

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL

**ESTABELECIMENTO DE *Brachiaria humidicola* cv.  
Comum SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SOLO DO  
ESTADO AMAZONAS**

MARCELO TAVARES NUNES

MANAUS  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
TROPICAL

MARCELO TAVARES NUNES

**ESTABELECIMENTO DE *Brachiaria humidicola* cv.  
Comum SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SOLO DO  
ESTADO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci  
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Jacobs Dias

MANAUS  
2016

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

N972e Nunes, Marcelo Tavares  
Estabelecimento de Brachiaria humidicola cv. comum sob adubação fosfatada em solo do Estado Amazonas / Marcelo Tavares Nunes. 2016  
65 f.: 31 cm.

Orientador: Carlos Alberto Franco Tucci  
Coorientador: Fábio Jacobs Dias  
Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Fósforo disponível. 2. Extrator de fósforo. 3. Morfogênese. 4. Nível crítico do Solo. I. Tucci, Carlos Alberto Franco II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

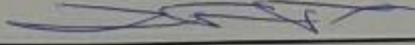
MARCELO TAVARES NUNES

**ESTABELECIMENTO DE *Brachiaria humidicola* cv.  
Comum SOB ADUBAÇÃO FOSFATADA EM SOLO DO  
ESTADO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, na área de concentração em Produção Vegetal.

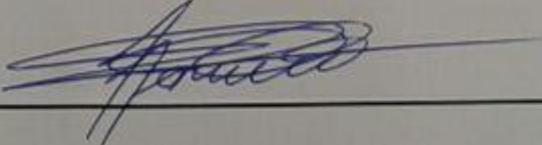
Dissertação aprovada em .....de .....de 2016

BANCA EXAMINADORA



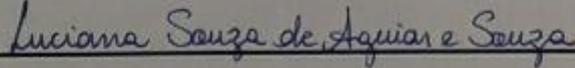
---

Orientador Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM



---

Prof. Dr. Felipe Tonato  
Embrapa Ocidental – AM



---

Prof. Dra. Luciana Aguiar de Souza e Souza  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

## **DADOS CURRICULARES DA AUTOR**

**Marcelo Tavares Nunes** – Nascido em 13 de julho de 1989, na cidade de Parintins, Amazonas, filho de Marilda Tavares dos Santos e José Janilson Valeriano Nunes. Iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Federal do Amazonas – UFAM Campus Parintins, no mês de agosto de 2008 e obteve o título de Zootecnista em 2014. Em março deste mesmo ano ingressou no curso de mestrado em Agronomia tropical na Universidade Federal do Amazonas, sob orientação do Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci e coorientação do Prof. Dr. Fábio Jacobs Dias.

## *Ofereço*

*A Deus, pois é o único de toda honra e toda glória*

*Ao meu PAI do coração Ladimir Tavares dos Santos (in memoriam) exemplo de homem simples,  
humilde e trabalhador, obrigado por todos aos seus ensinamentos*

*Aos meus PAIS e TIOS pela educação digna, amor e carinho*

## *Dedico*

*A minha esposa Tassia Michelli nogueira pessoa que tanto amo, obrigado por todos os momentos  
sem você eu não sou nada ....  
te amo muito meu amor*

*Ao meu filho Thalles Marcelo, por me ensinar o significado da palavra amor incondicional.  
você faz minha vida ter sentido*

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Amazonas – UFAM pela oportunidade concedida para realização deste sonho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical – PGATr.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Alberto Franco Tucci, pela orientação concedida, ensinamentos, apoio, confiança e por ser exemplo de profissional e pessoa.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Fábio Jacobs Dias, pela orientação, conversas, instruções e dicas.

Ao amigo de Pós-graduação Rodrigo Rener dos Santos Martins que não mediu esforços para implantação e condução do experimento.

Ao Prof. Dr. José Zilton Lopes Santos pela orientação nas análises laboratoriais e pelas dicas concedidas.

A minha mãe Marilda Tavares dos Santos exemplo de mulher guerreira e trabalhadora.

Ao meu pai José Valeriano Nunes homem que mesmo com todas as adversidades não desistiu e venceu na vida.

A minha esposa Tassia Michelli Nogueira Negreiros mulher que escolhi para viver no meu lado para o resto da vida, obrigado por cuidar no nosso príncipe.....te amo muito.

Ao meu filho Thalles Marcelo por me ensinar todo dia que não devemos desistir da vida.....papai ama muito.

Aos meus tios Benedito Tavares, Ladimir Tavares (*in memoriun*) Raimunda Tavares.

Aos amigos de Pós-graduação Alessandro Machado, Aldilane, Edinaldo Lopes, Fabiana, Francisco Castro, Jackson Douglas, Renato Epfanio, Roodi Fonseca, Silvio, Suelen e etc. “desculpe se esqueci algum”

Aos amigos do Lafopast Adriano Serrão, Ana Rebeca, Brooke Eiko, Maycon Marinho, Paula Santos, Rodrigo Renner, Uriel Cursio que ajudaram na condução do experimento e análises laboratoriais.

Aos amigos de graduação Amanna Gonzaga, Hugo Lenon, Noédson Machado, Rodrigo Renner e Ronner Joaquim.

Ao Prof. Dr. Maurício de Fontes pela confiança concedida durante realização do treinamento na Universidade Federal de Viçosa.

Ao técnico de laboratório José Francisco (Chico) pela auxílio nas análises laboratoriais.

A Laura técnica de laboratório do INPA que auxiliou nas análises laboratoriais.

A minha cunhada Thatiane de Jesus Nogueira Negreiros.

Ao amigo Nascimento o Nasça

Aos professores do PGATr.

Meu muito obrigado

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de doses de fosfato no crescimento e desenvolvimento da *Brachiaria humidicola* cv. Comum, a disponibilidade de fósforo por diferentes extratores e as características morfogênicas e estruturais. Realizou-se na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), ensaio com Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háptico (GX), foram coletadas amostras de 100 g de solo das parcelas experimentais para determinar a disponibilidade por Mehlich-1, Mehlich-3 e resina troca de ânions. Para estimar a dose da máxima eficiência física (MEF) e máxima eficiência econômica (MEE), e com a MEE foi possível estabelecer os níveis críticos de fósforo no solo e na planta. No estudo realizou-se a uniformização da parte aérea, e 45 dias após a uniformização foi feito o primeiro corte de avaliação (C<sub>1</sub>) e 90 dias o segundo corte 2 (C<sub>2</sub>). Toda a parte aérea coletada foi separada em seus componentes: colmo + bainha e lamina foliares, as quais foram secas a 55 °C e em seguida pesadas separadamente. Em cada unidade experimental foram marcadas perfilhos para a determinação das características morfogênicas e estruturais. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com sete doses crescentes de fosfato com cinco repetições de totalizando 35 unidades experimentais para cada solo. As análises de variância e regressão foram realizadas utilizando o programa STATISTICA Application 13, adotando-se a probabilidade de 5 e 1% de significância. Com resultados observou-se efeito da adubação fosfatada em todos os componentes da forrageira, refletindo positivamente na matéria seca da parte aérea (MSPA) em ambos os cortes e na soma destes, para ambos os solos. A recuperação de fósforo aplicado foi maior pelo extrator Mehlich-3 nos dois solos. Os níveis críticos de fósforo no solo e na planta estão próximos dos citados pela literatura específica. As doses crescentes de fosfato promoveram efeito sobre as características morfogênicas e estruturais avaliadas. Conclui-se que a exigência ao fósforo é maior até os 75 dias após a emergência e todos os extratores foram eficientes em predizer a disponibilidade de fósforo no solo, sendo a resina o extrator que apresentou maior correlação com o conteúdo de fósforo na parte aérea.

**Palavra-chave:** fósforo disponível, extrator de fósforo, morfogênese, nível crítico no solo, nível crítico na planta

## ABSTRACT

Objective was to evaluate the effect of phosphate levels in the growth and development of *Brachiaria humidicola* cv. Comum, phosphorus availability by different extractors and morphogenetic and structural characteristics. was conducted at the Federal University of Amazonas (Amazonas University), study Oxisoil (LA) and Gleysol Haplic (GX), samples of 100 grams of soil from the experimental units were collected to determine the availability by Mehlich-1, Mehlich-3 and resin exchange anions. To estimate the levels of maximum physical efficiency (MEF) and maximum economic efficiency (MEE), and the MEE was possible to establish the critical levels of phosphorus in soil and plant. The study was conducted to standardization of the aerial part, and 45 days after the standardization was made the first cut evaluation (C<sub>1</sub>) and 90 days the second cut 2 (C<sub>2</sub>). All the collected aerial plant was separated into its components: stem + sheath and leaf laminae, which were dried at 55°C and weighed separately followed. The experimental design was randomized blocks with seven increasing doses phosphate with five repetitions, totaling 35 experimental units for each soil. Analyses of variance and regression were performed using STATISTICA Application 13 program, adopting the probabilidade of 5 and 1% significance. With results observed effect of phosphorus fertilization in all components of the forage, reflecting positively on dry matter of the aerial part (MSPA) in both the courts and the sum of these, for both soils. Phosphorus recuperation applied was higher by Mehlich-3 extractor in both soils. Critical levels of phosphorus in soil and plant are close to those cited by the literature. phosphate increasing levels promoting effect on the morphogenetic and structural characteristics evaluated. It is concluded that the phosphorus requirement is highest to 75 days after emergence and all extractors were efficient in predicting the availability of phosphorus in the soil, the resin being the extractor with the highest correlation with the phosphorus content in the shoot.

**Keywords:** Available phosphorus, phosphorus extractor, morphogenesis, critical level in the soil, level in critical plant.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Resultado da análise química e textural do Latossolo Amarelo (LA) e do Gleissolo Háplico (GX). .....	30
<b>Tabela 2</b> – Fracionamento de formas de fósforo total ligadas ao alumínio (P-Al), Ferro (P-Fe) e Cálcio (P-Ca). .....	31
<b>Tabela 3</b> – Equações de regressão para matéria seca da parte aérea: colmo (C) + bainha (B) e laminas foliares (LF) e total (MSPA) ( $\text{g vaso}^{-1}$ ), no corte 1 ( $C_1$ ), corte 2 ( $C_2$ ) e $C_1 + C_2$ , como variável dependente das doses de $\text{P}_2\text{O}_5$ ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) aplicadas em Latossolo Amarelo (LA) e um Gleissolo Háplico (GX). .....	35
<b>Tabela 4</b> – Equação de regressão para teores de fósforo no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), recuperados pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e resina como variável dependente das doses de $\text{P}_2\text{O}_5$ aplicadas no solo. ....	36
<b>Tabela 5</b> – Matriz de correlação linear ( $r$ ) entre os teores de fósforo no solo extraídos pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e resina com os teores de P na planta, matéria seca na parte aérea (MSPA) e conteúdo de P para Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háplico (GX). .....	37
<b>Tabela 6</b> – Níveis críticos de fósforo em Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háplico (GX), para o estabelecimento de <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Comum. ....	39
<b>Tabela 7</b> – Classes de interpretação da disponibilidade de fósforo para estabelecimento de <i>B. humidicola</i> para Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háplico (GX) nos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e resina. ....	40
<b>Tabela 8</b> – Equação de regressão do teor de fósforo na parte aérea da <i>B. humidicola</i> como variável dependente das doses de $\text{P}_2\text{O}_5$ aplicadas no solo para Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo (GX) e níveis críticos de fósforo na planta. ....	41
<b>Tabela 9</b> – Características morfogênicas e estruturais como variável dependente do efeito das doses de $\text{P}_2\text{O}_5$ aplicadas no solo para o corte 1 ( $C_1$ ) e corte 2 ( $C_2$ ). .....	44
<b>Tabela 10</b> – Características morfogênicas e estruturais como variável dependente do efeito das doses de $\text{P}_2\text{O}_5$ aplicadas no solo para o corte 1 ( $C_1$ ) e corte 2 ( $C_2$ ). .....	45

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	OBJETIVOS .....	15
2.1	Objetivo geral .....	15
2.2	Objetivos específicos .....	15
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1	Potencialidades e limitações do uso de Latossolo Amarelo e Gleissolos Háplicos na Amazônia para pastagem .....	16
3.2	Características <i>Brachiaria humidicola</i> cv. Comum.....	17
3.3	Métodos de extração de fósforo.....	18
3.3.1	Extrator Mehlich-1.....	20
3.3.2	Extrator Mehlich-3.....	20
3.3.3	Extrator resina troca ânions .....	20
3.3.4	Seleção de extratores .....	21
3.4	Nível crítico de fósforo no solo .....	23
3.5	Nível crítico de fósforo na planta .....	25
3.6	Recomendação de adubação fosfatada para forrageiras .....	26
3.7	Características morfológicas e estruturais sob adubação fosfatada .....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	30
4.1	Localização da coleta dos solos e do experimento .....	30
4.2	Preparo e caracterização das amostras.....	30
4.3	Delineamento experimental e tratamentos.....	31
4.4	Condução e coleta dos experimentos.....	31
4.5	Variáveis analisadas.....	32
4.5.1	Análise de fósforo recuperado por extratores .....	32
4.5.2	Análise de fósforo na planta .....	32
4.5.3	Determinação da Máxima eficiência física (MEF), Máxima eficiência econômica, Nível crítico no solo e na planta e classes de fertilidade do solo .....	32
4.5.4	Avaliação das características morfológicas e estruturais .....	33
4.6	Análise estatística .....	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5.1.1	Produção dos componentes da forragem e matéria seca da parte aérea .....	34

5.1.2	Fósforo recuperado pelo extrator Mehlich-1, Mehlich-3 e resina trocadora de ânions	35
5.1.3	Seleção de extrator.....	37
5.1.4	Nível Crítico de fósforo e classes de fertilidade do solo .....	38
5.1.5	Fósforo absorvido e níveis críticos de fósforo na parte aérea .....	40
5.2	Características morfogênicas e estruturais de perfilhos.....	42
6	CONCLUSÃO .....	51
7	REFERÊNCIAS .....	52

# 1 INTRODUÇÃO

Na Amazônia, estima-se que cerca de 30 milhões de hectares ou cerca de 50% das pastagens plantadas estejam degradadas ou em processo de degradação, isso acarreta à gradativa diminuição da capacidade de suporte da pastagem, culminando com a degradação propriamente dita (DIAS FILHO, 2011). Dentre os fatores que causam a degradação das pastagens destaca-se a baixa disponibilidade de fósforo, sendo este considerado um dos nutrientes limitantes na produção das forrageiras e outras culturas, devido a sua importância na nutrição da planta e aos baixos níveis deste nutriente no solo (TUCCI, 1981; NOVAIS; SMYTH, 1999; SANTOS et al., 2002; RESENDE; FURTINI NETO, 2007; DIAS FILHO, 2011; VELOSO, 2012).

A *Brachiaria humidicola* cv. Comum conhecida pelos nomes de capim-agulha, quicuí-da-Amazônia e braquiária-espetudinha é considerada uma das forrageiras mais rústicas devido a sua adaptação a condições de solos ácidos, pobre em fósforo e a tolerância a altos teores de alumínio no solo. Estas características lhe conferem o predomínio em solos da região Amazônica (REIS et al., 2013).

Conforme descrevem Guedes et al. (2009) e Benício et al. (2013), um dos maiores problemas no estabelecimento e manutenção das pastagens na Amazônia refere-se aos níveis extremamente baixos de fósforo disponível no solo. E, segundo Manarim (2005) e Rezende et al. (2011), a deficiência de fósforo reduz a taxa de crescimento inicial, o estabelecimento das forrageiras, a produtividade do pasto, além de afetar o valor nutritivo e prejudicar o desempenho animal.

Dentre os nutrientes, certamente o fósforo é o elemento mais citado em trabalhos visando à determinação de métodos para sua extração, correlação, calibração de métodos e para recomendação de adubação no solo. Tem sido usada para as extrações de fósforo soluções das mais diversas natureza, tais como: soluções tamponadas de base, soluções diluídas de ácidos, fósforo marcado, etc. (SIMÕES NETO, 2008; NOVAIS et al., 2007).

De acordo Raij (1991), Silva (1997) e Novais et al. (2007), o extrator Mehlich-1 é o mais utilizado no Brasil, no entanto, este extrai pouco fósforo ligado a ferro e alumínio obtendo-se baixo valor de fósforo. Todavia, a extração por Mehlich-1 libera, excessivamente, o fósforo dos solos que receberam aplicação de fosfatos naturais, e essa porção não está disponível para as plantas (SILVA, 1997). Neste sentido é necessário mais estudo com

soluções extratoras, comparando o Mehlich-1 com outras, tais como Mehlich-3, Bray-1 e principalmente com a resina troca de ânions para os solos da região Amazônica.

Definidos os estudos de correlação de métodos de análises para o fósforo no solo, tem-se a necessidade da estimativa da dose de fosfato a ser aplicada ao solo, visando atender a demanda da cultura. Portanto os estudos de calibração de doses e produtividade da cultura tornam-se necessários para a estimativa do nível crítico, para a definição das classes de fertilidade do solo e para a definição da dose de fosfato a ser aplicada para a implantação da cultura de *B. humidicola* cv. Comum. Bem como entender o papel do fósforo sobre as características morfogênicas e estruturais, visto que a combinação destas permitir a visualização da curva de produção, acúmulo de forragem e estimativa da qualidade do pasto, o que implicaria num maior entendimento entre a produtividade da forrageira associada a dose de fósforo adequada.

A recomendação de adubação fosfatada para os solos do estado do Amazonas são baseadas em estudos com solos de outras regiões do Brasil. A partir dos estudos de correlação e calibração com os solos do estado, a recomendação de adubação fosfatada não estaria nem subestimando e nem superestimando a necessidade do solo nem da planta forrageira em fósforo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar o efeito de doses crescentes de fosfato no crescimento e desenvolvimento inicial da forrageira.

### **2.2 Objetivos específicos**

Avaliar a época de maior demanda em fósforo no estabelecimento inicial de forrageiras;

Avaliar a disponibilidade de fósforo por diferentes extratores;

Selecionar extrator de fósforo;

Estabelecer nível crítico no solo e na planta e classes de fertilidade do solo;

Avaliar o efeito da adubação fosfatada nas características morfogênicas e estruturais.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Potencialidades e limitações do uso de Latossolo Amarelo e Gleissolos Háplicos na Amazônia para pastagem**

A atividade pecuária é uma das atividades econômicas mais importantes para a região Amazônica, apesar de promover conversão de florestas em pastagens (GUEDES et al., 2009; MONTEIRO et al., 2009). Esta apresenta uma grande potencialidade em decorrência dos recursos naturais disponíveis, no entanto, a produção de carne e leite, de modo geral, não é satisfatória, principalmente devido à baixa produtividade e ao baixo valor nutritivo das pastagens (DIAS-FILHO, 1983; ANDRADE, 2010). Segundo Patês et al. (2007), a baixa disponibilidade de nutrientes é, seguramente, um dos principais fatores que interferem na produtividade e na qualidade do pasto.

Dependendo da posição na paisagem, os solos da Amazônia podem ser solos de terra firme (não inundáveis) e várzea (inundáveis). Os Argissolos e Latossolos e cobrem aproximadamente 70% de áreas não inundáveis, são solos normalmente usados sob o cultivo de culturas anuais, perenes e pastagens (MOREIRA et al., 2008).

Dentre as classes de solo predominantes no estado do Amazonas, os Latossolos representam 26% da área, sendo predominantemente Latossolos Amarelos, cuja ocorrência se concentra próximo à região central do estado nas áreas de terra firme (MAIA e MANSINI 2010). Os Latossolos caracterizam-se por serem solos fortemente ácidos, muito intemperizados, de baixa fertilidade natural e possuem elevados teores de alumínio trocável (PIGNATARO NETO, 2008; EMBRAPA, 2002).

Corrêa e Haag (1993a), Ieiri et al. (2010) e Benício (2012) descrevem que os maiores problemas no estabelecimento e manutenção de pastagens em Latossolos refere-se a níveis extremamente baixos de fósforo disponível. Nesta situação a adubação fosfatada é considerada de vital importância (CORRÊA; HAAG, 1993a). Conforme Moreira et al. (2008) e Guedes et al. (2009), além da grande deficiência desse elemento nos solos, o que torna a limitação mais severa do crescimento vegetal, outras limitações podem ser elencadas, como deficiência de potássio, alta capacidade de fixação de fósforo e baixa retenção de cátions.

Conforme Pignataro Neto (2008), os Latossolos possuem excelentes propriedades físicas, com teor de argila de média a alta e normalmente bem drenados. Maia e Mansini (2010), e Muniz et al. (2015) relatam que as limitações decorrentes da baixa fertilidade e acidez elevada e por altos teores de alumínio os tornam exigentes em corretivos e adubos. No

entanto, isso não impede o seu alto potencial de uso para a agricultura e a pecuária, devido às boas propriedades físicas, com relevo plano a suave ondulação, o que facilita seu manejo e a mecanização (MAIA; MANSINI, 2010; MOREIRA et al., 2008). Pignataro Neto (2008), descreve que além de corrigidos podem ser corrigidos e adotando manejo correto podem proporcionar excelentes condições para o uso em sistemas agropecuários.

Outra classe de solos encontrados na Região Amazônica é dos Gleissolos que ocupam, geralmente, as partes depressionais da paisagem e, como tal, estão permanentemente ou periodicamente encharcados, salvo se artificialmente drenados (MANZATTO et al., 2002).

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2006; MAIA; MANSINI, 2010), os Gleissolos são solos hidromórficos, constituídos por material predominantemente mineral, com horizonte glei iniciando dentro dos primeiros 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de um horizonte A ou H pouco espesso.

Nas planícies de inundações do Amazonas predominam os Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos que perfazem 9% dos solos, sendo em sua quase totalidade férteis quando ocorrem nas margens dos rios de águas barrentas (Solimões, Madeira, Purus, Juruá, dentre outros (MAIA; MANSINI 2010). A fertilidade é atribuída principalmente às características dos sedimentos que deram origem a esses solos (TEIXEIRA et al., 2008; LIMA et al., 2007; GUIMARÃES, 2010). Apesar do seu elevado potencial agrônômico, esses solos apresentam limitações de uso e manejo, em razão da elevação do lençol freático durante boa parte do ano, e, pouco são os trabalhos de pesquisa relacionados a esses solos (GUIMARÃES et al., 2013).

### **3.2 Características *Brachiaria humidicola* cv. Comum**

A Braquiária humidicola ou quicuío-da-Amazônia – *Urochloa humidicola* (Rendle) Morrone e Zuloaga [Syn. *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick] (SOARES, 2015), é uma forrageira que tem apresentado grande expansão no trópico úmido sul americano, em decorrência de sua alta capacidade de adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade natural. Além disso, essa forrageira tolera solos alagados, bem como períodos de seca (VALLE et al., 2010; MARTINS et al., 2013).

A forrageira *Brachiaria humidicola* é uma espécie que ocorre em solos inundáveis no leste da África e caracteriza-se por ser fortemente estolonífera. Devido ao seu hábito estolonífero, forma relvado denso, impedindo o estabelecimento de invasoras e protegendo o solo contra erosão (PEIXOTO et al., 2001).

Dentre as cultivares do gênero *Brachiaria* no Brasil a *B. humidicola* cv. Comum tem grande utilização nos solos mal drenados e em várzeas, onde substitui a *B. decumbens* em grandes áreas na Amazônia, que desapareceu em consequência de severos ataques de cigarrinha-das-pastagens na década de 1980 (VALLE et al., 2010; CAMARA, 2013 e SOARES, 2015).

Segundo Valle et al. (2010), os pontos positivos da *B. humidicola* são o crescimento estolonífero com grande capacidade de enraizamento, boa cobertura do solo, domínio sobre as plantas invasoras, baixa exigência em fósforo e cálcio e tolerância a cigarrinha-das-pastagens. No entanto, os autores relatam que os atributos negativos como: estabelecimento lento, baixa digestibilidade da massa seca, baixa concentração de nitrogênio e cálcio na forragem, hospedeira da cigarrinha das pastagens entre outros.

### **3.3 Métodos de extração de fósforo**

Extratores químicos são utilizados para estimar o fósforo disponível. Para isso precisam informar quanto é possível ser retirado desse nutriente pela planta. Porém, cada solo, devido as suas características químicas e físicas, responde de maneira diferente à ação dos extratores, sendo necessário encontrar um extrator que reproduz a ação da planta para um maior número possível de solos diferentes e ainda seja de fácil operacionalidade em laboratórios de rotina (SIMÕES NETO, 2008).

A determinação de fósforo disponível para estimar sua disponibilidade para as culturas e estabelecer níveis críticos tanto no solo como na planta, fornecem informações para o estabelecimento de critérios mais seguros para as recomendações de adubação (BERTONI et al., 2003; ALVAREZ V. 1996; CANTARUTTI et al. 2007). Segundo Novais et al. (2007) as extrações do fósforo disponível fornecem valores que variam entre intensidade (I) e quantidade (Q), às vezes, até mesmo parte do fósforo não lábil (NQ), dependendo das propriedades do extrator e das condições da extração, sem informar sobre o fator capacidade (Q/I).

Por meio de extratores químicos procura-se determinar o grau de suficiência ou deficiência de nutrientes no solo, além de quantificar condições adversas, tais como acúmulo de metais pesados tóxicos (SILVA, 2008). De acordo com, Rajj (1991) e Novais et al. (2007), existem diversos extratores químicos de fósforo, reflexo da complexidade do comportamento deste elemento no solo e da falta de concordância sobre qual deveria ser o método mais adequado para quantificar sua disponibilidade, e, de acordo com Alvarez V. et al. (2000), para

que um extrator seja recomendado para estimar a disponibilidade de fósforo é necessário que os teores extraídos do solo se correlacionem com a absorção deste nutriente pelas plantas. Novais e Smyth (1999), ainda informam que a quantidade que o extrator extrai não indica quanto a planta vai absorver, como também a forma de fósforo extraída do solo não é, necessariamente, em quantidades ou qualidade, a que a planta irá absorver.

A análise de correlação, estabelecida matematicamente, determina a intensidade da relação linear entre duas variáveis aleatórias e dependentes (NETER et al., 1996 citado por CANTARUTTI et al., 2007). A produção absoluta ou a relativa de uma planta ou absorção do nutriente e o teor desse nutriente extraído por um método de análise atendem a essas premissas. A intensidade da correlação é expressa pelo coeficiente de correlação - coeficiente de correlação de Pearson (CANTARUTTI et al., 2007).

O Mehlich-1 é o extrator mais usado para determinar a disponibilidade de fósforo nos solos do Brasil. Nos laboratórios do estado de São Paulo e de alguns outros empregam-se o uso da resina de troca iônica (RAIJ, 1991; SILVA, 1997). Deve-se também destacar o uso e estudos de varias outras soluções extratoras tais como Mehlich-3, Bray-1, Olsen, etc. (NOVAIS et al., 2007).

Dentre os extratores de fósforo, os extratores ácidos extraem mais o fósforo ligado a cálcio no solo e apenas uma pequena proporção do elemento ligado ao alumínio e ferro. No entanto em solos ácidos e ricos em óxidos de ferro, alumínio e caulinita, como é a maioria dos solos brasileiros, o produto da reação do fósforo no solo são fosfatos de ferro e alumínio (RAIJ, 1991).

Segundo RAIJ (1983; 1991), outro problema dos extratores ácidos, é o fornecimento de resultados excessivamente baixos de fósforo em certos solos argilosos, que vem sendo adubados com fósforo, e, nos quais as culturas produzem bem e pouco respondem a adubação fosfatada.

O que é plausível ratificar, não importa os diversos métodos utilizados, como os Mehlich, Bray, Olsen, resina, etc., as quantidades de fósforo extraídas não são as mesmas, como de fato acontece. Torna evidente a necessidade de saber qual o extrator utilizado em análise de solo para interpretar o valor do fósforo disponível encontrando e qual o nível crítico ou faixa de disponibilidade para esse extrator. Essas informações variam conforme o porque se mede fósforo disponível, e não disponível (NOVAIS et al., 2007).

### 3.3.1 Extrator Mehlich-1

O extrator Mehlich-1 também chamado de solução de duplo-ácido ou de Carolina do Norte, é constituído de uma mistura de  $\text{HCl}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ , o emprego dessa solução na extração de fósforo do solo se baseia na solubilização desse elemento pelo efeito de pH, entre 2 e 3, sendo o papel do cloreto o de restringir o processo de readsorção dos fosfatos recém-extraídos (EMBRAPA, 1999). O Mehlich-1 parece ser mais recomendado para solos com baixa CTC, altamente intemperizados e contendo pouco ou nenhum fosfato de cálcio. Para Novais et al. (2007), em solos argilosos, de modo especial naqueles com pH mais elevado, o extrator Mehlich-1 tem apresentado com frequência valores subestimados do fósforo disponível, isso devido ao fato de seu poder de extração ser desgastado pelo próprio solo.

A grande vantagem do Mehlich-1 está na facilidade de obtenção de extratos límpidos por decantação e no baixo custo da análise, além da simplicidade operacional (EMBRAPA, 1999). Devido a sua composição química, extrai predominantemente o fósforo ligado a cálcio e menores quantidades e qualidades de fósforo ligado ao ferro e alumínio (RAIJ, 1991; SILVA, 2008).

### 3.3.2 Extrator Mehlich-3

O Mehlich-3 tem variado sua concentração desde  $0,0025 \text{ mol L}^{-1}$  a  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{HCl}$ , enquanto o  $\text{NH}_4\text{F}$  fica em geral ao redor de  $0,03 \text{ mol L}^{-1}$ . A mistura de  $\text{HCl}$  com  $\text{NH}_4\text{F}$  é uma solução ácida na qual o íon fluoreto tem atuado mais eficientemente na formação de um forte complexo com íons alumínio, liberando, assim, o fósforo ligado ao metal, já o fosfato de cálcio, também é extraído pela precipitação do fluoreto de cálcio (RAIJ, 1991; EMPRAPA, 2009). O Mehlich-3 é um dos extratores mais complexos na extração do fósforo, este tem como objetivo ampliar seu espectro de ação sobre diversos nutrientes no solo. Quanto ao fósforo disponível, o Mehlich-3 apresenta um comportamento semelhante ao do Bray-1, isto porque a substituição parcial de ácidos inorgânicos de outros extratores, como no Mehlich-1 por ácido acético mostrou-se efetivo em diminuir a solubilização de fosfato de cálcio de fosfatos naturais de baixa reatividade (NOVAIS et al., 2007).

### 3.3.3 Extrator resina troca ânions

O método de extração de fósforo pela resina troca de ânions foi inicialmente sugerido por Amer et al. (1955) e posteriormente avaliado por diversos autores, na qual foram feitas

adaptações na composição dos reagentes (RAIJ, 1991), passando-se de uma solução contendo 1 mol L<sup>-1</sup> de NaCl e 0,1 mol L<sup>-1</sup> de HCl para uma solução contendo 0,8 mol L<sup>-1</sup> de NH<sub>4</sub>Cl e 0,2 mol L<sup>-1</sup> de HCl (RAIJ; QUAGGIO, 2001; EMBRAPA, 2009).

O processo da extração permite a avaliação do chamado fósforo lábil, por dissolução gradativa de compostos fosfatados da fase sólida do solo e transferência de íons ortofosfato para resina de troca iônica (RAIJ; QUAGGIO, 2001; EMBRAPA, 2009).

Segundo Silva (1997), o método da resina apesar de ser mais trabalhoso, apresenta maior correlação com a produtividade das culturas, e, segundo Simões Neto (2008) é o procedimento com embasamento teórico mais consistente, pois buscava-se algo que imitasse a absorção das raízes.

### 3.3.4 Seleção de extratores

Constam na literatura diversos trabalhos com seleção de extratores para os variados tipos de plantas (FONSECA, 1987; CORRÊA; HAAG, 1993c; HOLANDA et al., 1995; PALÁCIO et al., 2000; BONFIM et al., 2003). Isso demonstra importância de se determinar o extrator mais adequado para cada tipo de solo.

De acordo com Corrêa e Haag (1993c), Holanda et al. (1995) e Bertoni et al. (2003), a eficiência dos extratores é avaliada através da análise de regressão, empregando-se como parâmetros de avaliação da disponibilidade do fósforo a quantidade de fósforo acumulado na parte aérea e a produção de matéria seca, correlacionando-os com o fósforo extraído do solo pelos diferentes extratores e análise de correlação entre os extratores. Várias outras pesquisas (RAIJ, 1980; ALVAREZ V. 1996; BONFIM et al., 2003; BONFIM et al., 2004) para definir e selecionar extrator empregam a correlação entre o conteúdo de fósforo na parte aérea e o fósforo recuperado pelo extrator.

No ensaio de Corrêa e Haag (1993c), estimaram-se a eficiência dos extratores Mehlich-1 e resina na avaliação do fósforo disponível para três gramíneas forrageiras, constatando que os extratores Mehlich-1 e resina foram eficientes e similares na avaliação do fósforo disponível, sendo que o método da resina apresentou maior capacidade de extração do fósforo aplicado. Resultado retificado no estudo de Simões Neto (2008) e Gonçalves e Meurer (2008). Gatiboni et al. (2002) constataram que a resina foi mais eficiente no diagnóstico dos teores de fósforo nos tratamentos com baixa disponibilidade, enquanto Mehlich-1 e Mehlich-3 foram mais eficazes naqueles com alta disponibilidade de fósforo.

Silva (1997) constatou que a resina independente da fonte utilizada, apresenta melhores correlações com as características das plantas mostrando-se mais adequado para estimar o fósforo disponível em diferentes condições de solos e fontes de fósforo. Resultado corroborado por Richart (2008), e segundo Silva e Raij (1999), numa ampla revisão sobre extratores confirmam melhores correlações de fósforo disponível e fósforo absorvido para resina. Por outro lado, no experimento de Oliveira et al. (2014) o Mehlich-1 quantificou mais fosfato que a resina, divergindo do trabalho de citados anteriormente.

No ensaio de Bonfim et al. (2003; 2004), os extratores que melhor correlacionaram-se com o fósforo absorvido e acumulado pelas plantas foram o Mehlich-1 e Mehlich-3. Entretanto, no ensaio de Bertoni et al. (2003) estudando Mehlich-1 e resina para arroz em solos de várzea inundados, ambos os extratores podem ser utilizados para prever a disponibilidade de fósforo. No entanto selecionou-se o Mehlich-1 devido sua facilidade de execução e baixo custo operacional.

Farias et al. (2008) estudando a eficiência dos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e resina na quantificação do fósforo disponível para cultivo de milho, conclui que qualquer um dos extratores mostrou-se eficiente para avaliação da disponibilidade de fósforo, uma vez, que o fósforo extraído apresentou boa correlação com o fósforo acumulado na planta. Resultado também encontrado por Corrêa et al. (2008), avaliando a disponibilidade de fósforo para estabelecimento de milho. Entretanto, Calheiros et al. (2012) estudando a eficiência dos extratores Mehlich-1, Mehlich-3, Bray-1 e Olsen na predição da disponibilidade de fósforo para milho, constataram que o extrator Mehlich-1 foi que mais extraiu fosfato do solo, no entanto Mehlich-3 foi que melhor se correlacionou com o conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas de milho. No ensaio de Simonete et al. (2015) constataram que o Mehlich-1 e Mehlich-3 apresentaram taxa de recuperação intermediária de fósforo, porém, maior que a recuperação da resina.

A partir dos estudos apontados nos parágrafos anteriores deste item, observa-se a evidência de resultados contraditórios para os extratores na estimativa do fósforo disponível. No entanto, o Mehlich-1 é o mais utilizado nas regiões do Brasil (RAIJ, 1991; SILVA, 1997; NOVAIS et al., 2007), e sabe-se que a maioria dos solos destinados às pastagens no Brasil apresentam baixos teores de fósforo e elevada capacidade de adsorção, o que realça a necessidade de definição correta e otimizada economicamente das técnicas de fertilização (MARTUSCELLO et al., 2009), ao passo que estudos de seleção de extratores estão incluído neste cenário.

### 3.4 Nível crítico de fósforo no solo

Conforme Alvarez (1996), nos trabalhos de calibração de métodos de análise de solos, define-se o nível crítico como concentração do nutriente no solo que corresponde à disponibilidade necessária para atingir a produção de máxima eficiência econômica. E que o conhecimento deste nos permite fazer recomendação, pois os níveis críticos variam com a espécie de planta, o tipo de solo, a sucessão de corte, o período de incubação e a forma de aplicação do fertilizante, calagem, entre outros (FONSECA et al., 1988; ALVAREZ et al., 1988; MARTUSCELLO et al., 2009).

Salinas e Gualdrón (1982) encontraram nível crítico no solo de 5 mg dm<sup>-3</sup> de fósforo relacionado a 80% do rendimento máximo em *B. humidicola*. Resultados diferentes foram constatado por Gheri et al. (2000), em que estimaram nível crítico no solo de 38 mg dm<sup>-3</sup> determinado com 80% da produção máxima de matéria seca para *Panicum maximum* cv. Tanzânia, usando a resina.

Mesquita et al. (2003), estudando doses de fosfato em Latossolo Vermelho distrófico a fim de recomendar dose e espécie mais apropriada, constatou teores críticos de fósforo no solo de 7,5, 6,0, 6,0 e 5,5 mg dm<sup>-3</sup> para *Panicum maximum* cv. Mombaça, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Andropogon gayanus* cv. Plantina, respectivamente. Esse autor descreve que os teores críticos de fósforo nos solos, de maneira geral, diferiram dos encontrados nos estudos para *B. brizantha* (GUSS et al., 1990; CORRÊA; HAAG, 1993), *P. maximum* (HOFFMANN et al., 1995; CORRÊA; HAAG, 1993) e *A. gayanus* (FONSECA, 1987).

Santos et al. (2002) estabeleceram nível crítico de fósforo no solo para *B. decumbens* cv. Basilisk e *P. maximum* cv. Mombaça cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, constatando que os níveis críticos de fósforo diminuem exponencialmente com a idade das plantas de 95,1 e 75,6 mg dm<sup>-3</sup> aos 14 dias, para 38,1 e 28,4 mg dm<sup>-3</sup>, aos 70 dias, com relação a *B. decumbens* e *P. maximum*, respectivamente. A queda exponencial do nível crítico de fósforo no solo evidenciou aumento gradativo da eficiência nutricional das plantas com a idade, envolvendo ganhos na eficiência de aquisição, translocação, utilização, e, conseqüentemente menor requerimento no solo desse nutriente.

Com intuito de estimar níveis críticos para diferentes solos da Zona da Mata de Pernambuco cultivados com *B. brizantha*, pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e Bray-1, Bonfim et al. (2003) constataram variação dos valores dos níveis críticos entre os extratores estudados. Sendo menores níveis críticos para solos com maior teor de argila, devido ao

elevado fator capacidade de fósforo. Nesta situação a planta otimiza a menor concentração do fósforo em solução que lhe é disponível, produzindo mais biomassa por unidade de fósforo absorvido.

Em ensaio de Mesquita et al. (2004), estudando níveis críticos no solo pelo extrator Mehlich-1, para estabelecimento de capim-Mombaça, capim-Marandu e capim-Andropogon, verificou níveis críticos de fósforo de 81,79 e 90 mg dm<sup>-3</sup> para Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), 26, 29 e 23 mg dm<sup>-3</sup> no Latossolo Vermelho distrófico (LVd), e 53, 83 e 79 mg dm<sup>-3</sup> no Neossolo Quartzarênico (RQ), respectivamente. Foi constatado menor nível crítico de fósforo para LVd, pois este possuía maiores teores de argila e, portanto, maior capacidade tampão do solo.

Bonfim et al. (2004), realizaram estudo com objetivo de correlacionar níveis críticos de fósforo no solo e na planta com as características do solo, encontrando variação dos níveis críticos de acordo com extratores (Mehlich-1, Mehlich-3 e Bray-1). E diminuição dos níveis críticos de fósforo do primeiro para o segundo corte. Esses resultados foram observados por Novais et al. (1982) e Neves (1983), em estudos com eucalipto.

Richart (2008), avaliou efeito de extratores, fontes e doses de fósforo no estabelecimento de *B. Brizantha* cv. Marandu em Latossolo Vermelho Eutroférico e Nitossolo Vermelho Eutroférico, constatando níveis críticos variando de 210 a 4.780 e 160 a 3.490 mg kg<sup>-1</sup> respectivamente. De acordo com autor, esses resultados estão dentro da faixa de teores observados em muitos trabalhos encontrados na literatura específica (CORRÊA; HAAG 1993; MARSCHNER 1995; ROSSI; MONTEIRO 1999).

Martuscello et al. (2009), estimaram níveis críticos de fósforo no solo para estabelecimento do capim-elefante, constatando maiores níveis críticos quando aplicado localizadamente. Isso pode ser atribuído ao fato que no maior espaçamento as plantas receberam o dobro da quantidade de fósforo por sulco em comparação ao menor espaçamento, refletido sobre os valores de níveis críticos.

Os níveis críticos de fósforo para capim-Mombaça, Tanzânia-1 e *U. spp* cv. Mulato foram 51, 41 e 44 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente (MESQUITA et al., 2010). Diferenças encontradas entre níveis críticos podem ser atribuídas a fatores como: idade da planta, adubação com outros nutrientes, época de cultivo e amostragem do solo, bem como teor de argila do solo.

### 3.5 Nível crítico de fósforo na planta

A *B. humidicola* destaca-se por uma alta eficiência em absorver e utilizar o fósforo, sendo seu nível crítico na parte aérea de 2,6 g kg<sup>-1</sup> (MARTINEZ; HAAG, 1980). Isso lhe dá a capacidade de adaptar-se muito bem a solos pobres em fósforo, e também está estritamente relacionada com sua capacidade de absorção e utilização deste elemento (MARTINEZ; HAAG, 1980).

No trabalho de Santos et al. (2002), os níveis críticos de fósforo na parte aérea decresceram exponencialmente de 0,57 e 0,60 dag kg<sup>-1</sup> aos 14 dias para 0,08 e 0,07 dag kg<sup>-1</sup> aos 70 dias, para *B. decumbens* e *P. maximum*, respectivamente. Segundo os autores, à medida que aumenta a idade das plantas aumenta sua eficiência nutricional. Por outro lado, Costa et al. (2005) encontrou restados próximos dos encontrados por Santos et al. (2002).

Buscando estimar os níveis críticos de fósforo na planta, Bonfim et al. (2004) correlacionaram os níveis críticos de fósforo na planta com as características do solo, constatando que solos com maior fator capacidade fósforo, os níveis críticos foram menores, entretanto em solos com menor fator capacidade fósforo, os níveis críticos foram maiores. Resposta semelhante obteve-se nos ensaios de Muniz et al. (1985) e Corrêa et al. (2008).

No estudo de Moreira et al. (2006), os níveis críticos na parte aérea do capim-elefante cv. Napier apresentaram variações em função da forma de aplicação e do espaçamento entre as linhas de plantio, mais em média (0,13 dag kg<sup>-1</sup>), de acordo com os autores esses resultados foram inferiores aos obtidos nos trabalhos de Mesa et al. (1988) e Martinez e Hagg (1980).

Carreiro et al. (2008) estudando interação fósforo e zinco, na cultura do milho em função de fontes, doses e modos de aplicação de fósforo, constatou que os teores de fósforo nas folhas foram maiores com o uso do superfosfato triplo em relação ao fosfato reativo Arad e a aplicação das fontes no sulco de plantio proporcionaram maior concentração de fósforo (2,6 g kg<sup>-1</sup>), em comparação com a aplicação a lanço (2,4 g kg<sup>-1</sup>).

Em experimento com fontes e doses de fósforo para estabelecimento de capim-Marandu em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd) e Argissolo Amarelo distrófico (PAd), Richart (2008) encontrou teores médios críticos variando de 0,8 a 15,7 e 0,2 a 22,2 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Resultados deste estudo foram encontrados nos ensaios de Corrêa e Haag (1993), Marschner (1995) e Rossi e Monteiro (1999).

Estudando formas de espaçamento para estabelecimento de capim-elefante, Martuscello et al. (2009), contataram que os níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea

no espaçamento de 1,0 m foram maiores que espaçamento de 0,5 m. Segundo os autores este resultado foi devido ao espaçamento de 0,5 m receber doses inferiores em relação ao espaçamento 1,0 m. Dessa forma, a comparação entre os níveis críticos obtidos para espaçamentos utilizados podem tornar comprometida, uma vez, que a disponibilidade proporcionada às plantas não foi a mesma entre os espaçamentos.

Broggi et al. (2014) constataram decréscimo nos níveis críticos na planta com tempo de incubação para Vertissolo Ebânico órtico (VEo) e acréscimo para Nitossolo Vermelho distroférico (NVdf). Segundo o autor no NVdf, os níveis críticos passaram a apresentar tendência ascendente pelas elevadas e crescentes doses estimadas para 90% da produção máxima. Todavia, no VEo, os níveis críticos foram decrescentes com o tempo de incubação dos solos, condizente com as decrescentes doses estimadas para 90% da produção máxima de matéria seca. Neste solo a velocidade de adsorção é pequena e, conseqüentemente, a exaustão dos sítios de adsorção (se houverem) é lenta.

### **3.6 Recomendação de adubação fosfatada para forrageiras**

Nos solos de regiões tropicais e subtropicais, é comum a existência de teores baixos e muito baixos de fósforo disponível, fazendo com que esse elemento seja objeto de frequentes estudos. O que ressalta a consideração da necessidade da aplicação de fertilizantes fosfatados (RUIZ et al., 1988; CORRÊA e HAAG, 1993a; FONSECA et al., 1997b; REIS et al., 2013). Neste contexto aumentar a disponibilidade para plantas faz-se necessário, pois, condições de fósforo no solo inadequada para a formação de pastagem, o resultado é a ocorrência de plantas de menor porte, com menor número de perfilhos e sistema radicular menos desenvolvido (GUSS et al., 1990; MOREIRA et al., 2002; RODRIGUES, 2010; REIS et al., 2013). E, conforme relatam Novais e Smyth, (1999), o aumento da disponibilidade de fósforo pode ser obtido pelo manejo da adubação fosfatada, bem como a escolha do fertilizante adequado para cada tipo de solo.

Estudando doses de fósforo no estabelecimento de pastagem em Latossolos, Fonseca (1987), concluiu que aumentos nas doses de fósforo promoveram aumentos significativos na produção de matéria seca das forrageiras. Conforme o mesmo autor a adubação é fator responsável por uma elevação mais precoce dos meristemas apicais das gramíneas. Resultados semelhante foram obtidos nos trabalhos de Fonseca et al. (1997a e 1997b), Santos (2004), Richart (2008) e Zanini et al. (2009). E, conforme Mesquita et al. (2002), que em

baixas concentrações de fósforo no solo as forrageiras perfilham pouco e a produção de matéria seca é limitada.

No estudo de Rodrigues (2010), com doses de calcário e doses de fosfato em cultivo do capim-Marandu, observou-se que as maiores doses promoveram maiores números de perfilhos quando associadas à calagem, e também maiores produções de massa verde e massa seca. Belarmino (2003), também constatou que as doses mais elevadas de sulfato de amônia, juntamente com as maiores doses de superfosfato simples, promoveram aumentos na altura de perfilhos e rendimento de matéria seca do capim-tanzânia. Conforme Malavolta et al. (1974), o sulfato de amônio é o fertilizante que mais influencia as gramíneas forrageiras, pois o nitrogênio é um elemento que proporciona aumento imediato no rendimento de matéria seca. Belarmino (2003), cita Pedreira (1995), em que constatou que a interação do nitrogênio e do fósforo na produção das forrageiras está relacionada com a formação de raízes e o aumento do perfilhamento, proporcionados pelo fósforo, e o incremento da produção de biomassa da parte aérea proporcionado pelo nitrogênio.

Lopes et al. (2010), avaliaram dois corretivos de acidez do solo e doses crescentes de fosfato sobre o crescimento de *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão, constatando que a adubação fosfatada associada à silicatagem, aumenta a eficiência de utilização dos nutrientes fósforo, nitrogênio, cálcio, magnésio e zinco.

As recomendações de adubação fosfatada devem ser baseadas em estudos de correlação e calibração quando são definidos os níveis críticos e a declividade de fósforo recuperado em função do aplicado (ALVAREZ V. 1996). Segundo Leite et al. (2009), é necessário um criterioso estudo de calibração, uma vez, que só os estudos de correlação não são suficientes para que seja utilizado no diagnóstico e correção da fertilidade do solo. A construção deste modelo de diagnóstico e recomendação de fertilizantes é completada com a calibração do modelo de análise (CANTARUTTI et al., 2007).

Segundo Malavolta (2006), calibrar resultados da análise de solo quer dizer estabelecer doses de adubos de acordo com os teores do elemento no solo. A informação é obtida conduzindo-se ensaios de campo com as diversas culturas usando-se doses dos diferentes elementos. A calibração tem por objetivos definir níveis críticos, classes de fertilidades ou de disponibilidade do nutriente e as doses dos nutrientes para serem aplicadas, quando necessárias. Com a calibração busca-se o relacionamento matemático do teor do nutriente extraído pelo método e a resposta da planta à adição do nutriente (CANTARRUTTI et al., 2007).

Cantarutti et al. (2007), descrevem que a dose a ser recomendada do nutriente pode ser definida com base em uma análise econômica. Para isso, estabelece-se a função matemática que relaciona o incremento de produção obtido da adubação com as doses dos nutrientes, sendo, com frequência, expressa pela regressão quadrática. Assim fazendo a recomendação mais apropriada de acordo como sugere o modelo matemático.

### **3.7 Características morfogênicas e estruturais sob adubação fosfatada**

A morfogênese, conforme Lemaire e Chapman (1996), pode ser descrita por três características básicas: taxa de aparecimento de folhas, taxa de alongamento de folhas e duração de vida da folha. O entendimento de características morfogenéticas permite visualização da curva de produção, acúmulo de forragem e uma estimativa da qualidade do pasto. A combinação destas variáveis morfogênicas básicas determina as principais características estruturais das pastagens: tamanho da folha, densidade populacional de perfilhos e número de folhas vivas por perfilho.

Em estudo Patês et al. (2007) constatam que a adubação nitrogenada contribui positivamente para o aumento e desenvolvimento das taxas de aparecimento e alongamento foliares e da taxa de alongamento do colmo, como também para o número de perfilhos, número total de folhas e comprimento final da folha do capim-Tanzânia, principalmente quando combinada com a adubação fosfatada. Contudo a adubação fosfatada, isoladamente, não afeta a morfogênese do capim-tanzânia, resultado corroborado por Santos (2004), onde constatou que a adubação fosfatada não afeta o número de folhas totais, vivas e mortas, o comprimento das folhas, a duração do alongamento, as taxas de alongamento e aparecimento foliar e o filocrono das gramíneas estudadas. Todavia, Lopes et al. (2016), conclui que as fontes de fósforo (superfosfato triplo, termofosfato magnesiano, fosfato reativo de Sechura, e fosfato natural de Araxá) influenciaram as taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de aparecimento de folha (TApF) e taxa de alongamento de colmo (TAIC) dos cvs. Marandu e Xaraés em Gleissolo Háptico, sendo os fosfatos naturais uma alternativa viável como fonte de fósforo para o crescimento dos cultivares testados. Resultados corroborados no estudo de Melo et al. (2016).

De acordo com Garcez Neto et al. (2002), o perfilhamento em gramíneas constitui característica estrutural fortemente influenciada por ampla combinação de fatores nutricionais, ambientais e de manejo, que definem as características morfogênicas. Podemos destacar os trabalhos de Corrêa e Haag (1993); Fonseca et al. (2000); Mesquita et al. (2003);

Santos (2004); Mesquita et al. (2010); Oliveira et al. (2012), que demonstram a importância da adubação fosfatada sobre o aumento no número de perfilhos.

A deficiência de fósforo causa baixa produção de matéria seca em decorrência do reduzido perfilhamento e emissão de folhas. As touceiras se apresentam com poucos perfilhos e poucas folhas, favorecendo o aparecimento de invasoras menos exigentes devido aos espaços livres entre plantas (ISEPON, 1987 citado por SANTOS, 2004). No sistema solo-planta-animal a deficiência de fósforo induz uma redução do sistema radicular, de folhas e do perfilhamento de gramíneas; no animal, ocorre uma redução no consumo de alimentos (SCHUNKE, 1994).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Localização da coleta dos solos e do experimento

Os solos amostrados foram classificados como Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háptico (GX). Coletou-se na camada superficial de 0 a 20 cm de profundidade, em ambos. O LA situa-se na AM-254, km 63 e do GX Br-319, Km 75. Situam-se nas coordenadas geográficas S 3° 31' 37,4" e W 59° 46' 28,05" e S 03°45'3.44" W 60° 17' 39.91", respectivamente. O LA encontrava-se coberto por capoeira rasa e o GX sob vegetação de pasto. A coleta das amostras foi realizada em setembro de 2014. O LA situava-se em área de terra firme e o GX em área de várzea.

### 4.2 Preparo e caracterização das amostras

As amostras para compor as unidades experimentais foram homogeneizadas, destorroadas, secas ao ar, passadas em peneira de 4 mm de abertura. As análises dos solos foram realizadas segundo metodologia proposta pela Embrapa (1999), no Laboratório de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA)/UFAM e estão expressas na tabela 1.

**Tabela 1** – Resultado da análise química e textural do Latossolo Amarelo (LA) e do Gleissolo Háptico (GX).

Variáveis	Unidade	Solos	
		LA	GX
pH (H <sub>2</sub> O)		3,90	3,80
Fósforo disponível (P)	mg dm <sup>-3</sup>	2,00	2,00
P- remanescente (P-rem.)	mg L <sup>-1</sup>	7,10	6,77
Potássio disponível (K)	mg dm <sup>-3</sup>	20,00	30,00
Cálcio trocável (Ca <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,56	1,22
Magnésio trocável (Mg <sup>2+</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,28	0,70
Acidez trocável (Al <sup>3+</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,50	10,50
Acidez Potencial (H+Al)	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	9,30	13,70
Soma de Bases (SB)	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,89	2,00
CTC efetiva (t)	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,39	12,50
CTC pH 7 (T)	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	10,79	15,70
Saturação por Bases (V)	%	8,26	12,72
Saturação por Al <sup>3+</sup> (m)	%	79,70	84,00
Areia	g kg <sup>-1</sup>	108,70	85,70
Silte	g kg <sup>-1</sup>	149,40	372,30
Argila	g kg <sup>-1</sup>	742,00	542,00
Classe textura(*)		Muito argilosa	Argilosa
MO	g kg <sup>-1</sup>	13,50	25,50

(\*) Embrapa (2006); extrator Mehlich-1

O fracionamento das formas de fósforo no solo seguiu a metodologia modificada proposta por Chang e Jackson (1957), e os resultados estão expressos na tabela 2.

**Tabela 2** – Fracionamento de formas de fósforo total ligadas ao alumínio (P-Al), Ferro (P-Fe) e Cálcio (P-Ca).

Solo	Extrator (mg kg <sup>-1</sup> )					
	P-Lábil	P-Al	P-Fe	P-Ca	P-Residual	P-Total
	NH <sub>4</sub> Cl	NH <sub>4</sub> F	NaOH	H <sub>2</sub> SOH	Fusão Alcalina	Soma
<b>Latossolo Amarelo</b>	0,00 <sup>(*)</sup>	61,89	50,92	49,31	363,71	525,81
<b>Gleissolo Háptico</b>	0,00 <sup>(*)</sup>	65,48	233,15	43,68	486,21	828,52

<sup>(\*)</sup> não detectado pelo método de análise.

### 4.3 Delineamento experimental e tratamentos

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados com cinco repetições. Os tratamentos constituíram de 7 (sete) doses P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Estas foram equivalentes a 0, 30, 60, 120, 150, 180 e 210 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> perfazendo um total de 35 unidades experimentais para cada solo. Os tratamentos foram aplicados na forma de solução e como fonte de fosfato, usou-se o ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) PA. As unidades experimentais tinham a capacidade de 3 (três) dm<sup>3</sup> de solo por vaso plástico.

As doses de fosfato foram estipuladas com base no fósforo-remanescente e o teor de argila, adotando o alto nível tecnológico de acordo com a Alvarez V. (1999).

Antes da aplicação dos tratamentos procedeu-se à correção da acidez do solo tendo como meta elevar a saturação por base à 45% (CFSEMG, 1999). As parcelas experimentais receberam doses equivalentes a 3,96 t ha<sup>-1</sup> para o LA e 5,1 t ha<sup>-1</sup> para o GX. O corretivo apresentava PRNT de 91%. O calcário foi incubado por um período de 60 dias, para solubilização e reação deste com os solos.

### 4.4 Condução e coleta dos experimentos

O experimento foi conduzido em ambiente protegido situado no Setor Sul da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizado na Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) durante o período de fevereiro a outubro de 2015.

A adubação básica dos demais nutrientes foram realizadas de acordo com Costa et al. (2008), utilizando-se reagentes PA como fontes, aplicados na forma de solução. As doses de macro e micronutrientes foram de: 100 mg de N; 100 mg de K; 40 mg de S; 5 mg de Zn; 1,5 mg de Cu; 3,6 mg de Mn; 0,8 mg de B; 0,15 mg de Mo por dm<sup>3</sup>.

A adubação nitrogenada e potássica foi parcelada em três vezes, primeira no momento do semeadura, a segunda sofreu adaptação e passou a ser no corte de uniformização dos perfilhos e a última no primeiro corte de avaliação dos perfilhos aos 30 dias com altura de corte 10 cm acima do solo (COSTA et al., 2005).

Foi semeado sementes puras e viáveis de *Brachiaria humidicola* diretamente nos vasos. Após a germinação foram efetuados desbastes periódicos para a obtenção de 3 (três) perfilhos por vaso. Os vasos foram regados diariamente mantendo-se a capacidade de campo em 80% (CORRÊA et al. 2008).

Aos trinta dias após a emergência das plântulas foi realizado uma uniformização da parte aérea das plântulas. O primeiro corte ( $C_1$ ) foi realizado aos 45 dias e o segundo ( $C_2$ ) aos 90 dias após a uniformização. Todos os cortes inclusive a uniformização foram realizados a 10 cm acima da superfície conforme Costa et al. (2005). Toda a parte aérea coletada no  $C_1$  e no  $C_2$  foi separadas em seus componentes: colmo + bainha e laminas foliares, as quais foram secas a 55 °C e em seguida pesadas separadamente. Posteriormente o peso dos componentes foi somado e este constituiu a matéria seca da parte aérea.

## **4.5 Variáveis analisadas**

### **4.5.1 Análise de fósforo recuperado por extratores**

Antes da semeadura, 60 dias após a correção do solo e 30 dias depois da aplicação dos tratamentos foram coletadas amostras de 100 g de solo das parcelas experimentais. Destas realizou-se a extração de fósforo recuperado pelos extratores: Mehlich-1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ), Mehlich-3 ( $\text{NH}_4\text{F } 0,015 \text{ mol L}^{-1} + \text{CH}_3\text{COOH } 0,2 \text{ mol L}^{-1} + \text{NH}_4\text{NO}_3 \text{ } 0,25 \text{ mol L}^{-1} + \text{HNO}_3 \text{ } 0,013 \text{ mol L}^{-1} + \text{EDTA } 0,001 \text{ mol L}^{-1}$ ) e resina de troca aniônica (resina). A quantificação do fósforo disponível segundo a Embrapa, (1999).

### **4.5.2 Análise de fósforo na planta**

A matéria seca dos diversos componentes da parte aérea foi submetidas à digestão nítrico-perclórica para a determinação do teor de fósforo (MALAVOLTA, 1997). A partir dos teores foi estimado o conteúdo de fósforo.

### **4.5.3 Determinação da Máxima eficiência física (MEF), Máxima eficiência econômica, Nível crítico no solo e na planta e classes de fertilidade do solo**

Estimou-se a dose de fosfato para atingir a máxima eficiência física (MEF), a máxima eficiência econômica (MEE) considerando-se esta como (90% da MEF) e estimou-se a dose de fosfato para atingir a máxima eficiência econômica. Com esta última foi possível

estabelecer o nível crítico de fósforo no solo e na planta a partir dos modelos ajustados entre o fosfato aplicado como variável independente, fósforo recuperado pelos extratores e conteúdo de fósforo na parte aérea como variável dependente, além do estabelecimento das classes de fertilidade do solo segundo Alvarez V. (1996).

A avaliação dos extratores foi realizada através do coeficiente de correlação, empregando-se o conteúdo de fósforo acumulado correlacionando-os com o fósforo extraído pelos diferentes extratores (CORRÊA et al., 1993; HOLANDA et al., 1995).

#### **4.5.4 Avaliação das características morfogênicas e estruturais**

Em cada parcela experimental foram marcados dois perfilhos. As marcações iniciaram-se uma semana após a uniformização das plântulas. Aos 45 dias após a uniformização houve o corte 1 ( $C_1$ ) uma nova marcação, sendo os novos perfilhos avaliados até quando ocorreu o corte 2 ( $C_2$ ). As avaliações foram realizadas duas vezes por semana por um período de 45 dias em ambos os cortes. As marcações e as avaliações seguiram a metodologia proposta por Bircham e Hodgson (1983). Nas avaliações foram quantificadas e estimadas: taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC), taxa de senescência (TxS), taxa de aparecimento foliar (TApF), filocrono, duração de vida das folhas (DVF), número de folhas vivas (NFV), comprimento final da folia (CFF), número de perfilhos por vaso (NPV), relação folha:colmo (F/C).

#### **4.6 Análise estatística**

As análises de variância e regressão foram realizadas utilizando o programa STATISTICA Application 13, adotando-se a probabilidade de aceitação ao nível de 5 e 1%.

A comparação entre os cortes 1 ( $C_1$ ) e corte 2 ( $C_2$ ), extratores e características morfogênicas e estruturais foram com base nos coeficientes linear da equação ajustada entre a variável dependente como função das doses de fosfato aplicadas.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1.1 Produção dos componentes da forragem e matéria seca da parte aérea**

Observou-se efeito significativo da adubação fosfatada em todos os componentes da forrageira, refletindo positivamente na matéria seca da parte aérea (MSPA) em ambos os cortes e na soma destes, para os solos estudados (Tabela 1A).

Os coeficientes lineares dos modelos ajustados para a matéria seca do colmo+bainha e matéria seca total foram maiores no corte 1 ( $C_1$ ) em relação ao corte 2 ( $C_2$ ) em ambos os solos. O que também refletiu na produtividade máxima (Tabela 2). Entretanto, a lamina foliar apresentou comportamento diferente, apresentando-se menor no  $C_1$  para LA (Tabela 2). Estes resultados de matéria seca total refletem maior potencial de produção no início da fase de crescimento da planta, o qual pode ser constatado com a menor dose de fosfato para a produtividade no  $C_1$  (Tabela 2) em ambos os solos.

Segundo Guss et al. (1990), Malavolta (2006), Rodrigues (2010) e Reis et al. (2013) o fósforo tem influência no crescimento do sistema radicular e no perfilhamento. Assim, baixo nível de fósforo causa pouca produção de matéria seca em decorrência do reduzido perfilhamento e emissão de folhas. Cantarutti et al. (1999) afirma que a maior demanda de fósforo pela forrageiras é nos 30 a 40 dias da fase de estabelecimento.

**Tabela 3** – Equações de regressão para matéria seca da parte aérea: colmo (C) + bainha (B) e laminas foliares (LF) e total (MSPA) (g vaso<sup>-1</sup>), no corte 1 (C<sub>1</sub>), corte 2 (C<sub>2</sub>) e C<sub>1</sub> + C<sub>2</sub>, como variável dependente das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas em Latossolo Amarelo (LA) e um Gleissolo Háplico (GX).

Solo	Componente	Equação	R <sup>2</sup>	MEF	MEE	Produtividade máxima	90% da produtividade máxima
LA		C <sub>1</sub>					
	C + B	$\hat{Y} = 0,6905 + 0,0364^{***}P - 0,0001^{**}P^2$	0,98				
	LF	$\hat{Y} = 1,6726 + 0,0034^{***}P$	0,53				
	MSPA	$\hat{Y} = 2,3762 + 0,0577^{***}P - 0,0002^{**}P^2$	0,98	144	87	6,54	5,89
		C <sub>2</sub>					
	C + B	$\hat{Y} = 0,3799 + 0,0147^{***}P - 0,00005^{*}P^2$	0,87				
	LF	$\hat{Y} = 1,0565 + 0,0063^{***}P$	0,87				
	MSPA	$\hat{Y} = 1,6356 + 0,0290^{***}P - 0,00007^{*}P^2$	0,99	207	126	4,64	4,18
		C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>					
C + B	$\hat{Y} = 1,0704 + 0,0512^{***}P - 0,0002^{**}P^2$	0,97					
LF	$\hat{Y} = 2,7291 + 0,0096^{***}P$	0,87					
MSPA	$\hat{Y} = 4,0118 + 0,0867^{***}P - 0,0003^{**}P^2$	0,99	145	86	10,28	9,25	
GX		C <sub>1</sub>					
	C + B	$\hat{Y} = 0,4705 + 0,05398^{***}P - 0,0002^{**}P^2$	0,97				
	LF	$\hat{Y} = 0,5213 + 0,032^{***}P - 0,00095^{***}P^2$	0,97				
	MSPA	$\hat{Y} = 1,1032 + 0,08810^{***}P - 0,00026^{***}P^2$	0,97	171	113	8,63	7,77
		C <sub>2</sub>					
	C + B	$\hat{Y} = 0,0716 + 0,0137^{***}P$	0,93				
	LF	$\hat{Y} = 0,4464 + 0,0235^{***}P - 0,00005^{***}P^2$	0,98				
	MSPA	$\hat{Y} = 0,8180 + 0,0275^{***}P$	0,98	210	186	6,59	5,93
		C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>					
C + B	$\hat{Y} = 0,7323 + 0,0604^{***}P - 0,0001^{**}P^2$	0,97					
LF	$\hat{Y} = 1,700 + 0,115^{***}P - 0,0003^{***}P^2$	0,98					
MSPA	$\hat{Y} = 1,8219 + 0,1194^{***}P - 0,0003^{***}P^2$	0,98	200	131	13,7	12,33	

\*\* e \* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Máxima eficiência física (MEF), máxima eficiência econômica (MEE).

No sistema solo-planta a deficiência de fósforo induz uma redução do sistema radicular, de folhas e do perfilhamento em gramíneas (SCHUNKE, 1994). E com aumento da idade das plantas há aumento gradativo da eficiência nutricional, envolvendo ganhos na eficiência de aquisição, translocação, utilização, e, conseqüentemente menor requerimento de fósforo do solo (SANTOS et al., 2002). Incrementos na produção de matéria seca da parte aérea, também, foram reportados por Forni et al. (2000), Gheri et al. (2000), Mesquita et al. (2004), Melo et al. (2007), Richart (2008), Mesquita et al. (2010), Oliveira et al. (2012) e Rezende (2013).

### 5.1.2 Fósforo recuperado pelo extrator Mehlich-1, Mehlich-3 e resina trocadora de ânions

O teor de fósforo disponível recuperado por diferentes extratores foi influenciado pelas doses de fosfato aplicadas (Tabela 2A), entretanto, a magnitude das respostas variou (Tabela 4). Com base nos coeficientes das equações de regressão, observa-se que a

recuperação de fósforo aplicado foi maior pelo extrator Mehlich-3 em ambos os solos (Tabela 4). A maior recuperação por Mehlich-3 pode ser atribuída a ação do íon fluoreto e pH ácido, do extrator, na qual o fluoreto atua mais eficiente na formação de um complexo com íons alumínio, liberando, assim, mais fosfato ligado ao metal (RAIJ, 1991; EMBRAPA, 1999; FARIAS et al., 2008; BONFIM et al., 2004). Resultados deste estudo foram corroborados nos ensaios Brasil e Muraoka (1997), Bonfim et al. (2004) e Farias et al. (2008). Nos solos estudados predominam as frações ligadas ao alumínio e ferro (Tabela 2). Resultados semelhantes no fracionamento do fosfato foram obtidos por Tucci (1991) para Latossolos e Gleissolos do Amazonas.

**Tabela 4** – Equação de regressão para teores de fósforo no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), recuperados pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e resina como variável dependente das doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  aplicadas no solo.

Solo	Extrator	Equação de regressão	R <sup>2</sup>
LA	Mehlich-1	$\hat{Y} = 1,5467 + 0,0272^{**}\text{P}$	0,98
	Mehlich-3	$\hat{Y} = 1,9240 + 0,0976^{**}\text{P}$	0,99
	Resina	$\hat{Y} = 1,6706 + 0,0452^{**}\text{P}$	0,98
GX	Mehlich-1	$\hat{Y} = 0,5121 + 0,0419^{**}\text{P}$	0,98
	Mehlich-3	$\hat{Y} = 0,2538 + 0,0548^{**}\text{P}$	0,99
	Resina	$\hat{Y} = 0,7106 + 0,0333^{**}\text{P}$	0,97

\*\* e \* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Entretanto observa-se que a quantidade recuperada por Mehlich-1 foi menor que a resina no LA e maior no GX (Tabela 4). A menor extração por Mehlich-1, possivelmente, está relacionada com o alto teor de argila nos solos (Tabela 1). Segundo, relatam Novais et al. (2007), os valores subestimados do fósforo disponível têm sido verificados, com frequência, em solos argilosos, de modo especial naqueles com pH mais elevado, em razão do poder de extração ser desgastado pelo próprio solo. Nesses solos mais argilosos, com acidez mais tamponada, o pH inicial de 1,2 do Mehlich-1 é rapidamente elevado para valores próximos ao do solo. Igualmente, o sulfato do extrator, que atua por troca com o fosfato é adsorvido, é também adsorvido pelo solo em sítios não ocupados pelo fósforo, perdendo poder de extração (NOVAIS e SMITY, 1999; NOVAIS et al., 2007). Simões Neto (2008), ainda descreve que o Mehlich-1 fraciona a extração em função do tamponamento do solo, ou seja, extrai o fósforo lábil em solos de baixo poder tampão de fosfato e apenas uma fração do fósforo lábil em solos mais tamponados.

Em relação a resina, esta extrai apenas o fósforo lábil (Q) via fósforo solução (I), não sendo sensível a nenhuma forma de fósforo no solo que não esteja em equilíbrio com I, como as formas não lábeis. Como ela extrai todo o I para, teoricamente extrair, concomitantemente, todo o Q, considera-se que a resina extrair idealmente  $Q + I$ . Assim a resina tem uma função

semelhante à da raiz de uma planta, que ao absorver o fósforo da solução, vai gradualmente, consumindo o fósforo lábil até uma possível exaustão de ambos (NOVAIS e SMYTH, 1999). No estudo de Corrêa e Haag (1993c), constataram-se que a resina apresentou maior capacidade de extração do fósforo aplicado em relação ao Mehlich-1. Resultado reafirmado no experimento de Simões Neto (2008) e Gonçalves e Meurer (2008).

### 5.1.3 Seleção de extrator

O fósforo recuperado por todos os extratores apresentaram correlação positiva e significativa com fósforo acumulado na parte aérea, bem como para o teor de fósforo na planta e matéria seca na parte aérea (Tabela 5). No entanto o método da resina apresentou os maiores coeficientes de correlação, seguido do Mehlich-3 e Mehlich-1, respectivamente, para ambos os solos (Tabela 5). Assim, a resina mostra-se mais eficiente para avaliar a disponibilidade de fósforo no solo estudados. Porém, nota-se que o Mehlich-3 e Mehlich-1 apresentaram alta correlação com o conteúdo de fósforo, sendo também considerados eficientes para avaliar a disponibilidade de fósforo no solo para o LA e GX.

**Tabela 5** – Matriz de correlação linear (r) entre os teores de fósforo no solo extraídos pelos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e resina com os teores de P na planta, matéria seca na parte aérea (MSPA) e conteúdo de P para Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háplico (GX).

Solo	Variáveis	Mehlich-1	Mehlich-3	Resina	Teor P (g kg <sup>-1</sup> )	MSPA
LA	Mehlich-3	0,93**				
GX		0,81**				
LA	Resina	0,95**	0,97**			
GX		0,74**	0,80**			
LA	Teor P (g kg <sup>-1</sup> )	0,88**	0,92**	0,93**		
GX		0,84**	0,86**	0,90**		
LA	Matéria seca parte aérea	0,75**	0,73**	0,77**	0,82**	
GX		0,79**	0,82**	0,85**	0,92**	
LA	Conteúdo de P (mg vaso <sup>-1</sup> )	0,86**	0,89**	0,91**	0,98**	0,87**
GX		0,85**	0,88**	0,89**	0,97**	0,92**

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Conforme, Simões Neto (2008), a resina atua de forma diferenciada na extração de fosfato, por não se limitar ao poder tampão de fósforo do solo, avaliado por diferentes características químicas e físicas, teoricamente, extrai o fósforo lábil. E, como relatado anteriormente, o método da resina se comporta bem por extrair formas lábeis de fósforo em processo similar ao das raízes das plantas, expressando o equilíbrio entre fósforo lábil e fósforo solução (RAIJ, 1991 e SILVA e RAIJ, 1999).

Resposta semelhante a encontrada neste estudo foi obtida no ensaio de Silva et al. (1999) estudando a eficiência de extratores de fósforo em Latossolos, quanto à eficiência, os extratores classificaram-se na seguinte ordem: resina > Mehlich-3 > Mehlich-1. Os autores constataram que independente do tipo de solo e da fonte de fósforo utilizada, o método da resina, apresentou as melhores correlações com as características das plantas avaliadas, mostrando-se mais adequado em estimar o fósforo disponível.

No estudo de Richart (2008), a resina foi mais eficiente para avaliar a disponibilidade de fósforo nos solos estudados e apresentou maior coeficiente de correlação com o fósforo absorvido pelas plantas em relação ao Mehlich-1. No ensaio de Simões Neto (2008), a resina apresenta os melhores coeficientes de correlação, seguido por Mehlich-1, Mehlich-3 e Bray-1. Maior eficiência pelo método da resina também foram encontradas nos ensaios de Corrêa e Haag (1993c), Silva (1997), Gatiboni et al. (2002) e Gonçalves e Meurer (2008). Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com os citados anteriormente, e, conforme a revisão de Silva e Raij (1999), na qual descrevem melhores correlações de P disponível e P absorvido para resina.

#### **5.1.4 Nível Crítico de fósforo e classes de fertilidade do solo**

Os níveis críticos de fósforo no solo foram estimados utilizando-se a somatória da produção de matéria seca dos dois cortes, estes variaram com os diferentes extratores e solos (Tabela 6). De acordo com Sanchez e Uehara (1980), citados por Novais e Smyth (1999), pode-se prever que para altos valores de níveis críticos a efetividade do extrator seja maior, por ser menor o seu desgaste, mantendo o seu poder de extração mais efetivo por mais tempo, dada a maior eletronegatividade do sistema proporcionada pela presença de fósforo adsorvido em maiores concentrações.

Observa-se que um maior nível crítico está relacionado a maior capacidade de recuperação de fósforo pelos extratores, o que pode ser constatado pelo coeficiente angular, entre o fósforo recuperado por cada extrator e o aplicado (Tabelas 4 e 6). Maiores níveis críticos associado a maior capacidade de recuperação dos extratores também foram confirmados nos estudos de Tucci (1991), Corrêa e Haag (1993a) e Bertoni et al. (2003). Constatou-se que no LA os maiores níveis críticos foram para o Mehlich-3, seguido pela resina e Mehlich-1, no entanto no GX o nível crítico do Mehlich-1 foi maior que a resina e menor que Mehlich-3 (Tabela 6).

**Tabela 6** – Níveis críticos de fósforo em Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háptico (GX), para o estabelecimento de *Brachiaria humidicola* cv. Comum.

Solo	Extrator	Nível crítico no solo (mg dm <sup>-3</sup> )
LA	Mehlich-1	3,89
GX		6,02
LA	Mehlich-3	10,32
GX		7,46
LA	Resina	5,56
GX		5,09

Os níveis críticos variam conforme a espécie de planta, tipo de solo, sucessão de corte, período de incubação, forma de aplicação do fertilizante e calagem (FONSECA et al., 1988; MARTUSCELLO et al., 2009). Outros fatores como adubação com outros nutrientes, idade da planta, época de cultivo e época de amostragem, também, promovem diferenças entre os níveis críticos no solo (Hoffmann et al., 1995). Os mais variados níveis críticos para forrageiras são constatados na literatura dentre os quais se destaca os trabalhos de Fonseca et al (1988), Corrêa e Haag et al. (1993a), Corrêa e Haag et al. (1993b), Fonseca et al. (1997a), Fonseca et al. (1997b), Mesquita et al. (2004). Os resultados obtidos neste ensaio estão próximos dos trabalhos citados acima.

A partir da produtividade relativa a 50, 70, 90, 100, e >100% foram estabelecidas as classes de fertilidade de fósforo para a implantação de *B. humidicola* em ambos os solos (Tabela 7).

**Tabela 7** – Classes de interpretação da disponibilidade de fósforo para estabelecimento de *B. humidicola* para Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háptico (GX) nos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e resina.

Solo		LA			GX		
Mehlich-1							
Classe	% PR	Produtividade (g vaso <sup>-1</sup> )	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> )	Produtividade (g vaso <sup>-1</sup> )	Doses (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> )
MB	0 – 50	5,14	13,63	0 – 1,92	5,14	47,88	0 – 2,52
B	50 – 70	7,19	43,13	1,92 – 2,72	7,19	81,94	2,52 – 3,95
M	70 – 90	9,25	85,97	2,72 – 3,89	9,25	131,42	3,95 – 6,02
A	90 – 100	10,28	144,5	3,89 – 5,48	10,28	199	6,02 – 8,85
MA	> 100	> 10,28	> 144,50	> 5,48	> 10,28	> 199,00	> 8,85
Mehlich-3							
Classe	% PR	Produtividade (g vaso <sup>-1</sup> )	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> )	Produtividade (g vaso <sup>-1</sup> )	Doses (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> )
MB	0 – 50	5,14	13,63	0 – 3,25	5,14	47,88	0 – 2,88
B	50 – 70	7,19	43,13	3,25 – 6,13	7,19	81,94	2,88 – 4,74
M	70 – 90	9,25	85,97	6,13 – 10,32	9,25	131,42	4,74 – 7,46
A	90 – 100	10,28	144,5	10,32 – 16,03	10,28	199	7,46 – 11,16
MA	> 100	> 10,28	> 144,50	> 16,03	> 10,28	> 199,00	> 11,16
Resina							
Classe	% PR	Produtividade (g vaso <sup>-1</sup> )	Dose (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> )	Produtividade (g vaso <sup>-1</sup> )	Doses (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor de P (mg dm <sup>-3</sup> )
MB	0 – 50	5,14	13,63	0 – 2,29	5,14	47,88	0 – 2,31
B	50 – 70	7,19	43,13	2,29 – 3,62	7,19	81,94	2,31 – 3,44
M	70 – 90	9,25	85,97	3,62 – 5,56	9,25	131,42	3,44 – 5,09
A	90 – 100	10,28	144,5	5,56 – 8,20	10,28	199	5,09 – 7,34
MA	> 100	> 10,28	> 144,50	> 8,20	> 10,28	> 199,00	> 7,34

% produtividade relativa (% PR); MB: muito baixa, B: baixa, M: média, MA: muito alta, A: alta.

A partir dos resultados de rotina de análises de solo realizada por agricultores e destas classes de fertilidade de solo pode-se recomendar a adubação para a implantação desta espécie forrageira para os solos estudados, em uma primeira aproximação. Observa-se que os valores das classes encontrados neste estudo estão próximos dos recomendados por Alvarez V. et al. (1999) e Malavolta (2006), mesmo o autor classificando as classes de acordo com o teor de argila e fósforo remanescente.

### 5.1.5 Fósforo absorvido e níveis críticos de fósforo na parte aérea

O teor de fósforo na parte aérea foi influenciado positivamente pelas doses de fosfato aplicadas no solo (Tabela 2A), no entanto, a magnitude das respostas variou entre os solos (Tabela 7). Este comportamento foi semelhante ao observado para fósforo disponível no solo que aumentou em função da dose aplicada. Vários estudos demonstraram resultados semelhantes dentre os quais destacam-se Corrêa e Haag (1993a), Corrêa e Haag (1993b), Richart (2008) e Calheiros et al. (2012).

Segundo Epstein e Bloom (2006), a concentração média de fósforo na matéria seca da parte aérea das plantas fica em torno de 2 g kg<sup>-1</sup> de fósforo, porém para Malavolta et al. (1997) o fósforo requerido para o ótimo crescimento das plantas variam de 1 a 5 g kg<sup>-1</sup> na

matéria seca, dependendo da espécie e do órgão analisado, estando valores encontrados dentro da faixa sugerido na literatura.

Os teores de fósforo na parte aérea da *B. humidicola* estão dentro dos encontrados por Martinez e Haag (1980) e Richart (2008). No estudo de Manarin (2005), para cultivo de capim-Tanzânia cujos valores encontrados variam de 2,64, 2,00, 2,02 e 2,39 g kg<sup>-1</sup> para laminas emergentes, folhas recém-expandida, folhas maduras e colmo+bainhas, respectivamente. Os resultados deste estudo situam-se dentro da faixa dos trabalhos citados anteriormente. Segundo descreve Corrêa e Haag (1993b), variações entre espécies quanto aos teores de fósforo na parte aérea, podem ter implicações diretas na nutrição animal, pois plantas com maior capacidade de acúmulo de fósforo, podem suprir mais adequadamente, as demandas de fósforo do animal.

O conteúdo de fósforo na parte aérea da *B. humidicola* também foi influenciado pelas doses de fosfato aplicadas no solo (Tabela 2A), a resposta variou com o solo estudado (Tabela 7). O acúmulo de fósforo na parte aérea das plantas foi influenciado pela elevação do teor de fósforo no seu tecido vegetal (Tabela 7) e com o aumento da produção de matéria seca na parte aérea (Tabela 3). Aumentos na quantidade de fósforo absorvida pela planta relacionados a adubação fosfatada foram descritos em vários estudos Muniz et al. (1985), Fabreas et al. (1987), Fonseca (1987), Martuscello et al. (2009).

**Tabela 8** – Equação de regressão do teor de fósforo na parte aérea da *B. humidicola* como variável dependente das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas no solo para Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo (GX) e níveis críticos de fósforo na planta.

Solo	Equação (teor de P)	R <sup>2</sup>	Equação (acúmulo de P)	R <sup>2</sup>	Nível crítico na planta (g kg <sup>-1</sup> )
LA	$\hat{Y} = 0,3116 + 0,0103^{**}P$	0,99	$\hat{Y} = 1,1729 + 0,1195^{**}P$	0,99	1,20
GX	$\hat{Y} = 0,3440 + 0,0095^{**}P$	0,99	$\hat{Y} = -1,0138 + 0,1656^{**}P$	0,99	1,54

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Os níveis críticos na parte aérea da *B. humidicola* variaram entre os solos estudados (Tabela 7). Os valores encontrados para os níveis críticos estão dentro da faixa de referência para *Brachiaria* de 1,0 a 1,50 g kg<sup>-1</sup> de fósforo segundo Cantarutti et al. (2007).

No estudo de Martinez e Haag (1980), o nível crítico na parte aérea de fósforo para *B. humidicola* de 2,6 g kg<sup>-1</sup>, considerado acima do obtido neste estudo. Entretanto, resultados encontrados neste ensaio estão próximos do estudo de Moreira et al. (2006), na qual encontraram valores médios de níveis críticos de 1,30 g kg<sup>-1</sup> de fósforo na matéria seca capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier). Conforme os autores esses resultados foram inferiores aos obtidos por Mesa et al. (1988) em Cuba (2,70 g kg<sup>-1</sup>) para o estabelecimento de quatro cultivares de capim-elefante. Já Martinez e Hagg (1980),

cultivando o capim-elefante em solução nutritiva, encontraram valor médio de 2,0 g kg<sup>-1</sup>. Santos et al. (2002), encontrou níveis críticos de 5,70 e 6,0 g kg<sup>-1</sup> de fósforo aos 14 de dias para *B. decumbens* e *P. maximum*, respectivamente, valores superiores aos obtidos neste estudo. No entanto aos 70 dias os níveis críticos sofreram depleção e caíram para 0,80 e 0,70 dag kg<sup>-1</sup> de fósforo, respectivamente resultados inferiores aos obtidos nesta pesquisa. Segundo o autor, à medida que aumenta a idade das plantas aumenta sua eficiência nutricional.

Bonfim et al. (2004), constatou que solos com maior fator capacidade fósforo, os níveis críticos foram menores, porém em solos com menor fator capacidade fósforo, os níveis críticos foram maiores. Resposta semelhante obtiveram Muniz et al. (1985), e Corrêa et al. (2008).

Em experimento com capim Marandu em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (LVAd) e Argissolo Amarelo distrófico (PAd), Richart (2008) encontrou teores médios críticos variando de 0,8 a 15,7 e 0,2 a 22,2 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente e segundo o autor foram encontrados em Corrêa e Haag (1993) e Rossi e Monteiro (1999).

## 5.2 Características morfogênicas e estruturais de perfis

No C<sub>1</sub> observou-se efeito das doses crescentes de fosfato em todas as características avaliadas, em ambos os solos (Tabela 3A). Entretanto, no C<sub>2</sub> para o Latossolo Amarelo (LA) não houve efeito para comprimento final da folha (CFF), duração de vida da folha (DVF), número de folhas vivas (NFV) e relação folha colmo (F/C). Para o Gleissolo Háptico (GX) não houve efeito apenas para CFF (Tabela 3A).

Observa-se pelos coeficientes lineares das equações ajustadas (Tabela 9 e 10) que a taxa de alongamento foliar (TAIF) apresentou comportamento oposto entre o C<sub>1</sub> e o C<sub>2</sub>, no C<sub>1</sub> a taxa foi decrescente enquanto que no C<sub>2</sub> foi crescente. Isto demonstrou que na fase inicial de estabelecimento em doses menores as taxas foram maiores. Segundo Araújo e Machado (2006), plantas deficientes em fósforo desenvolveram vários mecanismos para permitir a aquisição e utilização de fósforo em ambientes onde o suprimento deste é limitante.

Os mecanismos podem ser agrupados em duas categorias: aqueles que aumentam o conteúdo de nutriente absorvido do solo e aqueles que afetam a eficiência vegetal em utilizar o nutriente absorvido para a produção de biomassa. Os processos que propiciam o aumento da absorção incluem maior crescimento radicular associado a mudanças na arquitetura radicular, expansão da superfície radicular pela proliferação de pelos radiculares e associação com fungos micorrízicos. Além da maior produção e excreção de fosfatases, exsudação de ácidos

orgânicos e um estímulo à expressão dos transportadores (VANCE et al., 2003 apud ARAÚJO e MACHADO, 2006). Já os processos que aumentam a eficiência de utilização do nutriente envolvem a redução na taxa de crescimento, a maior produção de biomassa por unidade de fósforo absorvido, a remobilização de fósforo interno, modificações no metabolismo de carbono que contornem as etapas que requerem o fósforo e a utilização de vias respiratórias alternativas (VANCE et al., 2003 apud ARAÚJO e MACHADO, 2006). Possivelmente a utilização desses mecanismos explicam os resultados obtidos para a TAlF no C<sub>1</sub> para os solos estudados, no entanto no C<sub>2</sub> as plantas já estavam estabelecidas, e segundo Santos et al. (2002), com o aumento da idade das plantas há aumento gradativo da eficiência nutricional, envolvendo ganhos na eficiência de aquisição e, ou, translocação e, ou, utilização e, conseqüentemente, menor requerimento (interno e externo) desse nutriente. Deve-se salientar que há tendência de decréscimo na disponibilidade de fósforo a medida que o nutriente permanece em contato com o solo (MACHADO et al., 2011), ao passo que no C<sub>2</sub>, possivelmente, as menores doses de fosfato esgotaram-se, fazendo com que maiores TAlF fossem obtidas nas maiores doses. Neste caso, possivelmente o baixo suprimento de fósforo diminui a área foliar, em consequência principalmente da redução do número de folhas e, secundariamente, da limitação à expansão da folha de acordo com Lynch et al. (1991) e Rodriguez et al. (1998) citado por Araújo e Machado (2006).

Efeitos da adubação fosfatada sobre a TAlF foram obtidos no ensaio de Patês et al. (2007). Todavia, Santos (2004), não encontrou efeito de fontes e doses de fósforo na TAlF para gramíneas forrageiras. Resultado contrário do obtido por Martins (2016), (dados não publicados), no qual se encontrou diferenças significativas entre fontes de fósforo para TAlF em Latossolo Amarelo e Gleissolo Háplico para estabelecimento de pastagem.

**Tabela 9** – Características morfogênicas e estruturais como variável dependente do efeito das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas no solo para o corte 1 (C<sub>1</sub>) e corte 2 (C<sub>2</sub>).

Variáveis	Latossolo Amarelo				
		Equação	R <sup>2</sup>	Máximo	Produtividade máxima
<b>TAIF</b> (mm perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 15,037 - 0,1291^{**}P + 0,0005^{**}P^2$	0,76	129,10 <sup>1</sup>	6,70
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 7,0744 + 0,0494^{**}P - 0,0002^{**}P^2$	0,76	123,50	
<b>TAIC</b> (mm perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 4,4943 + 0,0299^{**}P$	0,92	210,00	10,77
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 1,4203 + 0,0374^{**}P - 0,0002^{**}P^2$	0,82	93,50	
<b>TxS</b> (mm perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 0,4224 + 0,2574^{**}P - 0,001^{**}P^2$	0,67	128,70	16,99
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 1,7943 + 0,0789^{**}P - 0,0003^{**}P^2$	0,81	131,5	
<b>TApF</b> (folhas perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 0,1021 + 0,0010^{**}P$	0,93	210,00	0,31
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 0,0436 + 0,00074^{**}P - 0,000003^{**}P^2$	0,98	123,00	
<b>Filocrono</b> (dias folha <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 13,0074 - 0,1124^{**}P + 0,0003^{**}P^2$	0,97	187,33 <sup>1</sup>	2,48
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 25,9710 - 0,2226^{**}P + 0,0008^{**}P^2$	0,98	139,16 <sup>1</sup>	
<b>DVF</b> (dias folha <sup>-1</sup> perfilho <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 45,08 - 0,3262^{**}P + 0,0011^{**}P^2$	0,96	148,27 <sup>1</sup>	20,90
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$			
<b>NVF</b> (folhas vivas dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 5,3678 + 0,0271^{**}P$	0,90	210	11,06
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$			
<b>CFF</b> (mm)	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 155,1 - 0,7986^{**}P + 0,0024^{**}P^2$	0,94	166,38 <sup>1</sup>	88,67
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$			
<b>NPV</b>	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 18,3132 + 0,2286^{**}P - 0,0007^{**}P^2$	0,99	163,29	36,98
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = 16,3774 + 0,0621^{**}P$	0,92	210	
<b>F/C</b>	C <sub>1</sub>	$\hat{Y} = 1,9928 - 0,0211^{**}P + 0,00008^{**}P^2$	0,96	131,86 <sup>1</sup>	0,60
	C <sub>2</sub>	$\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$			

\*\* e \* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC), taxa de senescência foliar, taxa de aparecimento de folha (TApF), filocrono, duração de vida da folha (DVF) CFF (comprimento final da folha), número de perfilhos por vaso (NPV), relação folha:colmo (F/C). <sup>1</sup>A interpretação destas características, nestas variáveis, deve ser mínimo em lugar de máximo.

Observou-se efeito das doses de fosfato aplicadas no solo na taxa de aparecimento de folha (TApF), em ambos os solos (Tabela 9 e 10). Os coeficientes lineares demonstram que o C<sub>1</sub> apresentou maior TApF do que o C<sub>2</sub>, e maiores TApF foram obtidas próximos as maiores doses aplicadas aos dois solos (Tabela 9 e 10). Este resultado pode ser explicado, pois no C<sub>1</sub> obteve-se efeito decrescente na TAIF e crescente para a TAIC em função das doses de fosfato, como observado anteriormente (Tabela 9 e 10). Com a estimulação do crescimento da planta, pela elevada disponibilidade de nutriente, ocorre o alongamento dos entrenós que empurram a folha nova para fora da bainha da folha precedente, podendo assim causar aumento da TApF (OLIVEIRA, 2005).

A TApF varia em função balanceada do comprimento de colmo que determina a distância que a folha percorre para emergir e pela TAIF que confere a velocidade que a folha percorre essa distância (PINTO et al., 1994). Portanto, não só o comprimento do colmo, mais também a TAIF podem explicar, de maneira geral, o comportamento da TApF em relação a adubação fosfatada.

A taxa de alongamento de colmo (TAIC) ao responder a adubação fosfatada, seria, então, o principal agente modificador da TApF, como pode ser observado no coeficiente de correlação  $r = 0,80^{**}$  para ambos os solos. Entretanto, deve-se destacar a correlação entre a TApF e TAIF de  $r = -0,52^{**}$  e  $-0,43^{**}$  para o LA e GX, respectivamente.

Observaram-se menores TAIF no C<sub>1</sub> para ambos os solos (Tabela 9 e 10), possivelmente, este resultado também influenciaram as TApF obtidas, pois maiores TApF foram obtidas para o C<sub>1</sub>, e respostas contrárias foram encontradas para o C<sub>2</sub>. Isso pode ser explicado devido a correlação negativa entre a taxa de aparecimento e o alongamento das folhas, indicando que quanto maior a TApF, menor o tempo para o alongamento (ZARROUGH et al. 1984, citado por SBRISSIA, 2004), conforme, resposta obtida neste estudo.

Santos (2004) constatou que a TApF não foi afetada por doses e fontes de fósforo aplicadas no solo para as gramíneas Coastcross, Florona e Quicuiu. Em estudo avaliando adubação com nitrogênio, fósforo, potássio e intensidades de corte, Oliveira (2005) constatou que as combinações que continham nitrogênio proporcionaram maiores TApF. Patês et al. (2007), não encontraram interação entre doses de fósforo e nitrogênio sobre a taxa de aparecimento de folhas, apenas resposta ao nitrogênio.

**Tabela 10** – Características morfogênicas e estruturais como variável dependente do efeito das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicadas no solo para o corte 1 (C<sub>1</sub>) e corte 2 (C<sub>2</sub>).

Variáveis	Gleissolo Háplico				
	Equação	R <sup>2</sup>	Máximo	Produtividade máxima	
TAIF (mm perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 11,5859 - 0,01919^{**}P$	0,62	210,00 <sup>(1)</sup>	7,56	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = 5,9526 + 0,0586^{**}P - 0,000244^{*}P^2$	0,75	120,01	9,47	
TAIC (mm perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 2,5152 + 0,1343^{**}P - 0,000492^{**}P^2$	0,91	136,48	11,68	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = 1,7862 + 0,0134^{**}P$	0,97	210,00	4,60	
TxS (mm perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 0,4559 + 0,04804^{**}P$	0,77	210,00	10,54	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$				
TApF (folhas perfilho <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 0,0589 + 0,00213^{**}P - 0,000006^{**}P^2$	0,98	177,5	0,25	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = 0,054829 + 0,000353^{**}P$	0,88	210,00	0,13	
Filocrono (dias folha <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 15,31334 - 0,1437^{**}P + 0,00045^{**}P^2$	0,99	159,67 <sup>1</sup>	3,84	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = 20,73746 - 0,06425^{**}P$	0,91	210,00 <sup>1</sup>	7,622	
DVF (dias folha <sup>-1</sup> perfilho <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 49,58037 - 0,7946^{**}P$	0,82	210,00 <sup>1</sup>	32,89	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$				
NVF (folhas vivas dia <sup>-1</sup> )	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 4,244215 + 0,067734^{**}P - 0,000198^{**}P^2$	0,98	171,05	10,04	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = 4,18322 + 0,01296$	0,63	210,00	6,90	
CFF (mm)	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$				
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$				
NPV	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 13,08512 + 0,23099^{**}P - 0,00053^{*}P^2$	0,96	218,00	38,25	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = 14,49339 + 0,26763^{**}P - 0,00082^{**}P^2$	0,94	163,18	36,33	
F/C	C <sub>1</sub> $\hat{Y} = 1,797757 - 0,019342^{**}P + 0,000069^{*}P^2$	0,79	140,16 <sup>1</sup>	0,44	
	C <sub>2</sub> $\hat{Y} = \text{não houve ajuste}$				

\*\* e \* Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. Taxa de alongamento foliar (TAIF), taxa de alongamento de colmo (TAIC), taxa de senescência foliar, taxa de aparecimento de folha (TApF), filocrono, duração de vida da folha (DVF) CFF (comprimento final da folha), número de perfilhos por vaso

(NPV), relação folha:colmo (F/C). <sup>(1)</sup>A interpretação destas características, nestas variáveis, deve ser mínimo em lugar de máximo.

Observou-se efeito da adubação fosfatada sobre a taxa de alongamento de colmo (TAIC), em ambos os cortes e solos, entretanto, os modelos de regressão ajustados diferiram (Tabela 9 e 10). Os coeficientes lineares indicam que a TAIC do C<sub>1</sub> foi inferior em relação ao C<sub>2</sub> no LA, no entanto, para o GX os coeficientes foram maiores em C<sub>1</sub> quando comparado a C<sub>2</sub> (Tabela 9 e 10). Solos com menor teor de argila ou arenosos são mais responsivos à aplicação de fosfato, pois nos solos mais arenosos, a não-resistência a perdas de fósforo provoca, igualmente, a não-resistências a ganhos, mantendo o nutriente mais disponível para as plantas (NOVAIS e SMYTH, 1999). A maior TAIC no C<sub>1</sub> em relação ao C<sub>2</sub> do GX, possivelmente, pode estar relacionado ao potencial de resposta desse solo, visto que este tem menor teor de argila em relação ao LA (Tabela 1). Entretanto, solos como maior teor de argila (maior fator capacidade de fósforo), como o LA, mantém mais constante os teores de fósforo no solo (NOVAIS et al., 2007) fazendo com que, provavelmente, maiores TAIF fossem obtidas no C<sub>2</sub>. Observa-se que maiores taxas foram obtidas próximas as maiores doses para ambos os solos, possivelmente, o aumento gradativo do alongamento de colmo deu-se devido ao aumento na taxa de aparecimento de folhas (TApF) conforme já demonstrado e que também foi correlacionada com o número de folhas vivas ( $r = 0,80^{**}$ ). Forni et al. (2000) relatam que aumentos na produção de matéria seca de colmo podem estar diretamente associados à produção de matéria seca foliar, pois o maior desenvolvimento dos colmos resulta da necessidade de sustentação das maiores produções de lâminas foliares. Sbrissia e Silva (2001) revelam que a estrutura do pasto é significativamente influenciada pelo alongamento de colmo. Apesar deste incremento no rendimento forrageiro pode comprometer a eficiência do pastejo como consequência da redução na relação folha:colmo. Sendo esta variável fundamental na tomada de decisão quanto a estrutura e manejo do dossel.

No ensaio de Patês et al. (2007) verificaram-se efeito de interação doses de fósforo e nitrogênio sobre a TAIC, constatando-se influencia significativa das doses de fósforo apenas na presença de nitrogênio. Camarão (2013) trabalhando com cultivares de *B. humidicola*, constatou efeitos significativos para a TAIC, entre os cultivares e época do ano, sendo valores mais elevados na época das águas em relação aos da época da seca. Para os cultivares, o cv. BRS Tupi obteve maior TAIC em relação a cultivar comum.

Observaram-se efeitos da adubação sobre a taxa de senescência foliar (TxS), porém, estes variaram com o corte e com o solo, não se ajustando modelo de regressão para o GX, no C<sub>2</sub> (Tabela 9 e 10). Os coeficientes lineares demonstraram que a TxS no LA foi maior no C<sub>1</sub>

em relação ao C<sub>2</sub>. Observou-se que à medida que incrementou a adubação fosfatada maior foi a TxS. As plantas crescendo com baixa disponibilidade de nutrientes apresentam baixa TxS foliar (MARTUSCELLO, 2004; MARTUSCELLO et al., 2015) reduzindo seu metabolismo como estratégia para permanecerem vivas.

Conforme Aerts (1996) citado por Araújo e Machado (2006), a senescência foliar, é a concomitante degradação de macromoléculas, permitindo o reaproveitamento de nutrientes como nitrogênio e fósforo para o crescimento vegetal posterior. Em plantas deficientes em fósforo, o fornecimento limitado de fósforo inorgânico da raiz é suplementado pela mobilização de fósforo pelas folhas velhas para as folhas jovens e as raízes, processo que envolve a depleção das reservas de fósforo inorgânico e a quebra de fósforo orgânico de folhas velhas (SHACHTMAN et al. 1998 apud ARAÚJO e MACHADO, 2006).

As doses de fosfato promoveram efeito decrescente no filocrono para ambos os solos (Tabela 9 e 10). Os coeficientes lineares para o LA no C<sub>1</sub> foram superiores em relação ao C<sub>2</sub>, resposta contrária foi obtida para o GX (Tabela 9 e 10). Segundo Lemaire e Chapman (1996), quanto menor o filocrono, mais eficiente é a gramínea na interceptação e conversão de energia luminosa em tecido foliar. Ainda não está claro porque o fósforo tem efeito tão importante sobre o valor do filocrono. Talvez isto seja devido a sua participação em reações de transferências de energia da célula e na síntese de carboidratos (MALAVOLTA, 2004). Rahman e Wilson (1977) afirmam que possivelmente a baixa duração da expansão das folhas afeta o filocrono, além da deficiência de fósforo mudar a taxa de iniciação das folhas nos primórdios no ápice do colmo.

No estudo de Rodriguez et al. (1998), foi observado que a deficiência de fósforo aumentou em cerca de 32% o filocrono em plantas de trigo. Santos (2004), não encontrou efeito significativo para doses e fontes de fósforo no filocrono. Entretanto, Oliveira (2005) observou efeito das combinações de nitrogênio e potássio, nitrogênio e fósforo, nitrogênio, fósforo e potássio em capim-Tanzânia. Santos et al. (2009) obtiveram menores valores no filocrono para gramíneas forrageiras em adubações que continham as combinações de nitrogênio e fósforo, e nitrogênio, fósforo e potássio.

Notou-se efeito decrescente da adubação fosfatada sobre a duração de vida das folhas (DVF), estas variaram com os solos e cortes, não se ajustando modelo de regressão em ambos os solos, para o C<sub>2</sub> (Tabela 9 e 10). O Decréscimo na DVF com as doses fosfato é explicado pela maior renovação de tecidos em plantas adubadas, ou seja, na ausência de adubação permanece mais tempo com suas folhas vivas em detrimento da expansão de novas folhas (MARTUSCELLO, 2004). Isso se ratificou a partir dos resultados da TAlF e maior TApF, e

consequente redução no filocrono em plantas adubadas comparada aquelas sem adubação. Os resultados da DVF podem ser mais compreendidos quando analisados em conjunto com a TxS, ou seja, a medida que se incrementou a adubação fosfatada maior foi a TxS, e menor a DVF.

No estudo de Oliveira (2005), foi observado efeito de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, sendo maior duração de vida das folhas nos tratamentos que receberam adubação nitrogenada associada ao fósforo e potássio. Resultados divergentes foram encontrados no estudo de Santos et al. (2009), no qual não obtiveram resposta em tempo hábil para DVF em função da adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. Souza (2012) não constatou efeito para a interação entre arranjo de plantio e dose fósforo na DVF para o cv. Xaraés, que pode ser atribuído, possivelmente, as maiores doses de fósforo deste ensaio, bem como o período de avaliação.

Observou-se efeito crescentes da adubação sobre o número de folhas vivas por perfilho (NFV), para ambos os solos e cortes, não ajustando-se ao modelo de regressão para o LA, no C<sub>2</sub> (Tabela 9 e 10). Os coeficientes lineares indicam que o NFV do C<sub>1</sub> foi superior em relação ao C<sub>2</sub> no GX (Tabela 9 e 10). Os tratamentos que receberam menores doses, ocorreram maior DVF e menor NFV, o que pode ser atribuído, possivelmente, ao efeito das doses de fosfato aplicadas no solo antecipando o processo de senescência nas plantas, com a translocação de fósforo para auxiliar na expansão de novas folhas (MALAVOLTA, 2006). Sendo o fósforo elemento que está particularmente envolvido na transferência de energia, pois o ATP é necessário para fotossíntese, translocação e muitos outros processos metabólicos de relevância (MALAVOLTA, 2006). Deve-se ressaltar que o maior NFV foi obtido próximo as maiores doses de fosfatos, que também promoveram maiores TApF e consequente compensação na taxa de senescência, que segundo Lemaire e Agnusdei (1999), a DVF é o determinante para obter-se o NFV.

No ensaio de Santos (2004), as interações de doses de fosfato, gramíneas e doses x fontes de fósforo foram significativas para o número de folhas vivas (NFV), embora não houvesse ajuste de equações. Entretanto, observou-se que o capim-Florona na dose 80 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato, apresentou maior NFV em relação ao capim-Coastcross e capim-Quicuiu. Patês et al. (2007), em ensaio constataram efeito da interação de fósforo e nitrogênio, de modo que a dose de 0 kg de nitrogênio não houve efeito, porém, efeito linear decrescente para a dose 100 kg de nitrogênio. Camarão (2013) trabalhando com *B. humidicola* cv. BRS Tupi e cv. Comum observou efeito apenas de cultivares sobre o NFV, onde o cv. Comum foi superior que a BRS Tupi.

O comprimento final da folha (CFF) sofreu efeito decrescente das doses de fosfato aplicadas no solo, apenas no C<sub>1</sub> para o LA, porém no GX não houve efeito das doses (Tabelas 9 e 10). Observa-se que maiores doses promoveram diminuição no tamanho da folha, no entanto, nessas doses observou-se maiores taxas de TApF, TxS, NFV e menor filocrono. Constatou-se, de maneira geral, que existe equilíbrio no NFV em um perfilho. Para tal equilíbrio as plantas promovem aparecimento de uma folha nova e a senescência da folha mais velha que ocorrem simultaneamente, após determinado período (Hodgson, 1990). Neste estudo especificamente, possivelmente, para tentar manter o equilíbrio constante entre o aparecimento e a senescência foliar a planta diminuiu o CFF, como estratégia para se perpetuar no sistema. Deve-se destacar que em condições de estresse ambiental frequentemente permite o avanço do desenvolvimento enquanto paralisa o crescimento (WILHELM e McMASTER, 1995 apud GARCEZ NETO, 2001). No estudo de Santos (2004), não houve efeito de doses e fontes de fósforo para gramíneas forrageiras. Todavia, respostas positivas foram obtidas no ensaio com fontes de fósforo para o estabelecimento de forrageiras de MARTINS (2016), dados na publicados.

Observou-se efeito da adubação fosfatada sobre o número de perfilhos por vaso (NPV), em ambos os cortes e solos, porém, os modelos de regressão ajustados diferiram (Tabela 9 e 10). Os coeficientes lineares indicam que o potencial de resposta do LA para o C<sub>1</sub> foi superior em relação ao C<sub>2</sub>, porém, nota-se resposta contrária para o GX (Tabelas 9 e 10). Resultados obtidos no LA demonstram que aumentos na TApF refletiram em aumentos no NPV, pois a TApF constitui importante determinante na taxa potencial de produção de sítios para a geração de novos perfilhos, sítios estes que desenvolverão perfilhos em função da interação de vários outros fatores, tais como luz e nutrientes (GARCEZ NETO, 2001).

No GX deve-se notar que o NPV no C<sub>1</sub> foi inferior ao C<sub>2</sub> (Tabela 10). Segundo Humphreys (1986) apud Mesquita et al. (2003), quando o número de perfilhos é muito elevado, em razão da maior competição por luz, água e nutrientes, pode ocorrer emissão de perfilhos menos vigorosos e, certamente, mais leves, sendo este considerado importante componente da produção forrageira. Este resultado é ratificado, uma vez que o aumento no NPV no C<sub>2</sub> não refletiu na produção de MSPA, pois as maiores produções MSPA foram obtidas no C<sub>1</sub> (Tabela 3).

Vários trabalhos demonstram a importância do fósforo sobre o perfilhamento, dentre os quais, podemos destacar os estudos de Corrêa e Haag (1993), Fonseca et al. (2000), Mesquita et al. (2003), Santos (2004), Mesquita et al. (2010), Oliveira et al. (2012), que

obtiveram respostas quadráticas significativas para o perfilhamento em função das doses de fósforo aplicadas no solo.

Observou-se efeito decrescente da adubação fosfatada sobre a relação folha:colmo apenas no C<sub>1</sub>, em ambos os solos, ajustando-se ao mesmo modelo de regressão (Tabela 9 e 10). Observa-se que as menores doses promoveram maiores relação folha:colmo. Maiores TAIC promovem menores relação folha:colmo. Forragens com alta relação folha:colmo proporcionam aos animais dieta de qualidade. De acordo com Pinto et al. (1994) e Wilson e t'Mannetje (1978) apud Rodrigues et al. (2008), alta relação folha:colmo representa forragem com elevado teor de proteína, digestibilidade e consumo, além de conferir à gramínea melhor adaptação ao pastejo ou tolerância ao corte. No C<sub>2</sub> não houve efeito das doses de fosfato para a relação folha:colmo, não ajustando nenhum modelo de regressão em ambos os solos (Tabela 11 e 12). Isso pode ser atribuído, possivelmente, ao fato das plantas serem mais exigentes em fósforo na fase de estabelecimento, nos primeiros 30 a 40 dias (CANTARUTTI et al., 1999), sendo estas mais responsivas a adubação fosfatada nessa fase.

Segundo Gomide (1997) citado por Martuscello (2004), a adubação mineral promove aumento no rendimento forrageiro devido a maior eficiência fotossintética das folhas, intenso perfilhamento e alongamento do colmo, que por sua vez, determina alterações indesejáveis na qualidade da forragem pela diminuição da relação folha:colmo. Respostas significativas para adubação fosfatada foram obtidas no ensaio de Santos (2004). Resposta corroborada no ensaio de Martins (2016), (dados não publicados) em estudo com fontes de fósforo para estabelecimento de pasto em solos do Amazonas. No estudo de Magalhães et al. (2007), com doses de fósforo e nitrogênio não constataram efeito da interação das doses sobre a relação folha:colmo, encontrando apenas efeito das doses de nitrogênio, mesma resposta obtida por Martuscello (2004).

## 6 CONCLUSÃO

A maior produção de matéria seca da parte aérea foi obtida aos 75 dias após a emergência;

A exigência ao fósforo é maior até os 75 dias após a emergência;

Todos os extratores foram eficientes em estimar a disponibilidade de fósforo no solo;

A resina apresentou maior correlação com o conteúdo de fósforo na parte aérea;

O nível crítico no solo pelo extrator Mehlich-3 foi superior a resina e ao Mehlich-1;

O nível crítico na parte aérea atende à demanda de fósforo exigida pela *Brachiaria humidicola* cv. Comum em ambos os solos;

As doses de fosfato exercem influência sobre algumas características morfogênicas e estruturais.

## 7 REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO, E. **Translocação de assimilados em capim *Panicum maximum* cv. mombaça, crescimento, características estruturais da gramínea e desempenho de novilhos em piquetes sob pastejo de lotação intermitente.** Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2003.

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; MOSQUIM, P.R et al. Características Morfogênicas e Estruturais na Rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu Submetida a Três Doses de Nitrogênio. **R. Bras. Zootec.**, v.33, n.6, p.1372-1379, 2004.

ALMUDI, T.; PINHEIRO, J.O.C. **Dados estatísticos da produção agropecuária e florestal do Estado do Amazonas: ano 2013.** Brasília, DF: Embrapa, 2015.

ALVAREZ V. V.H. **Avaliação da fertilidade do solo.** Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior – ABEAS – Brasília/DF – 1994.

ALVAREZ V. V.H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V. V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** 5ª Aproximação. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999.

ALVAREZ, V. Correlação e calibração de métodos de análise de solos. In: Alvarez, V.; Fontes, L. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** 1ª ed. Viçosa, 1996. p. 615-660.

ALVAREZ, V.H.V. NOVAIS, R.F DIAS, L.E. et al. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, nº 1, p.27-33, 2000.

ANDRADE, C.M.S. **Calagem em pastagens cultivadas na Amazônia.** Documentos / Embrapa Acre, ISSN 0104-9046; 118. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2010.

ARAÚJO, D.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição Mineral de Plantas.** 1. ed. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

BELARMINO, M.C.J.; PINTO, J.C.; ROCHA, G.P.; FURTINI NETO, A.E. et al. Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim-tanzânia em função de diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ciênc. agrotec., Lavras.** V.27, n.4, p.879-885, jul./ago., 2003.

BELTRÁN, R.R.; SILVEIRA, R.I.; PASSOS, M.J. Disponibilidade de fósforo para plantas de arroz avaliada por extratores químicos. **Sci. agric.** vol. 55 n. 2 Piracicaba May/Aug. 1998.

BENÍCIO, L. P. F.; LIMA, S. O.; SANTOS, V. M DOS. Avaliação da aplicação de diferentes doses de rejeito de rocha fosfática no desenvolvimento do Capim Piatã na ausência e presença de calagem. **Revista Magistra**, v. 25, p. 221-234, 2013.

BENÍCIO, L.P.F. **Rejeitos de rochas fosfáticas no desenvolvimento e no teor de nutrientes em *Brachiaria brizantha*.** Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal. UFTO-GURUPI-JULHO DE 2012.

BENÍCIO, L.P.F.; LIMA, S.O.; SANTOS, V.M.S. Avaliação da aplicação de diferentes doses de rejeito de rocha fosfática no desenvolvimento do Capim Piatã na ausência e presença de calagem. **Magistra, Cruz das Almas-BA**, v. 25, n. 3/4, p.228-241 jul./dez., 2013.

BERTONI, J.C.; BASTOS, A.R.R.; CARVALHO, J.G.; MIRANDA, J.R.P. Níveis críticos de fósforo para o arroz num solo de várzea inundado em condições de casa-de-vegetação. **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida** Vol. 22, n.2, p.45-53, 2003.

BIRCHAM, J.S., HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed sward under continuous stocking management. **Grass and forage Sci.**, 38(4): 323-331, 1983.

BONFIM, E.M.S.; FREIRE, F.J.; SANTOS, M.V.F.; SILVA, T.J.A. et al. Níveis críticos de fósforo para *Brachiaria brizantha* e suas relações com características físicas e químicas em solos de Pernambuco. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:281-288, 2004.

BONFIM, E.M.S.; FREIRE, F.J.; SANTOS, M.V.F.; SILVA, T.J.A. Freire, M.B.G.S. Avaliação de extratores para determinação de fósforo disponível de solos cultivados com *Brachiaria brizantha*. **Acta Scientiarum. Agronomy. Maringá**, v. 25, no. 2, p. 323-328, 2003.

BORTOLON, L. JAIRO ANDRÉ SCHLINDWEINII CLESIO GIANELLOIII Métodos de extração de fósforo e potássio no solo sob sistema plantio direto **Ciência Rural, Santa Maria**, v.39, n.8, p.2400-2407, nov, 2009.

BROGGI, F.; OLIVEIRA, A.C.; FREIRE, F.J.; OLIVEIRA, E.C.A.; ROCHA, A.T. et al. Níveis críticos de fósforo em milho cultivado em solos de diferentes mineralogias. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 27, n. 4, p. 164 – 170, out – dez., 2014.

CALHEIROS, ALTANYS S.; DA SILVA, JOÃO P. S.; DE OLIVEIRA, MAURO W; DOS S. FREIRE, MARIA B. G; FREIRE, FERNANDO J. Nível crítico de fósforo por diferentes extratores químicos em Neossolo Flúvico alcalino cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 7, núm. 4, outubro-dezembro, 2012.

CAMARA, T.T. **Morfogênese e estrutura de pastos de *Brachiaria humidicola* sob lotação contínua em diferentes intensidades de pastejo**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Mato Grosso do Sul, Aquidauana MS, 2013.

CANTARUTTI, R.B. et al. Avaliação da Fertilidade do 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. **Fertilidade do Solo**. 1. ed. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

CANTARUTTI, R.B.; MARTINS, C.E.; CARVALHO, M.M.; FONSECA, D.M. Pastagem. In: Ribeiro, A.C.; Guimarães, P.T.G.; Alvarez V. V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa, MG, CFSEMG, 1999.

CANTARUTTI, R.B.; TARRÉ, R.M.; MACEDO, R.; CADISCH, G.; RESENDE, C.P.; PEREIRA, J.M.; BRAGA, J.M.; GOMEDE, J.A.; FERREIRA, E.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, v.64, n.11, p.257-271, 2002.

CARNEIRO, L.F.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; CURTI, N. SANTOS, J.Z.L. et al. fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 32, n. 4, p. 1133-1141, jul./ago., 2008.

CARRERO, G.C.; ALBUJA, G.; FRIZO, P.; HOFFMANN, E.K. et al. **A Cadeia Produtiva da Carne Bovina no Amazonas**. Manaus-AM: IDESAM, 2015.

CASAGRANDE, D.R. **Características morfológicas do dossel de *Brachiaria brizantha* (hochst ex. a. rich.) cv. marandu manejada com diferentes ofertas de forragem sob lotação intermitente**. Universidade Estadual Paulista-UNESP, Jaboticabal SP, 2007.

CECATO, U.; SKROBOT, V.D.; FAKIR, G.M.; JOBIM, C.C. BRANCO, A.F. et a. Características morfológicas do capim-mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. **R. Bras. Zootec.**, v.36, n.6, p.1699-1706, 2007.

CFSEMG. Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Universidade Federal de Lavras. 1999.

CORRÊA, L.A. & HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho-Amarelo, álico: I: Ensaio em casa de vegetação. **Sci. Agric.**, 50:99-108, 1993a.

CORRÊA, L.A. & HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras em Latossolo Vermelho-Amarelo, álico: I: Experimento de Campo. **Sci. Agric.**, 50:99-108, 1993b.

CORRÊA, L.A.; HAAG, H.P. Disponibilidade de fósforo pelos extratores de Mehlich-1 e Resina em Latossolo Vermelho Amarelo, Álico cultivado com três gramíneas forrageiras. **Sci. Agric.**, Piracicaba, 50(02):287-294, jun./set., 1993c.

CORRÊA, R.M.; NASCIMENTO, C.W. A.; FREIRE, F.J.; SOUZA, S.K.S.; SILVA, G.B. Disponibilidade e níveis críticos de fósforo em milho e solos fertilizados com fontes fosfatadas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.3, n.3, p.218-224, jul.-set., 2008.

COSTA, N. de L.; RODRIGUES, A. N. A; PAULINO, V. T. Efeito da adubação fosfatada sobre o rendimento de forragem e composição química de *Paspalum atratum* BRA-009610. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n. 8, 2005.

COSTA, S.E.V.G.A.; NETO, A.E.F.; RESENDE, A.V.; SILVA, T.O.; SILVA, T.R. Crescimento e nutrição da braquiária em função de fontes de fósforo. **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 32, n. 5, p. 1419-1427, set./out., 2008.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4. ed. Belém: Edição do Autor, 2011.

DIAS FILHO, M. B.; **Limitações e potencial de *Brachiaria humidicola* para o trópico úmido brasileiro**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Vinculada ao Ministério da Agricultura Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido – CPATU- Belém-PA- 1983.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

EMBRAPA. **Manual de análise de química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília. 1999. 370p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas; princípios e perspectivas**. Londrina: Editora Planta, 2006.

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

FARIAS, D.R.; OLIVEIRA, F.H.T.; SANTOS, D.; ARRUDA, J.A.; et al. Fósforo em solos representativos do estado da Paraíba. II - disponibilidade de fósforo para Plantas de milho. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:633-646, 2009.

FERREIRA, E.M., SANTOS, A.C., ARAÚJO, L.C. E CUNHA, O.F.R. Características agrônomicas do *Panicum maximum* cv. Mombaça submetido a níveis crescentes de fósforo. **Ciênc Rural**, 38: 484-491. 2008.

FONSECA, D.M. **Níveis críticos de fósforo em amostras de solo para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa***. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 1987.

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 solo para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*. **R. Bras. Ci. Solo**, 12:49-58, 1988.

FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V. V.H. SILVA, A.P.R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Absorção, Utilização e Níveis Críticos Internos de Fósforo e Perfilamento em *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum*. **Rev. bras. zootec.**, 29(6):1918-1929, 2000.

FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V., V.H. & NOVAIS, R.F. Fatores que influenciam os níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras: I. Casa de Vegetação **R. Bras. Ci. Solo**, 21:27-34, 1997a.

FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ V., V.H. & NOVAIS, R.F. Fatores que influenciam os níveis críticos de fósforo para o estabelecimento de gramíneas forrageiras: I. Experimento de Campo. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:27-34, 1997b.

FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, **Planta forrageira**. Viçosa, MG: Ed, UFV, 2010.

FORNI, S., MICHEL FILHO, L. E FAVORETTO, V. Efeito de diferentes doses de adubação com NPK sobre a produção, qualidade e estrutura das cultivares Tanzânia e Mombaça de *Panicum maximum* Jacq. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gnosis**, 37. Anais. Viçosa 2000.

GARCEZ NETO A.F. **Respostas morfológicas e produção de *Panicum maximum* cv. mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2001.

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; SAGGIN, A. Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extratores em Latossolo Vermelho Distroférrico. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:1023-1029, 2002.

GHERI, E.O.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E et al. Nível crítico de fósforo para *Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 1809-1816, 2000.

GONÇALVES, G.K.; MEURER, E.J. Disponibilidade de fósforo em solos cultivados com arroz irrigado por alagamento no Rio Grande do Sul. **R. Bras. Ci. Solo**, 32:2745-2750, 2008.

GUEDES, E. M. S.; FERNANDES, A. R.; LIMA, E.D.; GAMA, M.A.P.; SILVA da, A.L.P. Fosfato natural de arad e calagem no crescimento de *Brachiaria brizanta* em Latossolo Amarelo sob pastagem degradada na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias** (Belém), v. 52, p. 117-130, 2009.

GUIMARÃES, S.T. **Caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba)**, Amazonas. Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2010.

GUIMARÃES, S.T.; LIMA, H.N.; TEIXEIRA, W.G.; JUNIOR, A.F.N.; SILVA, F.W.R.; MACEDO, R.S.; SOUZA, K.W. Caracterização e classificação de Gleissolos da várzea do rio solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:317-326, 2013.

GUIMARÃES, S.T.; LIMA, H.N.; TEIXEIRA, W.G.; NEVES JUNIOR, A.; SILVA, F.W.R. et al. Caracterização e classificação de Gleissolos da Várzea do rio Solimões (Manacapuru e Iranduba), Amazonas, Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 37:317-326, 2013.

GUSS, A.; GOMIDE, J.A.; NOVAIS, R.F. Exigências de fósforo para estabelecimento de quatro leguminosas forrageiras em solos com distintas características físico químicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, p.450-458, 1990.

HOLANDA, J. S.; BRASIL, E. C.; SALVIANO, A. A. C.; CARVALHO, M. C. S.; RODRIGUES, M. R. L.; MALAVOLTA, E. Eficiência de extratores de fósforo para um solo adubado com fosfatos e cultivado com arroz. **Scientia Agricola**, n. 52, v. 3, p. 561-568. 1995.

IAC. **Análise química para avaliação da fertilidade dos solos tropicais**, editado por B> VAN RAIJ, J.C. DE ANDRADE, H. CANTARELLA E J.A. QUAGGIO. Campinas. Instituto Agrônomo, 2001.

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*. **Ciênc. agrotec.** vol.34 no.5 Lavras set./out. 2010.

KLIEMANN, H. J.; LIMA, D.V. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais e sua influência no fósforo disponível em dois solos de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (UFG), Goiânia, Goiás, v. 31, n.2, p. 111-119, 2001.

LEITE, P.B.; ALVAREZ V, V.H.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; GUARÇONI M. A. Níveis críticos de fósforo, para milho, em casa de vegetação, de acordo com a sua localização no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:497-508, 2006.

- LEITE, P.B.; ALVAREZ V. V.H.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. et al. Níveis críticos de fósforo, para eucalipto, em casa de vegetação, em função da sua localização no solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 33:1311-1322, 2009.
- LEMAIRE, G., AGNUSDEI, M. 1999. Leaf tissue turn-over and efficiency of herbage utilization. In: Lemaire, G. (ed.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Proceedings of an International Symposium*, Curitiba, Brazil, august 1999, p.165-186.
- LIMA, H.N.; MELLO, J.W.V.; SCHAEFER, C.G.R.; KER, J.C. et al. Mineralogia e química de três solos de uma toposequência da bacia sedimentar do alto Solimões, Amazônia ocidental. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:59-68, 2006.
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R.; FORTES, C.A.; PINTO, J.C. FURTINI NETO, A.E.; SOUZA, R.M. Calagem, silicatagem e doses de fósforo no crescimento e nutrição mineral de estilosantes - **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 40, n. 2, p. 150-158, abr./jun. 2010
- LOPES, M.M.; MARTINS, R.R.S.; TUCCI, C.A.F. et al. Resposta morfogênica de *Urochloa brizantha* a fontes de P em Gleissolo Háptico. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA ZOOTEC, Cinquenta Anos de Zootecnia no Brasil, Santa Maria – RS 2016. **Anais**: Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa – MG, 2016.
- MAIA, M.A.M.; Marmos, J.L. **Geodiversidade do Estado do Amazonas**. Programa Geologia do Brasil Levantamento da Geodiversidade. Manaus, Brasil 2010.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 2006.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: Princípios e aplicações**. Piracicaba, Potafos, 1997.
- MANARIN, S.A. **Combinações de doses de fósforo e de zinco em solução nutritiva para o capim-Tanzânia**. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba-São Paulo – 2005.
- MANZATTO, C.V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J.R.R. **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002.
- MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapf) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf, *Melinis minutiflora* Pai de Beauv, *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum* Schum. **An. Esc. Sup. Agrlc.** Luiz de Queiroz, Piracicaba 37(2):913-77. 1980.
- MARTINS, C.D.M.; EUCLIDES, V.P.B.; BARBOSA, R.A.; MONTAGNER, D.B.; MIQUELOTO, T. Consumo de forragem e desempenho animal em cultivares. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.48, n.10, p.1402-1409, out. 2013.
- MARTUSCELLO, J.A. **Morfogênese de *Panicum maximum* x *Panicum infestum* cv. massai e *Brachiaria brizantha* cv. xaraés submetidas à adubação nitrogenada e desfolhação**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2003.
- MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; MOREIRA, L.M.; RUPPIN, R.F. CUNHA, D.N.F.V. Níveis críticos de fósforo no solo e na parte aérea no estabelecimento de capim- elefante. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.10, p.1878-1885, 2009.
- MARTUSCELLO, J.A.; FONSECA, D.M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. et al. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.665-671, 2006.

MARTUSCELLO, J.A.; SILVA, L.P.; CUNHA, D.N.F.V.; BATISTA, A.C.S.; BRAZ, T.G.S.; FERREIRA, P.S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Cienc. anim. bras.** v.16, n.1, p. 1-13 jan./mar 2015.

MELO, S.P., MONTEIRO, F.A. AND MANFREDIN, D. Silicate and phosphate combinations for marandu palisadegrass growing on an oxisol. *Sci Agric*, 64: 275-281- 2007.

MESA, A.R.; MENDOZA, F.; AVILA, V. Rendimiento de materia seca y niveles críticos de P em *Pennisetum purpureum*. **Pastos y Forrajes**, [S.l.], v. 11, p. 151-156, 1988.

MESQUITA, E.E.; PINTO, J.C.; BELARMINO, M.C.J. Aplicação de fósforo em Latossolo Vermelho distroférrico no estabelecimento das gramíneas cvs. Mombaça, Marandu, Planaltina e Kazungula. **Pasturas Tropicais**, Cali-Colômbia, v. 26, n.2, p. 20-25, 2003.

MESQUITA, E.E.; FONSECA, D.M.; PINTO, J.C.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; PEREIRA, O.G. Métodos de estabelecimento e doses de calcário, gesso e fósforo na produção e qualidade de *Brachiaria decumbens* e *Stilosanthes guianensis*. **Pasturas tropicais**, v. 24, n. 3, 2004.

MESQUITA, E.E.; NERES, M.A.; OLIVEIRA, O.S.R.; MESQUITA, L.P. et al. Teores críticos de fósforo no solo e características morfológicas de *Panicum maximum* cultivares Mombaça e Tanzânia-1 e *Brachiaria* híbrida Mulato sob aplicação de fósforo. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v.11, n.2, p. 292-302 abr/jun, 2010.

MESQUITA, E.E.; PINTO, J.C.; FURTINI NETO, A.E.; SANTOS, I.P.A.; TAVARES, V.B. Teores críticos de fósforo em solos para o estabelecimento de capim-mombaça, capim-marandu e capim-andropogon, em vasos. *Revista Brasileira de Zootecnia/Brazilian Journal of Animal Science*, **Viçosa-Brasil**, v. 33, n.02, p. 290-301, 2004.

MONTEIRO, E. M. M.; LOURENÇO JÚNIOR, J.B.; SANTOS, N.F.A.; AVIZ, M. A. B. Valor nutritivo da leguminosa *Pueraria phaseoloides* (roxb.) Benth como alternativa na suplementação alimentar de ruminantes na Amazônia Oriental. **Ciência Rural** (UFMS. Impresso), v. 39, p. 613-618, 2009.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; MORAES, L. A. C. Eficiência de fontes e doses fósforo na alfafa e na centrosema cultivadas em Latossolo Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 37, n.10, p. 1459-1466, 2002.

MOREIRA, L.M.; FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; NÓBREGA, E.B. Absorção e níveis críticos de fósforo na parte aérea para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. napier). **Ciênc. agrotec., Lavras**, v. 30, n. 6, p. 1170-1176, nov./dez., 2006.

MOREIRA, L.M.; FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; NÓBREGA, E.B. Adubação fosfatada e níveis críticos de fósforo no solo para manutenção da produtividade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* cv. Napier). **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.943-952, 2006.

MOREIRA, M.S.; SIQUEIRA, J.O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Lavras: Ed. UFLA, 2008.

MUNER, L.H.; RUIZ, H.A.; ALVAREZ, V.H.A.V.; NEVES, J.C.L.; FREIRE, F.J.; FREIRE, M.B.G.S. Disponibilidade de zinco para milho em resposta à localização de fósforo no solo. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.1, p.29-36, 2011.

MUNIZ, A. S.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. **Nível crítico de fósforo na parte aérea da soja como variável do fator capacidade de fósforo do solo**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.9, p.237-243, 1985.

MUNIZ, A.W.; CORRÊA, R.B.; FONTES, J.R.A.; Oliveira, I.J. Acúmulo de Carbono Orgânico no Sistema de Plantio Direto de Milho no Amazonas. *Circular técnica, Manaus-Am*, Fev. de 2015.

BRASIL, E. C.; MURAOKA, T. Extratores de fósforo em solos da Amazônia tratados com fertilizantes fosfatados. **R. bras. Ci. Solo**, Viçosa, 21:599-606, 1997.

- NEVES, J.C.L. **Aspectos nutricionais em mudas de *Eucalyptus* spp – Tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1983 (Dissertação de Mestrado).
- NOVAIS, R.F. e SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais.** Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- NOVAIS, R.F. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V. V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG, SBCS, 2007.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. & COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **R. Arv**, 6:29-37, 1982.
- OLIVEIRA, A.B. **Morfogênese e produção do Capim-tanzânia submetido a adubações e intensidades de corte.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga Bahia, 2005.
- 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. **Rev. Bras. Ciênc. Agrária.** Recife, v.8, n.4, p.589-594, 2013.
- OLIVEIRA, J.P.M.; ERNANI, P.R.; GATIBONI, L.C. PEGORARO, A. Alterações químicas e avaliação de p disponível na região adjacente aos grânulos de superfosfato triplo e diamônio fosfato em solos ácidos. **R. Bras. Ci. Solo**, 38:1526-1536, 2014.
- OLIVEIRA, P.S.R.; DEMINICIS, B.B.; CASTAGNARA, D.D.; GOMES, F.C.N. Efeito da adubação com fósforo do capim Mombaça em solos com texturas arenosa e argilosa. **Arch. Zootec.** 61 (235): 397-406. 2012.
- PALÁCIO, S.M.; LUCHESE, E.B.; LENZI, ERVIM. Comparação dos extratores Mehlich-1 e Bray-1 com o coletor a base de óxido de ferro na avaliação do fósforo no solo. **Acta Scientiarum** 22(5):1151-1156, 2000.
- PATÊS, N.M.S.; PIRES, A.J.V.; SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C. et al. Características morfológicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **R. Bras. Zootec.**, v.36, n.6, p.1736-1741, 2007.
- PEIXOTO, A.M.; PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C.; FARIAS, V.P. A Planta Forrageira no Sistema de Produção. Simpósio sobre manejo da pastagem 17: 2001.
- PIGNATARO NETO, I.T. **Qualidade física e química de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagens com diferentes tipos de uso.** Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2008.
- PINTO, J.C.; GOMIDE, J.A.; MAESTRI, M. Produção de matéria seca e relação folha/caule de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.313-326, 1994.
- PIRACICABA. **Anais do 18º simpósio sobre manejo da pastagem:** Piracicaba: FEALQ, 2001.
- PORTO, E.M.V.; ALVES, D.D.; VITOR, C.M.T.; GOMES, V.M. SILVA, M.F.; DAVID, A.M.S.S. Rendimento forrageiro da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a doses crescentes de fósforo. Volume 11, número 3, p.25-34, 2012.
- RAHMAN M S E WILSON J H. Effect of phosphorus applied as superphosphate on rate of development and spikelet number per ear in different cultivars of wheat. **Aust. J. Agric. Res.** 28, 183–186. 1977.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres, Potafos. 1991.
- RAIJ, B.V.; FEITOSA, C.T. Correlação entre o fósforo extraído por diversos extratores químicos e absorvido pelo milho. **Bragantia (São Paulo)**, v. 39, p. 51-57, 1980.
- RAIJ, B.V. **Avaliação da fertilidade do solo.** Piracicaba. Instituto da Potassa e Fosfato (EUA) Instituto Internacional da Potássio (SUICA) PIRACICABA-SP DEZEMBRO, 1983.

REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forragicultura - Ciência e Tecnologia e Gestão de Recursos**. Jaboticabal: Maria de Lurdes Brandel – ME, 2013.

REZENDE, C.P.; PINTO, J.C.; PEREIRA, J.M.; MUNIZ, J.A.; ANDRADE, I.F.; EVANGELISTA, A.R. Características morfológicas do capim-elefante e capim-braquiário submetidos a diferentes taxas de lotação. **Ciência Agrotecnicas**, v.28, n.2, p.414-421, 2004.

REZENDE, A. V.; LIMA, J. F.; RABELO, C. H. S.; RABELO, F. H. S.; NOGUEIRA, D. A.; CARVALHO, M.; FARIA JUNIOR, D. C. N. A.; BARBOSA, L. A. BONFIM-SILVA, E. M.; MONTEIRO, F. A. Nitrogênio e enxofre na adubação e em folhas diagnósticas e raízes do capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, 2010.

REZENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E. Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 32 p. – **Documentos Embrapa Cerrados**, ISSN 1517-5111; 195.

REZENDE, A.V.; LIMA, J.F.; RABELO, C.H.S.; RABELO, F.H.S. et al. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Revista Agrarian**. v.4, n.14, p.335-343, 2011.

REZENDE, C.G.B. **Fosfato natural na adubação do capim piatã em Latossolo Vermelho do Cerrado**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Mato Grosso. RONDONÓPOLIS – MT 2013.

RIBEIRO JUNIOR, J. I. Análises estatísticas no SAEG, Viçosa: UFV, 2007. 301p.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999.

RODRIGUES, H.V.M. **Fósforo e Calagem na Produtividade e Recuperação do Capim Marandu**. Mestrado Em Produção Vegetal. Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário De Gurupi-2010.

RODRIGUES, R.C.; MOURÃO, G.B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P.H.C., HERLING, V.R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.3, p.394-400, 2008.

RODRÍGUEZ, D.; KELTJENS, W.G.; GOUDRIAAN, J. Plant leaf area expansion and assimilate production in wheat (*Triticum aestivum* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant and Soil** 200: 227–240, 1998.

ROSSI, C. **Crescimento e Nutrição de braquiário em Latossolo dos solos Campos das Vertentes (MG) sob influência da calagem e fonte de fósforo**. 1995. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Lavras-1995.

RUIZ, H.A.; FERNANDES, B.; NOVAIS, R.F.; et al. Efeito do conteúdo de água sobre os níveis críticos de fósforo em dois Latossolos. **R. bra. Ci. Solo**, 12:43-48, 1988.

SALINAS, J. G. e DELGADILLO, G. Respuesta diferencial de ocho gramíneas forrajeras a estres de AI y P en un Oxisol de Carimagua, Colombia. s.n.t. 28p. Trabalho apresentado no VII **Congresso Latinoamericano da Ciência do Solo**, Heredia, Costa Rica, 1982.

SANTOS, H. Q.; FONSECA, D. M. CANTARUTTI, R.B.; ALVAREZ, V.H.V.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Níveis Críticos De Fósforo No Solo E Na Planta Para Gramíneas Forrageiras Tropicais, Em Diferentes Idades. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:173-182, 2002.

SANTOS, I.P.A. **Morfologia e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob fontes e doses de fósforo**. Teses (Doutorado) em Zootecnia. UFLA – Lavras Minas Gerais 2004.

SANTOS, L.C.; BONOMO, P.; SILVA, V.B.; PATÊS, N.M.S. Características morfogênicas de Braquiárias em resposta a diferentes adubações. **Maringá**, v. 31, n. 1, p. 221-226, 2009.

SANTOS, M. E. R.; FONSECA, D. M.; BALBINO, E. M.; MONNERAT, J. P. I. S.; SILVA, S. P. Capim braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e características da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 650-656, 2009.

SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; CARVALHO, C.A.B. et al. Tiller size/population density compensation in Coastcross grazed swards. **Scientia Agrícola**, v.58, n.4, p.655-665, 2001.

SCHUNKE, R. Fósforo: adubar ou mineralizar. In: COLETÂNEA DE SEMINÁRIOS TÉCNICOS 1988/1991. **Resumos...** Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1994.

SILVA, F.C.; RAIJ, B.V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliada por diferentes extratores. **Pesq. agropec. bras.** Brasília, v.34, n.2, p.267-288, fev. 1999.

SILVA, J.B. Influência do alagamento nas formas disponíveis de fósforo em solos de várzea. Tese (doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Pelotas, 2013.

SILVA, R.C. **Efeito do gesso nos teores de fósforo avaliados por três métodos de análise do solo.** Dissertação (Mestrado) para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Universidade de São Paulo-ESALQ-Piracicaba 2008.

SILVA, R.C. **Efeito do gesso nos teores de fósforo avaliados por três métodos de análise de solo.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Querioz”, Piracicaba, 2006.

SILVA, W.M. **Avaliação de extratores de fósforo disponível em dois Latossolos do Mato Grosso do Sul.** Dissertação (Mestrado – Agronomia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMG, 1997.

SILVA, W.M.; FABRÍCIO, A.C.; MARCHETTI, M.E. et al. Eficiência de extratores de fósforo em dois Latossolos do Mato Grosso do Sul. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.34, n.12, p.2277-2285, dez. 1999.

SILVA, E.B.; RESENDE, J.C.F.; CINTRA, W.B.R. Resposta do feijoeiro a doses de fósforo em solo arenoso. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.31, n.6, p.973-977, 2001.

SIMÕES NETO, D.E. **Avaliação da disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação fosfatada para cana-planta em solos do Estado de Pernambuco.** Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Universidade Federal de Pernambuco-Recife 2008.

SIMÕES NETO, D.E.; OLIVEIRA, A.C.; ROCHA, A.T. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Rev. Ceres, Viçosa**, v. 58, n.6, p. 802-810, nov/dez, 2011.

SIMONETE, M.A.; ERNANI, P.R.; MORO, L.; et al. Eficiência de Métodos Analíticos na Predição da Disponibilidade de Fósforo para Arroz Irrigado em Solos Catarinenses. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:1151-1160, 2015.

SOARES, C.M. **Potencial do uso de gramíneas tropicais para ruminantes.** Tese de Doutorado em Ciência Animal. Universidade federal de Mato Grosso do Sul –Campo Grande-2015.

SOUSA, R.R.J. **Características morfogênicas e estruturais da Braquiária xaraés e do estilosantes mineirão.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, GO, 2012.

TEIXEIRA, W.G.; CRUZ, M.E.G.; LIMA, H.N.; CORREIA, M.R.D. & SOARES, C.B. Mapa de Solos do Município de Iranduba (Escala 1: 200.000). In: Mapas Pedológicos de Municípios do Médio Solimões: Área de Estudo do Piatam- Embrapa, UFAM, SIPAM. Manaus, EDUA, 2007.

TUCCI, C. A. F. **Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia.** Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1991.

VALLE, C.B.; MACEDO, M.C.M.; EUCLIDES, V.P.B. et al. Gênero *Brachiaria*. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas Forrageiras**, Editora Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010, 537p.

VELOSO A.L.C. **Pastagem irrigada de *Panicum maximum* jacq cv tanzânia adubada com fósforo e nitrogênio sobre a produção, valor nutritivo e atributos do solo no Norte de Minas Gerais.** Tese (Doutorado) Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte 2012.

WADT, P.G.S.; SILVA, L.M. **Determinação do Fósforo Remanescente para a Avaliação da Disponibilidade de Fósforo em Solos do Estado do Acre.** ISSN 0100-8668 Rio Branco, AC Junho, 2011.

ZANINE, A.M. **Características morfológicas, estruturais e acúmulo de forragem do capim *Panicum maximum* cv. Tanzânia submetido a intensidades e frequências de pastejo.** Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2007.

ZANINE, F.H.; SCHULTZ, T.A.; CASTAGNARA, D.D.; OLIVEIRA, P.S.R.; NERES, M.A. Adubação fosfatada sobre a produção de matéria seca de Forrageiras tropicais. **Synergismus scyentifica**, UTFPR, Pato Branco , 0 4 ( 1 ). 2009.

## **ANEXOS**

Tabela 1A – Resumo da análise de variância dos componentes da *B. humidicola* cultivada em solos do Amazonas, Manaus, 2016.

Fonte de Variação	Latossolo Amarelo				Gleissolo Háptico		
	Quadrado médio (QM)						
	Corte 1 (C <sub>1</sub> )						
	GL	Colmo e bainha (C+B)	Lâmina foliar (LF)	Matéria Seca (MSPA)	Colmo e bainha (C+B)	Lâmina foliar (LF)	Matéria Seca (MSPA)
Blocos	4	0,57 <sup>ns</sup>	0,35*	1,75*	0,31 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>
Doses	6	3,79**	0,67**	11,59**	16,85**	5,11**	44,97**
Erro	24	0,22	0,12	0,58	0,55	0,17	0,66
Corte 2 (C <sub>2</sub> )							
Blocos	4	0,25 <sup>ns</sup>	0,54*	1,07 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>
Doses	6	1,18**	1,4**	6,83**	6,28**	5,00**	24,26**
Erro	24	0,23	0,16	0,66	0,43	0,19	1
C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub>							
Blocos	4	0,76 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>
Doses	6	8,76**	3,32**	34,75**	40,47**	19,97**	130,66**
Erro	24	0,46	0,16	1	1,02	0,46	1,89

\*\* e \* Significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 2A – Resumo da análise de variância fósforo recuperada pelo extrator Mehlich-1 (M-1), Mehlich-3 (M-3) e resina, teor de fósforo na parte aérea e conteúdo de fósforo na parte aérea de *B. humidicola* para Latossolo Amarelo (LA), Manaus 2016 para Latossolo Amarelo (AM) e Gleissolo Háptico (GX).

Fonte de Variação	GL	LA					GX				
		Quadrado médio									
		M-1	M-3	resina	Teor de P	Acúmulo de P	M-1	M-3	resina	Teor de P	Acúmulo de P
Blocos	4	0,28 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	10,30 <sup>ns</sup>	3,93 <sup>ns</sup>	15,94 <sup>ns</sup>	1,18**	2,82**	865,86**
Doses	6	23,56**	300,82**	64,75**	3,36**	448,55**	55,93**	94,86**	35,16 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	19,45 <sup>ns</sup>
Erro	24	0,91	6,27	1,45	0,05	8,47	2,75	5,57	1,46	0,03	10,465

\*\*Significativo ao nível de 1% de probabilidade, <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 3A – Resumo da análise de variância para as características morfológicas e estruturais da *B. humidicola*, como variável dependente das doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas para Latossolo Amarelo (LA) e Gleissolo Háplico (GX) nos o corte 1 (C<sub>1</sub>) e corte 2 (C<sub>2</sub>).

Fonte de variação	GL	Variáveis LA									
		Quadrado médio (C <sub>1</sub> )									
		TAIC	TAIF	TxS	CFF	TapF	Fil.	DVF	NFV	NPV	F/C
Blocos	4	12,41 <sup>ns</sup>	4,06 <sup>ns</sup>	42,16 <sup>ns</sup>	647,97 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	5,78 <sup>ns</sup>	100,99 <sup>ns</sup>	3,03 <sup>ns</sup>	43,36 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
Doses	6	30,58**	53,55**	258**	3663,67**	0,04**	73,13**	453,58**	25,49**	299,03**	1,26**
Erro	24	4,04	5,96	35,3	310,62	0	4,71	60,51	2,05	15,79	0,09
Total	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fonte de variação	GL	Variáveis GX									
		Quadrado médio (C <sub>1</sub> )									
		TALC	TALF	TxS	CFF	TapF	Fil.	DVF	NFV	NPV	F/C
Blocos	4	7,07 <sup>ns</sup>	2,73 <sup>ns</sup>	9,93 <sup>ns</sup>	305,12 <sup>ns</sup>	0,0013 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	20,88 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	107,71*	0,21 <sup>ns</sup>
Doses	6	60,17**	18,44**	93,84**	893,2**	0,0297**	101,04**	242,19*	26,36**	489,05**	1,57**
Erro	24	10,54	5,01	24,88	149,69	0,003	7,55	86,02	2,4	29,96	0,42
Total	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fonte de variação	GL	Variáveis LA									
		Quadrado médio (C <sub>2</sub> )									
		TAIC	TAIF	TxS	CFF	TapF	Fil.	DVF	NFV	NPV	F/C
Blocos	4	1,78 <sup>ns</sup>	1,22*	3,84 <sup>ns</sup>	55,48 <sup>ns</sup>	0,0012*	65,86 <sup>ns</sup>	164,30 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	143,6**	1,89 <sup>ns</sup>
Doses	6	3,45**	7,61*	19,22**	162,10 <sup>ns</sup>	0,0018**	168,24**	526,19 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	130,76**	1,41 <sup>ns</sup>
Erro	24	0,93	2,41	3,49	105,81	0,0003	27,46	240,77	0,5	27,58	0,57
Total	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fonte de variação	GL	Variáveis GX									
		Quadrado médio (C <sub>2</sub> )									
		TALC	TALF	TxS	CFF	TapF	Fil.	DVF	NFV	NPV	F/C
Blocos	4	6,15**	13,18*	4,13 <sup>ns</sup>	141,58 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>	39,34 <sup>ns</sup>	187,68 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>ns</sup>	87,96 <sup>ns</sup>	2,74 <sup>ns</sup>
Doses	6	5,73**	10,02*	15,89**	192,8 <sup>ns</sup>	0,0044**	142,28**	755,09**	8,38**	382,47**	2,79*
Erro	24	0,89	3,14	3,5	98,15	0,0008	23,24	108,94	1,54	34,66	1,05
Total	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*\* e \* Significativos ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente. <sup>ns</sup> não significativo. Variáveis: taxa de alongamento do colmo (TAIC), taxa de alongamento de folha (TAIF), taxa de senescência (TxS), comprimento final da folha (CFF), taxa de aparecimento de folha (TapF), filocrono (Fil.), duração de vida da folha (DVF), número de folha viva por perfilho (NFV), número de perfilho por vaso (NPV), relação folha colmo (F/C).