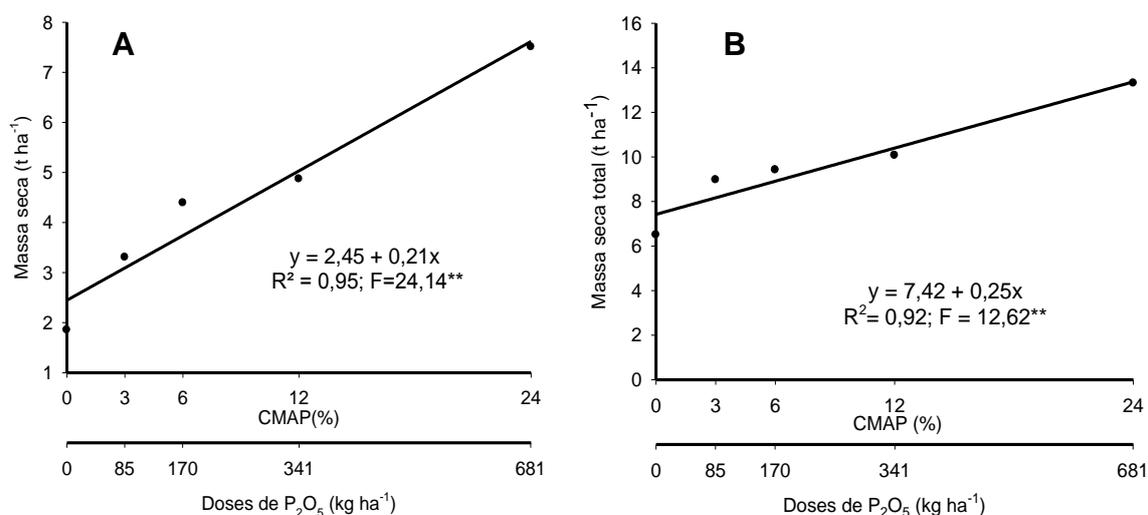


Figura 8. Massa seca no primeiro corte (A) e massa seca total (B) de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Confresa-MT.

4.2 Fósforo acumulado pelas plantas e teor de P no solo

A adubação fosfatada afetou significativamente o acúmulo de P na parte aérea para os três primeiros cortes no Argissolo Acinzentado Distrófico (Tabela 7). Este resultado evidencia a importância do nutriente para o acúmulo de massa seca, dependente da fotossíntese, e esta atinge seu auge quando a exportação de P orgânico é máxima, já que este nutriente interfere no ciclo de Calvin.

Na Tabela 7 também são apresentados os teores de P extraído do solo pelo extrator Mehlich-1 e por RTA, com aumento significativo em função das doses aplicadas, baseadas na CMAP. Os valores de P extraídos por RTA apresentaram valores acima daqueles extraídos por Mehlich-1 nos três primeiros tratamentos, e menores nas maiores doses, comportamento

incomum para RTA, que geralmente apresenta valores superiores; possivelmente a quantidade mediana de argila não tenha interferido na extração por Mehlich-1.

Tabela 7. Fósforo acumulado por corte, P acumulado total e teor de P extraído por Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA), em função da adubação fosfatada com base na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em um Argissolo Acinzentado Distrófico, no município de Alta Floresta-MT.

CMAP %	P acumulado				Total	Teor de P no solo	
	1º corte	2º corte	3º corte	4º corte		Mehlich-1	RTA
	kg ha ⁻¹					mg dm ⁻³	
0	0,39	2,07	0,59	2,34	5,40	1,80	6,25
3	0,96	6,09	1,69	4,99	13,74	2,99	8,95
6	1,41	7,61	2,50	4,71	16,24	5,75	11,11
12	5,92	8,22	2,46	6,76	23,35	18,80	17,23
24	8,20	11,14	5,52	7,64	32,50	55,88	42,97
F	11,99**	7,54**	9,80**	3,04 ^{ns}	22,22**	73,71**	22,86**
CV (%)	59,42	34,43	45,74	44,50	23,78	31,08	36,04

Teste F – ns e ** - não significativo e significativo a 1% de probabilidade de erro.

Percebe-se maior acúmulo de massa seca no segundo corte, correspondendo aos meses com maior índice pluviométrico do primeiro período chuvoso. A partir do terceiro corte houve queda no acúmulo, provavelmente pelo período de estiagem que se estendeu até setembro. Já o quarto corte não apresentou resultados significativos.

Comparado com os valores de acúmulo de P (Tabela 7) com o acúmulo de massa seca (Tabela 3) verifica-se que no segundo corte o acúmulo de P foi elevado e a produção de massa seca foi inferior, sendo inverso em comparação ao primeiro e terceiro corte. Na segunda coleta a planta já estava em estágio de desenvolvimento mais avançado e com sistema radicular mais desenvolvido o que, segundo Macedo (2004), amplia a área de absorção de nutrientes e água, facilitando o acúmulo de P. Porém nos meses que antecederam o segundo corte houve redução do índice pluviométrico (302 mm) em comparação aos meses antecedentes ao primeiro corte (465,0 mm), influenciando no menor acúmulo de massa seca para o segundo corte. Para a terceira coleta pode-se considerar o período de estiagem que antecedeu o corte e a fase de recuperação da cultura com investimento na massa seca e alto gasto energético, sendo a soma do índice

pluviométrico dos meses de setembro até o dia do corte (25/10) de 257,3 mm.

Outra explicação para o maior acúmulo de massa seca com menor acúmulo de P pode ser pelo efeito diluição de Steenbjerg (MALAVOLTA et al., 1997), que explica a baixa quantidade de P acumulado na planta pois este está diluído em função de grande produção de massa seca. Em todos os cortes as médias para P acumulado, tiveram aumento linear (Figura 9A), assim como o P acumulado total (Figura 9B).

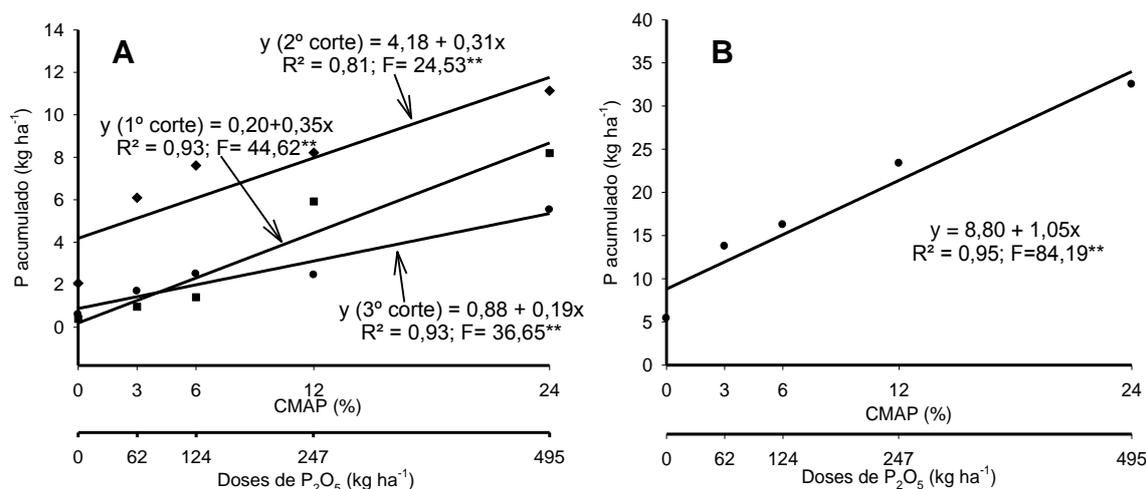


Figura 9. Fósforo acumulado em cada corte (A) e P acumulado total (B) na parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Acinzentado Distrófico, no município de Alta Floresta-MT.

Para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico houve efeito significativo no P acumulado em ambos os cortes e total na parte aérea do capim Mombaça em função das doses (Tabela 8). Segundo Vilela (2005) o capim mombaça se destaca entre outras cultivares do mesmo gênero por sua maior eficiência na utilização do P do solo.

A disponibilidade de P no solo em função das doses aplicadas, indicadas pelos extratores Mehlich-1 e RTA apresentaram resultados significativos pelo teste F (Tabela 8). Se comparado o teor extraído por Mehlich-1 com o Argissolo Acinzentado Distrófico (Tabela 3), percebe-se que o teor de P extraído foi menor para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (Tabela 8), fato que poderia ser explicado pela maior quantidade de argila presente neste último solo (Tabela 1). Porém a quantidade de P extraído por RTA também foi inferior, demonstrando que pode haver tanto uma relação com

a quantidade como com outros fatores (qualidade da argila, Fe e Al, etc).

Tabela 8. Fósforo acumulado por corte, P acumulado total e teor de P extraído por Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA), em função da adubação fosfatada com base na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Alta Floresta-MT.

CMAP %	P acumulado			Teor de P no solo	
	1º corte	2º corte	Total	Mehlich-1	RTA
	kg ha ⁻¹			mg dm ⁻³	
0	1,31	2,53	3,84	0,70	5,13
3	3,95	6,19	10,14	1,89	5,62
6	5,06	6,26	11,32	2,79	7,74
12	7,00	7,75	14,75	9,34	12,10
24	9,47	12,19	21,66	19,86	21,55
F	6,86**	7,15**	19,62**	14,40**	9,12**
CV (%)	43,99	37,34	23,91	60,76	43,16

Teste F – ** - significativo a 1% de probabilidade de erro.

Tanto o P acumulado (Figura 10A) como o P total (Figura 10B) nos dois cortes realizados no experimento com Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico tiveram aumento linear no acúmulo de P, demonstrando a alta capacidade de resposta à adubação pelo capim Mombaça, sendo de grande importância a alta capacidade de assimilação e acúmulo de P na parte aérea pela planta forrageira para o fornecimento deste nutriente na produção animal.

Comparando o P acumulado com a massa seca acumulada por corte (Figura 6A), nota-se que também ocorreu o efeito de diluição de Steenbjerg (MALAVOLTA et al., 1997), já que o menor acúmulo de P é percebido para o primeiro corte, que corresponde ao maior acúmulo de massa seca, aliado a índices pluviométricos mais elevados (523,0 mm) no período que antecedeu o corte, inverso do segundo corte (197,4 mm), que teve redução da produção de massa seca e acúmulo de P superior.

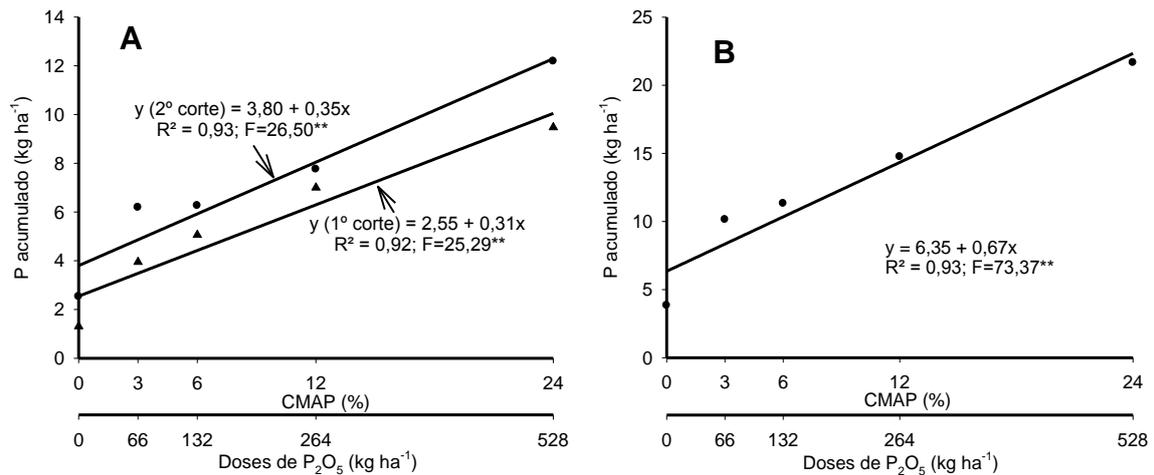


Figura 10. Fósforo acumulado em cada corte (A) e P acumulado total (B) na parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, em Alta Floresta-MT.

Para o experimento no Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, houve aumento significativo no P acumulado na parte aérea da planta em cada corte e total. Os valores de P no solo extraído por Mehlich-1 e RTA em função de doses de P baseadas na CMAP também foram influenciados significativamente (Tabela 9).

Verifica-se que os teores obtidos por Mehlich-1, nos tratamentos baseados em 12% e 24% da CMAP são elevados considerando as classes de disponibilidade descritas por Sousa & Lobato (2004) para forrageiras exigentes em solos com mais de 60% de argila. Resultados semelhantes foram encontrados por Gheri et al. (2000), em trabalho com adubação fosfatada (0, 35, 70, 105 e 140 mg dm⁻³ de P). Este resultado reflete a maior capacidade de retenção de fosfato nos solos mais argilosos.

Tabela 9. Fósforo acumulado por corte, P acumulado total e teor de P extraído por Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA), em função da adubação fosfatada com base na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Carlinda-MT.

CMAP %	P acumulado				Teor de P no solo	
	1º corte	2º corte	3º corte	Total	Mehlich-1	RTA
	kg ha ⁻¹				mg dm ⁻³	
0	0,53	1,23	0,78	2,54	0,83	5,89
3	4,57	4,51	1,49	10,57	3,01	10,21
6	4,92	7,80	3,60	16,32	4,61	12,73
12	8,25	8,26	7,09	23,61	19,47	36,09
24	11,36	13,23	16,66	41,25	48,00	58,90
F	26,29**	9,00**	5,80**	37,99**	13,49**	17,33**
CV (%)	26,92	42,70	90,82	25,31	70,86	43,44

Teste F –** - significativo a 1% de probabilidade de erro.

O P acumulado no tecido vegetal foi influenciado pelas doses de P, tendo aumento linear (Figura 11A), assim como o P total acumulado (Figura 11B). Conseqüentemente, observa-se que quanto maior a dose de P, maior teor do nutriente é encontrado na forrageira, pois ocorreu aumento na absorção. Isso demonstra a eficiência econômica da adubação fosfatada, pois tendo o P como o elemento que mais onera o custo da produção bovina, principalmente através de suplementos a cocho, quanto maior o acúmulo deste nutriente na planta menor serão os gastos com suplementação mineral.

Houve menor acúmulo de P e de massa seca no primeiro corte, este fato pode estar aliado aos baixos índices pluviométricos no município após a semeadura, atrasando o desenvolvimento inicial das plantas. A pluviosidade que antecedeu o primeiro corte no LVAd também foi inferior (336,4 mm) quando comparado com os índices que antecederam os primeiros cortes do PACd (465,0 mm) e do PVAd (523,0 mm).

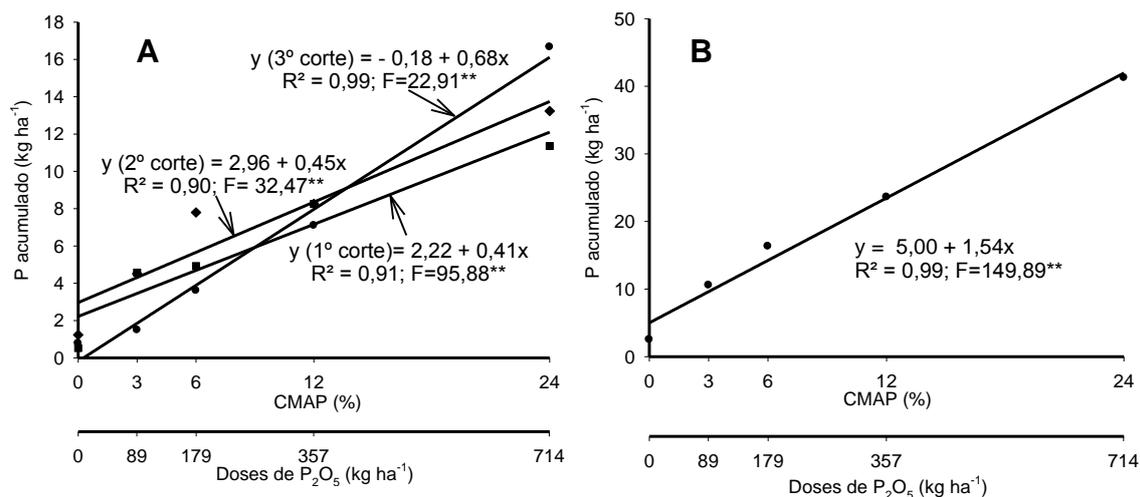


Figura 11. Fósforo acumulado em cada corte (A) e P acumulado total (B) na parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, no município de Carlinda-MT.

No experimento realizado no Latossolo Amarelo Distrófico houve aumento significativo no P acumulado na parte aérea da planta no primeiro corte e total (Tabela 10). Na mesma tabela são apresentados os teores de P do solo extraídos por Mehlich-1 e RTA. Percebe-se que mesmo apresentando maiores valores quando utilizado o extrator RTA, estes se relacionam aos teores indicados por Mehlich-1, como pode ser visto na dose de 6% em que para os dois métodos houve um efeito de redução em relação a dose de 3%.

Tabela 10. Fósforo acumulado por corte, P acumulado total e teor de P extraído por Mehlich-1 e resina de troca aniônica (RTA), em função da adubação fosfatada com base na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em um Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Confresa-MT.

CMAP %	P acumulado			Total	Teor de P no solo	
	1º corte	2º corte	3º corte		Mehlich-1	RTA
	kg ha ⁻¹			mg dm ⁻³		
0	0,63	1,34	0,63	2,60	0,65	4,09
3	1,58	2,57	1,33	5,49	1,80	5,89
6	3,01	3,41	1,58	8,00	1,28	5,22
12	5,04	4,19	1,56	10,79	2,03	6,25
24	13,15	5,11	1,80	20,06	20,72	28,93
F	17,38 ^{**}	2,20 ^{ns}	2,63 ^{ns}	10,32 ^{**}	259,47 ^{**}	270,66 [*]
CV (%)	51,38	58,98	40,16	44,36	20,25	12,75

Teste F – ns, * e ** - não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade de erro.

As quantidades acumuladas de P na parte aérea do capim mombaça aumentaram de forma linear com a adubação fosfatada baseada na CMAP (Figura 12A), assim como o P acumulado total (Figura 12B). De acordo com Raij (2004), nas adubações o P é considerado um nutriente de baixo aproveitamento pelas plantas, pois as plantas absorvem em torno de 10% do P aplicado como fertilizante. Sendo que o capim mombaça responde bem a adubação fosfatada, tendo um alto consumo deste nutriente demonstrado pelo crescente acúmulo.

Quando se faz a comparação entre o P acumulado nas plantas cultivadas no Argissolo Acinzentado Distrófico (Tabela 3) com aquelas cultivadas no Latossolo Amarelo Distrófico, percebeu-se que mesmo apresentando valores muito próximos de teor de argila (Tabela 1) o LAd apresentou menor acúmulo de P total na planta e menor valor de P extraído por Mehlich-1 e RTA (Tabela 10), fato que pode estar relacionado com o menor índice pluviométrico na região de Confresa-MT.

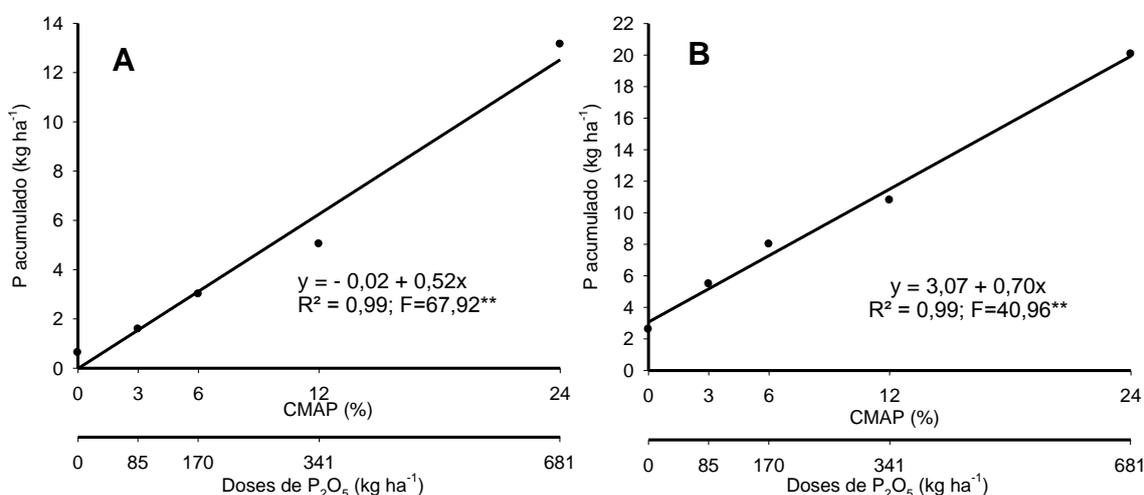


Figura 12. Fósforo acumulado no primeiro corte (A) e P acumulado total (B) na parte aérea de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função de doses de fósforo aplicadas baseadas na capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), em um Latossolo Amarelo Distrófico, no município de Confresa-MT.

4.3 Correlações da disponibilidade de fósforo

Os extratores Mehlich-1 e RTA se comportaram de forma muito semelhante em relação à correlação com o P acumulado total, sendo alta em todos os experimentos (Tabela 11). Resultado habitual em relação ao Argissolo Acinzentado Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico que apresentam 22% de argila, e para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico com 36% de argila, já que esta baixa quantidade de argila favorece a determinação de P pelo método Mehlich-1, pois segundo Moreira et al. (2002), em solos com menor teor de argila este método tem apresentado maior correlação do que o método da RTA nos trabalhos de diversos autores, favorecendo a alta correlação entre o P acumulado e P extraído. Porém o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com 61% de argila também apresentou alta correlação, demonstrando que o Mehlich-1 pode ser um método adequado de extração de P mesmo em solo com esta condição. Contrariando a afirmação feita por Raij (1978), em que através de revisão sobre extratores de P, mostrou que o método de extração Mehlich-1 apresentou valor baixo para a correlação entre P no solo e P na planta.

A correlação entre o teor extraído por Mehlich-1 e RTA com a produção total de massa seca também foram semelhantes, sendo mediana para os experimentos com o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico e alta para o Argissolo Acinzentado Distrófico. Percebe-se que para os Latossolos há um pequeno incremento na correlação com RTA em comparação ao Mehlich-1, mesmo com teores de argila diferentes.

Tabela 11. Coeficientes de correlação linear entre fósforo (P) acumulado total na parte aérea de capim mombaça e produção de massa seca total com o teor de fósforo extraído por Mehlich-1 e Resina de Troca Aniônica (RTA) em Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd).

	----- P acumulado total -----				----- Massa seca total -----			
	PACd	PVAd	LVAd	LAd	PACd	PVAd	LVAd	LAd
Mehlich-1	0,83	0,81	0,80	0,78	0,80	0,53	0,57	0,61
RTA	0,82	0,77	0,84	0,78	0,77	0,50	0,66	0,64

A alta correlação do nutriente no solo com a absorção pela planta, indica a influência da fertilidade na nutrição. No caso se considerou que houve uma boa correlação entre P acumulado total e P extraído pelos métodos Mehlich-1 e RTA.

4.4 Estimativa da disponibilidade de P

Na Tabela 12 são apresentadas as classes de disponibilidade de cada solo através do extrator Mehlich-1. Os solos que se enquadram no teor de argila entre 16 a 35% (PACd e LAd) quando comparados com as classes de disponibilidade sugeridas por Sousa et al. (2007) para pastagem, mostraram valores abaixo dos sugeridos em quase todas as classes para aqueles com argila entre 16 a 35% (muito baixa: $<4,0 \text{ mg dm}^{-3}$, baixa: $4,1-8,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e média: $8,1-12,0 \text{ mg dm}^{-3}$), sendo que somente o Argissolo Acinzentado Distrófico apresentou valor acima do sugerido para a classe adequada ($>12,0 \text{ mg dm}^{-3}$). Esta comparação também é válida para os valores das classes de disponibilidade sugeridas por Sousa & Lobato (2004), para solos com teor de argila de 16 a 35%, porém neste caso a classe adequada teve valores próximos para o PACd (muito baixa: $< 5,0 \text{ mg dm}^{-3}$; baixa: $5,1-10,0 \text{ mg dm}^{-3}$; média: $10,1-18,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e adequada: $> 18,0 \text{ mg dm}^{-3}$).

Já o PVAd com teor de argila de 36% mostrou valores abaixo dos sugeridos em todas as classes de disponibilidade de P sugeridas tanto por Sousa et al. (2007) para pastagem em solos com argila entre 36 a 60% (muito baixa: $<2,0 \text{ mg dm}^{-3}$, baixa: $2,1-4,0 \text{ mg dm}^{-3}$; média: $4,1-6,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $>6,0 \text{ mg dm}^{-3}$) como por Sousa & Lobato (2004) para a mesma faixa de teor de argila (muito baixa: $<3,0 \text{ mg dm}^{-3}$, baixa: $3,1-5,0 \text{ mg dm}^{-3}$; média: $5,1-10,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e $>10,0 \text{ mg dm}^{-3}$).

Deve ser levado em consideração que destes solos, o PACd apresentou alto teor inicial de P (Tabela 1), sendo disponibilizado em maior quantidade à planta o que pode ter levado a valores tão baixos para o teor de P considerado como adequado.

Para o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com mais de 60% de argila, os teores no presente trabalho foram muito semelhantes àqueles apresentados por Sousa et al. (2007) nas classes muito baixa ($<1,0 \text{ mg dm}^{-3}$) e

baixa (1,1-2,0 mg dm⁻³), porém altas em relação as classes média (2,1-3,0 mg dm⁻³) e adequada (>3,0 mg dm⁻³) para solos com 36 a 60% de argila. Da mesma maneira quando comparados as classes de disponibilidade de P sugeridas por Sousa & Lobato (2004) para a mesma faixa de teor de argila, os valores do LVAd foram baixos para as classes muito baixa (<2,0 mg dm⁻³) e baixa (2,1-3,0 mg dm⁻³), e superiores nas classes média (3,1-5,0 mg dm⁻³) e adequada (>5,0 mg dm⁻³). Isto demonstra a capacidade de retenção de fosfato nos solos com alto teor de argila. Corroborando com Mesquita et al. (2004) ao afirmarem que Latossolos, textura média e argilosa, possuem a necessidade de aplicação de quantidades mais elevada de P do que a exigida pela planta, já que parte daquilo que é aplicado pode ser adsorvido e, ou, precipitado em formas menos solúveis, sendo temporariamente indisponível às plantas.

Porém, ao avaliar o Argissolo Acinzentado Distrófico, verifica-se que este apresentou valores superiores para a classe adequada em comparação ao Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, o que pode estar relacionado não somente a quantidade de argila, mas também ao tipo de argila presente. Isto reforça a importância de utilizar o critério de recomendação de adubação fosfatada com base na CMAP dos solos.

Tabela 12. Classes de disponibilidade de fósforo na profundidade de 0-20 cm, extraído pelo método Mehlich-1, para *Panicum maximum* cv. Mombaça, em Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd).

Solo	Teor de Argila -----%---	CMAP	Disponibilidade de fósforo			
			Muito baixa	Baixa	Média	Adequada
			----- mg dm ⁻³ -----			
PACd	22	450	<1,6	1,7-3,0	3,1-19,0	>19,0
PVAd	36	480	<0,5	0,6-1,0	1,1-3,0	>3,0
LVAd	61	650	<1,0	1,1-2,0	2,1-9,0	>9,0
LAd	22	620	<0,5	0,6-1,0	1,0-2,5	>2,5

As Figuras 13A e 13B demonstram a curva de disponibilidade de P para o Argissolo Acinzentado Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo, e as Figuras 14A e 14B para o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Latossolo

Amarelo Distrófico respectivamente.

Nota-se que em nenhuma das áreas foi possível chegar a produção correspondente a 100%, o que pode ter ocorrido devido a cultivar Mombaça ser muito exigente e responder bem a adubação, não sendo possível atingir seu máximo potencial produtivo através das doses aplicadas. Deve ser considerado que o presente trabalho representa uma contribuição, e que outros experimentos devem ser realizados com diferentes solos com as mesmas e outras e classes texturais para se obter um melhor indicativo da disponibilidade de P em diversas condições.

Para os experimentos com PVAd e LAd verifica-se que os níveis de disponibilidade apresentaram valores inferiores aos demais solos, estando relacionado ao potencial produtivo e provavelmente são valores subestimados. Assim sugere-se, também, aplicação de doses correspondentes a percentuais mais elevados da CMAP, tendo maior possibilidade de se atingir a máxima produção agronômica.

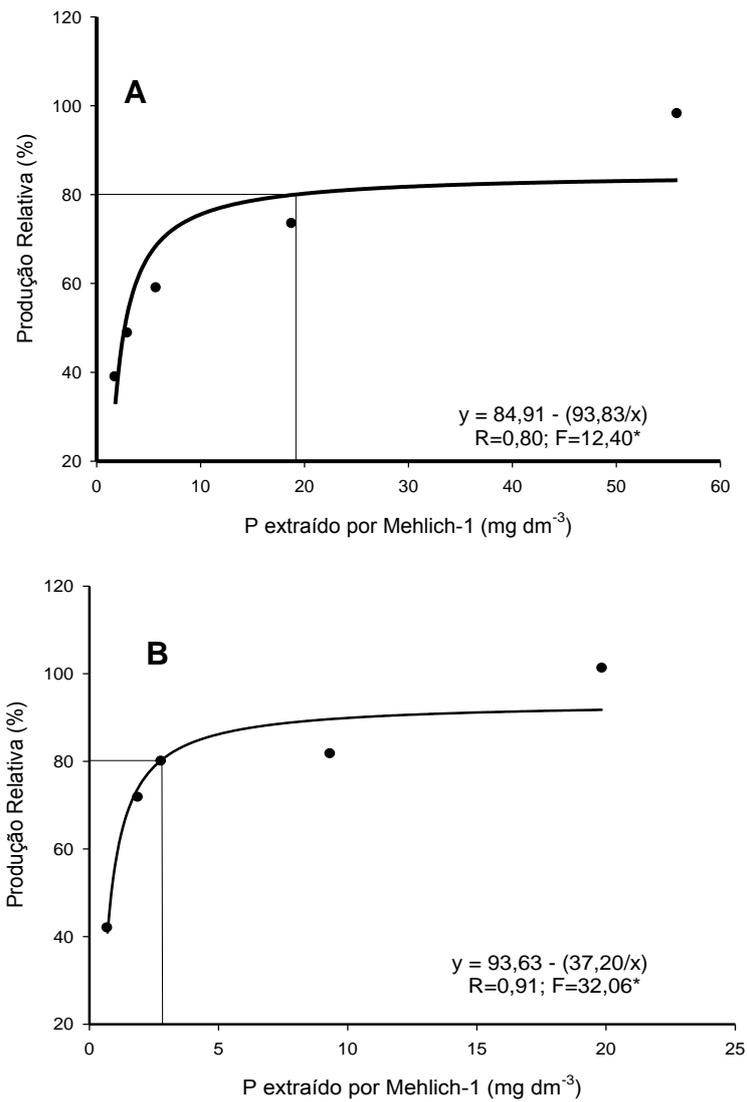


Figura 13. Produção relativa total de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função do teor de fósforo extraídos por Mehlich-1, em um Argissolo Acinzentado Distrófico (A) e em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (B), no norte de Mato Grosso.

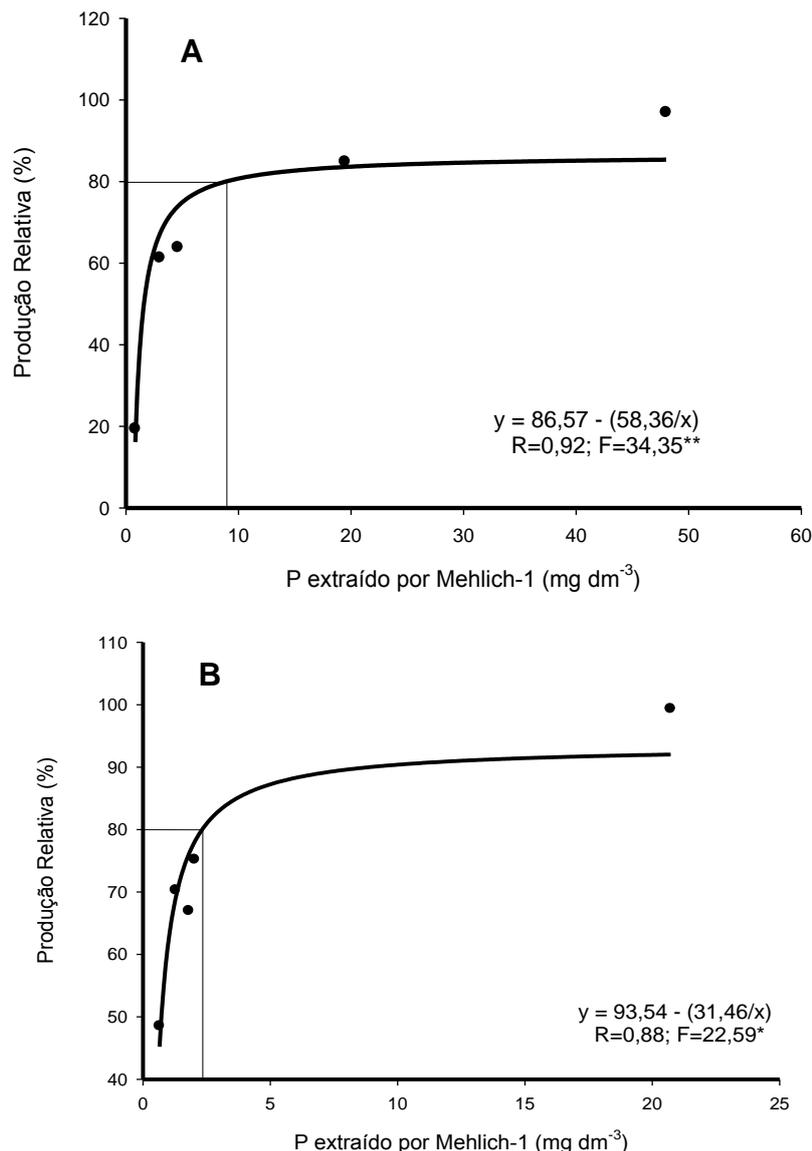


Figura 14. Produção relativa total de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função do teor de fósforo extraídos por Mehlich-1, em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (A) e em um Latossolo Amarelo Distrófico (B) no norte de Mato Grosso.

Para o extrator RTA as classes de disponibilidade de P são representados na Tabela 13 e não leva em consideração os teores de argila. Desta forma os valores são estabelecidos pela equação com todos os solos estudados. Nota-se que as classes de disponibilidade de P muito baixa e baixa possuem valores baixos e as classes média e adequada os valores são superiores em comparação aos sugeridos por Sousa et al. (2007) para forrageiras exigentes (muito baixa: $<4,0 \text{ mg dm}^{-3}$, baixa: $4,1-8,0 \text{ mg dm}^{-3}$, alta: $8,1-12,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e adequada: $>12,0 \text{ mg dm}^{-3}$). Já em comparação com Sousa & Lobato (2004), os valores deste trabalho são inferiores aos indicados nas

classes de disponibilidade para forrageiras (muito baixa: $<5,0 \text{ mg dm}^{-3}$, baixa: $5,1-9,0 \text{ mg dm}^{-3}$, alta: $9,1-18,0 \text{ mg dm}^{-3}$ e adequada: $>18,0 \text{ mg dm}^{-3}$).

Tabela 13. Classes de disponibilidade de fósforo geral na profundidade de 0-20 cm, extraído pelo método resina de troca aniônica (RTA), para *Panicum maximum* cv. Mombaça, em Argissolo Acinzentado Distrófico (PACd), Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (PVAd), Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd) e Latossolo Amarelo Distrófico (LAd).

Disponibilidade de fósforo			
Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado
----- mg dm^{-3} -----			
$<3,5$	$3,6-5,5$	$5,6-15,0$	$>15,0$

A Figura 15 representa a produção relativa de massa seca em função dos teores pelo extrator RTA para todos os solos em estudo. Neste caso o coeficiente de determinação apresentou valor muito alto, demonstrado que os teores de P extraído por RTA se enquadraram perfeitamente ao modelo de disponibilidade.

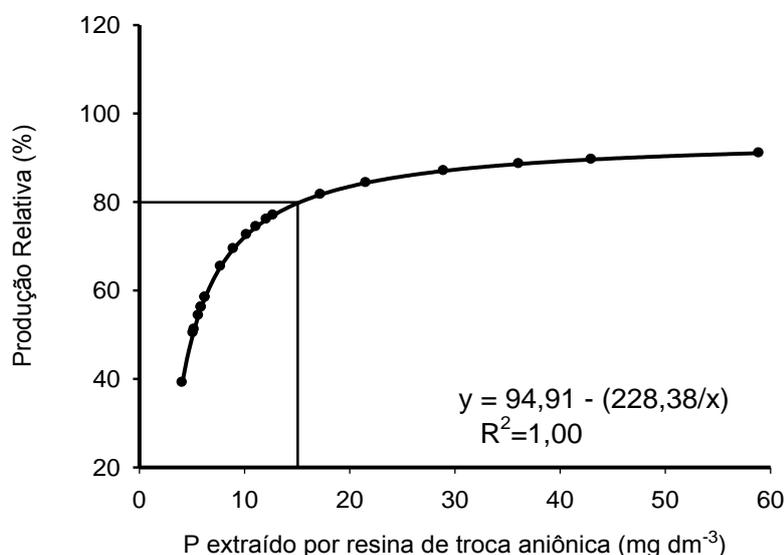


Figura 15. Produção relativa total de *Panicum maximum* cv. Mombaça em função do teor de fósforo extraídos por resina de troca aniônica (RTA), em Argissolo Acinzentado Distrófico, Argissolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico, no norte de Mato Grosso.

Leva-se em consideração que os altos valores para atingir o nível “adequado” de P no solo expressos neste trabalho refletem também a exigência do cultivar, já que para recomendação de fósforo, as espécies de

gramíneas são separadas em grupos de acordo com seu grau de exigência à fertilidade de solo, sendo o *Panicum maximum* cv Mombaça classificado como muito exigente, dentre as classes muito exigente, exigente e pouco exigente (VILELA et al., 2000). Para a fase de manutenção o solo corrigido para teores médio de P é satisfatório para bons níveis de produtividade (SOUSA et al., 2007).

Os valores foram determinados no primeiro ano de cultivo da pastagem nesta área, o que pode levar a valores elevados de aplicação do nutriente, já que não foi adotado a prática de fosfatagem corretiva. Desta, forma, a adubação de manutenção do capim nos anos subsequentes tende a ser doses bem menores, quando se espera que o solo atinja faixas de manutenção e reposição. Segundo Macedo (2004) a produção sustentada no tempo baseada na produção do segundo ano, leva a resultados mais reais, o que explica a elevada necessidade de nutrientes para a implantação e para o primeiro ano de produção. Segundo Novais & Smyth (1999) os níveis críticos no solo e na planta diminuem com a idade da mesma, sendo as variações mais acentuadas em plantas perenes como as forrageiras. Considerando que os teores estabelecidos no presente trabalho são voltados para a implantação da forrageira *Panicum maximum* cv. Mombaça, há necessidade de estabelecer também os níveis críticos de fósforo para cada estágio de crescimento da planta, como os níveis de manutenção.

As classes adequadas, onde a produtividade relativa foi de 80% foram, na maioria dos solos, acima dos valores encontrados nos manuais clássicos de recomendação de adubação utilizados nesta região. Sendo assim, sugere-se a calibração das classes de disponibilidade de P, através de mais experimentos com diversos solos e diferentes teores de argila e para outras fases de desenvolvimento de *Panicum maximum* cv. Mombaça.

5. CONCLUSÕES

- As doses de fósforo aplicadas ao solo baseadas na CMAP, proporcionaram aumento do teor de P extraído por Mehlich-1 e por resina de troca aniônica em todos os solos avaliados.
- As correlações entre o P acumulado total com P extraído por Mehlich-1 e por RTA foram altas em todos os solos.
- As correlações entre produção total de massa seca com P extraído por Mehlich-1 e por RTA foram moderadas no Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico, e alta para o Argissolo Acinzentado Distrófico.
- As classes da disponibilidade consideradas como teor “adequado” de P nos solos pelo extrator Mehlich-1 foi de $>19,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Argissolo Acinzentado Distrófico (22% de argila e CMAP: 450 mg dm^{-3}); $>3,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico (36% de argila e CMAP: 480 mg dm^{-3}); $>9,0 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (61% de argila e CMAP: 650 mg dm^{-3}); e $>2,5 \text{ mg dm}^{-3}$ para o Latossolo Amarelo Distrófico (22% de argila e CMAP: 620 mg dm^{-3}).
- Para RTA a classe “adequada” da disponibilidade de P nos solos foi de $>15,0 \text{ mg dm}^{-3}$.

6. REFERÊNCIAS

- ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Rebanho Bovino Brasileiro**, 2014. Disponível em: <http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp>. Acessado em: 03 de dez. de 2015.
- ALCARDE, J. C. GUIDOLIN, J. A. LOPES, A. S. **Os Adubos e a eficiência das adubações**. ANDA, São Paulo. 2ª ed. 35p., 1991.
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M. SPAROVEK, G. Köppen's Climate Classification Map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, pp. 711-728, 2014.
- ALVAREZ V., V. H. NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E. OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa. V. 25, pp. 27-33, 2000.
- ANGHINONI, I. VOLKWEIS, J. S. Recomendações de uso de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília, Embrapa/DEP. pp.179-204. 1984.
- BARROW, N. J. The description of phosphorus adsorption curves. **Soil Science**. v. 29. pp. 447- 462, 1978.
- BERETTA, L. G. R. KANNO, T. MACEDO, M. C. M. SANTOS JUNIOR, J.D.G. CORREA, M.R. Morfogênese foliar e taxas de crescimento de pastagem de *Panicum maximum* cv. Tanzânia-1 em solo dos Cerrados. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 36., 1999. FOR-130.
- BOHN, H., MCNEAL, B., O' CONNOR, G. **Soil Chemistry**. J. Wiley , Toronto. 341p., 1985.
- BRAY, R. H. Correlation of soil tests with crops response to added fertilizers and with fertilizer requirement. In: KITCHEN, H. B., ed. **Diagnostic techniques for soils and crops**. Washington, American Potash Institute. pp. 53-86, 1948.
- BROGGI, F. OLIVEIRA, A. C., FREIRE, F. J., FREIRE, M. B. G. S., NASCIMENTO, C. W. A. Fator capacidade de fósforo em solos de Pernambuco mineralogicamente diferentes e influência do pH na capacidade máxima de adsorção. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, pp. 77-83, 2011.
- CAIONE, G.; TEIXEIRA, M. T. R.; LANGE, A.; SILVA, A. F.; FERNANDES, F. M. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v.9, n.1, p.1-11, 2011.
- CANTARUTTI, R. B.; FONSECA, D. M.; SANTOS, N. Q.; ANDRADE, C. M. S. de. Adubação de pastagens: uma análise crítica. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 1., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SIMFOR. pp. 43-84, 2002.

CANTARUTTI, R. B. BARROS, N. F. MARTINEZ, H. E. P. NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade de solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS. pp. 769-850, 2007.

CATE, R.B. NELSON, L.A. **Discontinuous models for rapid correlation, interpretation and utilization of soil analysis and fertilizer response data**. (Technical Bulletin, 7). International soil fertility evaluation and improvement program [S.I.], North Carolina. 77p., 1973.

CONTE, E. ANGHINONI, I. RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, pp. 925-930, 2002.

CONTE, E. ANGHINONI, I. RHEINHEIMER, D.S. Frações de fósforo acumulada em latossolo argiloso pela aplicação de fosfato no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, pp. 893- 900, 2003.

COPE, J. T. EVANS, C.E. Soil testing. In: STEWART, B.A., ed. **Advances in soil science**. New York, Springer-Verlag. v. 1, pp. 208- 28, 1985.

COPE, J. T. ROUSE, R.D. Interpretation of soil test results. In: WALSH, L.M.; BEATEN, LD., ed. **Soil testing and plant analysis**. Madison, Soil Sei. Soe. America. pp. 35-54, 1973.

CORRÊA, L. A. SANTOS, P. M. **Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon***. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. Doc. 34, 36p., 2003.

COSTA, J. P. V. BARROS, N. F., ALBUQUERQUE, A. W. MOURA FILHO, G. SANTOS, J R. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 4, pp. 828-835, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - CQFS - SC/RS. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. SBCS/NRS. Porto Alegre. 400p. 2004.

CROSS, A. F. SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, v. 64, pp. 197-214, 1995.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental. Doc. 402, 36 p., 2014. Disponível em: <http://bit.ly/1v0USg3>. Acesso em 08 dez. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informática Tecnológica. 2ª. ed., 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos, H. G. et al. Brasília, DF – Embrapa. 3ª ed. rev. ampl., 353 p., 2013.

EUCLIDES, V.B.P. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. v. 12, pp.245-273, 1995.

FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils. An isotopic outlook. **Fertilizer Research**. v. 45, pp.91-100, 1996.

FERRAZ, J. B. S. FELÍCIO, P. E. D. Production systems - An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, pp. 238-243, 2010.

FERREIRA, E.M., SANTOS, A.C., ARAÚJO, L.C. E CUNHA, O.F.R. 2008. Características agronômicas do *Panicum maximum* cv. Mombaça submetido a níveis crescentes de fósforo. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, pp. 484-491, 2008.

FERREIRA, D. F. **Sisvar: um sistema computacional de análise estatística**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 35, n. 6, pp. 1039-1042, 2011.

FONSECA, D. M., ALVAREZ V., V. H., NEVES, J. C. L., GOMIDE, J. A., NOVAIS, R. F. & BARROS, N. F. Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa*. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas v. 12, n. 4, pp. 49-58, 1988.

FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; DETMANN, E.; BARBOSA, M.H.P.; RIBEIRO, M.D.; COSTA, M.G. Avaliação da divergência nutricional de genótipos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, pp. 229-236, 2006.

FOX, R.L.; KAMPRATH, E.J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. **Proceedings of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 34, n. 5, pp. 902-907, 1970.

GATIBONI, L. C., KAMINSKI, J., RHEINHEIMER, D. S., BRUNETTO, G. Superphosphate and rock phosphates as Phosphorus sources for grass-clover pasture on a limed acid soil in Southern Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, n. 17/18, pp. 2503-2514, 2003.

GHERI, E. DE O.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; PALMA, L. A. S. Nível crítico de fósforo no solo para *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia. **Pesquisa agropecuária brasileira**. [online]. v. 35, n. 9, pp. 1809-1816, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000900013>

GUERDES, L. WERNER, J. C. COLOZZA, M. T.; CARVALHO, D. D. SCHAMMASS, E. A. Avaliação de características agronômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, pp. 947-954, 2000.

GUILHERME, L.R.G. et al. Adsorção de fósforo em solos de várzea do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, pp. 27-34, 2000.

HERLING, V. R.; RODRIGUES, L. R. A.; LUZ, P. H. C. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM – Planejamento de sistemas de produção em pastagem, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fealq. pp. 157-192, 2001.

HERLING, V. R. BRAGA, G. J. LUZ, P. H. C. OTANI, L. Tobiata, Tanzânia e Mombaça. Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 17. **Anais...** FEALQ. Piracicaba. pp. 21-64, 2000.

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, pp. 1154-1160, 2010.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos de 2016**. Estações automáticas. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 06/11/2016.

INOUE, M. H. SILVA, B. E. PEREIRA, K. M. SANTANA, D. C. CONCIANI, P. A. SZTOLTZ, C. L. Levantamento fitossociológico em pastagens. **Planta Daninha**, v. 30, n.1, pp. 55-63, 2012.

JANK, L. Melhoria e seleção de variedades de *Panicum maximum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais..** Piracicaba: FEALQ. pp. 21-58.1995.

JANK, L. SAVIDAN, Y. H. SOUZA, M. T. C. COSTA, J. C. G. Avaliação do germoplasma de *Panicum maximum* introduzida da África. I: Produção forrageira. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, pp. 433-440, 1994.

LEAL, J.R.; VELLOSO, A.C.X. Dessorção do fosfato adsorvido em Latossolos sob vegetação de cerrado. II. Reversibilidade da isoterma de adsorção de fosfato em relação ao pH da solução em equilíbrio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 1, pp. 89-92, 1972.

LISBOA, B. B., VARGAS, L. K., ABICHEQUER, A. D., DORNELES, E. P., CAPITANI, B. Determinação do fósforo remanescente como método alternativo à textura na indicação da classe de disponibilidade de fósforo em três solos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, pp. 81-84, 2012.

MACEDO, M.C.M. Adubação fosfatada em pastagens cultivadas com ênfase na Região do cerrado. In: YAMADA, T.; ABDALA, S.R.S. (Eds.). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. pp. 359-400, 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubação**. São

Paulo: Agronômica Ceres. 3ª ed., 596 p., 1981.

MALAVOLTA, E. HAAG, H. P. MELLO, F. A. F. BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas.** São Paulo: Pioneira. 752p. 1974.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas:** princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 319 p., 1997.

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

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. **Cerrado, uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens.** Planaltina. 1ª ed., 2007.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. Adubação nitrogenada In: MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. **Cerrado, uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens.** Planaltina. 1ª ed., pp. 117-144, 2007.

MARTINAZZO, R. RHEINHEIMER, D. S. GATIBONI, L. C. BRUNETTO, G. KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto afetado pela adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, pp. 563- 568, 2007.

MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; COBRA NETTO, A. & KIEHL, J.C. **Fertilidade do solo.** São Paulo, Nobel. 399 p.,1989.

MELSTED, S. W. PECK, T. R. The Mitscherlich- Bray growth function. In: PECK, T.R., ed. Soil testing; correlating and interpreting the analytical results. Madison, **American Society of Agronomy.** pp. 1-18, 1977.

MESQUITA, E.E.; PINTO, J.C.; NETO, A.E.F. et al. Teores Críticos de Fósforo em Três Solos para o Estabelecimento de Capim-Mombaça, Capim-Marandu e Capim-Andropogon em Vasos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 2, pp. 290-301, 2004.

MOREIRA, A., MALAVOLTA, E., CARDOSO MORAES, C.M., Eficiência de fontes e doses de fósforo na alfafa e centrosema cultivadas em latossolo amarelo., **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, Brasília, v. 37, n. 10, pp. 1459-1466, 2002.

MÜLLER, M. S., FANCELLI, A. L., DOURADO-NETO, D, GARCÍA Y GARCÍA, A. OVEJERO, R. F. L. Produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça irrigado, sob pastejo rotacionado. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, pp. 427-433, 2002.

NETTO, A.R. **Influência da mineralogia nas propriedades físico-químicas de solos brasileiros.** Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 144 f., 1996.

Dissertação de mestrado.

NOVAIS, R. F., ALVAREZ V., V.H., BARROS, N.F., FONTES, R.L.F., CANTARUTTI, R.B. NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**, SBCS, Viçosa. 1017p., 2007.

NOVAIS, R. F., SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 399p., 1999.

OLIVEIRA, E. C. A. SILVA, G. P. OLIVEIRA, R. I. CUNHA FILHO, M. LIRA JUNIOR, M. A. FREIRE, F. J. Crescimento, produtividade e nível crítico de fósforo para o quiabeiro em relação à adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, pp. 589-594, 2013.

OLIVEIRA, S. CAIONE, G. CAMARGO, M. OLIVEIRA, A. SANTANA, L. Fontes de fósforo no estabelecimento e produtividade de forrageiras na região de Alta Floresta – MT. **Global science and technology**, Rio Verde, v. 5, n. 1, pp.01-10, 2012.

OLSEN, E. R. WATANABE, F. S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the langmuir isotherm. **Soil Science Society of America, Proceedings**. v. 21, pp. 144-149, 1957.

PEREIRA, J. R. FARIA, C. M. B. Sorção de fósforo em alguns solos do Semiárido do Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33 (7), pp. 1179-1184, 1998.

RAIJ, B. Van. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 2, pp. 1-9, 1978.

RAIJ, B. Van. **Avaliação de fertilidade do solo**. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato. 142p., 1981.

RAIJ, B. Van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafós. 343 p., 1991.

RAIJ, B. Van. Fósforo no solo e interação com outros elementos. In: YAMADA, T. & ABDALLA, S.R.S., eds. **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba, Potafós. pp.106- 114., 2004.

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

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

RHEINHEIMER, D.S. et al. Dessorção de fósforo em sistemas de manejo de

solo avaliado por extrações sucessivas com resina trocadora de ânions. **Ciência Rural**, v. 33, n. 6, pp. 1053-1059, 2003.

RHEINHEIMER, D. S. ANGHINONI, I. Accumulation of soil organic phosphorus by soil tillage and cropping systems in subtropical soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, n. 15/16, pp. 2339-2354, 2003.

RHEINHEIMER, D. S. ANGHINONI, I. CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.3, pp. 589-597, 2000.

RHEINHEIMER D. S., 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, pp. 576-586, 2008.

RIBEIRO, A. C. GUIMARÃES, P. T. G. ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 359p., 1999.

ROBINSON, J. S. SYERS, J. K. Effects of solution calcium concentration and calcium sink size on the dissolution of Gafsa phosphate rock in soils. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.42, n.3, pp. 389-397, 1991.

ROGERI, D. A. **Uso do índice P-remanescente como indicador do poder tampão de fósforo em solos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 157 f. 2013. Tese de doutorado.

ROSSI, C. MONTEIRO, F. A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colonião. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, pp. 1101-1110, 1999.

ROUSE, R. D. Soil test theory and calibration for cotton, corn, soybean and coastal Bermuda grass. **Technical Bulletin 375**. Auburn, Agricultural Experiment Station Auburn University. 65p., 1968.

SANCHEZ, P. A. COCHRANE, T. T. **Soils constraints in relation to major farming systems of tropical America**. International Rice Research Institute, Los Banos. pp.106-139. 1980.

SANTOS, D. R. 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**, v. 38, pp. 576-586, 2008.

SANTOS, H. Q. FONSECA, D. M. CANTARUTTI, R. B. ALVAREZ, V. H. NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis críticos de fósforo no solo e na planta para gramíneas forrageiras tropicais, em diferentes idades. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, pp. 173-182, 2002.

SAVIDAN, Y. H. JANK, L. COSTA, J. C. G. **Registro de 25 acessos**

selecionados de *Panicum maximum*. Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC. Doc. 44, 68p. 1990.

SCHLINDWEIN, J. A. GIANELLO, C. Fósforo disponível determinado por lâmina de resina enterrada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, pp.77-84, 2009.

SCHLINDWEIN, J. A. GIANELLO, C. Calibração de métodos de determinação de Fósforo em solos cultivados sob sistema Plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, pp.2037-2049, 2008.

SOUSA, D. M. G. LOBATO, E. **Cerrado**: Correção do Solo e Adubação. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília (DF), Embrapa-CPA. 2.ed. 2004.

SOUSA, D.M.G.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L. Adubação fosfatada. In: MARTHA JÚNIOR, G.B.; VILELA, L.; SOUSA, D.M.G. **Cerrado, uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina. 1ª ed., pp.145-176, 2007.

TUCCI, C. **Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 142 f., 1991. Tese de doutorado.

VILELA, H. **Pastagem**: seleção de plantas forrageiras implantação e adubação, Viçosa- MG, pp. 169-172, 2005.

VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G.; MACEDO, M.C.M. **Calagem e adubação para pastagens na região do cerrado**. Planaltina, Embrapa cerrados. [s.n.] 15 p., 2000.

WALKER, T. W. SYERS, J. K. The fate of phosphorus during pedogenesis. **Geoderma**, v. 15, pp. 01-19, 1976.

WERNER, J.C.; KALIL, E.B.; GOMES, E.P.; PEDREIRA, J.V.S.; ROCHA, G.L.; SARTINI, H.J. Competição de adubos fosfatados. **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, SP, v. 25, pp.139-149, 1968.

WOODRUFF, J. R. KAMPRATT, E. J. Phosphorus adsorption as maximum measured by the Langmuir isotherm and its relation hip to phosphorus availability, **Soil Science Society of America, Proceedings**. v. 29, pp.148-150, 1965.