

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CAPIM-PIATÃ SUBMETIDO A FONTES DE FÓSFORO NA
REGIÃO DE TRANSIÇÃO CERRADO–PANTANAL

Acadêmica: Patricia dos Santos Gomes

Aquidauana-MS
Dezembro/2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CAPIM-PIATÃ SUBMETIDO A FONTES DE FÓSFORO NA
REGIÃO DE TRANSIÇÃO CERRADO–PANTANAL

Acadêmica: Patricia dos Santos Gomes
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luísa Melville Paiva
Co-orientadora: Dr^a. Estella Rosseto Januszkiewicz

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana-MS
Dezembro/2018

G616c Gomes, Patricia dos Santos

Capim-piatã submetido a fontes de fósforo na região de transição Cerrado–Pantanal/ Patricia dos Santos Gomes. – Aquidauana, MS: UEMS, 2018.
56f.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia –
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2018.
Orientadora: Prof. Dra. Luísa Melville Paiva.

1. Adubação fosfatada 2. Ecofisiologia de plantas
forrageiras 3. Produção em pasto I. Paiva, Luísa Melville II.
Título

CDD 23. ed. - 631.85



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Área de Concentração: Produção Animal no Cerrado-Pantanal

PATRÍCIA DOS SANTOS GOMES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/08/2018.

Dra. Estella Rosseto Januszkiewicz- coorientadora

Dr. Henrique Jorge Fernandes

Dra. Graziela Cáceres Carpejani

AGRADECIMENTOS

A Deus todo Poderoso, sempre e acima de tudo, por tudo, a Ele toda honra e glória.

Aos meus pais Manoel Cabral e Marlene por toda, dedicação, amor e carinho. Obrigada por cada oração, por cada minuto dedicado, obrigada pelos ensinamentos e apoio.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Luísa Melville Paiva, por todos os momentos de dedicação, pelos ensinamentos, pelo empenho, pelos conselhos, pela amizade construída e pela confiança. Agradeço a Deus pela vida da senhora!

Ao Professor Dr. Henrique Jorge Fernandes, pela disposição e por todo ensinamento em relação à análise estatística.

A Dra. Estella Rosseto Januszkiewicz, pelos ensinamentos, por toda dedicação ao meu crescimento profissional e pessoal, pela amizade acima de tudo.

As minhas tias Josefa, Lindalva e Maria, por amor e carinho, pelo cuidado, conselhos e todas as risadas nos nossos almoços de domingo, amo vocês!

A minha irmã Vanessa, meus primos (irmãos do coração) Daniel, Renan por todos os momentos divertidos e cheios de amor. A minha avó Severina, pelo amor e orações, sempre pedindo a Deus para me proteger e realizar meus sonhos.

Ao meu grande amigo, Robson Balbuena, por todas as horas de estudo, conversas e risadas, trabalhos a campo, idas e vindas à universidade, por todos os momentos juntos, momentos esses que serão inesquecíveis.

Ao meu esposo, amigo e companheiro de vida, David Dener, por todo amor e carinho, cuidado e paciência, por todos os conselhos e pelo apoio em diversas ocasiões. Você é meu presente de Deus, hoje e sempre!

Ao grupo de pesquisa GEFE, pelo auxílio na realização desse trabalho. Meu respeito e carinho a todos do grupo em especial Robson, Redney. E aos ex-integrantes Alex Coene e Lidiane Flores.

A todos os Professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UEMS, por contribuir com meu crescimento profissional. E aos funcionários da UEMS, que em todos os momentos estiveram presentes e contribuindo para a execução deste projeto.

A todos, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 - CAPIM-PIATÃ.....	2
2.2 - ADUBAÇÃO FOSFATADA.....	3
2.3 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E MORFOGÊNICAS.....	6
3 – OBJETIVOS.....	9
3.1 - OBJETIVO GERAL.....	9
3.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10
CAPÍTULO 2 - CAPIM-PIATÃ SUBMETIDO A FONTES DE FÓSFORO NA REGIÃO DE TRANSIÇÃO CERRADO – PANTANAL (BRASIL).....	15
Resumo	16
Abstract.....	17
Introdução.....	17
Material e Métodos.....	18
Resultados e Discussão.....	22
Conclusão	29
Referências Bibliográficas.....	29
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
APÊNDICE A – Artigo submetido	36

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Análise química do solo da área experimental no ano de 2012	19
Tabela 2. Médias por quadrados mínimos e erros padrão da média das características morfogênicas e estruturais do capim-piatã avaliadas durante cinco anos na região de transição Cerrado-Pantanal, recebendo fontes de fósforo de diferentes solubilidades em água	22
Tabela 3. Médias por quadrados mínimos e erros padrão da média das características morfogênicas e estruturais do capim-piatã avaliadas durante cinco anos na região de transição Cerrado-Pantanal, recebendo fontes de fósforo de diferentes solubilidades em água.	23

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura durante as estações das águas dos anos de 2013 a 2016	20
Figura 2. Filocrono (em dias folha ⁻¹ perfilho ⁻¹), taxa de alongamento foliar (TAIF, cm perfilho ⁻¹ dia ⁻¹), duração de vida das folhas (DVF, em dias), taxa de senescência foliar (TSeF, em cm perfilho ⁻¹ dia ⁻¹), taxa de alongamento do colmo (TAIC, em cm perfilho ⁻¹ dia ⁻¹), número de folhas vivas por perfilho (NFV) do capim-Piatã na região de transição Cerrado-Pantanal, em relação as estações das águas avaliadas	24

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho estudar o desenvolvimento do capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã syn. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) em resposta à adubação com fontes de fósforo de diferentes solubilidades em água, durante quatro estações das águas de 5 anos consecutivos após sua implantação. O experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Aquidauana, numa área de oito hectares, dividida em 16 piquetes. As avaliações foram feitas durante quatro estações das águas dos anos de 2012 a 2016. Os tratamentos avaliados foram: Controle (sem aplicação de adubo), Fosfato Natural Reativo (FNR, fonte de solubilização lenta), Superfosfato Simples (SS, fonte prontamente disponível) e FH (FH Pastagem®, fonte mista de solubilização). As plantas foram mensuradas com intervalo de sete dias para determinação das características estruturais e morfogênicas. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados e nível de significância de 5% foi adotado. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Dunnett (comparar cada fonte de P ao tratamento) e o teste T (comparar as fontes de P entre si). Utilizou-se o pacote estatístico SAS University (SAS Institute Inc., Cary, CA, EUA). Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) das fontes de fósforo no filocrono, sendo o FNR a fonte que apresentou maior valor ($P < 0,05$), semelhante ao SS. Na estação das águas foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) em todas as características avaliadas, com exceção da taxa de aparecimento foliar. Não se observou efeito significativo ($P > 0,05$) da interação entre as fontes de fósforo e estações das águas. De acordo com período experimental, conclui-se que as fontes FNR e SS influenciaram o filocrono, assim como, os fatores climáticos (precipitação e temperatura), promovendo melhor desenvolvimento do capim-piatã.

Palavras-chave: adubação, *Brachiaria Brizantha*, estrutura, morfogênese, *Urochloa brizantha*

ABSTRACT

The objective was to evaluate the development of the Piata grass fertilized with phosphorus sources of different water solubilities. The experiment was conducted at the State University of Mato Grosso do Sul, University Unit of Aquidauana, in an area of eight hectares, divided into 16 paddocks. Evaluations were made for four seasons the waters of the years 2012 to 2016. The treatments evaluated were: Control (without fertilizer application), Natural Reactive Phosphate (FNR), Simple Superphosphate (SS, readily available source) and FH (FH Pastagem®, mixed source of solubilization). The plants were measured with interval of seven days to determine the structural and morphogenic characteristics. The experimental design was a randomized complete block and significance level of 5% was adopted. The means were compared using the Dunnett test (compare each source of P to the treatment) and the T test (compare the sources of P with each other). Statistical package SAS University (SAS Institute Inc., Cary, CA, USA) was used. A significant effect ($P < 0,05$) was observed on phyllochron sources, with FNR being the source with the highest value ($P < 0,05$), similar to SS. At the water station, a significant effect ($P < 0,05$) was observed in all evaluated characteristics, except for the leaf appearance rate. There was no significant effect ($P > 0,05$) on the interaction between phosphorus sources and water stations. According to the experimental period, it was concluded that the FNR and SS sources influenced the phyllochron, as well as the climatic factors (precipitation and temperature), promoting better development of the Piata grass.

Keywords: *Brachiaria Brizantha*, fertilization, morphogenesis, structure, *Urochloa brizantha*

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 - INTRODUÇÃO

O gênero *Brachiaria* agrupa as cultivares de gramíneas forrageiras mais importantes para a produção de carne bovina no país (BARBOSA, 2006). Uma das cultivares que vem sendo muito difundida é a *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã (sinonímia *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã). Esse capim destaca-se nas áreas destinadas ao cultivo de pastagens pela produção de forragem de melhor qualidade, alta produção de folhas e colmos mais finos, precocidade produtiva e maior tolerância à solos encharcados (EMBRAPA, 2009).

A correção da fertilidade do solo, por meio da adubação é fundamental para a melhoria da produtividade, no entanto, a esse respeito sabe-se que o uso de fertilizantes na pecuária é comumente baixo (FREIRE et al. 2005). O resultado da adubação não é representado apenas pelo rendimento da forragem, plantas bem nutridas garantem uma cobertura adequada do solo, impedindo a presença de plantas invasoras e conferem maior resistência a condições adversas, como seca e geada (BARCELLOS, 2011).

O uso inadequado das pastagens pode, com o tempo, causar a sua degradação. A degradação de pastagens na região de Cerrado - Pantanal é evidente, sendo que algumas estimativas apresentam algum indicador de degradação em cerca de 70 a 80% das áreas ocupadas com pastagens cultivadas (MARTHA JÚNIOR et al., 2002). A baixa fertilidade do solo e o manejo incorreto das pastagens são os principais fatores da degradação e queda da produtividade do setor. A diminuição da massa forrageira e do valor nutritivo da pastagem representam a consequência de maior impacto à produção (DIAS FILHO, 2014).

Esse cenário tem sido motivo de grande preocupação, estimulando os estudos de alternativas rentáveis e sustentáveis para a produção de bovinos em pastejo. Considerando que o panorama pecuário na região de Cerrado pode ser alterado de forma rápida, a degradação das pastagens adquire especial importância uma vez que altera negativamente uma área, tornando a recuperação ou renovação da área de pastagem degradada uma rotina (MACEDO, 2000).

Com relação à reposição da fertilidade do solo, um dos principais nutrientes exigidos pelas plantas é o fósforo. O uso de adubo fosfatado exerce influência no desenvolvimento de raízes e no perfilhamento das gramíneas (CECATO et al., 2008). O P é o nutriente mais mencionado como a principal razão da diminuição da produtividade das pastagens em solos ácidos de baixa fertilidade, sendo considerado indispensável para a formação de pastagens em solos da região do Cerrado (VOLPE et al., 2008). O déficit de P diminui a taxa de crescimento inicial e o estabelecimento das forrageiras, além de restringir sua capacidade produtiva e, como consequência, das pastagens (RODRIGUES et al. 2000).

As frações de fósforo para as plantas são relativamente pequenas, quando comparadas com os macronutrientes nitrogênio e potássio. No entanto, para a correção da deficiência, a demanda de adubo fosfatado é alta, fato este resultante da vasta capacidade de retenção desse nutriente no solo, em formas pouco solúveis, não disponíveis para as plantas (FRANCO, 2003). O uso de fontes de fósforo de diferentes solubilidades em variadas condições de manejo, com o objetivo de intensificar as adubações, foi proposta por Maciel et al. (2007).

Além da importância da adubação fosfatada, também é imprescindível considerar o tempo de estudo, pois o fósforo limita a produtividade em solos tropicais, por meio de sua habilidade em agrupar compostos com alta energia de ligação com os colóides (fase sólida). Dessa forma, apenas uma pequena fração tem baixa energia de ligação que possibilita a disponibilidade às plantas (GATIBONI, 2003). Sendo assim, trabalhos ao longo de um período maior que um ciclo de produção, apontam para manejos mais sustentáveis econômica e ambientalmente. Isso porque acredita-se que será possível oferecer, com apenas uma de aplicação a quantidade de fósforo suficiente para as plantas terem uma boa implantação, mas também se desenvolverem à medida que esse nutriente continue a ser liberado no solo.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - CAPIM-PIATÃ

As gramíneas do gênero *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) são de grande importância, pois ocupam 85% das áreas de pastagens no Brasil (MACEDO,

2004). O capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã syn. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) foi a primeira forrageira protegida lançada pela Embrapa Gado de Corte, em 2006, como mais uma opção para a diversificação das pastagens (ALMEIDA et al. 2009). Esta cultivar foi identificada na coleção do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), coletada na região de Welega na Etiópia, com a colaboração do International Livestock Center for África (VALLE et al. 2008).

O capim-piatã vem se destacando por ser considerada uma forrageira produtiva, com maior acúmulo de folhas quando comparada às demais espécies do gênero, maior tolerância a solos mal drenados e boa aceitação pelos animais. Possui boa produção de forragem, em média de 9,5 toneladas por hectare de matéria seca, com 57% de folhas, sendo 30% dessa produção obtida no período seco (PIMENTA, 2009). Valle et al. (2007) descrevem o capim-piatã com as seguintes características: capim de crescimento ereto, com formação de touceiras, altura média de 1 m, lâminas foliares podendo atingir até 45 cm e ótimo perfilhamento.

O capim-piatã apresenta características agronômicas diferentes dos demais cultivares da mesma espécie, sendo por isso recomendado para a diversificação das pastagens, como alternativa ao cultivar Marandu (EUCLIDES et al. 2005). A Embrapa Gado de Corte recomenda esse capim para ser cultivado em praticamente todo o País, em regiões com bom regime de chuvas e sem invernos rigorosos, e indicado ainda, para solos de média fertilidade (VALLE et al. 2007).

Com o tempo de utilização, a gramínea perde o vigor e reduz a produtividade, caracterizando algum estado de degradação na pastagem. Entre as principais causas de degradação estão a falta de manutenção do pasto, a escolha de espécies forrageiras inadequadas à região e o pastejo excessivo (NORONHA et al. 2010).

2.2 - ADUBAÇÃO FOSFATADA

Os solos da região do Cerrado apresentam como desvantagem em relação aos demais solos brasileiros, uma pobreza generalizada em nutrientes, com destaque para o fósforo. Assim, é imprescindível a adição de fertilizantes

fosfatados para adequado desempenho na produção de forrageiras (SOUSA et al. 2003). Rezende et al. (2011) consideraram o P como o nutriente mais limitante à produção forrageira, interferindo no crescimento das plantas e no desenvolvimento radicular. Na região do Cerrado brasileiro, esse nutriente é importante para o estabelecimento, recuperação e renovação de pastagens na região do Cerrado (FREIRE et al. 2005).

Os teores de fósforo solúvel nos solos do Cerrado são baixos. Tal característica, associada à elevada capacidade que esses solos possuem na retenção do nutriente na fase sólida, é a principal limitação para o desenvolvimento de qualquer atividade agrícola rentável sem a aplicação de adubos fosfatados (SOUSA et al. 2003). Dessa forma, a utilização de adubação fosfatada aumenta significativamente a produção das gramíneas, implicando no desenvolvimento do sistema radicular e do perfilhamento das mesmas (CECATO et al. 2008). De acordo com esses autores, o fósforo desempenha grande influência sobre a quantidade e o peso de perfilhos, por serem essenciais à maior produtividade e persistência das forrageiras e à produção de massa seca, desta forma, sua deficiência limita a capacidade de produção das pastagens. A falta desse nutriente compromete tanto a produtividade como a qualidade da forrageira (BATISTA et al. 2012).

Doses balanceadas e fontes adequadas de fósforo resultam em maior produção e qualidade de forrageiras, uma vez que é necessário ao metabolismo das plantas, na transferência de energia da célula, respiração e fotossíntese, sendo componente estrutural de macromoléculas, genes e cromossomos (TAIZ & ZEIGER, 2009). Esses autores ainda comentam que esse nutriente é integrante de diversas moléculas químicas, como açúcares fosfatados, nucleotídeos, coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios, ácido fítico, difosfato de adenosina e do trifosfato de adenosina, participando de compostos essenciais de vias metabólicas, nos processos de transferência de energia e divisão celular (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Dessa forma, a adubação com fontes de fósforo é importante para manutenção e estabelecimento de pastagens, percebida no sistema radicular e pode maximizar o potencial de produção de massa forrageira (NOVAIS et al. 1999). Korndorfer et al. (1999) relataram que as fontes de P podem ser divididas basicamente em solúveis, pouco solúveis e insolúveis. As primeiras, quando

adicionadas ao solo, aumentam rapidamente a concentração do P na solução do solo, mas têm sua eficiência diminuída ao longo do tempo devido ao processo de adsorção. Já os fosfatos naturais, que são insolúveis em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade do P para as plantas com o tempo. Os fosfatos naturais brasileiros apresentam dissolução no solo de forma muito lenta, sobretudo em condições de acidez corrigida para culturas anuais (pH em água ao redor de 6,0), têm eficiência agronômica reduzida, em média de 25%, em relação aos fosfatos solúveis em água, nos primeiros anos depois da aplicação (SOUSA et al. 2003).

As fontes de fósforo de diferentes solubilidades em água são indicadas de acordo com o manejo a ser adotado e favorecem a eficácia da adubação, já que o uso consorciado de fontes de P de lenta e rápida solubilização em água proporciona aumento na produção de forragens a curto, médio e longo prazo (MACIEL et al. 2007). O crescimento e a produção de massa seca são afetados pela falta de fósforo no estabelecimento da planta, utilizando fontes menos solúveis, para corrigir esse problema recomenda-se fontes solúveis para o estabelecimento de pastagens (FREIRE et al. 2005).

A interação específica do P com os solos de clima tropical e sua importância no aumento da produção de forrageiras, condicionam a necessidade do seu uso eficiente para uma produção satisfatória e sustentável (SOARES et al. 2007). Os autores salientam que a utilização de fontes de fósforo de alta solubilidade (fosfatos reativos) associadas a fosfatos de baixa solubilidade (fosfatos naturais) pode balancear a nutrição fosfatada em forrageiras perenes elevando a qualidade e a produção de forrageiras e diminuindo o custo monetário de produção. As fontes solúveis em água quando adicionadas ao solo, apresentam alta capacidade de liberação de fósforo e elevada eficiência agronômica como fertilizantes fosfatados (GOEDERT, 1986). No entanto, possui reduzido efeito residual, sendo necessária a utilização de adubação de manutenção com reaplicação anual.

Outro ponto a ser considerado é que a solubilização do fosfato natural se dá ao longo do tempo não fornecendo o aporte inicial requerido pelas plantas forrageiras, sendo recomendado aplicar o fosfato natural no plantio associado com uma fonte solúvel de fósforo (SOUZA e LOBATO, 2004). Os fosfatos naturais reagem de forma gradativa no solo, exibindo um efeito residual compensatório, e

o somatório da sua eficiência, quando avaliada por longos períodos, pode se equiparar aos fosfatos solúveis, tornando-se uma alternativa para minimizar custos com fertilizantes fosfatados na implantação e manutenção das pastagens (REZENDE, 2013).

Deve-se considerar ainda que o requerimento de elevadas quantidades de fósforo para a correção da fertilidade dos solos brasileiros, pode provocar um déficit de reservas de rochas fosfatadas de qualidade no país e o alto custo dos fertilizantes esclarece a condução de pesquisas para maximizar a eficiência no uso dos adubos fosfatados (RESENDE et al. 2006). Além disso, é imprescindível a prática da adubação fosfatada para se obter produções satisfatórias nos diferentes sistemas de produção agropecuária (SOUSA e LOBATO, 2008).

2.3 - CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS E MORFOGÊNICAS

A avaliação morfogênica descreve o processo de geração (*genesis*) e crescimento da planta (*morphos*) no espaço. Essa dinâmica é decorrente da taxa de aparecimento de novos tecidos e do equilíbrio entre a taxa de crescimento e de senescência (CHAPMAN e LEMAIRE, 1993).

De acordo com Nascimento Jr. e Adese (2004), as características morfogênicas (alongamento do colmo, alongamento foliar, aparecimento foliar, duração de vida da folha) são referentes ao genótipo e sofrem influência das condições ambientais. Tais condições definem as características estruturais (relação lâmina/colmo, tamanho da folha e número de folhas por perfilho), que originam a área foliar capaz de interceptar a radiação fotossinteticamente ativa.

A produção de uma determinada pastagem depende da sucessiva emissão de folhas e perfilhos, processos fundamentais para restabelecimento foliar após corte e pastejo (OLIVEIRA, 1999). A dinâmica de produção de forragem no pasto pode ser assimilada por meio do estudo da morfogênese (ARAÚJO et al. 2015). As principais associações entre características morfogênicas e estruturais das forrageiras foram descritas por Chapman e Lemaire (1993).

Em pastagens em estágio de crescimento vegetativo, a morfogênese é definida por três características fundamentais: taxa de aparecimento foliar (TApF), a taxa de alongamento foliar (TAIF) e a duração de vida da folha (DVF). As quais

são estabelecidas geneticamente e são influenciadas por variáveis ambientais, tais como disponibilidade hídrica, nutricional e temperatura (MARTINI, 2015).

O estudo das características morfogênicas e estruturais, com o emprego da técnica de perfilhos marcados, possibilita ao técnico a recomendação de manejo diferenciado, fundamentado no entendimento dos processos de crescimento das plantas (GOMIDE et al. 2006). Sendo possível, gerar informações detalhadas do crescimento vegetal por meio de avaliações individuais e detalhadas das plantas, para o correto uso da pastagem, é indispensável definir os limites, máximo e mínimo, para o intervalo de desfolhações.

O número de folhas que aparecem por perfilho por unidade de tempo define a taxa de aparecimento foliar, enquanto o seu inverso, tempo necessário para a emergência de duas folhas consecutivas, determina o filocrono (SANTOS, 2011). A TApF (expressa em folha perfilho⁻¹ dia⁻¹) é tida como a característica morfogênica de maior importância, pois atua de forma direta sob a estrutura do dossel e sob condições ambientais (temperatura, luz, fotoperíodo, disponibilidade de nutrientes de água) ou adversas (manejo) (SOUSA et al. 2010). A TApF influencia na taxa de produção e na densidade populacional de perfilhos, pois cada gema axilar, relacionada ao aparecimento de uma folha pode originar um novo perfilho, alterando as características estruturais do dossel (FARIA, 2014). O filocrono (expresso em dias folha⁻¹ perfilho⁻¹) é um indicador que possibilita prever o surgimento de folhas, por essa razão estima-se que o parâmetro de resposta de filocrono seja equivalente a TApF, porém de forma indiretamente proporcional ao descrito para a TApF (BARBERO, 2011).

O desenvolvimento de folhas é essencial para o crescimento vegetal, função aplicada às folhas no processo de fotossíntese, início para a síntese de tecidos (GOMIDE & GOMIDE, 2000). A TAIF (expressa cm perfilho⁻¹ dia⁻¹) é um parâmetro de alto valor sobre o fluxo de tecidos das plantas, definida em uma unidade de medida sobre uma unidade de tempo (FREITAS, 2000). À medida que o alongamento da lâmina foliar finaliza com a diferenciação da lígula, o alongamento da bainha culmina com a exposição da lígula.

Durante o início do desenvolvimento de um perfilho vegetativo, três tipos de folhas se diferem: completamente expandidas, das quais bainhas desenvolvem o pseudocolmo; emergentes, cujos ápices se tornam visíveis acima do pseudocolmo; e em expansão, completamente abrangidas no interior do

pseudocolmo (GOMIDE e GOMIDE, 2000). A lâmina foliar cresce até a diferenciação da lígula a medida que a bainha foliar, até a lígula se tornar visível, resultando-se, em folha adulta, completamente expandida.

A zona de alongamento promovida pela grande atividade de divisão e diferenciação celular fundamental ao alongamento das folhas é um local de alta demanda por nutrientes (SKINNER e NELSON, 1995). A TAIF possui relação positiva com o rendimento forrageiro e o rendimento por perfilho, no entanto, é negativamente relacionada com o número de perfilhos por planta. O número de perfilhos por planta necessita da TApF, sendo assim, nota-se correlação negativa entre esses parâmetros (FREITAS, 2000).

A duração de vida das folhas (DVF, expressa em dias) é a característica morfogênica que estabelece o equilíbrio entre o crescimento e a morte dos tecidos foliares, ou seja, pode ser descrita como o intervalo de tempo entre o surgimento de uma folha e o início de sua senescência. A DVF pode ser calculada e definida em número de intervalos subsequentes de aparecimento foliar, o início do processo de senescência estabelece a DVF (MARTINI, 2015).

A duração de vida da folha é uma característica morfogênica fundamental pelo papel significativo na determinação de estratégias de manejo. Por meio do conhecimento dessa variável é possível estabelecer o potencial máximo de rendimento de cada espécie, o qual condiz com o período em que a taxa de senescência se assemelha a taxa de crescimento foliar área (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996). De acordo com os autores, este é o momento ideal para cessar a rebrotação através do corte ou pastejo das plantas para atingir a máxima quantidade de material vivo por área (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996).

O processo de senescência é aquele em que acontece diminuição da atividade metabólica da folha. Uma folha é classificada morta quando contém 50% do comprimento do seu limbo foliar senescido. Durante o desenvolvimento da planta, tal processo pode surgir em alta quantidade de resíduo na pastagem, submetendo o animal a um material de baixa qualidade. Por esse motivo, o tempo de vida da folha é importante, para estabelecer o intervalo entre desfolhas (FREITAS, 2000). A taxa de senescência de folhas (TSeF, expressa em $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) é uma característica importante na composição final do dossel forrageiro. Espera-se que a massa de forragem de um pasto seja composta por tecidos vivos que serão convertidos em produção animal desta forma, quanto

menor a TSeF de uma gramínea, melhor seu valor nutritivo (GALZERANO et al. 2013).

Em gramíneas tropicais, em especial plantas de crescimento ereto, há outro elemento importante do crescimento que afeta de forma significativa a estrutura do pasto e o processo de competição por luz, o alongamento de colmos (TAIC, expressa em $\text{cm perfilho}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) (SBRISSIA & DA SILVA, 2001). O desenvolvimento de colmos melhora a produção de matéria seca, no entanto, interfere na estrutura do dossel, com a redução da relação folha:colmo, prejudicando o desempenho dos animais em pastejo (EUCLIDES, 2000). O desenvolvimento do colmo também atua na produção de forragem, pois de acordo com o estágio de desenvolvimento do perfilho, o colmo tem preferência na divisão de fotoassimilados. Além disso, o colmo beneficia a fotossíntese do dossel por meio da diminuição do seu coeficiente de extinção de luz (GOMIDE et al. 2006). Além disso, o colmo exerce papel importante na função de sustentação, no arranjo espacial da planta e translocação de assimilados para as folhas, desta forma, garante condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento da forrageira (FAGUNDES et al. 2006).

O número de folhas vivas (NFV) é definido como a associação entre a duração de vida de cada folha e a taxa de aparecimento das mesmas. A compreensão do número máximo de folhas verdes por perfilho estabelece a intensidade da fase de desfolha, o início da morte foliar e a máxima quantidade de biomassa armazenada (NABINGER, 1996). Essa característica é um parâmetro essencial para definir a intensidade de pastejo com lotação contínua ou a frequência do pastejo em lotação rotacionada, com o objetivo de preservar índices de área foliar próximos da máxima eficiência de interceptação e melhores taxas de crescimento (SANTOS, 2011). O NFV, mesmo sob condições favoráveis ao crescimento, é relativamente constante para cada espécie e estável em condições variáveis de manejo, para cada folha que morre, surge uma folha nova. Ocorrem diferenciações de uma gramínea para outra, principalmente em função de seu hábito de crescimento (HODGSON, 1990).

3- OBJETIVOS

3.1 - OBJETIVO GERAL

Estudar o desenvolvimento do capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã syn. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) em resposta à adubação com fontes de P de diferentes solubilidades em água, durante quatro estações das águas de 5 anos consecutivos após sua implantação.

3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Acompanhar o desenvolvimento do capim-piatã adubado com fontes de P de diferentes solubilidades em água;
- Avaliar as características estruturais e morfogênicas durante quatro estações das águas de cinco anos consecutivos (de sua implantação em 2012 até 2016).

4 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. G.; COSTA, J. A. A.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Taxas e métodos de semeadura para *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã em safrinha.** 2009. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/cot/COT113.pdf>> Acesso em 15 de março de 2017.

ARAÚJO, D. L. C.; OLIVEIRA, M. E.; LOPES, J. B.; ALVES, A. A.; RODRIGUES, M. M.; MOURA, R. L.; SANTOS, M. S. Características morfogênicas, estruturais e padrões demográficos de perfilhos em pastagem de capim-andropogon sob diferentes ofertas de forragem. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 5, p. 3303-3314, 2015.

BARBERO, L. M. **Respostas morfogênicas e características estruturais do capim-mulato submetido a estratégias de pastejo rotativo.** 2011.112p. Tese (Doutorado Em Ciências – Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

BARBOSA, R. A. **Morte de pastos de braquiárias.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2006. 206 p.

BATISTA, K. **Resposta do capim-marandu a combinações de doses de nitrogênio e enxofre.** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 91p., 2002.

CABRAL, W. B. **Morfogênese e produção de biomassa em *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés submetido a diferentes doses de nitrogênio.** Cuiabá,

MT: Universidade Federal de Mato Grosso. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Mato Grosso, 101p., 2008.

CECATO, U.; SKROBOT, V. D.; FAKIR, G. R.; BRANCO, A. F.; GALBEIRO, S.; GOMES, J. A. N. Perfilhamento e características estruturais do capim-Mombaça, adubado com fontes de fósforo, em pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 30, p. 1-7, 2008.

CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. **Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation**. In: BAKER, M.J. (Ed). Grasslands for our world. SIR Publishing, p. 55-64, 1993.

DIAS-FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**, Belém, PA:Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). *Brachiaria brizantha* cv. Piatã. Campo Grande, Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 38), 2009.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; MISTURA, C. et al. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 21-29, 2006.

FRANCO, H. C. J. **Avaliação Agronômica de fontes e doses de fósforo para o capim-Tifton 85**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita”, Jaboticabal, 97p., 2003.

FREIRE, F. M.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B. Manejo da fertilidade do solo em pastagens. Informe Agropecuário, v. 26, n. 226, p. 44-53, 2005.

FREITAS, A. W. de P. Dinâmica do perfilhamento em pastagens sob pastejo. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, Junho de 2000.

GALZERANO, L.; MALHEIROS, E. B.; RAPOSO, E.; MORGADO, E. S.; RUGGIERI, A. C. Características morfogênicas e estruturais do capim-xaraés submetido a intensidades de pastejo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1879-1890, 2013.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 247 p., 2003.

GOEDERT, W. J. **Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados não tradicionais**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1986, 21p. (Documento, 24).

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A.; PACIULLO, D. S. C. **Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens** In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE

BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43, João Pessoa, 2006. Anais... João Pessoa: SBZ, 2006, p.554-579.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Morfogênese de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 341-348, 2000.

HODGSON, J. G. **Grazing management: Science into practice**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 203p., 1990.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. **Tissue flows in grazed plant communities**. In: Hodgson J.; Illius, A. W. The ecology and management of grazing Systems. Guilford: CAB International, p. 3-36, 1996.

MACÊDO, V. C. **Adubação de implantação, manutenção e recuperação de capim Mombaça**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás. 30p., 2013.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACEDO, M. C. M. Análise comparativa de recomendações de adubação em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21, 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2004. p.317-356.

MACEDO, M. C. M. Sistemas de produção animal em pasto nas savanas tropicais da América: limitações à sustentabilidade. In: REUNIÓN LATINO AMERICANA DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 16.; CONGRESO URUGUAYO DE PRODUCCIÓN ANIMAL, 3, 2000, Montevideo, Anales... Montevideo: Alpa, 2000.

MACIEL, G. A.; COSTA, S. E. G. V. A; FURTINI NETO, A.E.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R. Efeito de diferentes fontes de fósforo na *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivada em dois tipos de solos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 227-233, 2007.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; VILELA, L. **Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso limitado de fertilizantes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 32p., (Documentos/Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 50).

NABINGER, C. **Princípios da exploração intensiva de pastagens**. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, U. P. PRODUÇÃO DE BOVINOS A PASTO – SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13, 1996, Piracicaba, SP. Anais... Piracicaba: FEALQ. P.15-96, 1996.

NASCIMENTO JR., D.; ADESE, B. Acúmulo de biomassa na pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2, 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, p.289-330, 2004.

NORONHA, N. C.; ANDRADE, C. A.; LIMONGE, F. C.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. Recuperação de pastagem degradada em Rondônia: macronutrientes e produtividade da *Brachiaria brizantha*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1711- 1720, 2010.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solos e plantas em condições tropicais**. ed.Viçosa:UFV, 399 p., 1999.

OLIVEIRA, M. A. de, **Morfogênese, análise de crescimento e valor nutritivo do capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 94p., 1999.

PIMENTA, L. **Capim novo a caminho**. Revista ABCZ, v.50, p.18-20, 2009.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; ALVES, V. M.C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPAPA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho cultivado em solo da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 3, p. 453-466, 2006.

REZENDE, C. G. B. **Fosfato natural na adubação do capim Piatã em Latossolo vermelho do Cerrado**. Dissertação de Mestrado, Rondonópolis, 54 p., 2013

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

RODRIGUES, L. R. de A.; QUADROS, D. G.; RAMOS, A. K. **Recuperação de Pastagens Degradadas**. In: SIMPÓSIO PECUÁRIA-PERSPECTIVA PARA O III MILÊNIO, Pirassununga, 2000. Anais... Pirassununga: FZEA p. 18. 2000.

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. **O ecossistema pastagem e a produção animal**. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 2001, Anais... SBZ, p.731-754, 2001.

SKINNER, R. H.; NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, p. 4-10, 1995.

SOARES, I.; LIMA, S. C.; CRISÓSTOMO, L. A. Crescimento e composição mineral de mudas de gramineira em resposta a doses de fósforo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 343-349, 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Encarte Técnico de informações Agronômicas, 2003. 1º Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira, promovido pela POTAFOS e ANDA, em Piracicaba, maio/2003.

SOUZA, M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região de cerrado**. In: ANAIS DO SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Piracicaba: ANDA, 76p., 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 848p., 2009.

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; VALÉRIO, J. R.; MACEDO, M. C. M.; FERNANDES, C. D.; DIAS-FILHO, M. B. *Brachiaria brizantha* cv. Piatã: uma forrageira para diversificação de pastagens tropicais. **Seed News**, v. 11, n. 2, p. 28-30, 2007.

VOLPE, E., MARCHETTI, M. E., MACEDO, M. C. M.; ROSA JUNIOR, E. J. Renovação de pastagem degradada com calagem, adubação e leguminosa consorciada em Neossolo Quartzarênico. **Acta Sci. Agron.** Maringá, v. 30, n. 1, p. 131-138, 2008.

**CAPÍTULO 2 - CAPIM-PIATÃ SUBMETIDO A FONTES DE FÓSFORO NA
REGIÃO DE TRANSIÇÃO CERRADO – PANTANAL (BRASIL)¹ (Revista Ceres
- Qualis B1).**

CAPIM-PIATÃ SUBMETIDO A FONTES DE FÓSFORO NA REGIÃO DE TRANSIÇÃO CERRADO – PANTANAL

Piata grass submitted to phosphorus sources in the Cerrado - Pantanal transition region (Brazil)¹

Patricia dos Santos Gomes^{2*}, Luísa Melville Paiva², Estella Rosseto

Januszkiewicz², Henrique Jorge Fernandes².

Resumo

O fósforo é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, influencia o desenvolvimento de raízes e o perfilhamento, sendo a principal razão da diminuição da produtividade das pastagens em solos de baixa fertilidade. O objetivo do presente estudo foi avaliar o desenvolvimento de capim-piatã em pastos adubado com fontes de fósforo de diferentes solubilidades em água. O estudo foi conduzido na Fazenda da UEMS, Unidade Universitária de Aquidauana, MS, numa área de oito hectares, durante quatro estações das águas dos anos de 2012 a 2016 em 16 piquetes de meio hectare cada. Foram avaliadas quatro condições de adubação: Controle (sem aplicação de adubação fosfatada); fonte de fósforo de solubilização lenta (FNR); fonte de fósforo prontamente disponível (SS) e fonte mista de fósforo (FH Pastagem®). Adotou-se o delineamento de blocos casualizados e o nível de significância de 5%. Para a avaliação das características estruturais e morfogênicas as plantas foram mensuradas semanalmente. As médias foram comparadas com o tratamento controle pelo teste de Dunnett e entre si pelo teste T. Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) de FNR no filocrono, semelhante ao SS. Na estação das águas, observou-se efeito significativo ($P < 0,05$) em todas as características avaliadas, com exceção da taxa de aparecimento foliar. Para a interação entre as fontes de fósforo e estações das águas, não ocorreu efeito significativo ($P > 0,05$). Dentre as fontes de fósforo avaliadas, as fontes FNR e SS e os fatores climáticos (precipitação pluviométrica e temperatura) influenciam o filocrono, proporcionando melhor resultado no desempenho do capim-piatã recebendo adubação fosfatada.

Palavras-chave: adubação, *Brachiaria Brizantha*, estrutura, morfogênese.

¹This work is part of the master's thesis of the first author.

²State University of Mato Grosso do Sul - UEMS, Graduate Program in Zootechny, Aquidauana - MS, Brazil. lumelville@gmail.com; estella.erj@gmail.com; henrique.uems@hotmail.com

* Author for correspondence: psg_patricia.gomes@hotmail.com

Abstract

Phosphorus (P) is one of the nutrients most required by plants, influences root development and tillering. The objective was to evaluate the grass development of pasture fertilized with sources of P of different solubility's in water. The study was conducted at the University Unit of Aquidauana, MS, during four rainy seasons from 2012 to 2016. Four fertilization conditions were evaluated: Control (without P application); Reactive Natural Phosphate (RNP, P source with slow solubilization in water); Simple Super Phosphate (SS, P source readily available); and FH Pastagem® (FH, commercial product with mixed P sources). Morphogenic and structural characteristics were measured weekly. Randomized complete block design and significance level of 5% were used. The means were compared to the control treatment by the Dunnett test and to each other by the T test. A significant effect ($P < 0.05$) of FNR on Phyllochron, similar to SS, was observed. At the rainy season, a significant effect ($P < 0.05$) was observed in all the evaluated characteristics, except for the Leaf Appearance Rate. For the interaction between P sources and rainy seasons there was no significant effect ($P > 0.05$). Among the P sources evaluated, FNR and SS and the climatic factors (rainfall and temperature) influenced the Phyllochron, improving the performance of the Piata grass.

Key words: soil fertilization; *Brachiaria brizantha*; structure; morphogenesis.

Introdução

Os adubos fosfatados são de suma importância para o desenvolvimento da planta forrageira. No Cerrado, o mesmo é encontrado em concentrações muito baixas, tornando-se limitante para produção de gramíneas forrageiras, o qual reduz o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular (Mrokowski *et al.*, 2017).

O fósforo também participa de processos vitais para o desenvolvimento das plantas, cuja função principal está no armazenamento e transferência de energia (Melo, 2016). Os latossolos brasileiros de forma geral, apresentam baixa fertilidade, altos teores de Al e

baixo pH, constituindo um cenário ineficiente para o cultivo de gramíneas (Nascimento Junior *et al.*, 2002).

Para a correção dessa deficiência existem fontes solúveis que são mais eficientes, mas possuem um custo mais elevado. Parte do fósforo nestas fontes está susceptível à fixação no solo, limitando a sua disponibilidade às plantas. Fosfatos de alta solubilidade em água incorporados ao solo como fertilizantes diluem-se e difunde-se de forma rápida na solução do solo. No entanto, os fosfatos solúveis e pouco solúveis quando adicionados ao solo possuem a sua eficiência reduzida ao longo do tempo (Ghosal *et al.*, 2003).

As características de solubilidade das fontes de P são importantes em relação à sua eficiência, os fosfatos de maior solubilidade, prontamente disponíveis, facilitam a absorção e o aproveitamento do nutriente, principalmente em plantas de rápido crescimento. Os fertilizantes de menor solubilidade disponibilizam mais lentamente o P e reduzem os processos de fixação e permitem maior eficiência de emprego do nutriente pelas plantas ao longo do tempo (Melo, 2016).

O estudo da morfogênese de gramíneas indica o fluxo de crescimento e a estrutura do pasto. Com esse conhecimento, é possível controlar as condições do pasto, por meio da frequência e intensidade de pastejo. A morfogênese pode sofrer influência do ambiente e do manejo empregado, tornando-se tema de grande importância em estudos com forrageiras sob pastejo (Alexandrino *et al.*, 2011).

Objetivou-se com este estudo, avaliar o desenvolvimento do capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã syn. *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã) em resposta à adubação com fontes de P de diferentes solubilidades em água, durante quatro estações das águas de 5 anos consecutivos após sua implantação.

Material e métodos

O estudo foi conduzido na Unidade Universitária de Aquidauana, fazenda da UEMS, localizada no município de Aquidauana, Mato Grosso do Sul. A Unidade localiza-se a 20°28' de latitude sul e longitude de 55°48' a oeste de Greenwich, apresenta uma altitude média de 149 m. O clima da região, segundo classificação de Koppen, é Tropical Úmido (AW), dividido em duas estações em épocas distintas: a chuvosa e a seca.

O experimento foi implantado em março de 2012, utilizando o capim-piatã. A área possuía oito hectares no total, subdivididos em 16 piquetes (unidades experimentais) de 0,5 ha cada, onde foram distribuídos os tratamentos. Foram realizadas coletas de solo antes da

implantação do pasto, em 2012, para determinação da composição química e física do solo e então determinada a necessidade de correção e fertilização. Os resultados da análise de solo estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área experimental no ano de 2012.

pH	P	MO	K	Ca	Mg	Ca+Mg	H	Al+H	S	T	V
CaCl ₂ Água	mg.dm ³	g.dm ³				cmol.dm ³					%
5,11 5,74	43,75	18,05	0,8	2,2	0,9	3,05	3,2	3,17	3,8	7	54,71

Fonte: Solos - Laboratório de análise de solo e consultoria LTDA, (2013).

De acordo com as respostas obtidas, não houve necessidade de correção da acidez do solo. O preparo do solo foi realizado através de duas gradagens, para romper os blocos de solo e limpar a área da antiga pastagem.

A área total foi dividida em piquetes, subdividida em quatro blocos, onde foram distribuídos os seguintes tratamentos de forma aleatória: Controle (C) sem aplicação de fósforo; Fosfato Natural Reativo (FNR - fonte de fósforo de solubilização lenta); Super Fosfato Simples (SS - fonte de fósforo prontamente disponível); e FH Pastagem® (FH – produto comercial com fonte mista de fósforo).

A adubação foi distribuída a lanço, nas seguintes quantidades: SS = 150 kg ha⁻¹ (27% de P₂O₅); FNR = 103,5 kg ha⁻¹ (23,5% de P₂O₅); e, FH = 97 kg ha⁻¹ (16,5% de P₂O₅ solúvel em água e 21,3% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico), realizada nos dias 14 e 15 de março de 2012. O capim-piatã foi semeado na quantidade de 10 kg de sementes ha⁻¹. Práticas de cultivo, como limpeza manual de invasoras foram realizadas sempre que necessário.

Os dados foram coletados no período de agosto de 2012 a agosto de 2016, durante quatro estações das águas: 2013 (de dezembro de 2012 a março de 2013), 2014 (de dezembro de 2013 a março de 2014), 2015 (de dezembro de 2014 a março de 2015) e 2016 (de dezembro de 2015 a março de 2016). Para a formação desse conjunto de cinco anos de avaliação, foram utilizados alguns dados coletados por Duarte *et al.* (2015) na mesma área descrita nesse estudo. Essa avaliação a longo prazo foi fundamental para entender o efeito do processo de liberação de fósforo das fontes de diferentes solubilidades em água.

Os dados de precipitação pluviométrica e temperatura do período em que ocorreu a coleta de dados estão apresentados na Figura 1, sendo possível caracterizar a influência do ambiente sobre o desenvolvimento da forrageira.

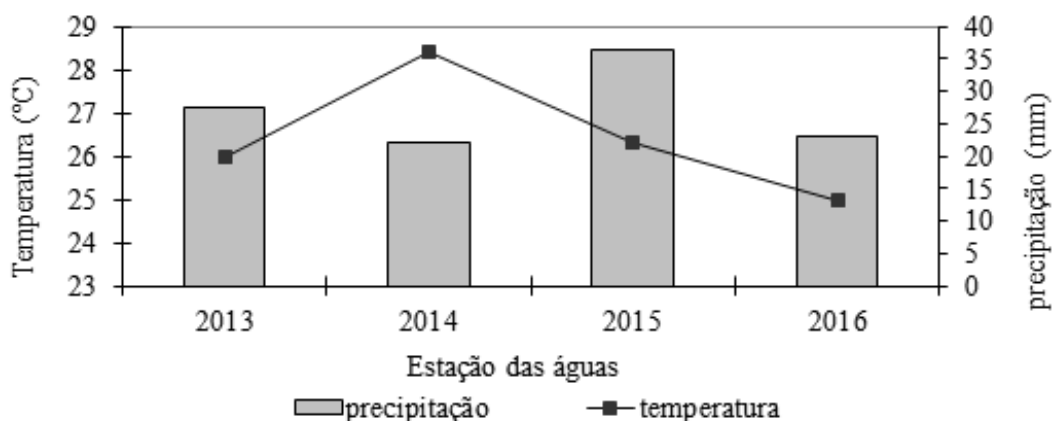


Figura 1. Precipitação pluviométrica e temperatura durante as estações das águas dos anos de 2012 a 2016 (mm/estação). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2018).

Durante o período experimental, no ano de 2013 e de 2016, foram realizadas amostragens de solo de cada piquete para quantificar o teor médio de fósforo de cada tratamento.

Os pastos foram manejados sob lotação rotacionada com bovinos machos da raça Nelore com peso médio de 180 kg. Os animais foram rotacionados nos piquetes por bloco. O critério de entrada utilizado foi altura média do dossel forrageiro de 35 cm e o de saída, altura média de 20 cm, como recomendado pela Embrapa (2009). As medições de altura foram realizadas duas vezes por semana com uso régua graduada em centímetros.

Durante o período experimental foram realizadas as mensurações das plantas, com intervalos regulares de sete dias. Em cada piquete foram demarcados 12 perfilhos distribuídos em três sítios, definidos por réguas transectas com comprimento de dois metros. Os perfilhos foram identificados com fios plásticos coloridos, marcados a cada 50 cm. Com auxílio de régua milimetrada, foram medidos o comprimento das folhas verdes e do pseudocolmo de acordo com o proposto por Chapman e Lemaire (1993) adaptado por Sbrissia e Silva (2001).

Em cada uma das folhas de cada perfilho marcado foi medido o comprimento da lâmina foliar, classificadas como folha expandida, cortada, senescente ou morta. As folhas

eram classificadas como expandidas quando sua lígula era visível; senescentes quando parte do limbo foliar apresentava sinais de senescência (necrose e amarelecimento), sendo medida a parte verde (viva) da folha e mortas quando apresentavam mais de 50% do limbo foliar senescido. O comprimento do pseudocolmo foi medido desde o nível do solo até a lígula exposta da folha mais jovem.

A partir dessas informações foi possível calcular as seguintes características morfogênicas (Lemaire e Chapman, 1996):

- Taxa de aparecimento foliar (TApF) = relação entre o número de folhas surgidas por perfilho e o número de dias do período de avaliação; expressa em folha perfilho⁻¹ dia⁻¹.
- Filocrono (Filo) = número de dias de duas folhas que cresceram num mesmo perfilho; expresso em dias folha⁻¹ perfilho⁻¹.
- Taxa de alongamento foliar (TAIF) = relação entre o somatório de todo alongamento das lâminas foliares (cm) e o número de dias do período de avaliação; expressa em cm perfilho⁻¹ dia⁻¹.
- Duração de vida das folhas (DVF) = NFV X Filo; expressa em dias.
- Taxa de senescência de lâminas foliares (TSeF) = resultante da soma dos comprimentos senescidos das lâminas foliares presentes no perfilho, dividido pelo número de dias do período de avaliação; expressa em cm perfilho⁻¹ dia⁻¹.

As características estruturais foram determinadas segundo Chapman e Lemaire (1993), adaptado por Sbrissia e Da Silva (2001):

- Taxa de alongamento do colmo (TAIC) = diferença do comprimento do pseudocolmo no final e no início do período experimental pelo número de dias deste; expressa em cm perfilho⁻¹ dia⁻¹.
- Número de folhas vivas por perfilho: média do número de folhas vivas (em expansão, expandidas e /ou senescentes) por perfilho durante todo o período de avaliação.

Após a coleta de dados do último ano, estes foram submetidos à análise de variância em conjunto com os dados dos demais anos. Nesta análise foi utilizado um modelo de blocos casualizados, com quatro blocos e medidas repetidas no tempo, sendo os piquetes considerados como unidades experimentais e os anos como medidas repetidas no tempo. Quando identificado efeito de tratamentos, as médias destes foram comparadas utilizando-se o teste de Dunnett (para comparar cada fonte de P ao tratamento controle) e o teste T, para comparar as fontes de P entre si. Foi utilizado o pacote estatístico SAS

University (Sas Institute Inc., Cary, CA, EUA) e nível de significância de 5% para todas as análises estatísticas.

Resultados e Discussões

Não houve efeito significativo ($P>0,05$) da interação entre as fontes de fósforo e estações das águas, para nenhuma das características avaliadas.

Para características estruturais e morfológicas avaliadas, somente houve efeito significativo ($P<0,05$) das fontes de fósforo no filocrono (Tabela 2). O FNR foi a fonte que apresentou filocrono superior ($P<0,05$), semelhante ao SS e controle, sendo que estes dois também se assemelharam ($P>0,05$) ao FH. Os valores observados foram 20,03 e 17,35 dias folha⁻¹ perfilho⁻¹ respectivamente para FNR e FH, que diferiram.

As taxas médias de TApF obtidas entre as fontes de fósforo foram 0,083 folha perfilho⁻¹ dia⁻¹ e 1,22; 8,51 e 0,35 cm perfilho⁻¹ dia⁻¹ respectivamente para TAlF, TSeF e TAlC. A DVF média foi de 91,22 dias e o NFV de 4,95 folhas.

Tabela 2. Médias por quadrados mínimos e erros padrão da média das características morfológicas e estruturais do capim-piatã avaliadas durante cinco anos na região de transição Cerrado-Pantanal, recebendo fontes de fósforo de diferentes solubilidades em água.

Características ¹	Controle	Fontes de fósforo ²		
		FNR	FH	SS
TApF	0,066 ± 0,022	0,068 ± 0,022	0,119 ± 0,022	0,078 ± 0,022
Filo	19,28 ± 0,97	20,03 ± 0,97 A	17,35 ± 0,97 B	18,21 ± 0,97 AB
TAlF	1,25 ± 0,12	1,14 ± 0,12	1,20 ± 0,10	1,28 ± 0,11
DVF	93,98 ± 3,21	91,49 ± 3,20	90,20 ± 3,21	89,19 ± 3,22
TSeF	8,84 ± 0,66	7,68 ± 0,66	8,96 ± 0,66	8,55 ± 0,66
TAlC	0,32 ± 0,05	0,29 ± 0,05	0,45 ± 0,05	0,34 ± 0,05
NFV	5,03 ± 0,22	4,84 ± 0,22	5,12 ± 0,22	4,80 ± 0,21

¹Variáveis: TApF: Taxa de aparecimento foliar (folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹); Filo: Filocrono (dias folha⁻¹ perfilho⁻¹); TAlF: Taxa alongamento foliar (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹); DVF: Duração de vida das folhas (dias); TSeF: Taxa de senescência foliar (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹); TAlC: Taxa de alongamento de colmo (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹) e NFV: Números de folhas vivas.

²FNR = Fosfato Natural Reativo, FH = FH Pastagem ® e SS = Superfosfato Simples

²Médias , na mesma linha, seguidas por letras maiúsculas, diferem entre si pelo teste de T ao nível de 5%.

Em relação à variação entre as estações das águas dos diferentes anos, foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) em todas as características avaliadas, com exceção da TApF (Tabela 3 e Figura 2). A TApF média obtida entre as estações das águas foi $0,0827$ folha perfilho⁻¹ dia⁻¹. Não foi observado um padrão de comportamento entre as características e a estação das águas avaliadas (Tabela 3).

O filocrono, a TAlF e a DVF foram superiores ($P < 0,05$), respectivamente em 2015, 2014 e 2013. Já o NFV foi superior ($P < 0,05$) em 2013 e 2014. Por outro lado, a TSeF foi inferior ($P < 0,05$) em 2016. A TAlC foi superior ($P < 0,05$) em 2013 e 2016, semelhante a 2015, sendo que este também não foi diferente ($P > 0,05$) a 2014.

Tabela 3. Médias por quadrados mínimos e erros padrão da média das características morfológicas e estruturais do capim-piatã avaliadas durante cinco anos na região de transição Cerrado-Pantanal, recebendo fontes de fósforo de diferentes solubilidades em água.

Características ¹	Estações das águas ²			
	2013	2014	2015	2016
TApF	$0,043 \pm 0,02$	$0,089 \pm 0,02$	$0,087 \pm 0,02$	$0,12 \pm 0,02$
Filo	$17,83 \pm 0,68$ B	$15,38 \pm 0,68$ C	$23,11 \pm 0,68$ A	$18,55 \pm 0,68$ B
TAlF	$0,70 \pm 0,12$ C	$1,73 \pm 0,12$ A	$1,38 \pm 0,12$ B	$1,05 \pm 0,12$ B
DVF	$132,29 \pm 3,29$ A	$78,91 \pm 3,18$ B	$74,64 \pm 3,18$ B	$79,02 \pm 3,20$ B
TSeF	$13,36 \pm 0,69$ A	$9,28 \pm 0,66$ B	$9,41 \pm 0,66$ B	$1,98 \pm 0,66$ C
TAlC	$0,33 \pm 0,05$ B	$0,47 \pm 0,05$ A	$0,35 \pm 0,05$ AB	$0,26 \pm 0,05$ B
NFV	$5,28 \pm 0,23$ A	$5,67 \pm 0,22$ A	$4,37 \pm 0,21$ B	$4,47 \pm 0,21$ B

¹Variáveis: TApF: Taxa de aparecimento foliar (folhas perfilho⁻¹ dia⁻¹); Filo: Filocrono (dias folha⁻¹ perfilho⁻¹); TAlF: Taxa alongamento foliar (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹); DVF: Duração de vida das folhas (dias); TSeF: Taxa de senescência foliar (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹); TAlC: Taxa de alongamento de colmo (cm perfilho⁻¹ dia⁻¹) e NFV: Números de folhas vivas.

²FNR = Fósforo Natural Reativo, FH = FH Pastagem® e SS = Superfósforo Simples

²Médias , na mesma linha, seguidas por letras maiúsculas, diferem entre si pelo teste de T ao nível de 5%.

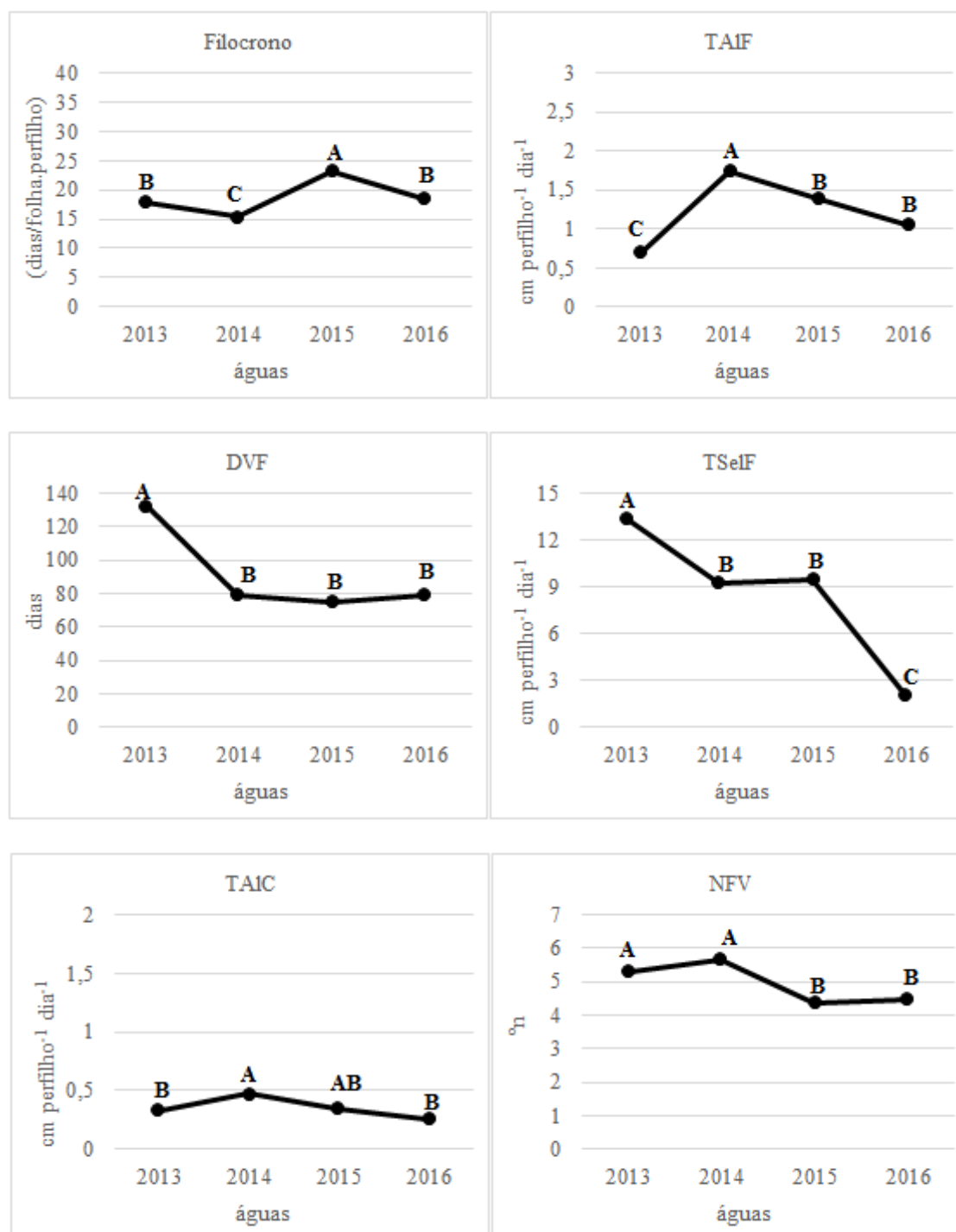


Figura 2. Filocrono (em dias folha⁻¹ perfilho⁻¹), taxa de alongamento foliar (TAlF, cm perfilho⁻¹ dia⁻¹), duração de vida das folhas (DVF, em dias), taxa de senescência foliar (TSeF, em cm perfilho⁻¹ dia⁻¹), taxa de alongamento do colmo (TAlC, cm perfilho⁻¹ dia⁻¹), número de folhas vivas por perfilho (NFV) do capim-piatã na região de transição Cerrado-Pantanal, em relação as estações das águas avaliadas.

Em relação ao teor de fósforo no solo durante o período experimental, os teores de P iniciais de 43,7 mg.dm³ foram adotados para todos os tratamentos, no ano de 2013 foram observados os seguintes teores de acordo com seus respectivos tratamentos: Controle (35,4 mg.dm³ de P); SS (31,1 mg.dm³ de P); FNR (29,3 mg.dm³ de P) e FH (42,9 mg.dm³ de P). No último ano de avaliação a fonte FNR apresentou maior teor de fósforo com 17,4 mg.dm³, enquanto que a fonte SS apresentou o menor teor de P com 14,2 mg.dm³.

O FNR foi a fonte que apresentou filocrono superior ($P < 0,05$), semelhante ao SS e ao controle, sendo que estes dois também se assemelharam estatisticamente ($P > 0,05$) ao FH (Tabela 2). Os FNR são fontes fosfatadas de menor solubilidade, estes reagem gradativamente no solo e possuem um efeito residual compensatório e o resultado da sua eficiência, quando avaliada a longo prazo, assemelha-se aos fosfatos solúveis (Rezende, 2013). Isso pode explicar a semelhança entre os resultados do FNR e do SS obtidos.

Dessa forma, o emprego do FNR se torna uma alternativa para reduzir custos e tempo para o estabelecimento e a deficiência de fósforo nos solos pois solubilizam-se pouco a pouco na solução do solo e a disponibilidade do fósforo para as plantas evolui com o decorrer do tempo (Kaminski e Peruzo, 1997).

Por outro lado, O FH por ser uma fonte mista, atua a curto e longo prazo. De acordo com Rios (2015), o FH possui efeito residual elevado, visto que pode atuar no solo por até 10 anos, tratando-se de um produto ideal para a correção de P no solo, em um cenário onde se objetiva o aumento dos teores de fósforo e a recuperação e/ou construção da fertilidade do solo.

De forma geral, a disponibilidade de fósforo para as plantas incrementou o desenvolvimento do dossel forrageiro. Segundo Skinner e Nelson (1995), um maior filocrono ocorre frequentemente com o aumento da idade das plantas, maior TALC ou altura da planta. Portanto, alonga o tempo em que folha necessita para percorrer a distância entre o meristema apical e extremidade do colmo formado pelas folhas mais velhas. O filocrono fornece o tempo gasto para formação de uma folha.

O filocrono é relativamente constante para cada espécie, durante o desenvolvimento vegetativo de um perfilho, quando em condições ambientais favoráveis (Santos *et al.*, 2009). Streck *et al.*, (2003) mencionaram que a medida que novas folhas irão surgindo, espera-se um acréscimo no valor de filocrono que quanto maior, menor é a velocidade de emissão de folhas, ou seja, a formação de uma folha acontece de forma mais lenta. Desta forma, conclui-se que quanto menor o valor de filocrono, mais rápida a emissão de folhas,

melhorando o desenvolvimento da gramínea. Os autores comentam que não houve resposta possivelmente pelas altas concentrações do nutriente no solo.

Por outro lado, outros autores como Duarte *et al.* (2016) e Fleitas *et al.* (2018) avaliaram as mesmas fontes de fósforo e encontraram resultados significativos para algumas características morfogênicas, principalmente TAlF, TAlC e TApF.

Duarte *et al.* (2016) em estudo com capim-piatã nessa mesma área, observaram efeito significativo ($P < 0,05$) nas características TAlF, TAlC e TApF, enfatizando que a utilização de adubos compostos por fontes mistas de fósforo favoreceu o desenvolvimento do capim no primeiro ano após a implantação da pastagem. Esses autores observaram que não houve diferenças entre as fontes FNR e SS na TAlF, TAlC, TApF, NFV, DFV, diferindo apenas no filocrono.

Fleitas *et al.* (2018) estudaram o híbrido do gênero *Urochloa* spp., capim-convert HD364® e concluíram que as fontes de fósforo de solubilidade rápida, lenta e mista influenciaram na estrutura morfológica da planta. Os autores observaram TAlF superiores ($P < 0,05$) com o uso de SS e FH na característica, justificando os resultados em função da sua rápida solubilidade que antecipou os melhores resultados e promoveu o maior alongamento.

Em aplicações com baixas dosagens de fósforo no processo de recuperação de uma pastagem degradada e/ou pastos com alta desfolha, a resposta do capim é muito lenta, ocasionando baixas produtividades, mesmo utilizando diferentes fontes de fósforo (Quispe, 2004).

Em relação ao período experimental, todas as características avaliadas sofreram influência das condições ambientais anuais (Tabela 3 e Figura 2), com exceção da TApF. As características morfogênicas e estruturais são reguladas por fatores ambientais e influenciadas pelas características do pasto e do próprio perfilho (Sbrissia e Da Silva, 2001).

A TAlF foi superior ($P < 0,05$) em 2014, quando as temperaturas médias das estações das águas foram 28,4 °C (Figura 1), a maior observada entre os quatro anos de estudo. A disponibilidade térmica influencia diretamente a fenologia das plantas. Temperaturas mais elevadas aceleram o desenvolvimento vegetal, enquanto que baixas temperaturas prolongam o ciclo (Santos, 2011).

De acordo com Nabinger e Medeiros (1995), a temperatura é o componente meteorológico que mais influencia o crescimento das forrageiras tropicais, pois afeta a

eficiência da fotossíntese, refletindo especialmente na taxa de alongamento das folhas e no perfilhamento.

O período das águas caracteriza-se por temperaturas elevadas, precipitação de regular a alta, alta luminosidade, crescimento vigoroso da planta, maiores taxas de acúmulo de forragem, maior velocidade de desenvolvimento vegetativo e no final da estação, acontece o estágio reprodutivo. Nessa época, a planta produz cerca de 80% de sua produção anual total de matéria seca.

A DVF foi superior ($P < 0,05$) no período das águas de 2013, refletindo o equilíbrio entre precipitação pluviométrica e temperatura (Figura 1).

O filocrono foi superior ($P < 0,05$) no período das águas de 2015 (Filo = 23,11), ano em que foram observados também maiores quantidades de chuva e armazenamento de água no solo, demonstrando a relação direta entre o desenvolvimento das plantas e a disponibilidade de água.

As chuvas, ou a precipitação, afeta os processos enzimáticos no interior da planta e absorção e transporte de nutrientes, os quais são dependentes de água. As restrições hídricas severas interrompem o crescimento e causam morte da parte aérea da planta e limita a produção animal, tanto em razão da baixa qualidade quanto da disponibilidade da forragem. No entanto, deficiências hídricas moderadas, diminuem a velocidade do crescimento das plantas, prejudicando a formação de caules e resulta em plantas com maiores acúmulos de folhas e conteúdo de nutrientes potencialmente digestíveis (Santos, 2011).

Por outro lado, no período das águas de 2015 foram observadas TSeF superiores. Dessa forma, as folhas tiveram maior tempo de vida, mas com maior senescência, ou seja, não estavam contribuindo com sua plena eficiência fotossintética no crescimento do dossel forrageiro. O ambiente em que as folhas se desenvolvem afeta a eficiência fotossintética, onde folhas crescendo em baixa taxa de radiação possuem menor eficiência fotossintética quando emergem ao topo do dossel (Lemaire, 1997).

Fisiologicamente, a morte foliar é um processo natural, no qual existe uma programação da planta forrageira. Conseqüente do tempo limitado de vida das folhas, após um determinado período de tempo são desencadeados os fenômenos fisiológicos que determinam o processo de senescência. Nessa fase, as folhas perdem clorofila, RNA e proteínas, provocando a alteração da coloração do tecido foliar para tons amarelados e posteriormente, marrom e escurecidos (Sbrissia, 2004).

O NFV foi superior ($P < 0,05$) nas estações das águas de 2013 e 2014, diminuindo até o final do período experimental, relacionando-se com o comportamento da temperatura. O número de folhas vivas é decorrente do limitado tempo de vida da folha e do aparecimento de novas folhas (Chapman e Lemaire, 1993), que é determinado por características genéticas e pode ser influenciado pelas condições ambientais.

A TALC também sofreu interferência direta das condições climáticas. Casagrande *et al.* (2010) relataram que as condições ambientais têm maior influência sobre as características morfogênicas e estruturais do dossel forrageiro em comparação a ações de manejo. O alongamento do colmo é uma característica de grande importância uma vez que interfere significativamente na estrutura do pasto e no equilíbrio dos processos de competição por luz (Sbrissia e Da Silva, 2001).

Fagundes *et al.* (2006) estudaram o efeito da adubação e das estações do ano sobre as características morfogênicas da *Brachiaria decumbens* sob pastejo e observaram que a taxa de alongamento foliar, alongamento de colmo e senescência foliar sofrem influência das estações do ano. Estes autores ainda ressaltam que temperaturas mais baixas ocasionam em menores alongamentos foliar e de colmo.

Os valores médios da temperatura durante o período experimental variaram entre 25 a 28 °C. Segundo Rolim (1980), temperaturas menores a 15°C, restringe o crescimento e desenvolvimento das gramíneas tropicais. Como não foi registrado temperaturas abaixo de 15°C, considera-se que as temperaturas foram favoráveis ao desenvolvimento do capim.

O capim-piatã necessita de uma precipitação entre 80 e 100 mm/mês, totalizando mais de 800 mm/ano. Desde modo pode-se deduzir que as condições climáticas do período experimental permitiram um desenvolvimento máximo da gramínea estudada, justificando os resultados não significativos ($P < 0,05$) (Valle, 2010).

Importante salientar que o período de 2013 corresponde ao primeiro ciclo realizado após a adubação, sendo possível verificar que a associação de quantidade de chuvas, precipitação e fertilidade do solo favoreceram o desenvolvimento da forrageira.

No último ano de avaliação a fonte FNR apresentou o maior e satisfatório teor de fósforo no solo (17,4 mg.dm³), enquanto que a fonte SS apresentou o menor teor de fósforo com 14,2 mg.dm³.

Segundo Sousa *et al.* (2007) para o estabelecimento de pastagens, quando o teor de P não for adequado, deve-se realizar a adubação fosfatada corretiva. Para os solos do Brasil

Central, recomenda-se o teor de P no solo entre 15 a 20 mg.dm³, para que se alcance bons níveis de produtividade.

A adubação de manutenção é uma prática importante para evitar a degradação do pasto e garantir níveis de produtividade para a atividade. O fósforo deve ser aplicado a lanço, na superfície do solo em pastagens já estabelecidas. Recomenda-se que para a fase de manutenção, o teor crítico de P no solo, seja equivalente a 80% dos valores sugeridos como adequados para a fase de estabelecimento, em pastagens estabelecidas, deve-se proceder à adubação de manutenção considerando o intervalo de nível médio de P no solo de 15 mg.dm³ (Sousa *et al.*, 2007).

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que as fontes de adubo fosfatado influenciaram o filocrono. Visando melhorar essa característica morfogênica as fontes FNR e SS podem ser empregadas. Além disso, os fatores climáticos como precipitação pluviométrica e temperatura influenciam diretamente as características morfogênicas e estruturais do dossel forrageiro.

Conclusão

As fontes de fósforo avaliadas, FNR e SS, assim como, os fatores climáticos (precipitação pluviométrica e temperatura) melhoraram o filocrono, proporcionando benefícios ao desenvolvimento do capim-piatã recebendo adubação fosfatada.

Referências bibliográficas

Alexandrino E, Cândido MJD, Gomide J, Santos AC. Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. **Rev Bras Saúde Prod Anim** 2011; 12:59-71.

Casagrande DR, Ruggieri AC, Januszkiewicz ER, Gomide JA, Reis RA, Valente ALS. Características morfogênicas e estruturais do capim-Marandu manejado sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. **Rev Bras Zootec** 2010; 39:2108-2115. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151635982010001000002&lng=pt&tlng=pt

Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Baker MJ, editor. Grasslands for our world. SIR Publishing; 1993. p.55-64.

Duarte CFD, Paiva LM, Fernandes HJ, Cassaro LH, Fleitas AC, Souza ERC, Ferreira DX, Biserra TT. Capim-Piatã em pastos adubados com fontes de fósforo de diferentes solubilidades em água, na região de transição Cerrado-Pantanal. In: 6º Simpósio sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal, Corumbá, MS, 2013; 61-64. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: http://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan6/Resumos_6Simpan_1Evinci_2013.pdf

Duarte CFD, Paiva LM, Fernandes HJ, Cassaro LH, Breure MF, Prochera DL, Biserra TT. Capim-Piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. *Investigação* 2016; 15:58-63. <http://publicacoes.unifran.br/index.php/investigacao/article/view/1198>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). *Brachiaria brizantha* cv Piatã. Campo Grande, 2009. 1 p. (Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 38).

Fagundes JL, Fonseca DM, Mistura C, Moraes RV, Vitor CMT, Gomide JA, Nascimento JRD, Casagrande DR, Costa LT. Características morfogênicas 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.

Fleitas AC, Paiva LM, Fernandes HJ, Cassaro LH, Duarte CFD, Bissera TT. Capim Convert HD364® sob fontes de fósforo durante a estação de outono em Aquidauana, MS. Encontro de Pesquisa e Extensão, 8º ENEPE UFGD, 5º EPEX UEMS, 2014. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: https://kipdf.com/capim-convert-hd364-sob-fontes-de-fosforo-durante-a-estaaao-de-outono-em-aquidaua_5aac44761723dd4d990054b4.html

Fleitas AC, Paiva LM, Fernandes HJ, Duarte CFD, Falcão KRS, Bissera TT. Características morfogênicas do capim-Convert HD364® adubado com diferentes fontes de fósforo. *Agrarian* 2018; 11:59-67. <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/5362>

Ghosal PK, Chakraborty T, Bhattacharya B, Bagchi DK. Relative agronomic effectiveness of phosphate rocks and P adsorption characteristics of an Oxic Rhodustalf in Eastern India. *J Plant Nutr Soil Sci* 2003; 166:750-755. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.200321034>

Gomide JA. Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: Peixoto, Moura JC, Faria VP, editores. *Pastagens: fundamentos da exploração racional*. Piracicaba: FEALQ; 1986. p.01-10.

Kaminski J, Peruzzo G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Boletim técnico 3, Santa Maria, RS, 1997. 31p.

Lemaire G. The physiology of grass growth under: tissue turnover. In: Gomide JA (editor), *Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo*. Anais... Viçosa, p.117-144, 1997.

Macêdo VC. Adubação de implantação, manutenção e recuperação de capim Mombaça. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia). Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2013. 30p. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: https://evz.ufg.br/up/66/o/1_2013-1_TCC_-_ADUBA%C3%87%C3%83O_DE_IMPLANTA%C3%87%C3%83O__MANUTEN%C3%87%C3%83O_E_RECUPERA%C3%87%C3%83O_DE_CAPIM-MOMBA%C3%87A.pdf

Marcelino KRA, Nascimento Junior D, Silva SC, Euclides VPB, Fonseca DM. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. *Rev Bras Zootec* 2006; 35:2243-2252. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S151635982006000800007&script=sci_abstract&tlng=pt

Melo MP. Efeito de fontes e doses de fósforo em gramíneas forrageiras. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal). Universidade Federal do Tocantins Gurupi. 2016. 112p. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: <http://www.uft.edu.br/producaovegetal/teses/MARLLOS%20PERES%20DE%20MELO.pdf>

Mrokowski E, Barros EEL. Custos de produção para implantação de pastagens com gramíneas do gênero *Panicum maximum* cv massai. **Anais...** Simp.TCC/Sem.IC.2017(12);293-304, 2017

Nabinger C, Medeiros RB. Produção de Sementes de *Panicum maximum* jacq. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 12., Piracicaba, 1995. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1995. P.59-128.

Nascimento Junior L, Almeida RA, Silva RSM, Magalhães LA. Níveis de calagem e fontes de fósforo na produção do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia). **Pesq Agrop Trop** 2002; 32:7-11. <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2434>

Novais RF, Smyth TJ. **Fósforo em solos e plantas em condições tropicais**. Viçosa:UFV, MG. 1999. 399p.

Quispe SJF, **Eficiência agrônômica de fosfatos com solubilidade variável em água em solos distintos, quanto a capacidade de fixação de fósforo**. Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004, 57 p.

Rezende CGB. Fosfato Natural na adubação do capim Piatã em latossolo vermelho do Cerrado. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas. Rondonópolis. 2013. 54 p. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: <http://www.ufmt.br/pgeagri/arquivos/c669694cb33e82fc1f5046f7e92b8ea9.pdf>

Rezende AV, Lima JF, Rabelo CHS, Rabelo FHS, Nogueira DA, Carvalho M, Faria Júnior DCNA, Barbosa LA. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv.

Marandu em resposta à adubação fosfatada. *Agrarian* 2011; 4:335-343.
<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/1145>

Rios, R. S. Aspectos morfológicos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de adubação com fosfato natural. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade do Estado de Mato Grosso. Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas. Cáceres. 2015. 25 p. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: http://portal.unemat.br/media/files/Rodolfo-S-Rios_ASPECTOS-MORFOLOGICOS-DE-B-brizantha-cv-Marandu-SOB-DIFERENTES-NIVEIS-DE-ADUBACAO.pdf

Rolim FA. Estacionalidade de produção de forragens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 6., 1980, Piracicaba. **Anais...** Esalq/USP, 1980. p. 533-565.

Santos LC, Bonomo P, Silva VB, Patês NMS, Silva CCF, Pires EAJV. Características morfogênicas de Braquiárias em resposta a diferentes adubações. **Acta Sci Agron** 2009; 31: 221-226. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-862120090002000006&script=sci_abstract&tlng=es

Sbrissia AF, Silva SC, et al. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermuda grass swards. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.1459-1468, 2004.

Sbrissia AF, Silva SC. O ecossistema pastagem e a produção animal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia 2001; 38:731-754.

Silva MMP, Vasquez HM, Bressansmith RE, Silva JFC, Erbesdobler ED, Andrade Junior P SC. Respostas morfogênicas de gramíneas forrageiras tropicais sob diferentes condições hídricas do solo. **Revista Brasileira Zootecnia** 2005; 34:1493-1504. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516359820050005000009&script=sci_abstract&tlng=pt

Skinner RH, Nelson CJ. Elongation of the grass leaf and its relationship phyllochron. *Crop Sc*1995;35:4-10.

<https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/35/1/CS0350010004>

Sousa DMG, Martha Júnior GB, Vilela L. Adubação fosfatada. In: Martha Júnior GB, Vilela L, Sousa DMG. Cerrado, uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens. 1.ed. Planaltina, 2007, p.145-176

Streck N A, Weiss A, Xue Q, Baenziger PS. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. *Ann Bot* 2003; 92:181-190. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4243645/>

Valle, CB.; Fonseca, DM; Gênero *Brachiaria*. In: MARTUSCELLO, J. A. (Edt). Plantas Forrageiras. Viçosa, MG. 2010, cap.2.

Zaroni Mj, Amaral Fc, Silva Ef, Coelho MR, Carvalho Junior W, Bhering SB, Chagas CS, Pereira NR, Goncalves AO, Dart RO, Aglio MLD, Lopes CHL, Takagi JS, Earp CGS. Zoneamento Agroecológico do Município de Aquidauana, MS. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2011. 63p. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/919034/zoneamento-agroecologico-do-municipio-de-aquidauana---ms>

CAPÍTULO – 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de fertilizantes em plantas forrageiras é uma prática de manejo sustentável para a manutenção da produção de carne ou leite em níveis satisfatórios. No entanto, deve-se levar em consideração a exigência da espécie utilizada para o adequado fornecimento de nutrientes.

A utilização de fontes fosfatadas maximiza a produção de massa forrageira, melhorando as características morfogênicas do capim-piatã. Essa adubação garantiu uma melhor resposta das plantas, de acordo com os dados apresentados pela pesquisa ficam evidentes os benefícios proporcionados pela adubação com fontes de fósforo de diferente solubilidade em água em curto, médio e longo prazo.

APÊNDICE A

Artigo Original (versão em Inglês)

17 - Solos e nutrição de plantas

Piata grass submitted to phosphorus sources in the Cerrado - Pantanal transition region (Brazil)²

Patricia dos Santos Gomes^{2}, Luísa Melville Paiva², Estella Rosseto*

Januszkiewicz², Henrique Jorge Fernandes².

ABSTRACT

Phosphorus (P) is one of the nutrients most required by plants, influences root development and tillering. The objective was to evaluate the grass development of pasture fertilized with sources of P of different solubilities in water. The study was conducted at the University Unit of Aquidauana, MS, during four rainy seasons from 2012 to 2016. Four fertilization conditions were evaluated: Control (without P application); Reactive Natural Phosphate (RNP, P source with slow solubilization in water); Simple Super Phosphate (SS, P source readily available); and FH Pastagem® (FH, commercial product with mixed P sources). Morphogenic and structural characteristics were measured weekly. Randomized complete block design and significance level of 5% were used. The means were compared to the control treatment by the Dunnett test and to each other by the T test. A significant effect ($P < 0.05$) of FNR on Phyllochron, similar to SS, was observed. At the rainy season, a significant effect ($P < 0.05$) was observed in all the evaluated characteristics, except for the Leaf Appearance Rate. For the interaction between P sources and rainy seasons there was

²This work is part of the master's thesis of the first author.

²State University of Mato Grosso do Sul - UEMS, Graduate Program in Zootechny, Aquidauana - MS, Brazil. lumelville@gmail.com; estella.erj@gmail.com; henrique.uems@hotmail.com

* Author for correspondence: psg_patricia.gomes@hotmail.com

no significant effect ($P>0.05$). Among the P sources evaluated, FNR and SS and the climatic factors (rainfall and temperature) influenced the Phyllochron, improving the performance of the piata grass.

Key words: soil fertilization; *Brachiaria brizantha*; structure; morphogenesis.

INTRODUCTION

Phosphate fertilizers are important to forage plants development. In the Brazilian Cerrado, phosphorus (P) is found in low concentrations, reducing the growth and development of the root system (Mrokowski *et al.*, 2017). The P main function in vital processes to plants development is in the storage and transfer of energy (Melo, 2016).

The Brazilian's latosol usually has low fertility, high levels of aluminum and low pH which defines an inefficient scenario to the grass cultivation (Nascimento Junior *et al.*, 2002). To correct this deficiency there are more efficient soluble sources, with higher cost, however. Part of the P from these sources is susceptible to soil fixation, limiting its availability to plants. Phosphates of high solubility in water, when incorporated as soils' fertilizers, are quickly diluted and diffused into the soil solution. On the other hand, the soluble and poorly soluble phosphates, when added to the soil reduced their efficiency over time (Ghosal *et al.*, 2003).

The study of grass morphogenesis indicates the growth flow and the pasture structure. As a result, it is possible to control the pasture conditions, through the frequency and intensity of grazing which can be influenced by the environment and the management used, becoming a subject of great importance in studies with grass under grazing (Alexandrino *et al.*, 2011).

The objective with this study was to evaluate the development of the Piata grass pastures in response to fertilization with P sources with different solubilities in water during four seasons of the 5 consecutive years after its implementation.

MATERIAL and METHODS

The study was carried out at the University Unit of Aquidauana, UEMS' Farm, located in Aquidauana's District, Mato Grosso do Sul, Brazil, latitude 20°28'S, and longitude 55°48'W, from Greenwich, with average altitude of 149 m.

The experiment was implemented in March, 2012, with Piata grass (*Urochloa brizantha* cv. BRS Piata syn. *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piata). The area has eight hectares, which was divided into 16 paddocks, with half a hectare each. In 2012, soil samples were initially collected to investigate the soil chemical characteristics (Table 1).

Table 1: Chemical results of the soil in the experimental area in 2012.

pH		P	MO	K	Ca	Mg	Ca+Mg	H	Al+H	S	T	V
CaCl ₂	Água	mg.dm ³	g.dm ³				cmol.dm ³					%
5,11	5,74	43,75	18,05	0,8	2,2	0,9	3,05	3,2	3,17	3,8	7	54,71

Source: Solos - Laboratório de análise de solo e consultoria LTDA, (2013).

According to the results, there was no need to correct its acidity. Soil preparation was done through two harrows, to break the soil blocks and clear the area of the old pasture.

The total area, divided into 16 paddocks, was subdivided into four blocks. The treatments were: Control (C, without P application); Reactive Natural Phosphate (RNP, P source with slow solubilization in water); Simple Super Phosphate (SS, P source readily available); and FH Pastagem® (FH, commercial product with mixed P sources). The

fertilization was distributed in these amounts: SS = 150 kg ha⁻¹ (27% P₂O₅); FNR = 103.5 kg ha⁻¹ (23.5% P₂O₅); and, FH = 97 kg ha⁻¹ (16.5% P₂O₅ soluble in water and 21.3% P₂O₅ soluble in citric acid). The sowing of the piata grass was performed on March, 14th and 15th, 2012, after fertilization, in the amount of 10 kg of seeds ha⁻¹.

The data were collected from August 2012 to August 2016, during four rainy seasons (from December to March for each year). In order to complete this set of five years of evaluation, we used data collected by Duarte *et al.* (2016) in the same area described in this study.

The regional climate, according Köppen classification, is Tropical Humid (AW), distributed into two distinct seasons: rainy and dry seasons. The rainfall and temperature data during the experimental period are presented in Table 2.

Table 2: Rainfall and temperature during the water season in 2012 to 2016 years.

Rainy season	Rainfall	Temperature	Water storage in soil
	mm	°C	%
2013	27.55	26	61.65
2014	22	28.4	64.95
2015	36.42	26.3	73.29
2016	23	25	61.07

Source: Brazilian Institute of Meteorology (2018)

The pastures were managed under rotational stocking with male Nelore cattle (180 kg average weight). The animals were rotated on the paddocks per block. The input criterion used was the average sward height of 35 cm and the exit criterion, 20 cm sward height, as recommended by Embrapa (2009). Height measurements were performed twice a week using ruler graduated in centimeters.

Plant measurements were taken at regular intervals of seven days. Twelve tillers distributed in three sites were defined in each paddock, defined by transect rulers with a length of two meters. The tillers were identified with colored plastic yarns, marked every 50 cm. The length of the green leaves and the pseudo stems were measured with a ruler in centimeters according to Chapman and Lemaire (1993) adapted by Sbrissia and Silva (2001). In each leaf was measured the length and classified as expanded, cut, senescent or dead leaf. The leaves were classified as expanded when their ligule was visible (necrosis and yellowing). The green part of the leaf was measured and died when they presented more than 50% of the senesced leaf blade. The length of the pseudo stem was measured from the ground level to the exposed ligule of the youngest leaf.

With this information it was possible to calculate the morphogenic characteristics presented below (Lemaire and Chapman, 1996):

- Leaf appearance rate (LApR, leaf tiller⁻¹ day⁻¹) = relationship between the number of emerged leaves per tiller and the number of days of the evaluation period.
- Phyllochron (Phyllo, days leaf⁻¹ tiller⁻¹) = number of days for the appearance of successive leaves in the same tiller.
- Leaf elongation rate (LElR, cm tiller⁻¹ day⁻¹) = ratio between the sum of all leaf blade elongation (cm) and the number of days of the evaluation period.
- Leaf life time (LLT, days) = product between number of living leaves and Phyllo.
- Leaf senescence rate (LSeR, cm tiller⁻¹ day⁻¹) = resulting from the sum of the senesced leaf lengths present in the tiller, divided by the days number of the evaluation period.

Structural characteristics were determined according to Chapman and Lemaire (1993) adapted by Sbrissia and Silva (2001):

- Stem elongation rate (SEIR, cm tiller⁻¹ day⁻¹) = difference in stem length at the end and at the beginning of the experimental period by the number of days of this period.
- Number of live leaves (NLL): average number of live leaves (expanding, expanded and / or senescent) per tiller throughout the evaluation period.

Data collection were submitted to analysis of variance and randomized block model was used, with four blocks and measures repeated in the time. The paddocks were considered as experimental units and the years as measures repeated in the time. When treatment effects were identified, the means were compared using the Dunnett test (to compare each P source to the control treatment) and the T test (to compare the P source with each other). Statistical package SAS University and significance level of 5% were used for all statistical analyzes.

RESULTS and DISCUSSION

No significant effect was observed ($P > 0.05$) on the interaction between P sources and rainy seasons.

Among the structural and morphogenic characteristics evaluated, there was only a significant effect ($P < 0.05$) of the P sources on Phyllo (Table 3). The RNP was the source that presented higher Phyllo ($P < 0.05$), similar to SS and control, and these two also resembled ($P > 0.05$) to the FH.

Table 3: Minimum squares mean and standard errors of the morphogenic and structural characteristics of the piata grass according to P sources.

Characteristics	Control	P sources ¹		
		RNP	FH	SS
LApR	0.066 ± 0,022	0,068 ± 0,022	0,119 ± 0,022	0,078 ± 0,022
Phyllo	19,28 ± 0,97	20,03 ± 0,97 A	17,35 ± 0,97 B	18,21 ± 0,97 AB
LElR	1,25 ± 0,12	1,14 ± 0,12	1,20 ± 0,10	1,28 ± 0,11
LLT	93,98 ± 3,21	91,49 ± 3,20	90,20 ± 3,21	89,19 ± 3,22
LSeR	8,84 ± 0,66	7,68 ± 0,66	8,96 ± 0,66	8,55 ± 0,66
SElR	0,32 ± 0,05	0,29 ± 0,05	0,45 ± 0,05	0,34 ± 0,05
NLL	5,03 ± 0,22	4,84 ± 0,22	5,12 ± 0,22	4,80 ± 0,21

¹ Means in the same line, followed by upper case letters differ by T test at the 5% level.

¹ RNP = Reative Natural Phosphate, FH = FH Pastagem ®, and SS = Simple Super Phosphate.

Characteristics: LApR: Leaf Appearance Rate (leaf tiller⁻¹ day⁻¹), Phyllo: Phyllochron (days leaf⁻¹ tiller⁻¹), LElR: Leaf Elongation Rate (cm tiller⁻¹ day⁻¹), LLT: Leaf Life Time (days), LSeR: Leaf senescence rate (cm tiller⁻¹ day⁻¹), SElR: Stem Elongation Rate (cm tiller⁻¹ day⁻¹), and NLL: Number of Live Leaves.

Regarding the rainy season a significant effect ($P < 0.05$) was observed in all characteristics, except for LApR. There was no pattern of behavior between the characteristics and rainy season evaluated (Table 4). Phyllo, LElR, and LLT were higher ($P < 0.05$), respectively in 2015, 2014 and 2013. NLL was higher ($P < 0.05$) in 2013 and 2014. On the other hand, LSeR was lower ($P < 0.05$) in 2016. SElR was lower ($P < 0.05$) in 2013 and 2016, similar to 2015 and this was also not different ($P > 0.05$) to 2014.

Table 4: Minimum squares mean and standard errors of the morphogenic and structural characteristics of the piata grass evaluated during five years.

Characteristics	Rainy seasons ¹			
	2013	2014	2015	2016
LApR	0,043 ± 0,02	0,089 ± 0,02	0,087 ± 0,02	0,12 ± 0,02
Phyllo	17,83 ± 0,68 B	15,38 ± 0,68 C	23,11 ± 0,68 A	18,55 ± 0,68 B
LEIR	0,70 ± 0,12 C	1,73 ± 0,12 A	1,38 ± 0,12 B	1,05 ± 0,12 B
LLT	132,29 ± 3,29 A	78,91 ± 3,18 B	74,64 ± 3,18 B	79,02 ± 3,20 B
LSeR	13,36 ± 0,69 A	9,28 ± 0,66 B	9,41 ± 0,66 B	1,98 ± 0,66 C
SEIR	0,33 ± 0,05 B	0,47 ± 0,05 A	0,35 ± 0,05 AB	0,26 ± 0,05 B
NLL	5,28 ± 0,23 A	5,67 ± 0,22 A	4,37 ± 0,21 B	4,47 ± 0,21 B

¹ Means in the same line, followed by upper case letters differ by T test at the 5% level.

Characteristics: LApR: Leaf Appearance Rate (leaf tiller⁻¹ day⁻¹), Phyllo: Phyllochron (days leaf⁻¹ tiller⁻¹), LEIR: Leaf Elongation Rate (cm tiller⁻¹ day⁻¹), LLT: Leaf Life Time (days), LSeR: Leaf senescence rate (cm tiller⁻¹ day⁻¹), SEIR: Stem Elongation Rate (cm tiller⁻¹ day⁻¹), and NLL: Number of Live Leaves.

The RNP was the source that presented higher Phyllo ($P < 0.05$), similar to the SS and control, and these two also resembled statistically ($P > 0.05$) to the FH (Table 3). The RNPs are P sources of lower solubility that react gradually in the soil and have a compensatory residual effect (Rezende, 2013). According to the author RNPs efficiency when evaluated in the long term resembles to the soluble phosphates. This may explain the similarity between the RNP and SS results obtained. Thus, the use of RNP becomes an alternative to reduce the P deficiency in soils because they gradually solubilize in the soil solution and the P availability to the plants grows over time (Kaminski and Peruzo, 1997).

On the other hand, since FH is a mixed source it acts in the long term. The FH has a high residual effect and can act for up to 10 years, being an ideal product for the soil P correction in a scenario where it is objectified the increase of the P levels and the recovery and / or construction of the soil fertility (Rios, 2015).

In general, P availability to the plants increased the development of the forage canopy (Table 3). According to Skinner and Nelson (1995), a larger Phyllo occurs frequently with the increase of the plant age, greater SEIR or plant height. Therefore, it lengthens the time the leaf needs to travel the distance between the apical meristem and the end of the stem formed by the older leaves. The Phyllo gives the time spent to form a leaf.

The Phyllo is relatively constant for each species during the vegetative development of a tiller, when under favorable environmental conditions (Santos *et al.*, 2009). Streck *et al.* (2003) mentioned that as new leaves appear, it is expected an increase in the Phyllo value i.e., the formation of a leaf happens more slowly. In this way, it is concluded that the lower the Phyllo value, faster is the leaf emission, improving the grass development. The authors remark that there was no response possibly due to the high nutrient concentrations in the soil.

Duarte *et al.* (2016) and Fleitas *et al.* (2018) evaluated the same P sources (RNP, FH and SS) and found significant results for some morphogenic characteristics. Duarte *et al.* ($P < 0.05$) in study about Piata grass in the same area observed significant effects ($P < 0.05$) in LEIR, SEIR and LApR, emphasizing that the use of mixed P sources favored the grass development in the first year after the pasture implementation. These authors observed no differences between the RNP and SS sources in LEIR, SEIR, LApR, NLL, and LLT, differing only in Phyllo.

Fleitas *et al.* (2018) studied the HD364® Convert grass and concluded that P sources of fast, slow and mixed solubility influenced the morphological structure of the plant. The authors observed higher ($P < 0.05$) LEIR with the use of SS and FH sources, justifying the results due to its fast solubility that anticipated the best results and promoted greater elongation.

In applications with low P amounts in the recovery process of a degraded pasture and/or pastures with high defoliation, the grass response is very slow, causing low yields, even using different P sources (Quispe, 2004).

In relation to the experimental period, all characteristics evaluated were influenced by environmental conditions (Table 4), with the exception of LApR. The morphogenic and structural variables are regulated by environmental factors and influenced by the characteristics of the pasture and of the tiller itself (Sbrissia and Da Silva, 2001).

The LEIR was higher ($P < 0.05$) in 2014 (Table 4) when the average temperature of the rainy season was 28.4 °C (Table 2), the highest observed among the four years of study. Thermal availability directly influences plant phenology. Higher temperatures accelerate plant development while low temperatures prolong the cycle (Santos, 2011).

The DVF was higher ($P < 0.05$) in 2013 (Table 4) reflecting the balance between rainfall and temperature (Table 2). The Phyllo was higher ($P < 0.05$) in 2015 (Table 4), year in which were also observed larger amounts of rainfall and water storage in the soil (Table 2). This demonstrates the direct relationship between plant development and water availability.

Rainfall or precipitation affects the enzymatic processes inside the plant and absorption and transport of nutrients, which are dependent on water. Severe water restrictions interrupt the growth and limit the animal production due to both the low quality and the forage availability. However, moderate water deficiencies slow down plant growth, impairing stem formation and results in plants with higher leaf accumulations and content of potentially digestible nutrient (Santos, 2011).

On the other hand, in the rainy season of that same year the highest LSeR were observed (Table 4). In this way, the leaves had a longer life but with greater senescence, i.e., they were not contributing to their full photosynthetic efficiency in the growth of the

sward. The environment in which leaves develop affects photosynthetic efficiency, where leaves growing at low radiation rates have less photosynthetic efficiency when they emerge at the top of the sward (Lemaire, 1997).

Foliar death is a natural process in which there is a program of the forage plant. Due to the limited life time of the leaves, after a certain period of time the physiological phenomena that determine the senescence process are triggered. In this phase the leaves lose chlorophyll, ARN and proteins, causing a change in leaf tissue coloration for yellowish and later brown, and darker tones (Sbrissia, 2004).

The NLL (Table 4) was higher ($P < 0.05$) in the first two rainy season, decreasing until the end of the experimental period, related to the temperature behavior. NLL is due to the limited life time of the leaf and the appearance of new leaves (Chapman and Lemaire, 1993) which is determined by genetic characteristics and can be influenced by environmental conditions.

The SEIR (Table 4) also had direct interference from climatic conditions. Casagrande *et al.* (2010) reported that environmental conditions have a greater influence on the morphogenetic and structural characteristics of the sward compared to management actions. The stem elongation is a characteristic of great importance since it significantly interferes in the pasture structure and in the balance of the competition processes for light (Sbrissia and Da Silva, 2001).

Fagundes *et al.* (2006) studied the effect of fertilization and the seasons on the morphogenic characteristics of *Brachiaria decumbens* under grazing and observed that the leaf length, stem elongation and leaf senescence were influenced by the seasons. These authors also point out that lower temperatures lead to lower leaf and stem elongation. The average temperature values during the experimental period ranged from 25 to 28 °C (Table 2). According to Rolim (1980) temperatures lower than 15 °C restrict the growth and

development of tropical grasses. As temperatures below 15 °C were not recorded in the present study, it was considered that the temperatures were favorable to grass development.

The Piata grass requires a precipitation between 80 and 100 mm by month, totaling more than 800 mm by year (Valle, 2010). From this, it can be deduced that the climatic conditions of the experimental period directly influenced the development of the studied grass, justifying the non-significant results ($P < 0.05$).

Based on the results obtained it can be concluded that the P sources influenced the Phyllo. Aiming at this morphogenic characteristic, RNP and SS sources can be employed. In addition, climatic factors such as rainfall and temperature directly influence the morphogenetic and structural characteristics.

CONCLUSIONS

The sources of phosphorus evaluated, FNR and SS, as well as the climatic factors (rainfall and temperature) influenced the phyllochron, providing a better result in the development of piatã grass receiving phosphate fertilization.

REFERENCES

- Alexandrino E, Cândido MJD, Gomide J, Santos AC. Fluxo de biomassa e taxa de acúmulo de forragem em capim Mombaça mantido sob diferentes alturas. **Rev Bras Saúde Prod Anim** 2011; 12:59-71.
- Casagrande DR, Ruggieri AC, Januszkiewicz ER, Gomide JA, Reis RA, Valente ALS. Características morfogênicas e estruturais do capim-Marandu manejado sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. **Rev Bras Zootec** 2010; 39:2108-2115.

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151635982010001000002&lng=pt&tlng=pt

Chapman DF, Lemaire G. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Baker MJ, editor. Grasslands for our world. SIR Publishing; 1993. p.55-64.

Duarte CFD, Paiva LM, Fernandes HJ, Cassaro LH, Breure MF, Prochera DL, Biserra TT. Capim-Piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. *Investigação* 2016; 15:58-63. <http://publicacoes.unifran.br/index.php/investigacao/article/view/1198>

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). *Brachiaria brizantha* cv Piatã. Campo Grande, 2009. 1 p. (Embrapa Gado de Corte, Comunicado Técnico, 38).

Fagundes JL, Fonseca DM, Mistura C, Moraes RV, Vitor CMT, Gomide JA, Nascimento JRD, Casagrande DR, Costa LT. Características morfogênicas 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.

Fleitas AC, Paiva LM, Fernandes HJ, Duarte CFD, Falcão KRS, Bissera TT. Características morfogênicas do capim-Convert HD364® adubado com diferentes fontes de fósforo. **Agrarian** 2018; 11:59-67. <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/5362>

Ghosal PK, Chakraborty T, Bhattacharya B, Bagchi DK. Relative agronomic effectiveness of phosphate rocks and P adsorption characteristics of an Oxic Rhodustalf in Eastern India. *J Plant Nutr Soil Sci* 2003; 166:750-755. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jpln.200321034>

Kaminski J, Peruzzo G. Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Santa Maria: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Boletim técnico 3, Santa Maria, RS, 1997. 31p.

Lemaire G, Chapman DF. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) *The ecology and management of grazing systems*. Wallingford, UK: CAB International, 1996. p.3-36.

Lemaire G. The physiology of grass growth under: tissue turnover. In: Gomide JA (editor), *Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. Anais...* Viçosa, p.117-144, 1997.

Melo MP. Efeito de fontes e doses de fósforo em gramíneas forrageiras. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal). Universidade Federal do Tocantins Gurupi. 2016. 112p. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: <http://www.uft.edu.br/producaovegetal/teses/MARLLOS%20PERES%20DE%20MELO.pdf>

Mrokowski E, Barros EEL. Custos de produção para implantação de pastagens com gramíneas do gênero *Panicum maximum* cv massai. **Anais... Simp.TCC/Sem.IC.2017(12);293-304, 2017**

Nascimento Junior L, Almeida RA, Silva RSM, Magalhães LA. Níveis de calagem e fontes de fósforo na produção do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia). *Pesq Agrop Trop* 2002; 32:7-11. <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2434>

Quispe SJF, **Eficiência agrônômica de fosfatos com solubilidade variável em água em solos distintos, quanto a capacidade de fixação de fósforo.** Dissertação (mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004, 57 p.

Rezende CGB. Fosfato Natural na adubação do capim Piatã em latossolo vermelho do Cerrado. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Mato Grosso. Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas. Rondonópolis. 2013. 54 p. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: <http://www.ufmt.br/pgeagri/arquivos/c669694cb33e82fc1f5046f7e92b8ea9.pdf>

Rios RS. Aspectos morfológicos de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob diferentes níveis de adubação com fosfato natural. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade do Estado de Mato Grosso. Faculdade de Ciências Agrárias e Biológicas. Cáceres. 2015. 25 p. [Data de acesso: 15/06/2018] URL: http://portal.unemat.br/media/files/Rodolfo-S-Rios_ASPECTOS-MORFOLOGICOS-DE-B-brizantha-cv-Marandu-SOB-DIFERENTES-NIVEIS-DE-ADUBACAO.pdf

Rolim FA. Estacionalidade de produção de forragens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 6., 1980, Piracicaba. **Anais...** Esalq/USP, 1980. p. 533-565.

Santos JN. Morfogênese, Estrutura do Pasto e Produção de Forragem do Capim-Piatã Submetido a Estratégias de Manejo Cuiabá: UFMT, 2011. 95 fls. Dissertação – Mestrado em Ciência Animal - UFMT.

Santos LC, Bonomo P, Silva VB, Patês NMS, Silva CCF, Pires EAJV. Características morfogênicas de Braquiárias em resposta a diferentes adubações. **Acta Sci Agron** 2009; 31: 221-226. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-862120090002000006&script=sci_abstract&tlng=es

Sbrissia AF, Silva SC, et al. Tiller size/density compensation in grazed Tifton 85 bermuda grass swards. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.1459-1468, 2004.

Sbrissia AF, Silva SC. O ecossistema pastagem e a produção animal. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia 2001; 38:731-754.

Skinner RH, Nelson CJ. Elongation of the grass leaf and its relationship phyllochron. **Crop Science**, v. 35, p. 4-10, 1995.

Strech N A, Weiss A, Xue Q, Baenziger PS. Incorporating a chronology response into the prediction of leaf appearance rate in winter wheat. *Ann Bot* 2003; 92:181-190. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4243645/>

Valle CB, Fonseca DM, Gênero Brachiaria. In: MARTUSCELLO, J. A. (Edt). Plantas Forrageiras. Viçosa, MG. 2010, cap.2.

AKNOWLEDGEMENTS, FINANCIAL SUPPORT and FULL DISCLOSURE

Research carried out with the contribution of the Foundation to Support the Education, Science and Technology Development of the State of Mato Grosso do Sul (FUNDECT/CNPq) and Heringer Fertilizers, Brazil.

AUTHOR CONTRIBUTION

Patricia dos Santos Gomes: work development, data collection, data tabulation and bibliographic production;

Luísa Melville Paiva: Guidance, production, corrections and revision of bibliographic production and translation;

Estella Rosseto Janusckiewicz: Guidance, production, corrections and revision of bibliographic production and translation;

Henrique Jorge Fernandes: Statistical analysis.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare they have no conflicts of interest with regard to the work presented in this report.

Research carried out with the contribution of the Foundation to Support the Education, Science and Technology Development of the State of Mato Grosso do Sul (FUNDECT/CNPq) and Heringer Fertilizers, Brazil.