

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**FRAÇÕES DE FÓSFORO EM EXPERIMENTO DE LONGA
DURAÇÃO EM MILHO CONSORCIADO COM *Brachiaria
brizantha* CV. MARANDU, SOB DIFERENTES FONTES DE
NITROGÊNIO**

MATHEUS ANDRADE MARTINEZ

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2015**

**FRAÇÕES DE FÓSFORO EM EXPERIMENTO DE LONGA
DURAÇÃO EM MILHO CONSORCIADO COM *Brachiaria brizantha*
CV. MARANDU, SOB DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO**

MATHEUS ANDRADE MARTINEZ
Engenheiro Agrônomo

Orientadora: PROF^a. DR^a. MARLENE ESTEVÃO MARCHETTI

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Grande Dourados, como parte
das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Agronomia – Produção
Vegetal, para obtenção do título de Mestre.**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2015**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M379f Martinez, Matheus Andrade.

Frações de fósforo em experimento de longa duração em milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob diferentes fontes de nitrogênio. / Matheus Andrade Martinez. – Dourados, MS : UFGD, 2015.

56f.

Orientador: Profa. Dra. Marlene Estevão Marchetti.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Labilidade. 2. Fracionamento de fósforo. 3. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu . I. Título.

CDD – 633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

**FRAÇÕES DE FÓSFORO EM EXPERIMENTO DE LONGA DURAÇÃO EM
MILHO CONSORCIADO COM *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU, SOB
DIFERENTES FONTES DE NITROGÊNIO**

por

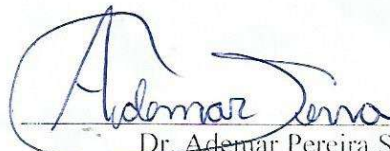
Matheus Andrade Martinez

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de
MESTRE EM AGRONOMIA

Aprovada em: 20/02/2015



Prof. Dr^a. Marlene Estevão Marchetti
UFGD/FCA




Dr. Ademair Pereira Serra
EMBRAPA/GADO DE CORTE



Prof. Dr^a. Alessandra M. Tokura Alovise
UFGD/FCA



Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves
UFGD/FCA



Dr. Renato Roscoe
FUNDAÇÃO MS

DEDICO

À minha mãe Ana Maria de Andrade Martinez e ao meu pai Edson Schieffer Martinez.

Aos meus irmãos, Thais Andrade Martinez e Thiago Andrade Martinez.

À minha companheira Natalia Ferrari Nóbrega.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Edson Schieffer Martinez e Ana Maria de Andrade Martinez, mesmo nos momentos mais difíceis se sacrificarem para me dar uma educação de qualidade.

Aos meus irmãos, Thais Andrade Martinez e Thiago Andrade Martinez, pelo companheirismo e zelo em todas as horas.

À minha namorada e eterna companheira, Natalia Ferrari Nobrega, que sempre esteve ao meu lado nos momentos de angústia e felicidade, me trazendo paz.

À minha orientadora, Marlene Estevão Marchetti, pela amizade, confiança, incentivo e orientação durante a realização desse trabalho.

Aos meus colegas de mestrado Pedro Henrique Altomar, Gilmar Augusto Marques Junior, André Carlesso e Heverton Ponce Arantes e demais mestrandos que nunca negaram esforços, sem o apoio de vocês seria impossível finalizar este trabalho.

Aos meus co-orientadores, Alessandra Mayumi Tokura Alovizi e Manoel Carlos Gonçalves, pelas suas contribuições intelectuais.

À Thiago de Oliveira Carnevali por todo apoio concedido para realização do estudo estatístico.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia pela oportunidade que me foi dada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

Aos engenheiros agrônomos, Douglas Costa Potrich e Simone Cândido Ensinas, por nunca negarem ajuda e conhecimento.

À Fundação MS e Dr. Renato Roscoe pela colaboração em ceder o experimento e abrir as portas para a realização desse estudo.

Aos técnicos de laboratório, João Augusto Machado, Camila Farah e Nilda Kobayashi Hoffman pelas ajudas laboratoriais, amizade e conselhos nas horas de nervosismo dentro do laboratório.

Aos amigos Lincoln Macedo, Rodrigo Carneiro e Thales Camargo por essa verdadeira amizade e pelo incentivo as minhas decisões profissionais.

À toda família Andrade e Martinez que sempre me apoiaram em meus estudos.

Aos eternos professores, Eulene Francisco da Silva e José Oscar Novelino, por me mostrarem o caminho da sabedoria e conhecimento.

À todos que de alguma forma contribuíram na minha formação profissional e para a realização desse sonho.

MUITO OBRIGADO.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Milho	3
2.2 Cerrado	4
2.3 Sistema plantio direto	4
2.4 Fósforo no solo	5
2.5 Fracionamento de fósforo	9
2.6 Fontes de adubos nitrogenados.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Caracterização da área experimental	11
3.2 Delineamento experimental	14
3.3 Avaliações no solo	15
3.4 Fracionamento de Fósforo	15
3.5 Produtividade	17
3.6 Análise estatística	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Produtividade do milho	18
4.2 P extraído pela resina de troca aniônica (P-RTA)	19
4.3 P orgânico extraído com NaHCO ₃	23
4.4 P inorgânico extraído com NaHCO ₃	25
4.5 P orgânico extraído com NaOH 0,1 mol L ⁻¹	27
4.6 P inorgânico extraído por NaOH 0,1 mol L ⁻¹	29
4.7 P HCl 1,0 mol L ⁻¹	30
4.8 P orgânico extraído com NaOH 0,5 mol L ⁻¹	33
4.9 P inorgânico extraído com NaOH 0,5 mol L ⁻¹	35
4.10 P-Residual.....	37
4.11 P lábil	39
4.12 P moderadamente lábil.....	41
4.13 P não lábil	43
5. CONCLUSÕES.....	45

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
--	-----------

RESUMO

MARTINEZ, MATHEUS ANDRADE. Universidade Federal da Grande Dourados. **Frações de fósforo em experimento de longa duração em milho consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, sob diferentes fontes de nitrogênio.** Orientadora: Marlene Estevão Marchetti. Co-Orientadores: Alessandra Mayumi Tokura Alovisi e Manoel Carlos Gonçalves.

A adsorção do fósforo do solo aos colóides minerais é consequência de sua habilidade em formar compostos de alta energia de ligação. Mesmo que os teores totais do elemento no solo sejam altos em relação aos necessários para as plantas, apenas uma pequena fração deste tem baixa energia de ligação que possibilita sua dessorção e disponibilidade às plantas. Este comportamento é mais pronunciado em regiões tropicais onde os solos são altamente intemperizados e ricos em óxidos de ferro e alumínio, e com pH baixo, como no caso do Cerrado. Há algumas plantas, como do gênero *Brachiaria* sp., que têm a capacidade de liberar substâncias que aumentam a disponibilidade de fósforo no solo, o que leva a ter uma atenção maior por esse aproveitamento. O consórcio com milho e *B. brizantha* cv. Marandu é uma forma de melhor aproveitamento do fósforo no solo, favorecendo a ciclagem desse nutriente. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do consórcio de milho com *B. brizantha* cv. Marandu e de fontes de nitrogênio nas frações de fósforo no solo, bem como na produtividade do milho. O experimento teve início em 2005, porém o estudo foi realizado no ano agrícola 2013/2014 no município de Maracaju-MS, onde os tratamentos estavam dispostos em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois fatores estudados, sendo o consórcio (presença ou ausência de *B. brizantha* cv. Marandu no milho); e as fontes de nitrogênio (sem nitrogênio, ureia, ureia + sulfato de amônio e sulfato de amônio) arranjadas em blocos casualizados, com quatro repetições. Coletou-se amostras de solo para análise química e o fracionamento de P em quatro profundidades (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) após a colheita do milho no outono/inverno de 2013, assim como a determinação da produtividade do milho em 2013. O uso do sulfato de amônio proporcionou maior acúmulo de fósforo lábil em todo o perfil do solo, principalmente na fração orgânica extraída por NaHCO₃, além de reduzir as formas não lábeis. O cultivo de *B. brizantha* cv. Marandu consorciado com o milho aumentou a disponibilidade da forma lábil de fósforo na ausência de adubação nitrogenada, e reduziu a fração de fósforo ligado ao ferro e alumínio. O consórcio milho com *B. brizantha* cv. Marandu proporcionou o aumento da produtividade do milho.

Palavras-chave: labilidade; fracionamento de fósforo; consórcio

ABSTRACT

MARTINEZ, MATHEUS ANDRADE. Universidade Federal da Grande Dourados. **Phosphorus fractions in long-term experiment in maize intercropped with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu under different nitrogen sources.** Adviser: Marlene Estevão Marchetti. Co-Adviser: Alessandra Mayumi Tokura Alovisei, Manoel Carlos Gonçalves.

The soil phosphorus adsorption to mineral colloids is the result of their ability to form high-energy binding compounds. Even if the total content of the element in the soil are high relative to that required to plants, just a small fraction thereof has low binding energy enables desorption and their availability to the plants. This behavior is more pronounced in tropical areas where soils are highly weathered and high in iron and aluminum oxides, and low pH, as in the Cerrado. There are some plants such as the genus *Brachiaria spp.*, Which have the ability to release substances that increase phosphorus availability in the soil, which leads to having an increased attention for such use. The intercropped with corn and *B. brizantha* cv. Marandu is a way to better match use in soil, favoring the cycling of this nutrient. The study objective was to evaluate the effect of corn intercropped with *B. brizantha* cv. Marandu and nitrogen sources in phosphorus fractions in soil as well as in corn yields. The experiment began in 2005, but the study was conducted in the agricultural year 2013/2014 in the municipality of Maracaju-MS, where treatments were willing factorial 2 x 4, two factors studied, and the intercropped (presence or absence of *B. brizantha* cv Marandu in corn.); and sources of nitrogen (without nitrogen, urea, urea + ammonium sulfate and ammonium sulfate) arranged in randomized block design with four replications. He gathered up soil samples for chemical analysis and fractionation of P in four depths (0-5, 5-10, 10-20 and 20-40 cm) after the corn harvest in autumn / winter 2013, as well as determination in corn crop in 2013. The use of ammonium sulphate provided greater labile phosphorus accumulation throughout the soil profile, especially in the organic fraction extracted by NaHCO₃ and reduce non-labile forms. The cultivation of *B. brizantha* cv. Marandu intercropped with maize increased availability of phosphorus labile form without nitrogen fertilization, and reduced phosphorus fraction bound to iron and aluminum. The corn intercropped with *B. brizantha* cv. Marandu provided increased corn productivity.

Key-words: lability; Phosphorus Fractionation; intercropped

1. INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial tem gerado a necessidade de se incrementar a produção de alimentos e energia para o país e outras partes do mundo (SANTOS et al., 2008). Desta forma, o cerrado brasileiro por haver solos com boas propriedades físicas e com uma favorável topografia à mecanização (NOVAIS et al., 2007) tornou-se uma das maiores áreas cultivadas do mundo (SIQUEIRA NETO et al., 2009).

Apesar de o fósforo (P) ser o décimo segundo elemento químico mais abundante na crosta terrestre (SCHULZE, 1989), é o segundo elemento mais limitante na produtividade nos solos tropicais (HOLFORD, 1997).

O Brasil possui a maior fronteira mundial para a expansão da agricultura, pois dos 1,4 bilhões de hectares de terras agricultáveis no mundo possui 497 milhões, aproximadamente 35% de áreas agricultáveis (LOPES e DAHER, 2008). Entretanto, sua reserva de rochas fosfáticas é de apenas 1,7% das reservas mundiais (USGS, 2009), o que torna o Brasil dependente da importação de fertilizante fosfatado em poucas décadas, elevando ainda mais o custo de produção.

A limitação proporcionada pelo P está relacionada com a alta capacidade de adsorção do fósforo aos colóides minerais e orgânicos, principalmente em solos tropicais e altamente intemperizados. Portanto, mesmo que o solo possua altos teores do elemento, somente uma pequena parte estará em formas altamente labéis. Esse poder de adsorção do fósforo ao solo é mais pronunciado em regiões tropicais onde os solos são altamente intemperizados e ricos em óxidos de ferro e alumínio, e com pH baixo (RICHTER e BABBAR, 1991).

Algumas espécies têm a capacidade de absorver as formas de fósforo do solo disponível e indisponível, tendo essas espécies uma atenção maior por esse aproveitamento de fósforo. As forrageiras do gênero *Brachiaria*, que são pouco exigentes em fertilidade do solo, tem capacidade para retirar fósforo do solo em situações nas quais plantas mais exigentes, como a soja e o milho não conseguem, por possuírem vários mecanismos como: morfologia das raízes, quantidade de pelos radiculares, colonização por micorrizas, associação com microorganismos solubilizadores de fósforo, secreção de fosfatases, e adaptação a condições climáticas adversas (SOUSA et al., 2010). Sendo assim, o consórcio do milho com *Brachiaria* é uma possível opção para reciclagem e uso eficiente do fósforo.

Para a cultura do milho, o nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade, além de ser o que mais limita a produtividade de grãos (LEMAIRE e GASTAL, 1997).

Considerando que o nitrogênio é um fertilizante de alto custo, e apresenta sérios problemas de poluição, é necessário o uso eficiente dos fertilizantes nitrogenados, conhecendo desta forma a melhor época de aplicação e fonte escolhida.

No cenário brasileiro, entre as fontes mais utilizadas estão a ureia e o sulfato de amônio, que apresenta como vantagem o alto teor de N (45 %) e a presença de enxofre, respectivamente.

Objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito do consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e de fontes de nitrogênio nas frações de fósforo no solo e verificar sua relação com a produtividade do milho em um experimento de longa duração.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Milho

O milho (*Zea mays* L.), provavelmente, é a mais importante planta comercial com origem nas Américas e é uma das culturas mais antigas do mundo, sendo o segundo grão mais produzido no Brasil, ficando apenas atrás da produção de soja (CONAB, 2014).

A cultura do milho é muito difundida na região Centro-Oeste, apresentando-se como uma fonte de matéria-prima, principalmente para o setor de agroindústrias e nutrição animal (GILO et al., 2011). A produtividade média de grãos no Brasil é considerada baixa, quando comparada à de outros países produtores, ocupando apenas a décima posição no ranking mundial, apesar de ser o terceiro maior produtor do grão e ter a terceira maior área plantada (USDA, 2014). A baixa produtividade pode estar relacionada a várias causas, onde as mais importantes são os fatores de fertilidade do solo, nutrição da planta de milho, densidade populacional e arranjo das plantas (CRUZ et al., 2008).

Em 10 anos houve um aumento de 53,66% da produtividade. Na safra 2013/2014 foi cultivado no Brasil cerca de 15,8 milhões de hectares, tendo o estado do Mato Grosso do Sul a terceira maior área cultivada, cerca de 1,54 milhões de hectares, e a terceira maior produção, com 8,03 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2014).

Nos últimos anos o Brasil vem passando por um grande desenvolvimento com importantes mudanças tecnológicas, resultando em incrementos significativos da produtividade e produção.

O consórcio de milho segunda safra com *Brachiaria* é uma boa alternativa para conservar uma palhada de qualidade e quantidades suficientes sobre solo, expressando desta forma todo o potencial do sistema de plantio direto, que pode proporcionar maior retorno econômico nas culturas subsequentes (CECCON et al., 2009), abolindo a necessidade de plantas de cobertura para o inverno ou primavera, para a produção de palha para o plantio direto (BARDUCCI et al., 2009). O consórcio de culturas produtoras de grãos e forrageiras é possível, devido a diferente velocidade no acúmulo de biomassa entre as espécies (KLUTHCOUSKI e YOKOYAMA, 2003).

Espécies do gênero *Brachiaria* sp. originadas do continente africano, ocupa cerca 85% das áreas de pastagens no Brasil (FERRAZ e FELÍCIO, 2010), devido à

grande adaptação aos solos ácidos e com baixos teores de fósforo do Cerrado (RAO et al., 1996).

2.2 Cerrado

O Cerrado ocupa uma área aproximada de 2.036.448 km², que equivale a 23,92% do território brasileiro. É o segundo maior bioma, ficando somente atrás da Amazônia. As formações vegetais campestres são formadas por vegetações abertas, denominadas como Cerrado que predomina no Brasil central. A vegetação predominante dá nome ao Cerrado que se estende desde o litoral maranhense até o Centro-Oeste, sendo que 61% do Mato Grosso do Sul é formado pelo cerrado (IBGE, 2004).

Cerca de 45,7% dos solos do cerrado são formados por Latossolos (CORREIA et al., 2004), sendo bem intemperizados, com baixa fertilidade natural, alta acidez, com predomínio de argilas de baixa atividade, como caulinitas e oxidróxidos de Fe e Al (SOUSA e LOBATO, 2004), apresentando textura argilosa, bem estruturados e com alta estabilidade de agregados. Apresentam baixa capacidade de troca de cátions, a qual é dependente da matéria orgânica (GOEDERT et al., 1980).

Os elevados gastos com a adubação fosfatada nas lavouras na região do Cerrado é devido à alta taxa de fixação aos colóides e podem variar conforme a fonte de fósforo (P) utilizada e do tempo determinado para o retorno do investimento (SOUSA et al., 2002).

2.3 Sistema plantio direto

Segundo Anghinoni (2007), o sistema plantio direto teve sua primeira referência na década de 30, nos Estados Unidos. Já na década de 40 o plantio direto surgiu na Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, como forma de manejo do solo, ao ser verificado que as plantas cultivadas podiam crescer de maneira satisfatória sem o revolvimento do solo, desde que não houvesse competição com plantas daninhas.

O uso de sistemas que não ocorre o revolvimento do solo, destaca-se as melhorias nos atributos químicos do solo em sistema de plantio direto na qual é caracterizado pela formação de um ambiente orgânico onde beneficia a conservação da umidade e da fertilidade do solo, e que promove a difusão do fósforo na solução do solo e sua absorção pelas plantas (GATIBONI et al., 2007).

Além disso, o uso de plantas de cobertura de solo na entressafra pode ocasionar a liberação de ácidos orgânicos, que são hábeis para complexar o alumínio trocável, (ZAMBROSI et al., 2008).

O sistema de plantio direto possui várias características marcantes e uma delas é o aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial do solo com o decorrer do tempo de implantação desse sistema (ANGHINONI, 2006), onde em diversos tipos de solos de varias regiões do Brasil, foi observado correlação significativa entre a matéria orgânica do solo e o fósforo orgânico lábil (OLIVEIRA et al., 2014).

2.4 Fósforo no solo

O fósforo é um elemento muito limitante na produtividade de biomassa de milho, principalmente em solos deficiente em fósforo (WANG et al., 2014). Os solos do Brasil são carentes de fósforo em consequência do material que lhe deu origem (RAIJ, 1991) assim como a quantidade e a área da superfície dos óxidos de Fe e Al também têm participação no aumento da adsorção de fosfato (ROLIM NETO, 2004).

A dinâmica do P no solo é decorrente dos fatores ambientais que podem controlar a atividade dos microrganismos, os quais imobilizam ou liberam os íons fosfato. Nos Latossolos, que são solos altamente intemperizados, existe maior presença das formas inorgânicas ligadas à fração mineral com alta adsorção e as formas orgânicas estabilizadas física e quimicamente (RHEINHEIMER et al., 2008). Menos de 0,1% do fósforo encontra-se na solução do solo (FARDEAU, 1996).

A fração inorgânica está presente em três formas no solo: P-solúvel na solução do solo; P-lábil, que pode estar precipitado ou adsorvido na parte sólida do solo, porém em equilíbrio com o fósforo da solução; e o P- não lábil, cuja passagem para a solução do solo é situada de forma lenta (LARSEN, 1967) e pode representar de 49 a 57% do

fósforo em Latossolo Vermelho distroférico dependendo do nível de fertilizantes aplicado (GATIBONI et al., 2007).

Os resíduos de plantas e tecidos da flora e fauna do solo podem dar origem à fração orgânica do solo. A distribuição percentual de fósforo orgânico em relação ao fósforo total é muito variável e depende de vários fatores, tais como: material de origem, grau de evolução pedogenética dos solos, teor de carbono e ação dos componentes climáticos influenciando, em maior ou menor grau, o desdobramento dos compostos orgânicos do solo (ROBERTS et al., 1989).

A determinação do fósforo orgânico é necessária para melhor entendimento do processo de mineralização-imobilização de fósforo em uma determinada situação e sistema de cultivo (KUO, 1996).

Embora a disponibilidade de P para as plantas dependa dos fatores quantidade, intensidade, capacidade e difusão do P no solo, por motivos metodológicos, nos estudos de avaliação da disponibilidade de P para as plantas, o fator quantidade é o mais fácil de ser determinado. Segundo Thomas e Peaslee (1973), as características do solo determinam os compostos de P que constituirão seu fator quantidade, sendo basicamente compostos ligados ao ferro, ao alumínio e ao cálcio, cujas quantidades e combinações dependem do material de origem, do grau de intemperização do solo e das práticas de uso e manejo a longo prazo.

A fração lábil é representada pelo conjunto de compostos fosfatados capazes de repor rapidamente os teores de P para solução do solo, quando ele é absorvido por plantas ou por microrganismos. Por isso, as frações mais lábeis são dependentes do grau de intemperização do solo, da mineralogia, da textura, do teor de matéria orgânica, das características físico-químicas do solo, da atividade biológica e da vegetação predominante (WALKER e SYERS, 1976; CROSS e SCHLESINGER, 1995).

Dois mecanismos de “fixação” do fósforo destacam-se em função do tempo para atingir o equilíbrio: a precipitação, que consiste na formação de compostos insolúveis ou de baixa solubilidade, e a adsorção, que consiste na retenção do P solúvel na superfície de certos constituintes ou em formas livres de ferro e alumínio (FASSBENDER, 1984).

Por conta dos solos serem altamente intemperizados nas regiões tropicais, apresenta um baixo valor de P biodisponível, muitas vezes abaixo das exigências requeridas pelas culturas. Essa característica está associada à grande capacidade que os coloides minerais e orgânicos possuem em adsorver fortemente o P. Contudo, os

sistemas de cultivo e o manejo da adubação fosfatada podem influenciar o potencial de suprimento do nutriente no solo e o seu aproveitamento pelas culturas (RHEINHEIMER et al., 2003b; RHEINHEIMER et al., 2008).

Com o decorrer do tempo, pode ocorrer o “envelhecimento” do fósforo adsorvido, cujas ligações tendem à especificidade, fazendo com que o P se ligue a compostos binucleados ou ainda a penetração do fosfato nas imperfeições do mineral cristalizado. Isso resulta em maior força de adsorção e menor possibilidade de desorção do fosfato para a solução do solo (RHEINHEIMER et al., 2008).

Dessa forma, o P adicionado aos solos por meio das adubações tende a passar rapidamente para formas menos solúveis. Este processo, com consequente redução na disponibilidade para as plantas, é genericamente conhecido como adsorção ou “fixação” de P. As reações no sentido inverso (desorção, mobilização e dissolução) ocorrem de forma diferenciada. A reação de adsorção-desorção parece ocorrer rapidamente nos solos e o equilíbrio pode ser obtido em poucos minutos ou horas. Já as reações de imobilização-mobilização ocorrem lentamente, atingindo o equilíbrio em dias ou meses (RYDEN, 1977). A precipitação-dissolução provavelmente ocorre a taxas intermediárias às reações de adsorção-desorção e imobilização-mobilização (TALIBUDEEN, 1974).

A adsorção do P ocorre primeiramente nos sítios de menor labilidade e, em seguida, o P remanescente é remanejado em frações retidas com menor energia e de maior disponibilidade para as plantas (RHEINHEIMER e ANGHINONI, 2001).

A reação de precipitação é decorrente da combinação dos íons Fe^{+3} , Al^{+3} e Mn^{+2} , liberados para a solução do solo durante o processo de intemperização de solos, naturalmente ácidos, com os íons fosfato resultando em produtos de baixa solubilidade (TOKURA et al., 2002).

Uma vez fixado em compostos orgânicos, o fósforo fica à disposição da ciclagem no complexo planta-palha-solo formado nos agroecossistemas, sendo o fósforo orgânico de grande relevância nos solos de cerrado, pois possuem elevadas taxas de intemperismo (PROCHNOW et al., 2010).

Apesar de haver um maior acúmulo de formas de P inorgânicas com a adição de fertilizantes fosfatados, também ocorre acúmulo de P tanto em formas inorgânicas ou orgânicas, que podem se apresentar com distintos graus de energia de ligação (DAROUB et al., 2000).

O P liberado pelos fertilizantes pode apresentar-se no solo em formas de maior ou menor complexidade, ligado primeiramente a compostos de baixa energia como ferro e alumínio, e posteriormente a compostos de alta energia de ligação, como o cálcio (RHEINHEIMER e ANGHINONI, 2001).

Há uma forte competição entre o solo e a planta pelo fósforo dos fosfatos (NOVAIS et al., 2007), principalmente em solos do Cerrado. Assim qualquer forma de manejo que tenha a capacidade de aumentar os teores de P lábil, ou aumente a absorção e utilização do P de menor labilidade pelas plantas é de grande importante para a agricultura.

Apesar de grande parte dos solos brasileiros possuírem grande capacidade de adsorção de fósforo aos colóides devido os altos teores de argila e quantidades consideráveis de Fe e Al, a *Brachiaria ruzizienses* reduz a capacidade máxima de adsorção de fósforo do solo (JANEGITZ et al., 2013).

A lenta e gradual mineralização dos resíduos vegetais ocasiona a liberação e a remanejamento das formas orgânicas de P, com maior mobilidade no solo e com menor capacidade de ser adsorvido no solo. Além do mais, com isso ocorre um fluxo contínuo de distintas formas de carbono, que competem com os íons fosfato pelos sítios de carga positiva dos colóides inorgânicos, e também complexam íons de Al^{3+} e Fe^{3+} , constituindo compostos hidrossolúveis mais complexos e com alta estabilidade, decorrendo em aumento da disponibilidade de P para as plantas (RHEINHEIMER e ANGHINONI, 2003).

Tem se observado a formação de uma camada no solo com altos teores de matéria orgânica e concentração de nutrientes disponíveis, incluindo o P (RHEINHEIMER et al., 2003a). Esse acúmulo é consequência da adição sequencial de fertilizantes na camada superficial do solo, pelo não revolvimento do solo. A maior atividade dos microorganismos na camada superficial do solo sob SPD amplia o estoque de P orgânico da biomassa microbiana, na qual pode se tornar disponível pela mineralização (CONTE, 2001).

Determinar e fazer uma relação entre as formas de fósforo no solo, é possível definir o manejo de adubação mais eficiente, visando a uma maior eficiência do fertilizante (TOKURA et al., 2007) e do manejo do solo (RHEINHEIMER et al., 2000).

2.5 Fracionamento de fósforo

Para compreender a dinâmica e comportamento do fósforo no solo foi desenvolvido métodos para fracionar o fósforo do solo, de acordo com sua disponibilidade (RAIJ e FEITOSA, 1980).

Uma das primeiras metodologias desenvolvidas para o fracionamento de fósforo foi feita por Chang e Jackson em 1957, a qual usa o modo de ação de extratores químicos como agente seletivo para a extração do fósforo ocorrente em diferentes formas e estados de energia (FIXEN e GROVE, 1990), porém somente contemplava as frações inorgânicas de fósforo. A fração orgânica pode contribuir de 20 a 80% do fósforo total na camada de 0-20 cm (TIESSEN et al., 1984), e representar valores de 13 a 47% do fósforo total nos solos da região central do Brasil (GUERRA et al., 1996).

Um método de fracionamento, que contempla as frações orgânicas de fósforo e introduz a ideia de sua labilidade, foi proposto por Hedley et al. (1982). Neste método, são adicionados, sequencialmente, extratores de menor à maior força de extração, os quais removem fósforo inorgânico (Pi) e orgânico (Po), das formas mais disponíveis às mais estáveis.

Cross e Schlesinger (1995) agruparam as suposições de vários autores sobre quais formas de fósforo são extraídas pelo fracionamento sequencial de Hedley et al. (1982). Como regra geral, pode-se afirmar que a resina trocadora de anions é capaz de extrair as formas labéis de P inorgânico. Já o NaHCO_3 tem a capacidade de extrair tanto as formas labéis orgânicas como inorgânicas. O hidróxido de sódio extrai o fósforo inorgânico adsorvido as alumínio e ferro, e também o fósforo inorgânico considerado moderadamente lábil. O extrator ácido clorídrico extrai o fósforo ligado ao cálcio e o fósforo altamente adsorvido. Já a digestão do solo como ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio extrai o fósforo residual, orgânico e inorgânico.

O método de fracionamento proposta por Hedley e seus colaboradores sofreu várias modificações, para facilitar sua exequibilidade e para adequá-la aos aparatos laboratoriais disponíveis e necessários para sua realização. Dentre elas, na ausência de aparelho de ultrassom, pode-se substituir a extração com NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ + ultrasonificação por extração com NaOH $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (CONDRON et al., 1985).

2.6 Fontes de adubos nitrogenados

Atualmente, no Brasil, a ureia, sulfato de amônio e nitrato de amônio são as principais fontes de nitrogênio na forma de fertilizante. O nitrogênio é encontrado na solução do solo principalmente nas formas de nitrato e amônio, entretanto, na maioria dos solos cultivados, em particular nos da região tropical, o nitrato é a principal forma de aquisição de nitrogênio pelas culturas (MARSCHNER, 1995).

A aplicação de ureia sobre a superfície dos solos pode resultar em perdas de nitrogênio por volatilização de NH_3 , e as perdas podem aumentar pela presença de palhada ou resíduos vegetais, pois materiais orgânicos têm alta atividade de uréase, que acelera a quebra da ureia com a paralela produção de NH_3 (BARRETO e WESTERMAN, 1989).

A mistura de ureia com sulfato de amônio tem sido empregada com o intuito de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada ao reduzir as perdas de NH_3 por volatilização. Isto pode acontecer pelo fato do efeito de acidificação e diluição que o sulfato de amônio proporciona, e desta forma provoca redução da proporção de nitrogênio amídico, pois as perdas tendem a aumentar com o aumento da concentração de ureia na mistura (CANTARELLA et al., 2003)

Resultados evidenciam que a absorção de nitrogênio pela cultura do milho é maior no período entre 40 e 60 dias após a germinação, embora aconteça durante quase todo período do milho (VASCONCELLOS et al., 1998).

A aplicação de nitrogênio somente na semeadura pode resultar no acúmulo de NO_3^- no solo nos estádios iniciais de desenvolvimento de milho, no qual pode ocorrer lixiviação (BASSO e CERETTA, 2000).

Em função das grandes taxas de lixiviação, é recomendado o parcelamento da adubação nitrogenada, aplicando uma fração na semeadura de forma incorporada ao solo e o restante do nitrogênio em cobertura (ERNANI et al., 2002; BASSO e CERETTA, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no município de Maracaju, estado de Mato Grosso do Sul, na área experimental da Fundação MS, localizado na latitude de 21° 38' S, longitude de 55° 05' W a 365 metros de altitude.

O clima da região é tropical úmido, com chuvas no verão e com seca no inverno, classificado como Aw segundo a classificação de Köppen (1948), com temperatura média anual de 27°C e precipitação média anual de 1500 a 1750 mm.

O experimento teve início no outono/inverno de 2005 e finalizado no outono/inverno de 2013, sendo totalizado nove cultivos de milho e oito cultivos de soja, sempre a soja sendo semeada no verão e o milho na segunda safra, porém os dados aqui analisados foram obtidos no ano 2013.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distroférico (SANTOS et al., 2013), de textura argilosa, com relevo plano.

As características químicas antes da instalação do experimento encontram-se na Tabela 1 e após o experimento na Tabela 2. Determinaram-se o pH (CaCl₂), teor de matéria orgânica, acidez potencial (H+Al), fósforo (P) extraído por Melihch 1, potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), soma de bases trocáveis (SB), e capacidade de troca de cátions (CTC), e saturação por bases (V%), conforme metodologia descrita por Claessen et al. (1997).

Tabela 1 – Atributos químicos do solo antes da instalação do experimento nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Profundidade	pH	P	M.O.	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
cm	CaCl ₂	mg dm ⁻³	%	-----cmol _c dm ⁻³ -----							%
00-20	4,79	31,49	3,42	0,79	3,90	1,00	0,19	4,54	5,69	10,23	55,61
20-40	5,05	5,10	2,29	0,22	3,10	0,65	0,00	3,10	3,97	7,07	56,15

P: fósforo; M.O: matéria orgânica; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V%: saturação por bases

Tabela 2 – Atributos químicos do solo após a colheita do milho no outono/inverno de 2013, em quatro profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm.

Fonte N	Consórcio	pH	M.O. %	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	-----mg dm ⁻³ -----			
												-----cmol _c dm ⁻³ -----			
0-5 cm															
TESTEMUNHA	SEM	5,31	2,71	0,72	3,88	2,74	0,00	3,03	7,35	10,38	70,83	0,93	12,55	5,79	0,79
TESTEMUNHA	COM	5,28	3,15	0,67	4,38	2,73	0,00	2,92	7,78	10,70	72,61	0,77	11,18	5,07	0,67
UREIA	SEM	4,84	2,67	0,67	3,60	2,07	0,14	3,51	6,35	9,86	64,18	2,65	33,71	20,54	2,45
UREIA	COM	4,97	3,75	0,71	3,69	2,34	0,00	3,54	6,73	10,27	65,41	4,31	64,35	30,86	4,58
S.A.+UREIA	SEM	4,76	3,50	0,60	3,31	1,84	0,05	3,47	5,75	9,22	62,32	5,26	76,23	38,99	3,64
S.A.+UREIA	COM	4,97	4,02	0,61	3,47	2,41	0,05	3,44	6,48	9,92	65,01	4,76	89,69	42,04	3,69
S.A.	SEM	4,49	2,98	0,54	2,31	1,68	0,35	4,15	4,53	8,68	52,16	4,49	72,87	34,81	3,38
S.A.	COM	4,87	2,98	0,62	1,84	1,44	0,18	3,73	3,90	7,63	50,39	4,15	83,53	36,18	3,60
5-10 cm															
TESTEMUNHA	SEM	4,66	2,31	0,46	3,28	1,88	0,32	4,09	5,62	9,71	57,57	0,95	6,79	5,20	0,60
TESTEMUNHA	COM	4,74	2,72	0,47	3,32	1,86	0,17	3,81	5,64	9,45	59,50	1,66	17,21	10,55	1,04
UREIA	SEM	4,46	2,76	0,47	3,05	1,48	0,39	4,10	5,00	9,10	54,45	3,09	25,16	18,35	2,24
UREIA	COM	4,53	3,23	0,48	3,37	1,79	0,26	4,42	5,64	10,06	56,11	5,07	38,22	36,01	3,90
S.A.+UREIA	SEM	4,55	3,06	0,38	3,03	1,36	0,50	3,74	4,78	8,52	56,05	5,30	41,20	35,42	3,04
S.A.+UREIA	COM	4,56	3,23	0,41	2,36	1,35	0,30	3,73	4,12	7,85	52,47	4,16	49,62	39,64	2,91
S.A.	SEM	4,31	2,50	0,34	1,99	1,22	0,56	4,29	3,55	7,84	45,52	5,24	41,96	35,60	3,16
S.A.	COM	4,58	2,71	0,39	1,45	0,95	0,44	3,99	2,79	6,78	40,70	4,61	47,38	43,29	3,07

S.A.: sulfato de amônio; M.O: matéria orgânica; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V%: saturação por bases; Cu: cobre; Mn: manganês; Fe: ferro; Zn: zinco

...Continua...

Tabela 2, Cont.

Fonte N	Consórcio	pH	M.O. %	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V%	Cu	Mn	Fe	Zn
-----cmol _c dm ⁻³ -----											-----mg dm ⁻³ -----				
10-20 cm															
TESTEMUNHA	SEM	4,17	2,14	0,29	2,34	1,15	0,84	5,36	3,78	9,14	41,51	0,83	4,67	5,09	0,34
TESTEMUNHA	COM	4,35	2,36	0,30	3,08	1,20	0,53	4,23	4,58	8,82	51,28	1,74	14,32	11,95	0,78
UREIA	SEM	4,24	2,52	0,32	2,42	1,06	0,62	4,15	3,80	7,95	47,47	3,66	23,52	28,73	1,53
UREIA	COM	4,35	2,91	0,33	2,76	1,18	0,45	4,19	4,27	8,46	50,34	4,32	28,75	33,64	1,87
S.A.+UREIA	SEM	4,35	2,69	0,26	2,66	1,07	0,56	4,24	3,99	8,24	48,28	4,45	31,06	41,02	1,86
S.A.+UREIA	COM	4,30	2,57	0,27	1,93	0,94	0,60	3,69	3,14	6,83	45,93	4,97	32,83	45,60	2,10
S.A.	SEM	4,21	2,35	0,24	1,82	0,96	0,89	4,41	3,02	7,43	40,60	4,76	31,11	43,58	2,15
S.A.	COM	4,36	2,09	0,28	1,36	0,72	0,65	4,13	2,36	6,49	36,05	4,35	36,82	40,95	1,98
20-40 cm															
TESTEMUNHA	SEM	4,49	1,92	0,19	2,16	0,98	0,39	3,39	3,33	6,72	49,52	0,71	3,12	8,17	0,12
TESTEMUNHA	COM	4,66	2,07	0,18	2,41	0,93	0,23	3,00	3,52	6,53	53,82	0,69	3,15	8,84	0,14
UREIA	SEM	4,55	2,38	0,19	2,37	0,92	0,27	3,17	3,48	6,64	52,25	3,16	15,11	40,23	0,71
UREIA	COM	4,61	2,56	0,17	2,36	0,95	0,26	3,05	3,48	6,54	53,16	3,64	16,32	54,58	0,89
S.A.+UREIA	SEM	4,60	2,34	0,19	2,31	0,86	0,30	2,97	3,36	6,33	53,05	3,81	19,15	51,74	0,53
S.A.+UREIA	COM	4,58	1,96	0,18	2,17	0,86	0,32	2,81	3,21	6,01	53,07	3,89	21,92	49,96	0,74
S.A.	SEM	4,48	2,00	0,18	1,73	0,89	0,48	3,24	2,81	6,05	46,63	3,99	20,71	56,20	0,80
S.A.	COM	4,63	1,85	0,18	1,14	0,48	0,36	3,21	1,80	5,01	35,68	4,06	27,09	67,18	1,01

S.A.: sulfato de amônio; M.O: matéria orgânica; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V%: saturação por bases; Cu: cobre; Mn: manganês; Fe: ferro; Zn: zinco

Em janeiro de 2005, trinta dias anteriores a semeadura do milho, aplicou-se 2,0 t.ha⁻¹ de calcário dolomítico e 500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola. A calagem e a gessagem foram realizadas ao mesmo tempo e a lanço sem incorporação

3.2 Delineamento experimental

Os tratamentos (Tabela 3) foram empregados na cultura do milho segunda safra, dispostos em esquema fatorial 2 x 4, sendo dois fatores estudados: consórcio (com ou sem *Brachiaria brizantha* cv. Marandu) e fontes de nitrogênio (sem nitrogênio, Ureia, Ureia + Sulfato de Amônio e Sulfato de Amônio) arranjados em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. O nitrogênio, em cobertura, foi aplicado no estágio V2/V3 da cultura do milho no dia 10/04/13, totalizando 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cada safra de milho.

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos em relação ao fator consórcio e as fontes de N.

Tratamento	Fonte de nitrogênio	Dose kg ha ⁻¹	<i>Brachiaria brizantha</i> cv.Marandu
1	-	-	Sem
2	-	-	Com
3	Ureia	89	Sem
4	Ureia	89	Com
5	Ureia + Sulfato de amônio	44 + 95	Sem
6	Ureia + Sulfato de amônio	44 + 95	Com
7	Sulfato de amônio	190	Sem
8	Sulfato de amônio	190	Com

As parcelas experimentais possuíam a dimensão de 5 metros de largura por 12 metros de comprimento, totalizando 60 m² de área cultivada.

Para a formação do consórcio milho com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi semeado 2,5 kg ha⁻¹ de sementes puras e viáveis de *B. brizantha* cv Marandu com auxílio de uma semeadora automotriz, com espaçamento de 20 cm, e na sequência foi realizado o plantio do milho com espaçamento de 0,80 m utilizando o híbrido 2B433 com 7 sementes por metro, na qual ambas as semeaduras ocorreram no dia 26/03/13. As sementes foram tratadas com o produto Cropstar[®] (imidacloprido + tiodicarbe) na dose de 300 ml/20 kg semente (p.c.). A adubação de plantio do milho foi realizada no sulco de semeadura utilizando 300 kg ha⁻¹ do formulado NPK 12-15-15. Após a colheita do

milho dessecava-se a área para o plantio da soja. Esta dessecação era realizada em duas etapas: a primeira era realizada trinta dias antes do plantio, onde era aplicado 3 lts.ha⁻¹ de glifosato (p.c.) + 0,8 lts.ha⁻¹ de 2,4D (p.c.); a segunda era realizada vinte dias após a primeira onde era aplicado 1,5 lts.ha⁻¹ de glifosato (p.c.). A cultura da soja foi semeada em sistema de plantio direto, com espaçamento de 0,45 m utilizando a cultivar BMX Turbo RR com 14 sementes por metro, na qual foi adubada com 400 kg ha⁻¹ do formulado 00-20-20. As sementes foram tratadas com Standak Top (Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato Metílico) na dose 100 mL/50 kg de sementes), CoMo Plus (100 mL/50 kg de sementes) e com o inoculante Gel Fix 5 (estirpe BR11005) (200 mL/50 kg de sementes).

3.3 Avaliações no solo

Em cada parcela, após a colheita do milho segunda safra do ano agrícola 2013 (26/11/2013), foram abertas duas trincheiras de 0,45 metros de largura x 0,4 metros de comprimento, nas quais foram coletadas as amostras de solo em quatro profundidades (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm), onde foi realizado as coletas de 7 subamostras para a formação de 1 amostra composta, sendo uma amostra na linha de plantio e seis amostras nas entrelinhas. As amostras foram secas ao ar e peneiradas em peneira de malha de 2 mm e acondicionados em sacos plásticos identificados e encaminhados ao Laboratório de Solos da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), para as análises químicas e fracionamento de fósforo (HEDLEY et al., 1982).

3.4 Fracionamento de Fósforo

O fracionamento do fósforo do solo foi realizado segundo a metodologia proposta por Hedley et al. (1982) em conjunto com as modificações propostas por Condron e Goh (1989).

Foi retirado uma alíquota de 0,5 g de solo, que foram postos em tubos de centrífuga tipo *falcon*. P extraído com resina de troca aniônica é a primeira fração a ser quantificada, sendo esse tipo de fósforo classificado como lábil, e assim sendo, prontamente disponível as plantas.

A fração de P extraída com bicarbonato de sódio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ com pH 8,5 extrai o fósforo orgânico e inorgânico onde corresponde a uma fração lábil do solo, assim como a fração P-RTA (HEDLEY et al. 1982), na qual pode sofrer várias alterações no solo devido a absorção pelas plantas.

Fósforo extraído com hidróxido de sódio $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ extrai formas orgânicas e inorgânicas de fósforo, onde a forma orgânica é considerada moderadamente lábil e inclui frações orgânicas não liberadas pelo bicarbonato de sódio quantificadas pela hidrólise parcial de compostos orgânicos que sofrem hidrólise com a ação do ânion OH^- (DALAL, 1977), podendo ser das formas monoéster, diéster, fosfonatos e polifosfatos (TATE e NEWMAN, 1982) e a forma inorgânica é considerada moderadamente lábil, inclui o fósforo inorgânico que não foi liberado nas extrações anteriores da metodologia de fracionamento de Hedley et al. (1982), sendo composta principalmente de fosfatos ligados aos oxi-hidroxidos de ferro e alumínio do solo (CROSS e SCHLESINGER, 1995).

O ácido clorídrico 1 mol L^{-1} extrai a fração de fósforo ligado ao cálcio no solo, formando fosfato de cálcio.

O extrator hidróxido de sódio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ extrai formas orgânicas e inorgânicas de fósforo formas iguais as extraídas pelo NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, entretanto as mesmas não foram estimadas pelo fato de estarem protegidas dentro dos microagregados do solo (CROSS e SCHLESINGER, 1995).

E por fim o fósforo residual que foi determinado por digestão com H_2SO_4 concentrado e H_2O_2 é composto tanto por frações orgânicas como inorgânicas, onde são consideradas altamente recalcitrantes, não participando diretamente da disponibilidade de fósforo para as plantas (STEWART e SHARPLEY, 1987), sendo a última fração obtida pelo fracionamento de Hedley et al. (1982), podendo indicar alto grau de intemperismo pelas altas proporções desta fração.

Para os extratos obtidos pelas extrações por RTA, HCl, e digestão nitroperclórica, foram determinados os teores de fósforo inorgânico (P_i) segundo a metodologia descrita por Murphy e Ryley (1962) e assim foram obtidas as frações P RTA, P HCl, e P residual.

Com os extratos obtidos pelos extratores NaHCO_3 e NaOH $0,1$ e $0,5 \text{ mol L}^{-1}$, foram separados em duas alíquotas na qual a primeira alíquota de cada extrato, foi feita a determinação do P inorgânico seguindo o método descrito por Dick e Tabatabai (1977). Assim sendo foram determinadas as frações de P inorgânico: NaHCO_3 , NaOH

0,1, e NaOH 0,5. A segunda alíquota destes extratos foi adicionado persulfato de amônio e ácido sulfúrico e levado para autoclave, e assim determinar o P total nos extratos. O P orgânico é obtido através da diferença entre o P total e o P inorgânico para cada extrato.

3.5 Produtividade

Para a determinação da produtividade de milho, em cada parcela experimental foram coletadas de forma manual as plantas de milho dentro do espaço compreendido por 0,50 m x 4,00 m, totalizando 2 m², posteriormente foram trilhadas para obtenção dos grãos e posteriormente foi determinado a umidade e a massa produzida em cada parcela. Em seguida a massa obtida foi transformada em produtividade expressa em t ha⁻¹ com correção de umidade a 13%.

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e quando apresentou resultados significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 10%, utilizando programa computacional Sisvar 4.2 (FERREIRA, 2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Produtividade do milho

A presença da *B. brizantha* cv Marandu no cultivo consorciado com o milho influenciou positivamente a produção do milho, onde as médias foram significativas para o fator *B. brizantha* cv Marandu (Tabela 4).

Tabela 4 - Análise de variância para a produção de milho na safra 2013. Dourados, UFGD, 2015.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F _{Calc}
Repetição	3	202974,40	1,13 ^{ns}
Fonte de nitrogênio (N)	3	176595,80	0,98 ^{ns}
Consórcio (C)	1	732710,80	4,10*
NxC	3	269779,00	1,51 ^{ns}
Resíduo	21	178614,90	
Total	31		C.V.= 11,44

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} Não significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

A produtividade do milho teve um aumento de 302 kg ha⁻¹ na presença da forrageira consorciada com milho, cerca de 8,5% de incremento na produção de grãos (Tabela 5). Isso mostra que a *B. brizantha* cv Marandu não competiu com o milho, não afetando o desenvolvimento e produtividade nas condições estudadas, onde o milho pode ter sombreado a *B. brizantha* cv Marandu e assim evitando a competição entre as espécies de gramíneas, embora a produtividade seja baixa, possivelmente pelas condições de acidez e presença de alumínio no solo desde a superfície. No estudo de consórcio de milho e *B. brizantha* cv Marandu com diferentes forrageiras consorciadas ao milho, Pariz et al. (2009) observaram comportamento contrário, onde o consórcio com *B. brizantha* cv Marandu interferiu negativamente na produtividade de milho, assim como descrito por Jakelaitis et al. (2010). Já Crusciol e Borghi (2007), não notaram diferença significativa na produtividade de milho solteiro e milho consorciado com *B. brizantha* cv Marandu na entrelinha.

Tabela 5 – Produtividade de milho na safra 2013, em função da presença e ausência de *B. brizantha* cv Marandu. Dourados, UFGD, 2015.

Produtividade	<i>Brachiaria</i>		C.V. (%)
	Sem	Com	
	Kg ha ⁻¹		
Milho	3541,18 B	3843,81 A	11,44

*Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

O plantio consorciado entre milho e *B. brizantha* cv Marandu aumentam o aporte de palhada para o plantio direto, via resíduos vegetais da forrageira, proporcionando maior controle de erosão, maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhoria nas condições físicas do solo, aumento da matéria orgânica do solo, com reflexos positivos nas características químicas e biológicas do solo (BALBINO et al., 1996). Todos esses fatores podem ter influenciado o acréscimo da produtividade do milho, por conta do sistema estar instalado desde 2005, e assim estabelecido para propiciar todos os benefícios do consórcio milho com *B. brizantha* cv Marandu.

4.2 P extraído pela resina de troca aniônica (P-RTA)

Verificou-se interação significativa entre as fontes de N e consórcio em cada profundidade amostrada em relação aos teores de P extraído pela resina trocadora de ânions (Tabela 6).

Na primeira camada de solo estudada (0-5 cm) observou-se que o cultivo consorciado do milho com a *B. brizantha* cv Marandu não apresentou diferenças com o uso de nitrogênio em cobertura (Figura 1), possivelmente pelo aumento dos resíduos vegetais na superfície do solo pelo uso da forrageira, que libera mais ácidos orgânicos. Somente o uso de *Brachiaria ruziziensis* aumenta o teor de fósforo disponível no solo (MERLIN, et al., 2014). Portanto, aumenta-se a competição pelos sítios de adsorção de fosfato e a formação de complexos ácido orgânico e ácidos húmicos-fosfato (STEVENSON, 1994), reduzindo a adsorção de fosfato e promovendo uma grande concentração de fósforo lábil.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância (ANOVA). Dourados, UFGD, 2015.

		P-RTA	Po-Bic	Pi-Bic	Po-0,1	Pi-0,1	P-HCl	Po-0,5	Pi-0,5	P-Residual	P-Lábil	P-ModLábil	P-NãoLábil
F.V.	G.L.	F calculado											
0 - 5 cm													
Bloco	3	0,765 ^{ns}	0,151 ^{ns}	0,418 ^{ns}	0,561 ^{ns}	0,303 ^{ns}	0,107 ^{ns}	0,108 ^{ns}	0,606 ^{ns}	1,283 ^{ns}	0,522 ^{ns}	0,113 ^{ns}	1,194 ^{ns}
N	3	7,643*	270,048*	27,255*	15,544*	5,994*	1,741 ^{ns}	3,896*	6,644*	23,867*	68,647*	20,675*	22,55*
C	1	2,605 ^{ns}	34,761*	1,527 ^{ns}	44,382*	54,244*	1,108 ^{ns}	3,959*	2,913 ^{ns}	3,675*	0,497 ^{ns}	21,401*	3,794*
NxC	3	4,728*	10,757*	15,494*	9,966*	8,099*	4,476*	10,65*	5,703*	4,744*	6,59*	6,37*	4,25*
C.V. (%)		9,07	15,56	12,6	14,82	3,75	9,41	18,74	4,45	6,24	7,78	3,75	6,07
5 - 10 cm													
Bloco	3	0,142 ^{ns}	9,209*	0,238 ^{ns}	0,541 ^{ns}	0,188 ^{ns}	0,929 ^{ns}	0,519 ^{ns}	0,848 ^{ns}	0,835 ^{ns}	1,734 ^{ns}	1,701 ^{ns}	0,474 ^{ns}
N	3	77,44*	260,932*	17,562*	0,737 ^{ns}	1,747 ^{ns}	2,485*	1,068 ^{ns}	3,108*	42,091*	99,228*	1,604 ^{ns}	40,209*
C	1	1,962 ^{ns}	3,832*	12,774*	67,102*	1,704 ^{ns}	4,683*	1,883 ^{ns}	1,526 ^{ns}	26,872*	2,88 ^{ns}	29,368*	19,101*
NxC	3	36,469*	33,724*	10,203*	11,165*	0,596 ^{ns}	0,16 ^{ns}	3,011 ^{ns}	3,269*	10,311*	36,89*	5,789*	9,547*
C.V. (%)		6,97	7,98	12,74	18,49	8,85	12,59	7,29	4,61	3,37	5,44	3,8	3,37
10 - 20 cm													
Bloco	3	0,086 ^{ns}	1,147 ^{ns}	0,531 ^{ns}	1,046 ^{ns}	1,011 ^{ns}	0,959 ^{ns}	1,077 ^{ns}	0,747 ^{ns}	0,703 ^{ns}	0,477 ^{ns}	1,439 ^{ns}	0,954 ^{ns}
N	3	12,473*	233,422*	64,754*	3,246*	21,043*	1,798 ^{ns}	21,181*	0,094 ^{ns}	19,53*	10,645*	4,798*	8,242*
C	1	0,189 ^{ns}	7,055*	0,622 ^{ns}	25,08*	5,532*	0,963 ^{ns}	34,713*	0,259 ^{ns}	1,257 ^{ns}	2,448 ^{ns}	38,078*	2,211 ^{ns}
NxC	3	25,667*	7,18*	3,017*	14,5*	7,151*	0,197 ^{ns}	60,957*	1,173 ^{ns}	8,619*	21,125*	50,495*	3,599*
C.V. (%)		11,08	14,29	11,2	21,38	6	96,73	25,86	6,59	4,56	7,83	4,4	6,47
20 - 40 cm													
Bloco	3	0,208 ^{ns}	0,284 ^{ns}	1,378 ^{ns}	1,568 ^{ns}	3,844*	0,67 ^{ns}	1,27 ^{ns}	2,013 ^{ns}	0,692 ^{ns}	0,378 ^{ns}	0,282 ^{ns}	1,163 ^{ns}
N	3	6,819*	43,905*	118,898*	35,367 ^{ns}	2,825*	45,103*	1,661 ^{ns}	4,142*	10,026*	9,794*	18,79*	1,286 ^{ns}
C	1	42,246*	6,872*	1,556 ^{ns}	35,249 ^{ns}	17,082*	20,722*	0,289 ^{ns}	0,001 ^{ns}	1,332 ^{ns}	0,904 ^{ns}	10,257*	0,06 ^{ns}
NxC	3	17,775*	20,639*	27,376*	55,989 ^{ns}	5,401*	8,782*	35,13*	13,111*	9,965*	9,901*	59,755*	5,136*
C.V. (%)		13,01	24,31	17,39	19,27	6	12,89	27,8	6,97	4,84	11,47	3,84	9,24

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. N - Fontes de nitrogênio; C – consórcio de milho com *Brachiaria brizantha* cv Marandu; P-RTA - P extraído pela resina de troca aniônica; Po-Bic - P orgânico extraído com NaHCO₃; Pi-Bic - P inorgânico extraído com NaHCO₃; Po-0,1 - P orgânico extraído com NaOH 0,1 mol L⁻¹; Pi-0,1 - P inorgânico extraído com NaOH 0,1 mol L⁻¹; P-HCl - P extraído com HCl 1 mol L⁻¹; Po-0,5 - P orgânico extraído com NaOH 0,5 mol L⁻¹; Pi-0,5 - P inorgânico extraído com NaOH 0,5 mol L⁻¹; PModLábil - P moderadamente lábil.

A utilização do adubo nitrogenado sulfato de amônio proporcionou o maior teor da fração RTA na camada de 5-10 cm onde o milho foi cultivado solteiro, porém quando o milho foi cultivado consorciado com a forrageira, o teor de fósforo extraído pela RTA foi inferior ao milho cultivado solteiro (Figura 1).

Na camada de 5-10 cm, o tratamento onde o N em cobertura foi o sulfato de amônio, observou-se o maior teor de fósforo extraído pela RTA no milho que foi cultivado solteiro, porém não se obteve diferença estatística para o tratamento que não ocorreu aplicação de nitrogênio (Figura 1). Isso pode ser explicado pelo fato que com a absorção de amônio, a célula tem que gerar a saída forçada de prótons (H^+) para conservar a sua eletroneutralidade e o transporte ativo secundário em funcionamento (DARRAH, 1993), acidificando o meio e, conseqüentemente, solubilizando o fosfato de cálcio (OLSEN e KHASAWNEH, 1980), deixando-o lábil e redistribuindo ao longo do perfil do solo.

O tratamento consorciado sem a aplicação de N (testemunha), nas camadas de 5-10 e 10-20 cm (Figura 1) apresentou os maiores teores da fração estudada, se destacando dos demais, porém pode ser visto na Tabela 2, que exatamente o tratamento descrito apresentou o pH mais elevado que os demais tratamentos, onde o fósforo RTA dos demais tratamentos podem ter ocorrido adsorção, ficando em formas mais recalcitrantes.

Na camada de 10-20, os resultados obtidos foram totalmente distintos dos resultados observados nas demais camadas do solo. O tratamento onde não foi utilizado a *B. brizantha* cv Marandu, quando aplicado somente sulfato de amônio o fósforo extraído pela resina apresentou o menor teor de P-RTA comparado estatisticamente com os outros tratamentos (Figura 1).

Os resíduos dos vários cultivos de *Brachiaria* aumentam a disponibilidade de P devido à liberação de ácidos orgânicos durante a decomposição do material vegetal pela população microbiana, e esses ácidos competem com os sítios de adsorção no solo, aumentando a disponibilidade dos fosfatos no solo (PAVINATO et al., 2008), assim como a degradação das raízes da forrageira, principalmente quando não utilizou-se nitrogênio em cobertura.

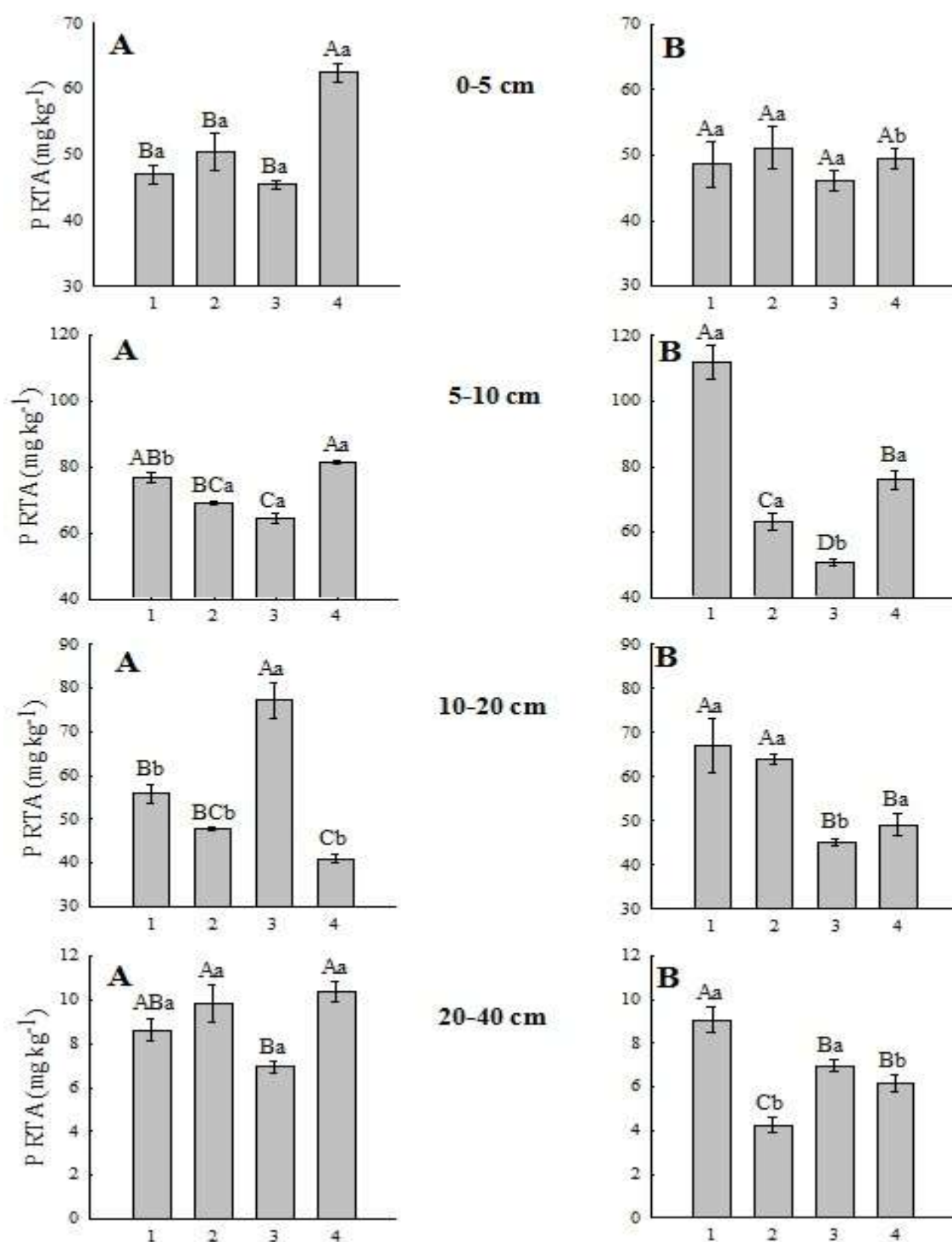


Figura 1 - Teores médios de P no solo, extraído com resina de troca aniônica (P RTA) em mg kg^{-1} , em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em quatro profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.3 P orgânico extraído com NaHCO₃

Nas quatro camadas de solo estudadas, 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, verificou-se efeito significativo da interação entre as fontes de nitrogênio e consórcio de milho com *B. brizantha* cv Marandu (Tabela 6).

Os teores de fósforo orgânico extraído por bicarbonato de sódio nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 cm foram superiores com a aplicação de sulfato de amônio em cobertura, dependente do uso ou não do uso de *B. brizantha* cv Marandu. Uma das prováveis razões para o ocorrido, é o fato do sulfato de amônio promover maior produção de massa seca da *B. brizantha* cv Marandu em comparação a ureia, em independente das doses utilizadas (SILVA et al., 2013), e com isso uma maior extração de P, que seria ciclado e ficaria disponível na forma orgânica, como o fósforo extraído por NaHCO₃.

Nas camadas de 0-5 e 10-20 cm, observou-se incremento dessa fração de fósforo no milho consorciado com *B. brizantha* cv Marandu (Figura 2). Silva et al. (1997) estudando rotação de *Brachiaria* com milho e adsorção de fósforo em Latossolo vermelho-escuro, confirmaram que a o uso de *Brachiaria* diminui a capacidade máxima de adsorção do P no solo. Possivelmente a redução da capacidade máxima de adsorção é consequência da liberação de ácidos orgânicos no solo pelo sistema radicular das *Brachiaria* (HU et al., 2005). A ação da matéria orgânica também está associada à complexação dos óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio, inibindo os sítios de adsorção (COUTO et al., 1979) e reduzindo sua capacidade de adsorver ânions como o fosfato. Simpson et al. (2012) relata a maior participação do fósforo orgânico no fósforo total do solo devido à sistemas de manejo que visam a manutenção e incremento de matéria orgânica no solo, que contribuem para disponibilidade de fósforo.

Com o uso da ureia, obteve-se os menores teores de fósforo orgânico em todas as camadas estudadas, exceto na camada de 20-40 cm quando o foi utilizado o consórcio com milho e *B. brizantha* cv Marandu no sistema de cultivo (Figura 2).

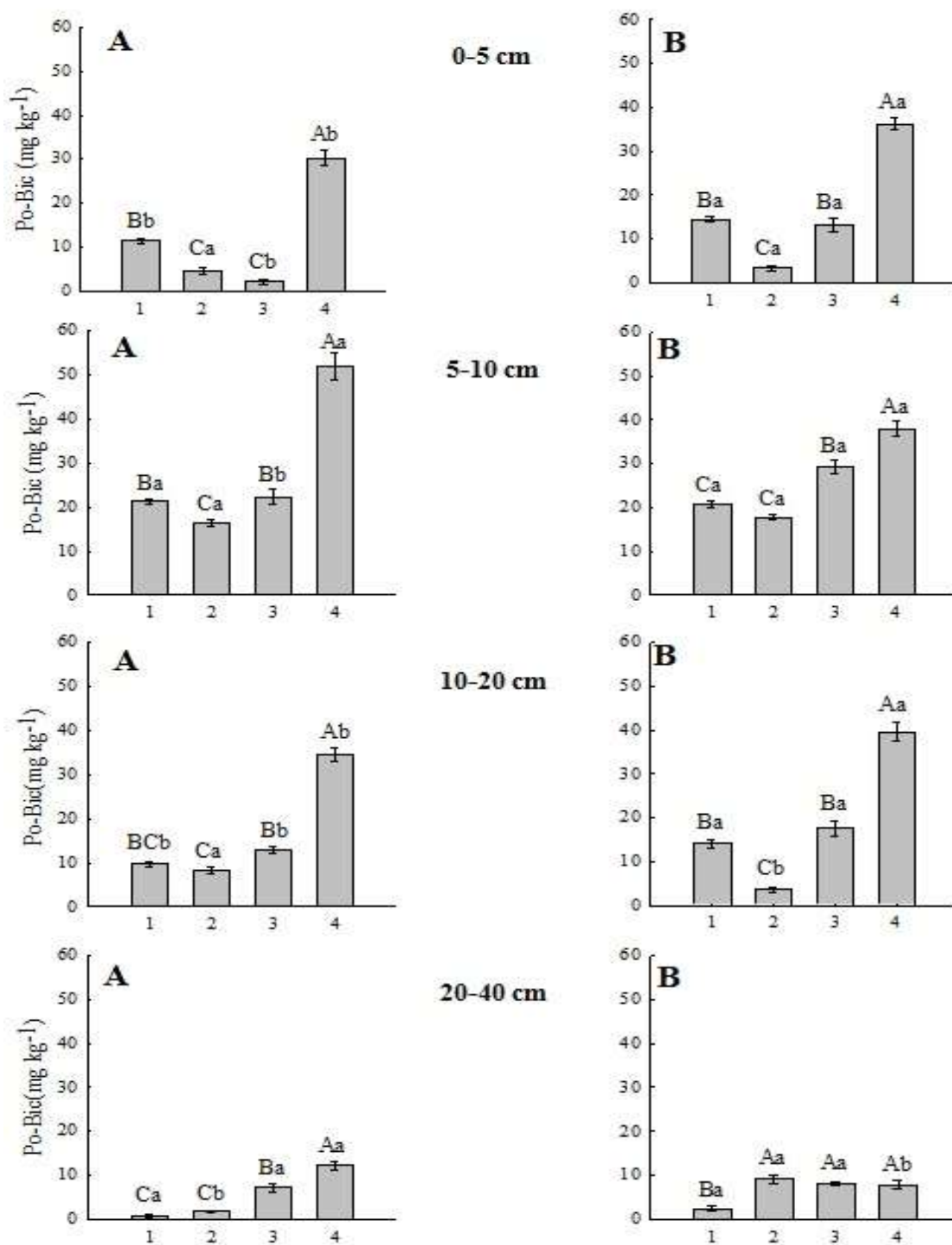


Figura 2 - Teores médios de P orgânico no solo em mg kg^{-1} , extraído com NaHCO_3 (Po Bic) em mg kg^{-1} , em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv Marandu, em quatro profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.4 P inorgânico extraído com NaHCO₃

Para o P inorgânico verificou-se interação significativa entre os fatores estudados na fração de fósforo extraída por NaHCO₃ (Tabela 6). Observou-se na Figura 3 que na ausência de N em cobertura os teores dessa fração de P foram maiores. Isso pode ter acontecido por conta da capacidade de alguns fertilizantes nitrogenados de acidificarem o solo, sendo bastante conhecida e deriva de reações que produzem H⁺ pela nitrificação (CAIRES et al., 2015).

Foi observado nas camadas de 10-20 e 20-40 cm, que o uso do sulfato de amônio, isoladamente ou em conjunto com a ureia, proporcionou os menores valores de P extraído por NaHCO₃ (Figura 3). Isso acontece pelo fato do sulfato de amônio ter a capacidade de reduzir o pH do solo, ate mesmo em camadas abaixo de onde foi aplicado, e desta forma o fósforo fica em formas mais recalcitrantes. Ferrari et al. (2015) observaram que após varias aplicações de sulfato de amônio em sistema plantio direto, ocorreu a redução do pH do solo até os 20 cm de profundidade que foi estudado.

O uso de nitrogênio levou a tendência da redução do P inorgânico extraído por NaHCO₃ em todas as camadas estudadas. Este resultado foi semelhante ao encontrado por Yang et al. (2014), que constataram que o uso de nitrogênio causou a redução da fração inorgânica relatada.

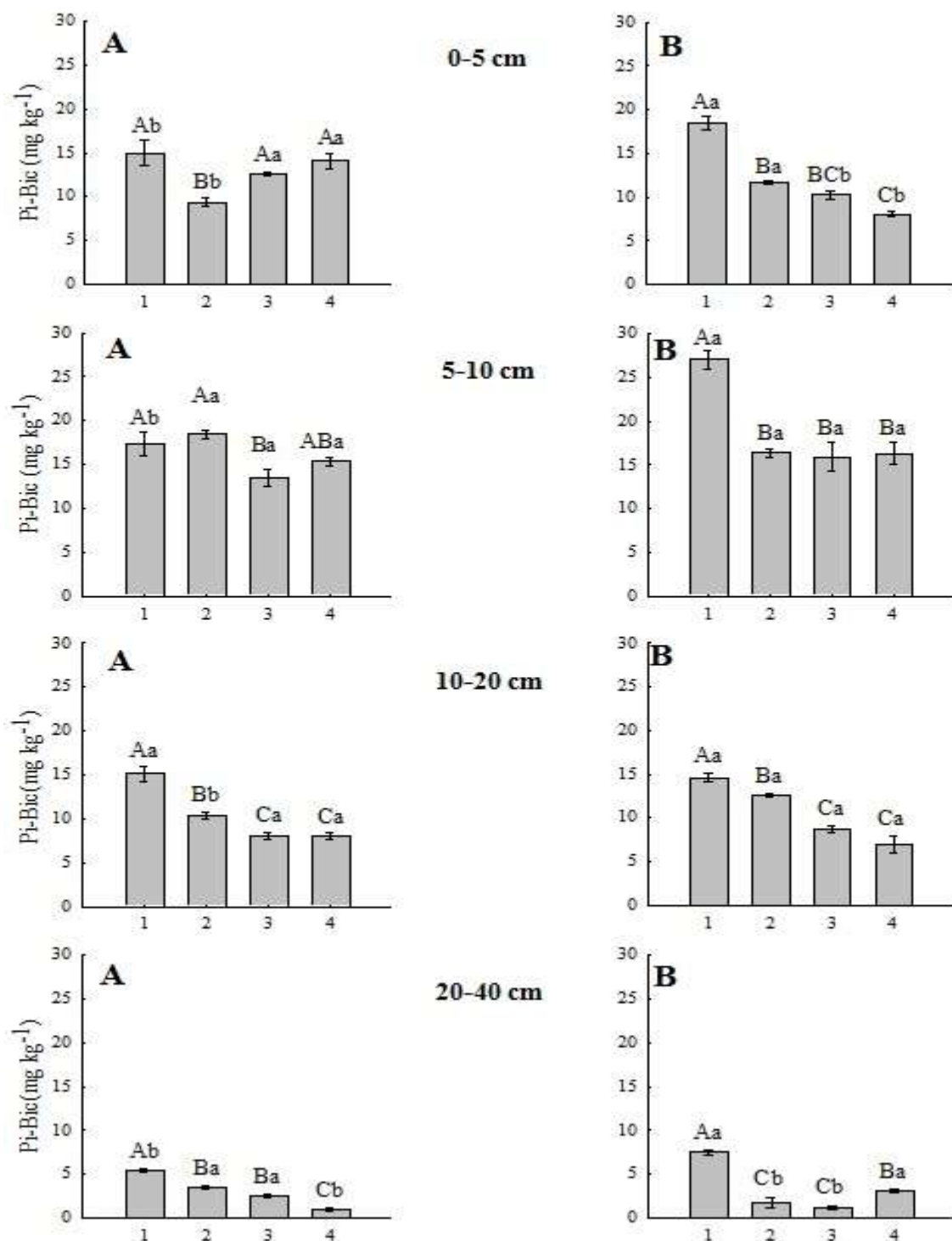


Figura 3 - Teores médios de P inorgânico no solo em mg kg^{-1} , extraído com NaHCO_3 (Pi Bic) em mg kg^{-1} , em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv Marandu, em quatro profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.5 P orgânico extraído com NaOH 0,1 mol L⁻¹

Houve interação significativa para as fontes de nitrogênio e consórcio com *B. brizantha* cv. Marandu, em cada profundidade (Tabela 6).

Quando se utilizou o fertilizante nitrogenado sulfato de amônio em conjunto com o milho consorciado com *B. brizantha* cv Marandu (Figura 4) verificou-se maiores teores de fósforo orgânico extraído com NaOH 0,1 mol L⁻¹ em cada profundidade. Tal fato pode ser explicado pelo fato de o sulfato de amônio, fertilizante utilizado como fonte de nitrogênio e de enxofre, não ocorrer volatilização de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) quando o pH é inferior a 7, mesmo sendo aplicado sobre restos de cultura, ao contrário da ureia que pode perder cerca de 50 a 80% de nitrogênio por volatilização (VOLK, 1959), proporcionando assim um maior acúmulo de nitrogênio no solo quando aplicou o sulfato de amônio. Com acúmulo de nitrogênio ocorreu um maior acréscimo de matéria orgânica do solo (DIEKOW et al., 2005), sendo esta responsável pelo incremento de fósforo orgânico no solo (GATIBONI et al., 2008). Destaca-se o teor de fósforo orgânico extraído pelo hidróxido de sódio na primeira camada do solo estudada, 0-5 cm, no tratamento com adubação nitrogenada com ureia no cultivo de milho solteiro (Figura 4). O alto valor deve-se ao fato das características químicas do solo com altos teores de alumínio (Tabela 2), pois o fósforo extraído pelo NaOH é considerado ligado ao ferro e alumínio.

Observa-se que os maiores teores de P orgânico moderadamente lábil foram obtidos com a aplicação de sulfato de amônio como única fonte de N em cobertura e no milho consorciado com *B. brizantha* cv Marandu (Figura 4). Os incrementos dessa fração de fósforo foi 63,98%, 258% e 518% nas camadas de 0-5, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, na presença de nitrogênio e enxofre apresenta maior produção de matéria seca da parte aérea e radicular (MARANHÃO et al., 2009). Rossi et al. (2011), estudando frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de *Brachiaria* e sorgo, observaram que a introdução de *Brachiaria* no cultivo da soja em sistema de plantio direto proporcionou acúmulo de carbono orgânico no solo quando comparada com a área de referência, ou seja, quanto maior os teores de matéria orgânica no solo maior serão os teores de fósforo orgânico (GATIBONI et al., 2008).

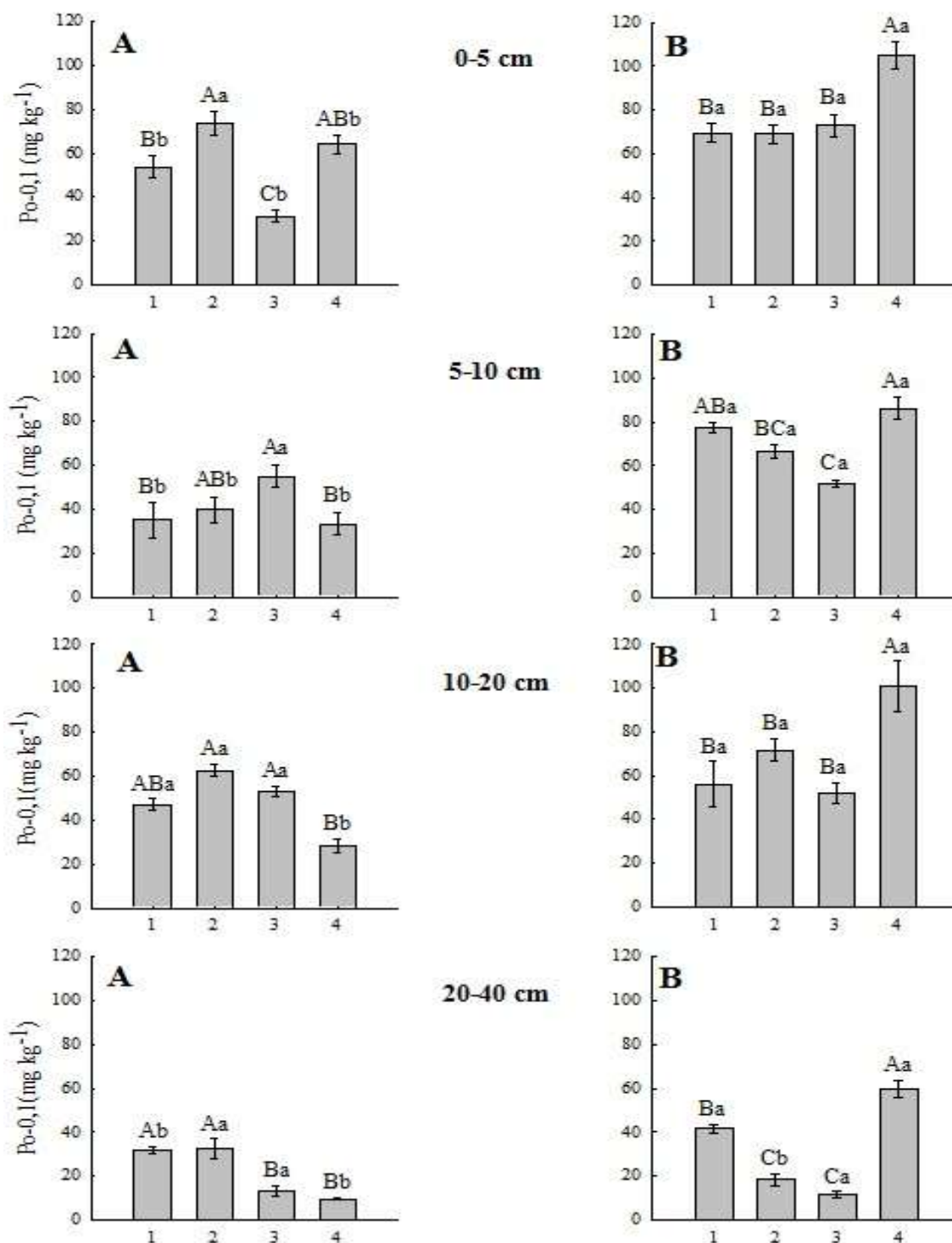


Figura 4 - Teores médios de P orgânico no solo extraído com NaOH 0,1 mol L⁻¹ (Po 0,1) em mg kg⁻¹, em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em quatro profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.6 P inorgânico extraído por NaOH 0,1 mol L⁻¹

Para esta fração ocorreu interação entre os fatores estudados apenas nas camadas de 0-5, 10-20 e 20-40 cm (Tabela 6), sendo que na primeira camada do solo quando não foi utilizado o consórcio entre milho e *B. brizantha* cv Marandu, os menores valores foram obtidos para a aplicação de N na forma de ureia. Nos tratamentos de milho consorciado com a *B. brizantha* cv Marandu, observou-se os menores teores de fósforo inorgânico quando comparado com o milho cultivado solteiro, tal evento aconteceu na ausência de nitrogênio e na presença de sulfato de amônio, ocorrendo na primeira e última camada do solo, 0-5 e 20-40 cm (Figura 5), respectivamente.

Nas camadas de 10-20 e 20-40 cm, quando foi utilizado sulfato de amônio isoladamente como fonte de nitrogênio, verificou-se os menores valores da fração de fósforo inorgânico extraído por NaOH 0,1 mol L⁻¹ (Figura 5). Isso pode ter ocorrido devido a acidificação do solo pelo uso do sulfato de amônio (Tabela 2) no momento da fertilização, quando o fósforo passou para frações mais recalcitrantes ou o sulfato de amônio proporcionou condições para que as raízes tanto do milho como da *Brachiaria* absorvessem essa forma de fósforo, pois segundo Rosolem et al. (2014), a *Brachiaria* possui a capacidade de absorver o fósforo de baixa labilidade.

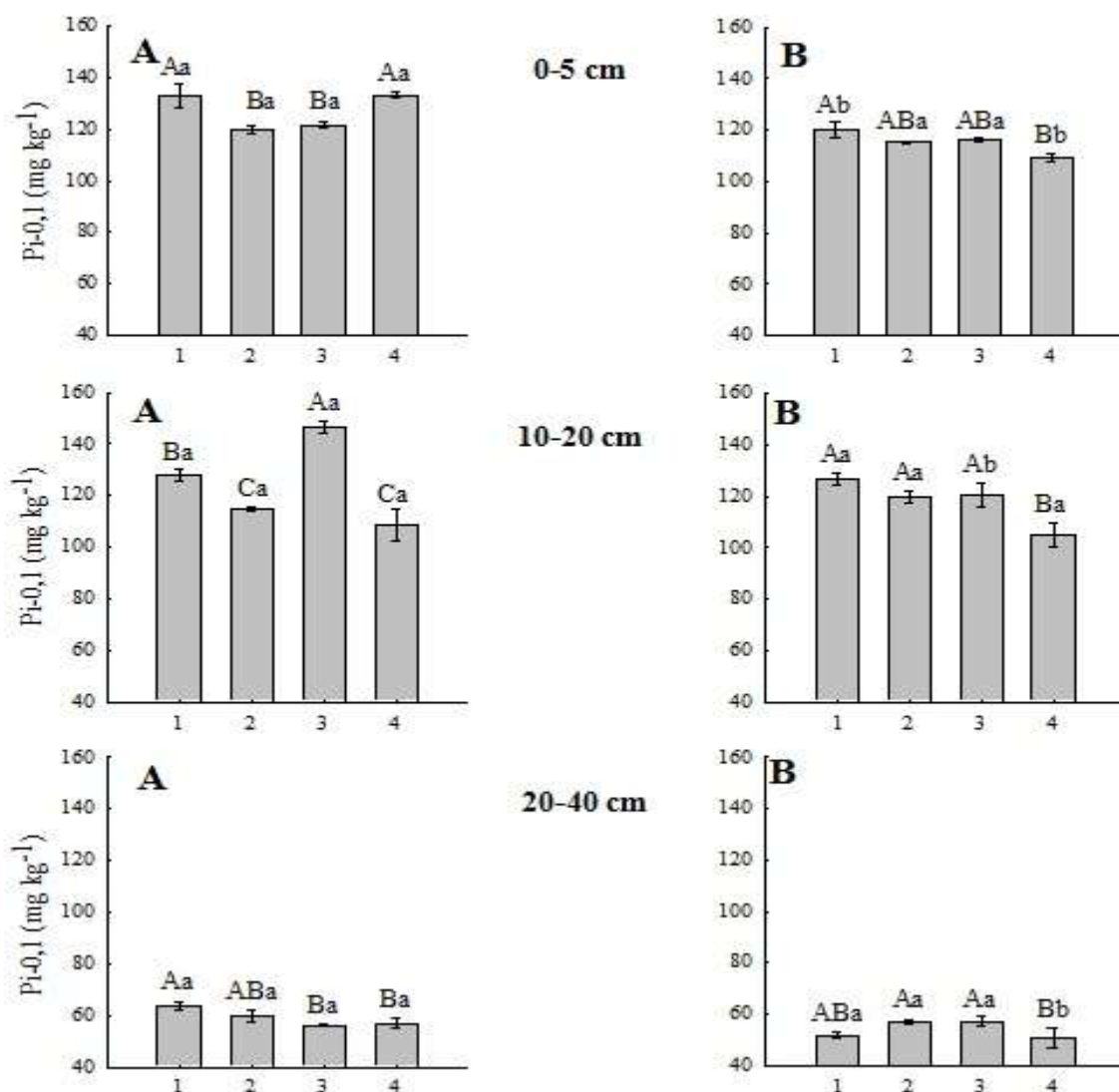


Figura 5 - Teores médios de P inorgânico no solo extraído com NaOH 0,1 mol L⁻¹ (Pi 0,1) em mg kg⁻¹, em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em três profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.7 P HCl 1,0 mol L⁻¹

Na camada de 20-40 cm, verificou-se efeito significativo da interação entre os fatores em estudo (Tabela 6). Nos tratamentos de milho consorciado com a *B.*

brizantha cv Marandu e na presença de N em cobertura obtiveram-se os menores valores da fração de fósforo extraído pelo ácido clorídrico (Figura 6). Isso se deve, provavelmente, por que a *B. brizantha* cv. Marandu, na presença de nitrogênio apresenta maior produção de matéria seca de raiz (MARANHÃO et al., 2009), assim como raízes mais finas e mais compridas resultam em aumento da superfície radicular, que junto com os pêlos radiculares, são mais eficientes em explorar um maior volume de solo e absorver mais fósforo (VANDAMME et al., 2013), até frações mais recalcitrantes como a extraída por HCl 1,0 mol L⁻¹.

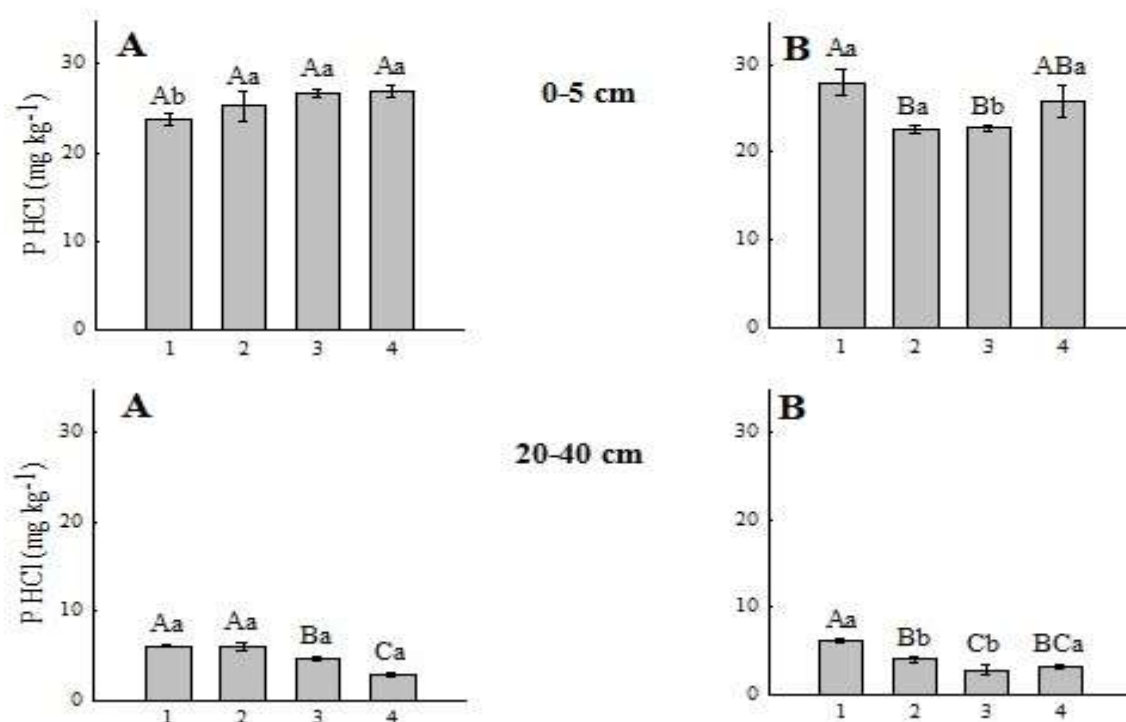


Figura 6 - Teores médios de P extraído com HCl 1,0 mol L⁻¹ (P HCl) em mg kg⁻¹, em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 - Ureia + Sulfato de amônio; 4 - Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em duas profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

Na camada de 20-40 cm observou-se que quando não foi utilizado o sulfato de amônio, na ausência de *B. brizantha* cv Marandu no sistema de cultivo, foi obtido os maiores valores (Figura 6). Este efeito ocorreu devido ao fato de que o sulfato compete pelos mesmos sítios de adsorção no solo com o fosfato (POZZA et al., 2007), fazendo

com que o fósforo adsorva menos aos colóides tornando-se mais disponível. Na camada de 5-10 cm houve efeito significativo das fontes de N em cobertura (Figura 7) sendo que o menor teor para esta fração de P foi obtido com o sulfato de amônio em relação a ureia.

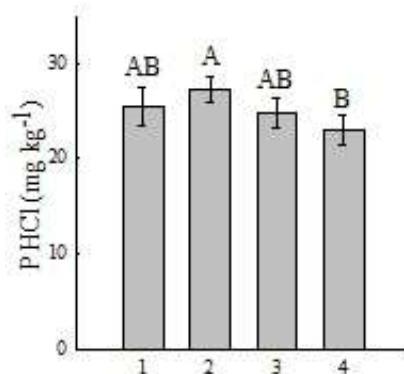


Figura 7 - Teores médios de P extraído com HCl 1,0 mol L⁻¹ (P HCl) em mg kg⁻¹, em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) na camada de 5-10 cm. Dourados, UFGD, 2015.

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Houve efeito significativo, isolado na camada de 5-10 cm, para o consórcio de milho com *B. brizantha* cv Marandu, sendo que a presença do consórcio entre milho e *B. brizantha* cv Marandu obteve-se o maior teor de fósforo extraído por ácido clorídrico (Figura 8). Isto pode ser explicado pelo fato de que a *B. brizantha* cv Marandu tem alta capacidade de absorver fósforo em condições na qual as culturas anuais não conseguiriam, podendo até ser atribuído o fato de que as plantas do genero *Brachiaria* possuem vários mecanismos para absorção deste fósforo, sendo a enzima fosfatase uma delas (SOUZA et. al., 2010), portanto, pode ter contribuindo com a ciclagem do P HCl das camadas mais profundas e ligado ao cálcio na camada de 5-10.

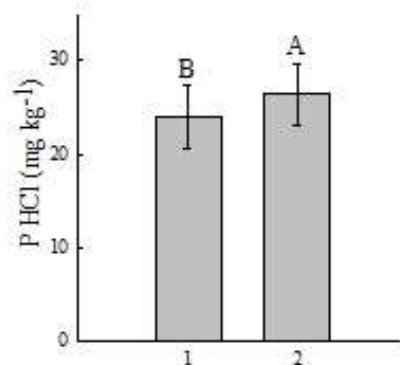


Figura 8 - Teores médios de P extraído com HCl 1,0 mol L⁻¹ (P HCl) em mg kg⁻¹, em função da ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, na profundidade de 5-10 cm. Dourados, UFGD, 2015.

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.8 P orgânico extraído com NaOH 0,5 mol L⁻¹

Na fração de fósforo orgânico extraído por hidróxido de sódio com concentração de meio molar, foi obtido interação entre os fatores estudados nas camadas de 0-5, 10-20 e 20-40 cm (Tabela 6).

Analisando-se a camada de 0-5 cm, observa-se os maiores valores nos tratamentos onde foi aplicado isoladamente os fertilizantes nitrogenados sulfato de amônio e ureia, no milho consorciado com a *B. brizantha* cv Marandu (Figura 9). Isto aconteceu pelo fato de que o teor de matéria orgânica onde estava implantado esse tratamento foi maior em relação aos outros tratamentos (Tabela 2), portanto, segundo Sá (1999), a menor adsorção de fósforo nos solos cultivados com forrageiras em relação aos cultivos anuais, ocorre devido à menor oxidação da matéria orgânica nos cultivos que incluem a *Brachiaria*. Assim quanto maior o teor de matéria orgânica do solo, maior é a redução da adsorção de fósforo, aumentando a eficiência do uso de fertilizantes fosfatados.

Na camada de 10-20 cm, no milho consorciado com *B. brizantha* cv Marandu, e na presença do N em cobertura foram obtidos os maiores teores desta fração de fósforo orgânico comparando com os tratamentos sem o consórcio, entretanto, na camada de 20-40 cm verificou-se que os maiores teores de P orgânico foram obtidos nos tratamentos que receberam sulfato de amônio isolado ou juntamente com a ureia

(Figura 9). Além do incremento do nitrogênio na produção do sistema radicular, o enxofre, na forma de sulfato, se estiver em carência no solo, pode afetar a absorção de

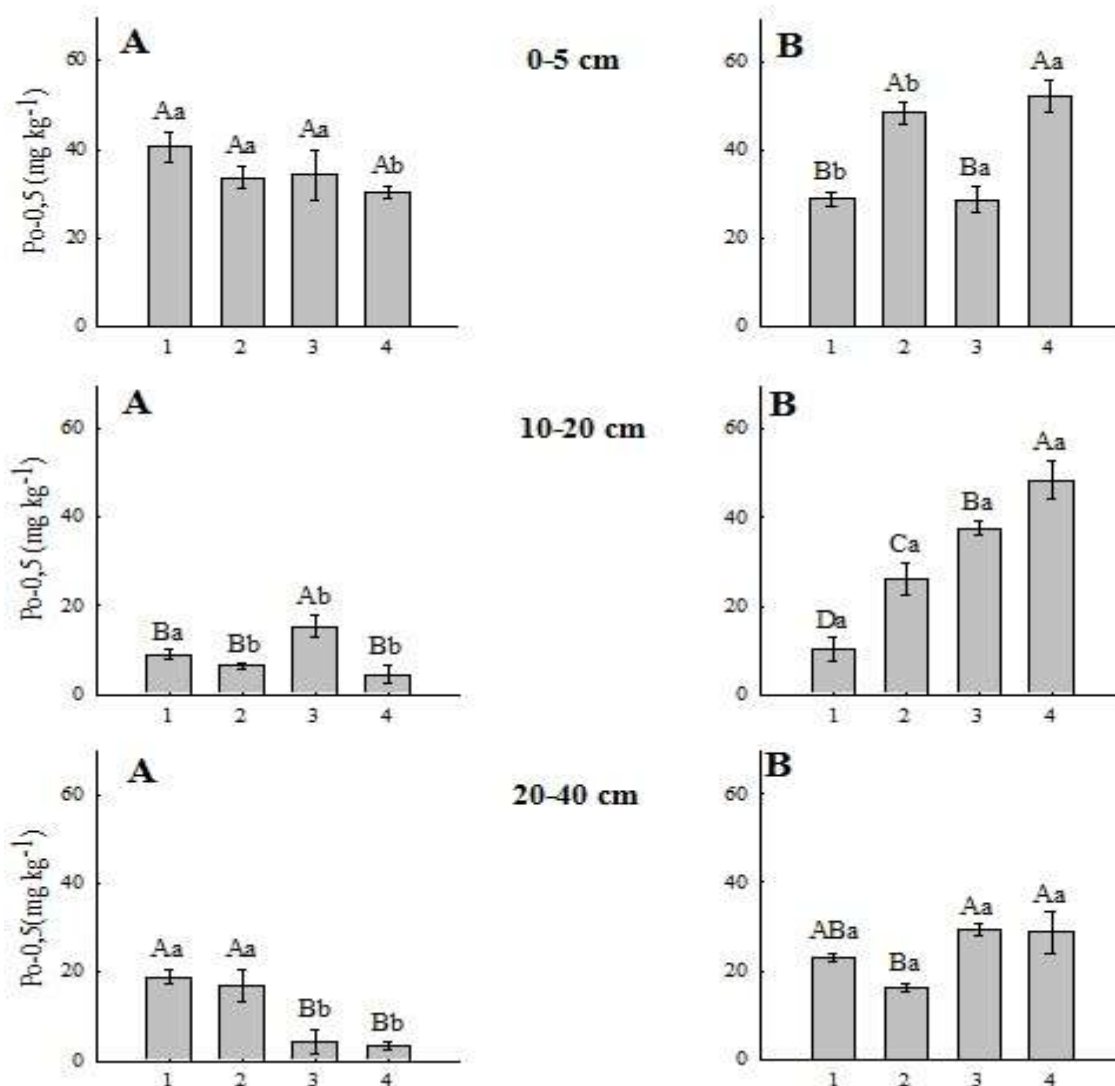


Figura 9 - Teores médios de P orgânico extraído com NaOH 0,5 mol L⁻¹ (Po-0,5) em mg kg⁻¹, em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 - Ureia + Sulfato de amônio; 4 - Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em três profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

nitrogênio, causando deficiência de nitrogênio e, assim a *B. brizantha* cv Marandu reduziria o desenvolvimento radicular. Galvani et al. (2008) relatam que a redistribuição do P no perfil do solo se dá com as frações de P orgânico, como consequência da decomposição dos resíduos das plantas e das raízes. Outra hipótese para explicar os

dados encontrados, seria que a maior disponibilidade de P promovida pela *B. brizantha* cv Marandu favoreceu o processo de fixação do P em formas menos lábeis.

Na camada de 5-10 cm não houve diferença estatística entre os tratamentos na fração de fósforo estudada, sendo obtida a média de 13,17 mg kg⁻¹.

4.9 P inorgânico extraído com NaOH 0,5 mol L⁻¹

Houve interação entre as fontes de nitrogênio e o consórcio com *B. brizantha* cv Marandu nas camadas de 0-5, 5-10 e 20-40 cm (Figura 9).

Na primeira e última camada do solo, 0-5 e 20-40 cm respectivamente, quando utilizado os fertilizantes sulfato de amônio e ureia, obteveram-se os maiores teores desta fração analisada, quando a *B. brizantha* cv Marandu esteve presente no sistema de cultivo (Figura 10), todavia, nos tratamentos onde foi utilizado o sulfato de amônio, verificou-se o menor teor desta fração de fósforo na presença da *B. brizantha* cv Marandu em relação ao cultivo solteiro (Figura 10). Isso aconteceu, pois a *Brachiaria ruzizienses* reduz a capacidade máxima de adsorção de fósforo do solo (JANEGITZ et al., 2013). e também possibilitou a redução dessa fração, pois os ácidos excretados pela *Brachiaria* formam complexos com esses metais, reduzindo a adsorção de fósforo ao ferro e alumínio (GUPPY et al., 2005).

Nas profundidades de 0-5 e 20-40 cm, com a aplicação de nitrogênio em cobertura via mistura entre sulfato de amônio e ureia com o uso do consórcio entre milho e *B. brizantha* cv Marandu, obtiveram-se os maiores teores da fração estudada comparada aos outros tratamentos. Segundo Vitti et al. (2002), a mistura entre ureia e sulfato de amônio resulta em uma menor perda de NH₃ por volatilização.

Portanto os maiores valores obtidos podem ser resultado de pelo menos três hipóteses causadas pelo maior teor de nitrogênio no solo que acarreta no aumento da adsorção do fósforo ao ferro e alumínio; aumento da mineralização do fósforo e redução da transformação do fósforo em formas mais lábeis.

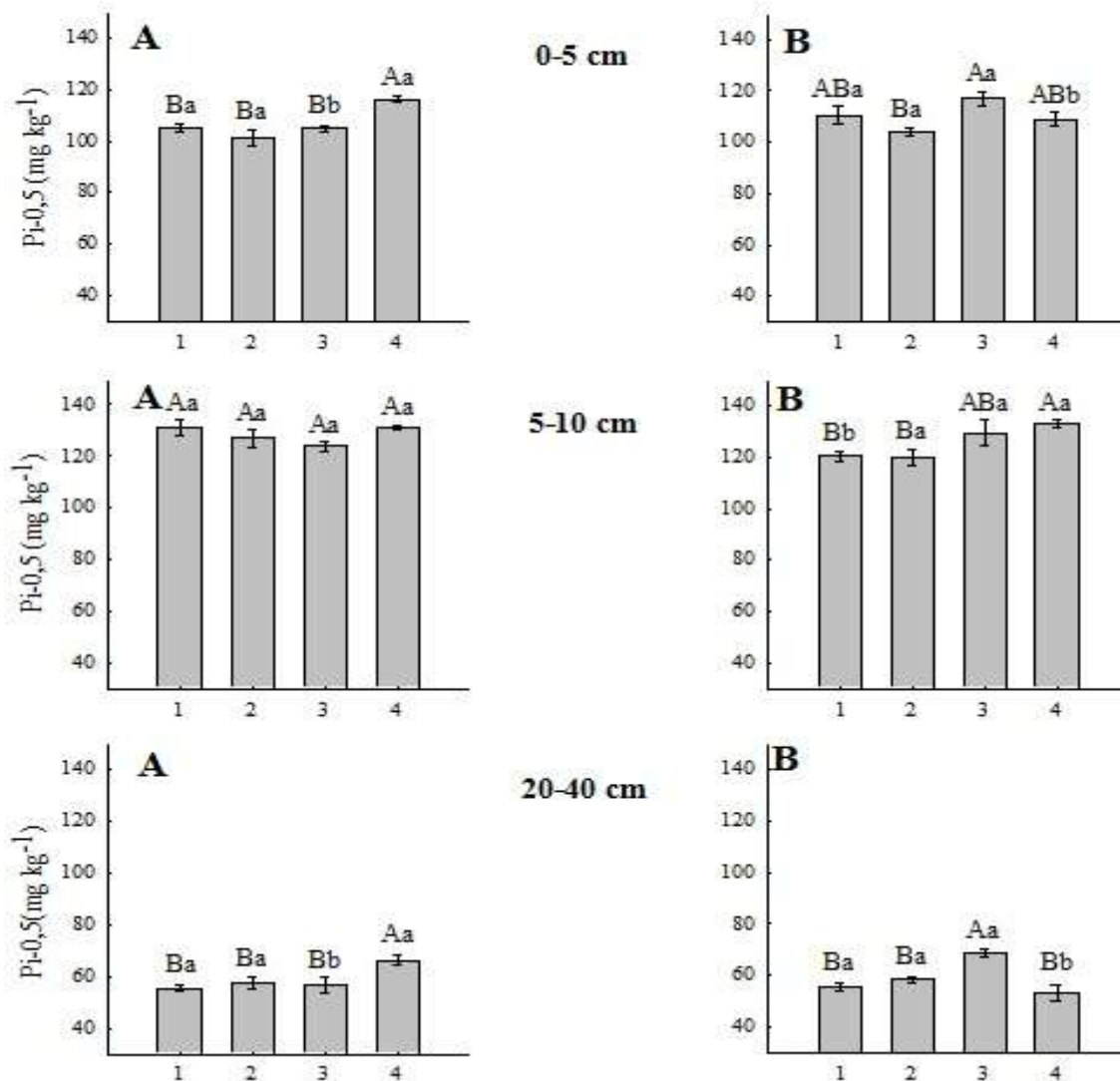


Figura 10 - Teores médios de P inorgânico extraído com NaOH 0,5 mol L⁻¹ (Pi-0,5) em mg kg⁻¹, em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em três profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.10 P-Residual

Ocorreu interação entre os fatores estudados, fontes de nitrogênio e consórcio, nas quatro camadas do solo analisadas (Tabela 6). Pode-se notar na Figura 11 nas camadas de 5-10, 10-20 e 20-40 cm a testemunha, sem adubação nitrogenada, apresentou os maiores valores observados. A *B. brizantha* cv. Marandu tem um maior crescimento radicular conforme aumenta a adubação nitrogenada (MARANHÃO et al., 2009), e sendo as raízes de *Brachiaria* eficientes em absorver o fósforo do solo (VANDAMME et al., 2012), a planta pode absorver inclusive o fósforo residual, que é altamente recalcitrante.

Na camada de 5-10 cm, sempre que ocorreu diferença estatística em relação ao uso de *B. brizantha* cv Marandu em consórcio com milho, os tratamentos na qual se fez o uso da *B. brizantha* cv Marandu obtiveram os menores valores (Figura 11), podendo afirmar que a *B. brizantha* cv Marandu absorveu essa fração de fósforo e desta forma reduziu os teores de P residual ao longo dos cultivos. Gatiboni et al. (2007) estudando a biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto, observaram que ao longo de cultivos sucessivos ocorreu uma redução do fósforo residual.

É interessante observar que ocorreu variação entre os teores médios de fósforo residual entre as camadas. Foram encontrados os valores 397, 387, 370 e 345 mg kg⁻¹ para as camadas de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Vale ressaltar que o fertilizante NPK é depositado no sulco de semeadura na camada de 0-10, por isso observa-se valores maiores dessa fração altamente recalcitrante nas duas primeiras camadas.

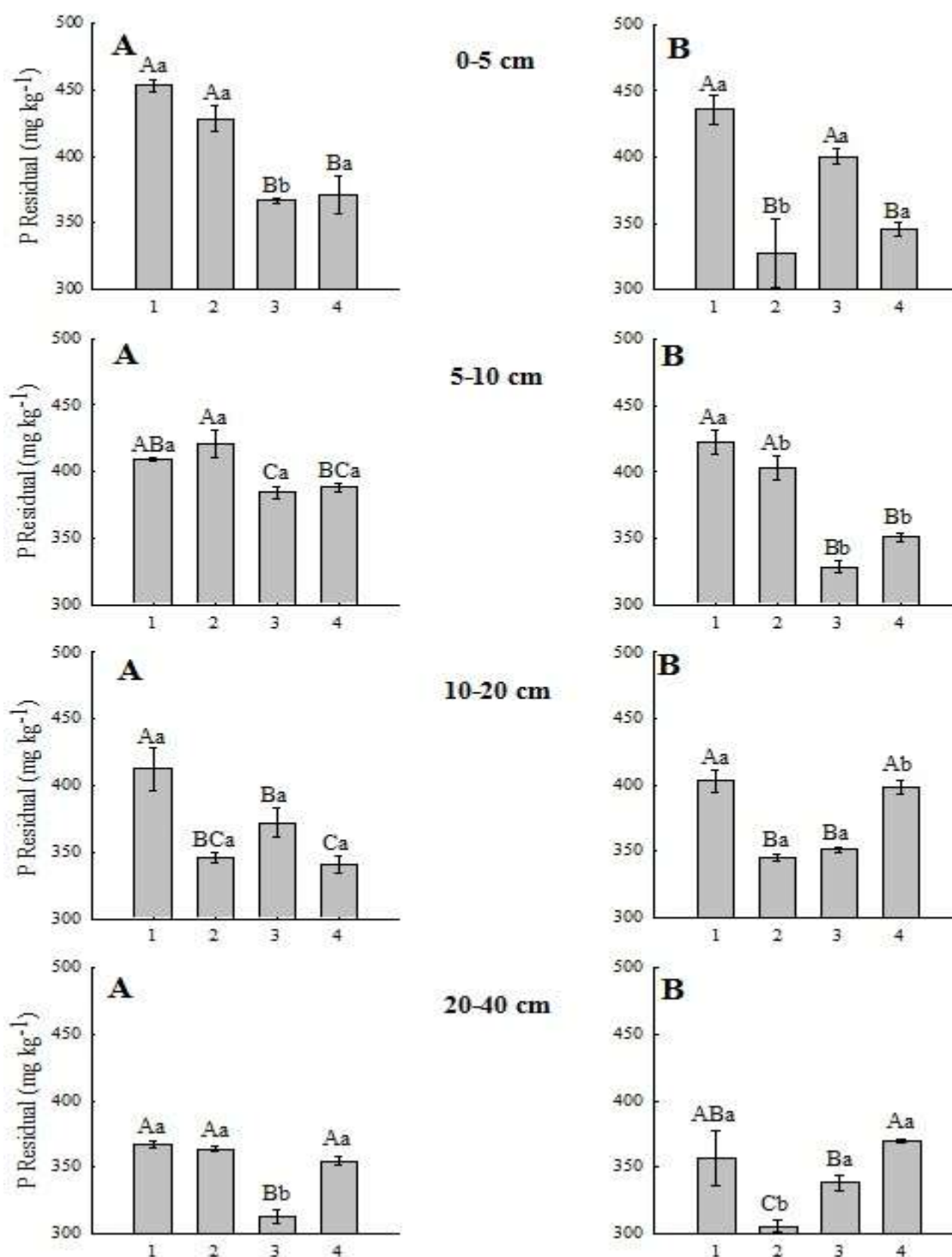


Figura 11 - Teores médios de P Residual em mg kg^{-1} , em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em quatro profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.11 P lábil

Foi constatado que ocorreu interação significativa entre os fatores estudados para a variável de fósforo lábil, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm do solo (Tabela 6).

Os extratores resina de troca aniônica e bicarbonato de sódio estimam os teores de fósforo orgânico e inorgânico, disponível no solo, assim a semelhança entre estas frações sugere que esses compartimentos são sensíveis à diminuição do conteúdo de fósforo na solução do solo, e que juntos compõem o chamado fósforo lábil do solo (CREWS; BROOKES, 2014).

Com a aplicação do sulfato de amônio isoladamente, obteve-se os maiores valores de fósforo lábil no cultivo solteiro comparado com o cultivo do milho consorciado com *B. brizantha* cv Marandu, nas camadas de 0-5, 5-10 e 20-40 cm (Figura 12). Apesar de a *Brachiaria* ser pouco exigente em fertilidade do solo, a forrageira possui capacidade de extrair fósforo do solo por possuir várias características, tais como a morfologia das raízes, quantidade de pelos radiculares e colonização de micorrizas (SOUSA et al., 2010).

Em todas as profundidades estudadas, nos tratamentos onde não foi realizado a aplicação de nitrogênio (testemunha) em cobertura, constatando que o milho consorciado com a *B. brizantha* cv Marandu foi obtido maiores teores de fósforo lábil em relação ao milho solteiro (Figura 12). Apesar da ausência de nitrogênio, pode ser ressaltado que nas aéreas a *B. brizantha* cv. Marandu esteve presente, houve maior acúmulo de matéria orgânica do solo, visto que essa gramínea tem a capacidade de elevar os teores de matéria orgânica (SOUSA et al., 2010), e com isso reduziu a adsorção de fósforo e aumentou os teores de fósforo lábil.

Nos tratamentos em que foi utilizado ureia como fonte de fertilizante nitrogenado, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, ocorreu redução dos teores de fósforo lábil, seja na presença ou ausência de *B. brizantha* cv. Marandu no sistema de cultivo. Nas duas últimas camadas do solo estudada, 10-20 e 20-40 cm, pode ser observado que existe uma tendência da ureia reduzir os teores de fósforo lábil do solo (Figura 12).

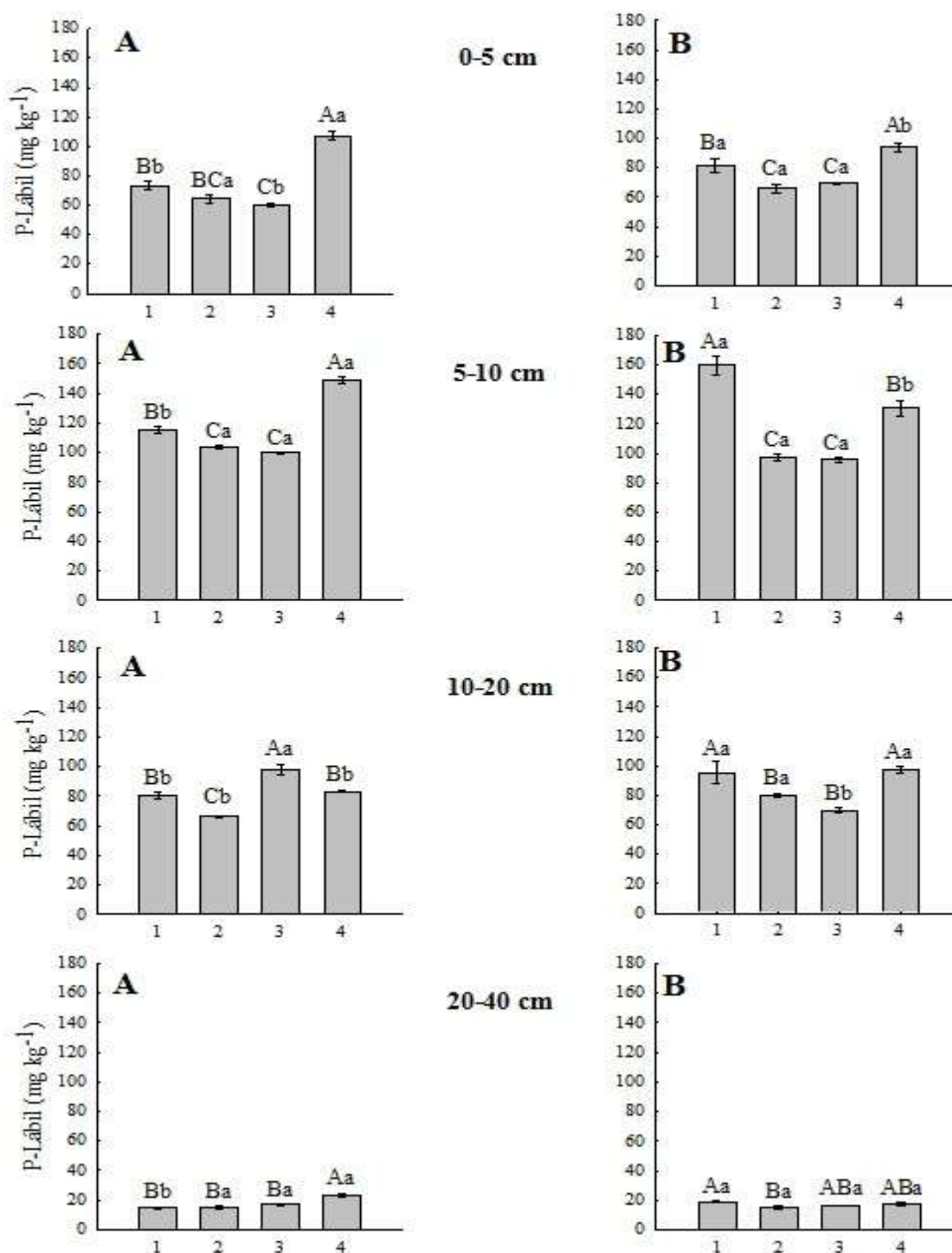


Figura 12 - Teores médios de P de forma lábil no solo em mg kg⁻¹, em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em quatro profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.12 P moderadamente lábil

A forma de fósforo moderadamente lábil refere-se às formas inorgânicas ligadas a Fe e Al e orgânicas associadas aos compostos orgânicos extraídas por NaOH 0,1 mol L⁻¹, além das formas orgânicas e inorgânicas localizadas no interior de agregados minerais do solo, obtidas pela extração com NaOH 0,5 mol L⁻¹.

Verificou-se interação significativa entre os fatores estudados, em todas as profundidades de solo analisadas para esta fração de P (Tabela 6).

Na primeira camada do solo analisada, 0-5 cm, foi observado que nos tratamentos onde foi aplicado o sulfato de amônio, isoladamente ou com ureia, foi obtido o maior acúmulo de fósforo moderadamente lábil quando foi empregado a *B. brizantha* cv. Marandu no sistema de cultivo do milho segunda safra (Figura 13). Devido ao elevado teor de ferro no solo aliado à grande capacidade da *Brachiaria* em ciclar o fósforo e liberá-lo para o solo na forma disponível, ocorre a ligação do P ao ferro, incrementando os teores de fósforo moderadamente lábil.

Já na segunda camada do solo, 5-10 cm, local onde os fertilizantes são depositados no sulco de semeadura, ocorreu uma tendência do uso da *B. brizantha* cv. Marandu promover os maiores teores de fósforo moderadamente lábil (Figura 13). Isso pode ter acontecido pelo fato da *Brachiaria* ter a capacidade de exsudar ácidos orgânicos que aumentam a disponibilidade de fósforo no solo (WENZL et al. 2001). Estes ácidos podem aumentar a solubilização do fertilizante fosfatado, liberando fósforo lábil, e devido ao solo ser altamente intemperizado e possuir grande quantidade de óxidos de ferro e alumínio, pode o fósforo ter passado para alguma forma moderadamente lábil.

Nas duas últimas camadas do solo, 10-20 e 20-40 cm, observou-se que na presença isolada do sulfato de amônio, os valores de fósforo moderadamente lábil foram menores quando o milho foi cultivado na forma solteiro (Figura 13). Neste caso, a liberação de ácidos orgânicos como ácido cítrico, oxálico e málico, pelas raízes da *Brachiaria* (WENZL et al. 2001) em conjunto com os elevados teores de carbono orgânico do solo liberados após a decomposição do material vegetal proveniente da grande produção de raízes pelas *Brachiaria* (SOUSA et al., 2010), resultando em liberação de ácidos orgânicos durante a decomposição (PAVINATO e ROSOLEM, 2008) podem ter sido capazes de aumentar os teores de P moderadamente lábil.

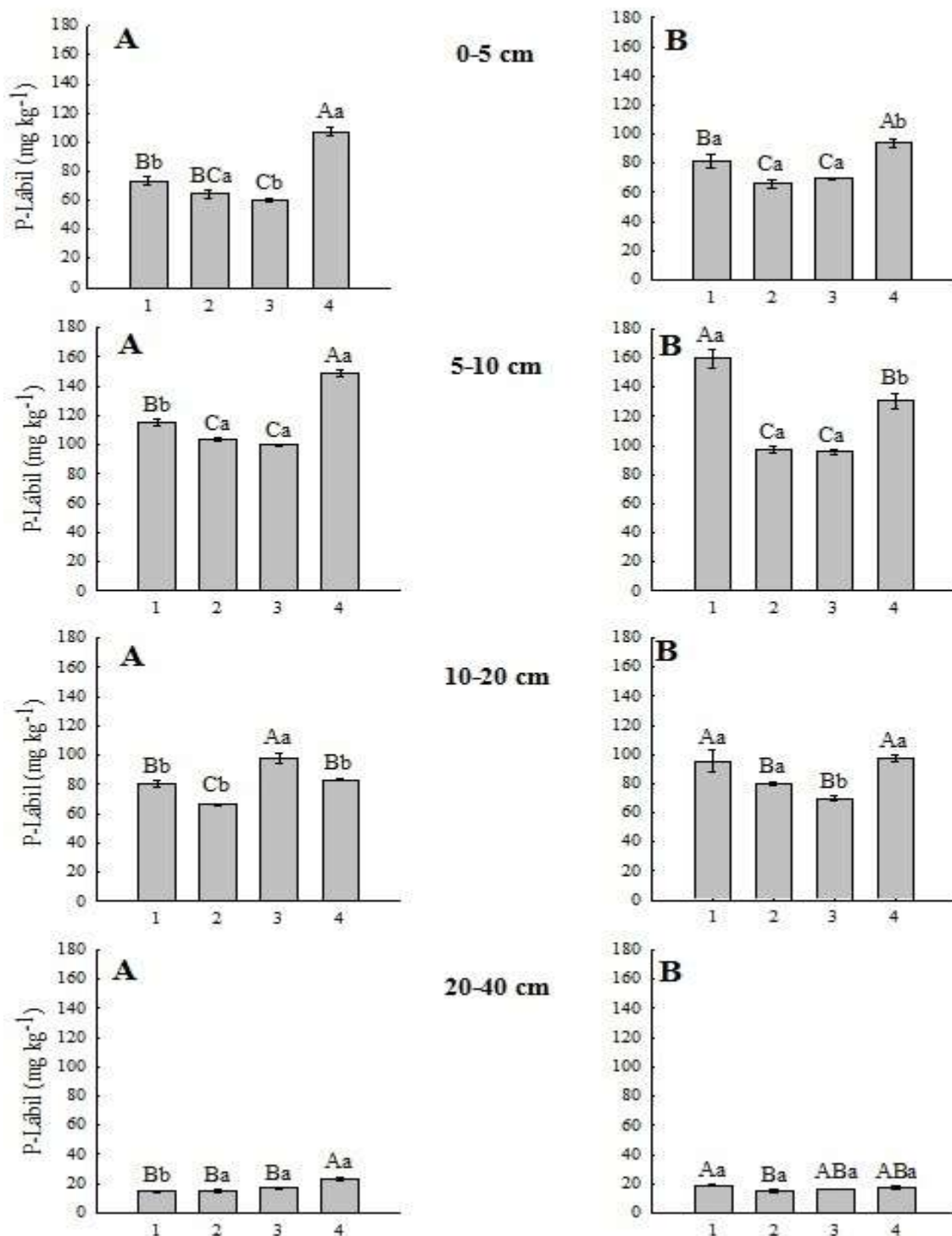


Figura 13 - Teores médios de P de forma moderadamente lábil (P-ModLábil) no solo em mg kg^{-1} , em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em quatro profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

4.13 P não lábil

As formas de fósforo não lábeis equivalem à soma das frações extraídas por HCl e P residual, referente às formas mais estáveis de fósforo orgânico e às formas insolúveis de fósforo inorgânico (DAROUB et al., 2000).

Ocorreu interação significativa entre os fatores estudados em todas as profundidades amostradas (Tabela 6).

Na camada do solo de 0-5 cm, foi constatado que a utilização de nitrogênio proporcionou menor acúmulo de fósforo não lábil, independente do uso ou não da forrageira (Figura 14). Isto pode ser explicado pelo fato do nitrogênio promover maior desenvolvimento do milho e *Brachiaria* (MAGALHÃES et al., 2007), e portanto um maior acúmulo superficial de matéria orgânica do solo, fazendo com que ocorra uma menor adsorção do fósforo, devido a menor oxidação da matéria orgânica do solo (SÁ, 1999). Portanto, pode ser observado em todas as profundidades de solo analisadas que na ausência da adubação nitrogenada foi obtido os maiores valores de fósforo não lábil, corroborando com a discussão acima, que também pode ser justificado que a ausência de nitrogênio poderia ter reduzido a exsudação de ácidos orgânicos, que aumentou a disponibilidade de fósforo em solos ácidos e reduziu a adsorção de fósforo no solo (HU et al., 2005).

Na camada de 5-10 cm, local onde os fertilizantes são depositados, foi verificado que a presença de sulfato de amônio reduziu os teores de fósforo não lábil (Figura 14), que segundo Camargo et. al. (1997) foi causado pela competição entre o íon sulfato e fosfato.

Nas últimas duas camadas do solo, 10-20 e 20-40 cm, observou-se maiores teores da fração de fósforo analisada sempre quando utilizado a *B. brizantha* cv. Marandu no sistema de cultivo do milho na presença de sulfato de amônio (Figura 14). Provavelmente os restos culturais da raiz da *B. brizantha* cv. Marandu liberou fósforo orgânico para o solo, que foi reduzido a formas de menor labilidade como o fósforo não lábil.

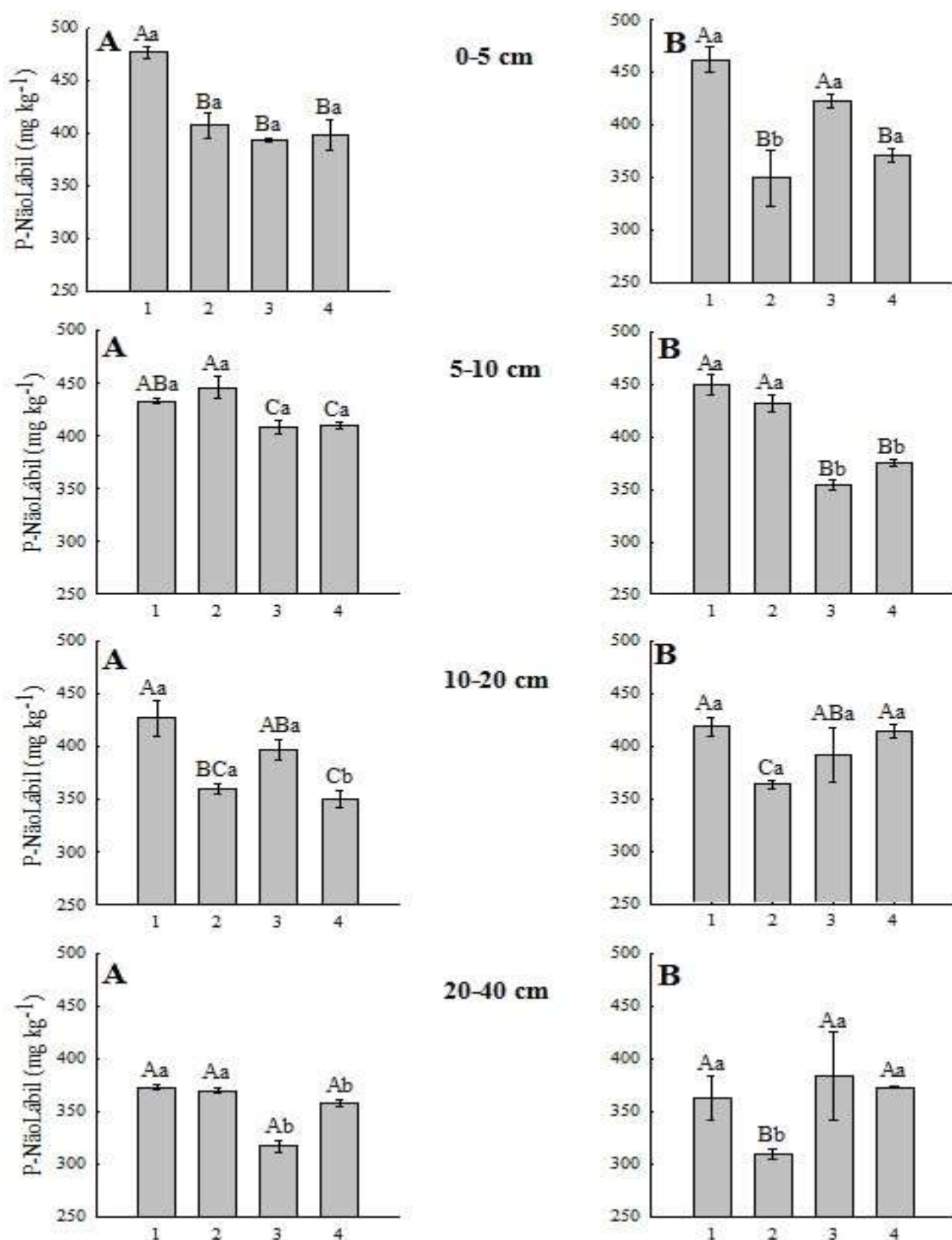


Figura 14 - Teores médios de P de forma não lábil (P-NãoLábil) no solo em mg kg^{-1} , em função de fontes de nitrogênio (1- Sem nitrogênio em cobertura; 2- Ureia; 3 – Ureia + Sulfato de amônio; 4 – Sulfato de amônio) e ausência (A) e presença (B) de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu, em quatro profundidades. Dourados, UFGD, 2015.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, para cada profundidade, ao nível de 10% de probabilidade pelo teste de Tukey. Letras maiúsculas comparam fontes de N em cobertura e letras minúsculas comparam o uso de consórcio entre milho e *B. brizantha* cv. Marandu sob mesma fonte de N em cobertura.

5. CONCLUSÕES

1. O uso do fertilizante nitrogenado sulfato de amônio, proporcionou maior acúmulo de fósforo lábil em todo o perfil do solo, principalmente na fração orgânica extraída por NaHCO_3 , além de reduzir as formas não lábeis.
2. O cultivo de *B. brizantha* cv. Marandu consorciado com o milho aumentou a disponibilidade da forma lábil de fósforo na ausência de adubação nitrogenada, e reduziu a adsorção de fósforo ao ferro e alumínio
3. O uso do sulfato de amônio no milho consorciado com *B. brizantha* cv. Marandu aumentou os teores das formas orgânicas de fósforo ligado ao ferro e alumínio
4. O consórcio com milho e *B. brizantha* cv. Marandu promoveu maiores incrementos na produtividade do milho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 1017 p., 2007.

ANGHINONI, I. Amostragem do solo, dinâmica da acidez e calagem em plantio direto. IN: FONTOURA, S. M. N; BAYER, C. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Guarapuava-PR, 2006. p. 32-58

BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G.; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, I.P. Plantio direto. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 301-352

BARDUCCI, R.S.; COSTA, C.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, É.; PUTAROV, T.C.; SARTI, L.M.N. Produção de Brachiaria brizantha e Panicum maximum com milho e adubação nitrogenada. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.211-222, 2009

BARRETO, H.J.; WESTERMAN, R.L. Soil urease activity in winter wheat residue management systems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 53, n. 5, p. 1455-1458, 1989.

BASSO, C.J.; CERETTA, C.A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura no solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 905-915, 2000.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com Brachiaria brizantha no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.163-171, 2007

CAIRES, E.F., HALISKI, A., BINI, A.R., SCHARR, D.A. Surface liming and nitrogen fertilization for crop grain production under no-till management in Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 66, p. 41-53, 2015.

CAMARGO, O.A.; CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.T.; QUAGGIO, J. A alteração de atributos químicos do horizonte superficial de um Latossolo e um Podzólico com a calagem. **Scientia Agricola**, v.54, p.1-8, 1997.

CANTARELLA, H.; MATTOS, D.; QUAGGIO, J.A.; RIGOLIN, A.T. Fruit yield of Valencia sweet orange fertilized with different N sources and the loss of applied N. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 67, n. 3, p. 215-223, 2003.

CECCON, G., KURIHARA, C.H., STAUT, L. A. Manejo de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com milho safrinha e rendimento de soja em sucessão. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, ano 19, n.113, p. 4-8, 2009.

CHANG, S.C.; JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. **Soil Science**, Baltimore, v.84, n.1, p.133-144, 1957.

CLAESSEN, M.E.C.; BARRETO, W.D.O.; PAULA, J.D.; DUARTE, M.N. **Manual de métodos de análise de solo**. 1997.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento, **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, Décimo Segundo Levantamento Safra 2013/14, v.1, n.12 , 127p., 2014.

CONDRON, L.M.; GOH, K.M. Effects of long-term phosphatic fertilizer applications on amounts and forms of phosphorus in soils under irrigated pasture in New Zealand. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 40, p. 383-395, 1989.

CONDRON, L.M.; GOH, K.M.; NEWMAN, R.H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by ³¹P nuclear magnetic resonance analysis. **Journal of Soil Science**, Oxford, v 36, p.199-207, 1985.

CONTE, E. **Atividade de fosfatase ácida e formas de acumulação de fosfato em solo no sistema plantio direto**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 65p. (Tese de Mestrado).

CORREIA, J.R.; REATTO, A; SPERA, S.T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. In: SOUSA, D. M. G. de.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. p. 29-58.

COUTO, W.; LATHWELL, D.J.; BOULDIN, D.R. Sulfate sorption by two oxisols and an alfisol of the tropics1. **Soil Science**, v. 127, n. 2, p. 108-116, 1979.

CREWS, T. E.; BROOKES, P.C. Changes in soil phosphorus forms through time in perennial versus annual agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 184, p. 168-181, 2014.

CROSS, A.F.; SCHLESINGER, W.H.A. literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. **Geoderma**, Amsterdam, v. 64, n. 2/4, p.197-214, 1995.

CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Consórcio de milho com *Brachiaria*: produção de forragem e palhada para o plantio direto. **Revista Plantio Direto**, v. 1, n. 100, p. 10-14, 2007.

CRUZ, S.C.S.; PEREIRA, F.R.S; BICUDO, S.J.; ALBUQUERQUE, A.W.; SANTOS, J.R.; MACHADO, C.G. Nutrição do milho e da *Brachiaria decumbens* cultivado em consórcio em diferentes preparos do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, n. 05, p. 733-739, 2008.

- DALAL, R.C. Soil organic phosphorus. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 29, p. 83-117, 1977.
- DAROUB, S.H.; PIERCE, F.J.; ELLIS, B.G. Phosphorus fractions and fate of phosphorus-33 in soils under plowing and no-tillage. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 64, p. 170-176, 2000.
- DARRAH, P.R. The rhizosphere and plant nutrition: a quantitative approach. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.155/156, p.1-20, 1993.
- DICK, W.A.; TABATABAI, M.A. Determination of orthophosphate in aqueous solutions containing labile organic and inorganic phosphorus compounds. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 6, p. 82-85, 1977.
- DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KOGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a Southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil and Tillage Research**, v.81, p.87-95, 2005.
- ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; RAMPAZZO, C. Lixiviação e imobilização de nitrogênio num nitossolo como variáveis da forma de aplicação da uréia e da palha de aveia. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 26, p. 993-1000, 2002.
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; AMARAL, P.N.C.; PEREIRA, R.C.; SALVADOR, F.M.; LOPES, J.; SOARES, L.Q. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (LAM.) DEWIT). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, 2005.
- FARDEAU, J.C. Dynamics of phosphate in soils: an isotopic outlook. **Fertility Research**, v.45, p.91-100, 1996.
- FASSBENDER, H.W. **Química del y suelos**: com énfases en suelos de América Latina. San José: IICA, 422p., 1984.
- FERRAZ, J.B.S.; FELICIO, P.E.D. Production systems - an example from Brazil. **Meat Science**, v.84, n.2, p.238-243, 2010.
- FERREIRA, D.F. **Sisvar versão 4.2**. Lavras: DEX/Ufla, v. 79, p. 2003, 2003.
- FIXEN, P.E.; GROVE, J.H. Testing soils for phosphorus. In: WESTERMAN, R.L. (Ed) **Soil Testing and Plant Analysis**, 3 ed. Madison. p. 141-180, 1990.
- FREITAS, P.L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. (Editor). **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 2002.

FONTES, M.P.F.; WEED, S.B. Phosphate adsorption by clays from Brazilian Oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy. **Geoderma**, v.72, p.37-51, 1996.

GALVANI, R.; HOTTA, L.F.K.; ROSOLEM, C.A. Phosphorus sources and fractions in an oxisol under no-tilled soybean. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 65, n. 4, p. 415-421, 2008.

GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Formas de fósforo no solo após sucessivas adições de dejetos líquidos de suínos em pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1753-1761, 2008.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, p.691-699, 2007.

GILO, E.G.; SILVA JUNIOR, C.A.; TORRES, F.E.; NASCIMENTO, E.S.; LOURENÇÃO, A.S. Comportamento de híbridos de milho no Cerrado Sul-Mato-Grossense, sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 908-914, 2011

GOEDERT, W.J.; LOBATO, E.; WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.15, n.1, p.1-17, 1980.

GUPPY, C. N., MENZIES, N. W., MOODY, P. W.; BLAMEY, F. P. C. Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: a review. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 43, p.189-202, 2005.

GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; SANTOS, G.A.; FERNANDES, M.S. Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 291-299, 1996.

HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.B.; CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 46, p. 970-976, 1982.

HOLFORD, I.C.R. Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, n. 2, p. 227-240, 1997.

HU, H.Q.; TANG, C.X.; RENGEL, Z. Role of phenolics and organic acids in phosphorus mobilization in calcareous and acidic soils. **Journal of Plant Nutrition**, Philadelphia, v.28, p. 1427-1439, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) – **Mapas de Biomas e de Vegetação**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm> Acesso em: agosto de 2014.

JAKELAITIS, A., DANIEL, T. A. D., ALEXANDRINO, E., SIMÕES, L. P., SOUZA, K. V., LUDTKE, J. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 380-387, 2010.

JANEGITZ, M. C., INOUE, B. S., ROSOLEM, C. A. Formas de fósforo no solo após o cultivo de braquiária e tremoço branco. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, p. 1381-1386, 2013.

KLUTHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L.P. Opções de integração lavoura-pecuária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.131-141.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 478p. 1948.

KUO, S. Phosphorus. In: SPARKS, D.L. (ed.) **Methods of soil analysis**. Part 3 – Chemical Methods. Madison: Soil Science Society of America, p.869-919. 1996

LARSEN, S. Soil phosphorus. **Advances in Agronomy**, v.19, p.151-210, 1967.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F. N uptake and distribution in plant canopies. In: **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Springer Berlin Heidelberg, 1997. p. 3-43.

LOPES, A.S.; DAHER, E. Agronegócio e recursos naturais no cerrado: desafios para uma coexistência harmônica. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 173-209, 2008.

MAGALHÃES, A.F., PIRES, A.J.V., DE CARVALHO, G.G.P., DA SILVA, F.F., SOUSA, R.S.; VELOSO, C.M. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-Brachiaria. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36: p.1240-1246, 2007

MARANHÃO, C.M.A.; SILVA, C.C.F.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V. Produção e composição bromatológica de duas cultivares de Brachiaria adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 117-122, 2009.

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

MERLIN, A.; HE, Z. L.; ROSOLEM, C. A. Congo grass grown in rotation with soybean affects phosphorus bound to soil carbon. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 888-895, 2014.

MURPHY, L.; RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 27, p. 13-36, 1962.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. “Fósforo”, in: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1017 p.

OLIVEIRA, R. I. D., GAMA-RODRIGUES, A. C., GAMA-RODRIGUES, E. F., ZAIA, F. C., PEREIRA, M. G., FONTANA, A. Organic phosphorus in diagnostic surface horizons of different Brazilian soil orders. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 5, p. 1411-1420, 2014.

OLSEN, S.R.; KHASAWNEH, F.E. Use and limitations of physical-chemical criteria for assessing the status of phosphorus in soils. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLES, E.C.; KAMPRATH, E.J. (Coords.). **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, p.361-410, 1980.

PARIZ, C.M., ANDREOTTI, M., TARSITANO, M.A.A., BERGAMASCHINE, A.F., BUZZETTI, S., CHIODEROLI, C.A. Desempenhos técnicos e econômicos da consorciação de milho com forrageiras dos gêneros Panicum e Brachiaria em sistema de integração lavoura-pecuária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 4, p. 360-370, 2009.

PAVINATO, P.S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C.A. Organic compounds from plant extracts and their effect on soil phosphorus availability. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1379-1388, 2008.

PAVINATO, P.S.; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

POZZA, A.A.A.; CURI, N.; COSTA, E.T.S.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J. G.S.M.; MOTTA, P.E.F. Retenção e dessorção competitivas de ânions inorgânicos em gibbsita natural de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1627-1633, 2007.

PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, v. 1, p. 362, 2010.

RAIJ, B.V.; FEITOSA, C.T. Correlação entre o P extraído de solo por diversos extratores químicos extratores químicos e o absorvido pelo milho. **Bragantia**, Campinas, v.39, n.1, p.51-57, 1980.

RAIJ B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba. Ceres, 343 p., 1991.

RAO, I.M., BORRERO, V., RICAURTE, J., GARCÍA, R., AYARZA, M.A. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils II. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type. **Journal of Plant Nutrition**, v. 19, n. 2, p. 323-352, 1996.

RICHTER, D. D.; BABBAR, L. I. Soil diversity in the tropics. **Advances in Ecological Research**, London, v. 21, p. 316-389, 1991.

RHEINHEIMER, D.S., ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, n.36, p.151-160, 2001.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, p. 41-49, 2003.a

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Accumulation of soil organic phosphorus by soil tillage and cropping systems under subtropical conditions. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 34, n. 15-16, p. 2339-2354, 2003.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.151-160, 2001.

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E.; KAMINSKI, J.; GATIBONI, L.G. Dessorção de fósforo avaliada por extrações sucessivas em amostras de solo provenientes dos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.33, p.1053-1059, 2003.b

RHEINHEIMER, D.S.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J. Depleção do fósforo inorgânico de diferentes frações provocada pela extração sucessiva com resina em diferentes solos e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.2, p.345-354, 2000.

RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, p.576-586, 2008.

ROBERTS, T.L.; BETTANY, J.R.; STEWART, J.W.B. A hierarchical approach to the study of organic C, N, P and S in western Canadian soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.69, n.4, p.739-749, 1989.

ROLIM NETO, F. C., SCHAEFER, C. E. G. R., COSTA, L. M., CORRÊA, M. M., FERNANDES FILHO, E. I., IBRAIMO, M. M. Phosphorus adsorption, specific surface, and mineralogical attributes of soils developed from volcanic rocks from the Upper Paranaíba, MG (Brazil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 953-964, 2004.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003.

ROSOLEM, C.A.; MERLIN, A.; BULL, J.C.L. Soil phosphorus dynamics as affected by Congo grass and P fertilizer. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 4, p. 309-315, 2014.

ROSSI, C.Q.; PEREIRA, M.G.; GIÁCOMO, S.G.; BETTA, M.; POLIDORO, J.C. Frações lábeis da matéria orgânica em sistema de cultivo com palha de *Brachiaria* e sorgo. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v. 43, p. 38-46, 2011.

RYDEN, J.C.; MCLAUGHLIN, J.R.; SYERS, J.K. Mechanisms of phosphate sorption by soils and hydrous ferric oxide gel. **Journal of Soil Science**, v. 28, n. 1, p. 72-92, 1977.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S., eds. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p.267-321..

SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A., LUBRERAS, J.F., COELHO, M.R., ALMEIDA, J.A., CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. (ed.). 2013. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. edição revisada e ampliada. Brasília: Embrapa, 353 p.

SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**, Porto Alegre, 2 ed, p. 359-406, 2008.

SCHULZE, D.G. An introduction to soil mineralogy. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (Eds.) **Minerals in Soil Environments**. SSSA, Madison, p. 1-34. 1989.

SILVA, D.R.G., COSTA, K.A.D.P., FAQUIN, V., OLIVEIRA, I.P.D., BERNARDES, T.F. Rates and sources of nitrogen in the recovery of the structural and productive characteristics of marandu grass. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013.

SILVA, D. R. G., COSTA, K. A. D. P., FAQUIN, V., OLIVEIRA, I. P. D., & BERNARDES, T. F. Rates and sources of nitrogen in the recovery of the structural and productive characteristics of marandu grass. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 184-191, 2013.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M.; CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde - milho e adsorção de fósforo em latossolo vermelho-escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, p. 649-654, 1997.

SIMPSON, M., MCLENAGHEN, R. D., CHIRINO-VALLE, I.; CONDRON, L. M. Effects of long-term grassland management on the chemical nature and bioavailability of soil phosphorus. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 48, n. 5, p. 607-611, 2012.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JÚNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, p. 709-717, 2009.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2004. cap. 3, p. 81-96.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E., eds. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. p.147-168.

SOUSA, D.M.G.; REIN, T.A.; GOEDERT, W.J.; NUNES, R. de S. Fósforo. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. v.2, p.67-134.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. New York, John Wiley & Sons, 486p. 1994.

STEWART, J.W.B.; SHARPLEY, A.N. Controls on Dynamics of Soil and Fertilizer Phosphorus and Sulfur. In: FOLLETT, R.F.; STEWART, J.W.B.; COLE, C.V. **Soil Fertility and Organic Matter as Critical Components of Production Systems**. SSSA, p. 101-121, 1987.

TALIBUDEEN, O. The nutrient potential of soil. **Soils and Fertility**. v.37, p.41-45, 1974

TATE, K. R. NEWMAN, R. K. Phosphorus fractions of a climosequence of soils in New Zeland tussock gassland.. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v 14, p. 191-196, 1982.

TIESSEN, H.J.W.B.; STEWART, J.W.B.; COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, n. 4, p. 853-858, 1984.

TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; CARNEIRO, L.F.; ALOVISI, A.A. Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 9-16, 2007.

TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C.H.; ALOVISI, A.A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 10, p. 1467-1476, 2002.

THOMAS, G.W.; PEASLEE, D. E. Testing soils for phosphorus. In: WALSH, L.M.; BEATON, J.D., ed, **Soil testing and plant analysis**. Science Society of America. p. 115-129, 1973.

USDA-United States Department of Agriculture, **World Agricultural Production**, Foreign Agricultural Service, disponível em: <http://www.fas.usda.gov>, acessado em: agosto de 2014.

USGS. United States Geological Survey. **Mineral commodity summaries 2009**. Reston, 2009. Disponível em <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2009/mcs2009.pdf> Acesso em: 14 nov. 2014.

VANDAMME, E., RENKENS, M., PYPERS, P., SMOLDERS, E., VANLAUWE, B.; MERCKX, R. Root hairs explain P uptake efficiency of soybean genotypes grown in a P-deficient Ferralsol. **Plant and Soil**, Dordrecht, p. 1-14, 2013.

VASCONCELLOS, C.A.; VIANA, M.C.M.; FERREIRA, J.J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 11, p. 1835-1945, 1998.

VITTI, G., TAVARES Jr, J. E., LUZ, P., FAVARIN, J., COSTA, M. Influência da mistura de sulfato de amônio com uréia sobre a volatilização de nitrogênio amoniacal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 663-671, 2002.

VOLK, G.M. Volatile loss of ammonia following surface application of urea to turf on base soils. **Agronomy Journal**, v.51, p.746-749, 1959

WALKER, T.W.; SYERS, J.K. The fate phosphorus during pedogenesis. **Geoderma**, Amsterdam, v.15, n.1, p.1-19, 1976.

WANG, E., BELL, M., LUO, Z., MOODY, P., PROBERT, M.E. Modelling crop response to phosphorus inputs and phosphorus use efficiency in a crop rotation. **Field Crops Research**, v. 155, p. 120-132, 2014.

WENZL, P., PATIÑO, G.M., CHAVES, A.L., MAYER, J.E.; RAO, I.M. The high level of aluminum resistance in signalgrass is not associated with known mechanisms of external aluminum detoxification in root apices. **Plant Physiology**, Rockville, v. 125, p. 1473–1484, 2001.

YANG, K., ZHU, J., GU, J., YU, L., & WANG, Z. Changes in soil phosphorus fractions after 9 years of continuous nitrogen addition in a *Larix gmelinii* plantation. **Annals of Forest Science**, v. 72, n. 4, p. 435-442, 2014.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system. **Scientia Agricola**, v.65. 2008.