# ESPÉCIES DE UROCHLOA AFETAM DIFERENCIALMENTE A DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO NO SOLO

Moniki Campos Janegitz, Ciro Antonio Rosolem, Natalia Rodrigues Ferreira-Eloy

Universidade Estadual Paulista – UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias - FCA, Botucatu, SP. E-mail: monikijanegitz@yahoo.com.br

**RESUMO**

Espécies de braquiária usadas como plantas de cobertura são promissoras como estratégia para melhorar a disponibilidade e ciclagem de P em semeadura direta. O objetivo desse trabalho foi estudar como espécies de braquiária afetam a disponibilidade de P no solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação com quatro espécies de *Urochloa*: *Uroclhoa brizantha* (cv. Marandu), *U. decumbens*, *U. Humidicola, U. ruziziensis*, mais um tratamento controle, sem plantas. As plantas foram cultivadas em tubos de PVC de 12,6 L por 50 dias e, após a colheita, a matéria seca, concentração e acúmulo de P foram avaliados. O solo foi dividido em rizosférico e não rizosférico e submetido às análises de P disponível, P microbiano e pH. O cultivo de braquiárias aumentou o P disponível e o pH do solo. A *U. ruziziensis* apresentou maior crescimento inicial, maior produção de matéria seca e maior absorção de P. Foi ainda a espécie que resultou em menor P disponível no solo, não diferindo da *U. humidicola*. Não houve diferença entre as espécies quanto ao teor de P na planta e o P microbiano no solo. O cultivo de braquiárias aumenta a disponibilidade de P extraído com resina e altera o pH do solo cultivado. Das espécies estudadas, a *U. ruziziensis* tem potencial para otimizar a disponibilização de P no solo.

**Palavras-chave:** Braquiária; disponibilidade de P; maximização de uso do P.

## UROCHLOA SPECIES AFFECT DIFERENTIALY SOIL PHOSPHORUS AVAILABILITY

**ABSTRACT**

Species of the genus *Urochloa* are promising as cover crops in no tillage systems as a strategy to improve phosphorus availability and recycling in the soil. The objective of this work was to evaluate the effectiveness of ruzigrass species in enhancing soil-P availability. The experiment was conducted in a greenhouse in pots with soil, with five treatments: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens*, *U. humidicola* and *U. ruziziensis,* plus one control treatment without Urochloa cultivation. The *Urochloa* plants were grown in PVC pots of 12.6 L and 50 days after emergence, dry matter yield, P concentration and P accumulation were evaluated. The soil was separated into rhizosphere and bulk soil and used to determination of P availability, microbial P and pH. Urochloas increased phosphorus availability and soil pH. *U. ruziziensis* showed higher initial growth, higher dry matter yield and higher P uptake. There was no difference between species as to P concentrations in the plant and microbial P in soil. *U. ruziziensis* was the species resulting in the lowest level of soil P available, similar to *U. humidicola*. Cultivation of Urochloas increases the soil phosphorus availability and changes its chemical characteristics. Comparing the species studied, *U. ruziziensis* would be the best to improve soil P availability and cycling in the soil.

**Keywords:** *Brachiari;*, availability of P; P use maximization.

## INTRODUÇÃO

O sistema de semeadura direta (SSD), devido à decomposição da palhada deixada pela planta de cobertura, aumenta o teor de matéria orgânica e favorece o aproveitamento do fósforo (P) (RHEINHEIMER et al., 2008), que passa a se associar fortemente ao ciclo do carbono, pois o nutriente, ao ficar retido nos tecidos vegetais se torna protegido contra perdas e acaba sendo disponibilizado subsequentemente para a cultura principal através do processo de mineralização (PAVINATO; ROSOLEM, 2008; SCHONINGER et al.,

2013). Das plantas indicadas como espécies de cobertura, com efeitos positivos na matéria orgânica no solo e ciclagem de fósforo, as espécies do gênero braquiária são interessantes por serem adaptadas à solos de baixa fertilidade, tolerantes a níveis altos de alumínio e baixos de P e cálcio, alto potencial de produção de forragem, proporcionando elevado índice de cobertura do solo e alta fitomassa. São de fácil controle na cultura sucessora, além de melhorar a qualidade do solo devido ao vigoroso sistema radicular e, por isso, são as mais amplamente utilizadas como plantas de cobertura (TIMOSSI et al., 2007).

De maneira geral, espécies do gênero braquiária são importantes cicladoras de nutrientes, pois podem ser capazes de aumentar a eficiência de utilização de P a partir de algumas estratégias, como: 1) maior crescimento de raízes; 2) manutenção do P na forma solúvel por mais tempo, através da liberação de ácidos orgânicos (como o citrato, malato e oxalato) que competem com os ortofosfatos pelos sítios de adsorção e minimizam a fixação (PAVINATO et al., 2009); 3) presença de carreadores específicos e de alta afinidade pelos íons fosfato (NANAMORI et al., 2004); 4) aumento da atividade da fosfatase ácida; mobilização de formas menos disponíveis de P (CALONEGO; ROSOLEM, 2013; JANEGITZ et al., 2013; ROSOLEM et al., 2014).

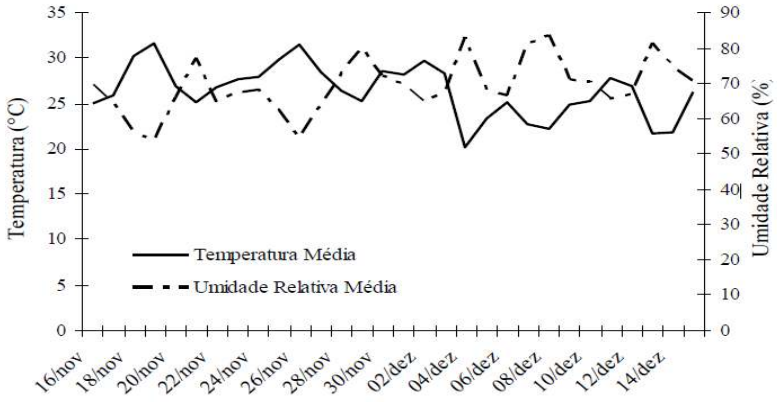
Para a escolha da planta de cobertura deve-se levar em consideração a capacidade competitiva entre as espécies de plantas, que é atribuída a diferentes características como: emergência precoce, vigor de plântulas, rápido desenvolvimento de área foliar, formação de dossel denso, altura de planta, produção de massa de matéria seca, ciclo de desenvolvimento (longo e rápido) e desenvolvimento do sistema radicular (HAUGLAND; TAWFI, 2001; SANDERSON; ELWINGER, 2002). Espécies de plantas com rápido desenvolvimento inicial (emergência e crescimento) acabam por utilizar prioritariamente os recursos do meio e, por isso, geralmente levam vantagem na utilização destes, tais como água e nutrientes do solo (GUSTAFSON et al., 2004). Contudo, a escolha das braquiárias utilizadas na agricultura como espécie de cobertura de solo no sistema de semeadura direta deve ser norteada pelo conhecimento prévio dos seus potenciais quanto às melhorias que podem vir a acarretar ao sistema, tais como a disponibilização e ciclagem do P. Foi demonstrado que a *U. ruziziensis* pode aumentar os teores de P inorgânico e orgânico no solo, bem como o conteúdo de P em folhas de soja, no entanto a produtividade da soja não foi aumentada (MERLIN et al., 2013). Um mecanismo para o aumento na produtividade seria a dissolução de formas de P ligado ao Fe e Ca do solo, com posterior liberação em formas mais lábeis (ROSOLEM et al., 2015). Entretanto apenas a *U. ruziziensis* foi utilizada na maior parte dos estudos realizados, com poucos estudos empregando *U. brizantha.*

Considerando a difusão e importância econômica as espécies com destaque no cenário agrícola brasileiro, como a *U. brizantha, U. decumbens, U. ruziziensis e U. humidicola,* são necessários estudos comparativos entre essas espécies de braquiárias, uma vez que sua ação pelas características agronômicas pode ser diferente na forma de favorecer a disponibilidade de P no solo. A partir destas premissas, o objetivo desse trabalho foi avaliar a habilidade de espécies de braquiária em absorver P, bem como sua capacidade em atuar sobre a disponibilidade deste no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com controle de temperatura e sem controle da umidade relativa do ar, no departamento de Produção vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP (FCA/UNESP), em Botucatu, SP nos meses de outubro a dezembro de 2009. Os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar, registrados no período de avaliação, estão apresentados na figura 1.

**Figura 1.** Médias diárias de temperatura e umidade relativa do ar registradas na casa de vegetação durante o período de avaliações. Botucatu – SP, 2009.




O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por quatro espécies de braquiária (*Urochloa brizantha* cv. Marandu, *U. decumbens*, *U. humidicola* e *U. ruziziensis*) e um tratamento controle, somente com solo. As plantas foram cultivadas em tubos de PVC com 200 mm de diâmetro e 400 mm de altura e volume total de12,6 L. Os tubos foram montados a partir da união de anéis sobrepostos, sendo dois anéis superiores na altura de 50 mm, seguido de um anel de 100 mm e o inferior de 200 mm de altura. Os anéis foram unidos externamente com fita adesiva e entre eles havia uma fita adesiva cuja metade era dobrada em direção ao centro do anel, para evitar o crescimento preferencial das raízes junto às paredes dos vasos. Os vasos foram preenchidos com Latossolo Vermelho distroférrico (SANTOS et al., 2006) corrigidos previamente com a aplicação de calcário dolomítico (29% de CaO; 18% de MgO e PRNT de 86%) ao solo, na dose de 0,53 g dm-3 . Essa dose foi calculada de acordo com Raij et al. (1996), a fim de obter uma saturação por bases de 60%. Após a aplicação da calagem o solo apresentou as seguintes características: pH (CaCl2) 5,3; 25 g dm-3 de matéria orgânica; 8 mg dm-3 de P resina; 0,8 mmolc $dm^{-3}$ de K; 30 mmolc $dm^{-3}$ de Ca; 20 mmolc $dm^{-3}$ de Mg; 51 mmolc $dm^{-3}$ de SB; 81 mmolc $dm^{-3}$ de CTC; V de 62 %; 539 g $dm^{-3}$ de argila; 151 g $dm^{-3}$ de silte; 311 g $dm^{-3}$ de areia.

Antes da semeadura, foram aplicados ao solo 0,294 g $dm^{-3}$ de nitrato de amônio ($NH_4NO_3$), 1,91 g $dm^{-3}$ de superfosfato simples e 0,249 g $dm^{-3}$ de cloreto de potássio (KCl), correspondentes a 100, 150 e 120 mg $dm^{-3}$ de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), respectivamente. As sementes foram pré-germinadas em caixas gerbox® com duas folhas de "papel germitest" embebidas com 12 mL de água destilada e acondicionadas em câmara BOD a 20-30 ºC durante 60 h. Após a pré-germinação, foram transferidas 12 sementes a cada vaso e colocadas à profundidade de 1 cm e, uma semana depois, foi feito um desbaste, restando três plantas em cada unidade experimental. A umidade foi mantida em torno de 70 % da capacidade de campo durante o cultivo, e, para isso, foram utilizados vasos extras, representando todos os tratamentos, que foram pesados diariamente para quantificar as perdas relativas de água e a quantidade de água a ser adicionada.

Cinquenta dias após a semeadura as plantas foram colhidas, para evitar que ocorresse grande concentração das raízes no volume total dos anéis, lavadas em água destilada, armazenadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação de ar a 65 ºC para secar até atingir massa constante. Após a secagem, parte aérea (colmos e folhas) e raízes foram pesadas, moídas em moinho tipo Willey e submetidas à análise do teor de P, conforme procedimentos descritos em Malavolta et al. (1997).

O solo foi dividido em rizosférico e não rizosférico após o corte das plantas. Os vasos foram colocados em bacias plásticas e destorroados. Os anéis de PVC que formavam os vasos foram destacados e retirados um a um. Do aglomerado resultante, solo não rizosférico e raízes mais solo aderido, foram cuidadosamente separados em outras duas bacias plásticas. Das

raízes foi separado o solo aderido (rizosférico) por meio de agitação manual. As amostras de solo foram passadas em peneira de malha 2 mm, secas ao ar e submetidas às seguintes análises: pH ($CaCl_2$); P resina (RAIJ et al., 2001) e P microbiano (BROOKES et al., 1982). Sendo que a quantificação de P da massa microbiana foi feita pela diferença entre o teor de P inorgânico (Pi) extraído por $NaHCO_3$ 0,5 mol $L^{-1}$ (pH 8,5) do solo fresco fumigado com clorofórmio ($CHCl_3$) e a quantidade extraída do solo fresco não fumigado.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando encontradas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste t (P<0,05). Os resultados referentes às avaliações do solo foram analisados em esquema fatorial 4x2+1, pois foram quatro espécies de braquiárias divididas em solo rizosférico e não-rizosférico, mais o tratamento controle.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maior produção de matéria seca total foi observada com *U. ruziziensis*, seguida por *U. decumbens*, *U. brizantha* e *U. humidicola* (Tabela 1). Quanto à matéria seca radicular a *U. ruziziensis* e *U. brizantha* foram iguais entre si, e produziram quase quatro vezes mais raiz que *U. humidicola*. A maior dimensão do sistema radicular garantiria a exploração de um maior volume de solo (Tabela 1), característica especialmente importante para a absorção de elementos pouco móveis como o P, o que implica em acesso aos espaços intersticiais mais distantes e, consequentemente, em maior eficiência de absorção do nutriente (JONES et al., 2009). Entretanto, deve-se considerar que, no presente experimento, as raízes encontravam-se confinadas, assim, ao invés de explorar maior volume de solo, o maior sistema radicular implicou em maior exploração de um volume fixo de solo.

**Tabela 1.** Valores médios de matéria seca (MS) na raiz e total, relação raiz/parte aérea (R/PA), teor de fósforo na parte aérea e na raiz e fósforo absorvido. Botucatu–SP, 2009.

| Tratamentos | MS Raiz | MS Total | Relação | Teor de P na parte aérea | Teor de P na raiz | P absorvido |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | g $vaso^{-1}$ | | R/PA | g $kg^{-1}$ | | mg $vaso^{-1}$ |
| *B. brizantha* | 16,05 A | 54,20 B | 0,42 A | 2,00 | 1,59 | 102,32 B |
| *B. decumbens* | 10,78 B | 53,50 B | 0,25 BC | 2,05 | 1,66 | 105,42 B |
| *B. humidicola* | 4,55 C | 28,00 C | 0,19 C | 2,15 | 2,20 | 60,25 C |
| *B. ruziziensis* | 17,90 A | 77,10 A | 0,30 B | 2,20 | 1,67 | 160,23 A |
| Média | 12,32 | 53,20 | 0,29 | 2,10 | 1,78 | 107,06 |
| DMS | 3,17 ** | 5,70 ** | 0,09 ** | 0,27 $^{ns}$ | 0,77 $^{ns}$ | 16,68 ** |

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste t (LSD) (q<0,05).

A *U. ruziziensis* apresentou menor relação raiz/parte aérea quando comparada com a *U. brizantha*, uma característica genotípica e fenotípica importante, que pode se refletir na eficiência de uso dos nutrientes, pois há mais raízes para absorver nutrientes para uma copa relativamente menor. Segundo Gaume et al. (2010), a *U. ruziziensis* é capaz de produzir grande quantidade de biomassa em curto intervalo de tempo, mesmo em condições de deficiência de P, devido às eficientes estratégias fisiológicas dessa espécie, como alta atividade das fosfatases ácidas que mobilizam o P orgânico via mineralização. Ressalta-se que foi observada maior atividade de fosfatases ácidas em solos brasileiros cultivados com *U. ruziziensis* (ROSOLEM et al., 2014). De fato, apesar de apresentarem sistemas radiculares semelhantes, a *U. ruziziensis* absorveu maior quantidade de P ao longo do experimento (Tabela 1) e, consequentemente, foi capaz de investir em um maior desenvolvimento da parte aérea quando comparada a *U. brizantha*.

As braquiárias não diferiram entre si quanto aos teores de P na parte aérea e nas raízes, mas houve diferença quanto ao crescimento inicial devido às características específicas de cada espécie, o que determinou o total de P absorvido em cada tratamento (Tabela 1). Assim, a *U. ruziziensis* apresentou maior absorção de P para sustentar o seu maior crescimento; enquanto *U. humidicola*, espécie com a menor produção biológica, apresentou menor quantidade de P absorvido. Estes resultados podem ser explicados levando em

conta a maior exploração do solo por sistemas radiculares mais extensos e possivelmente pela produção de fosfatases ácidas (GAUME et al., 2010; ROSOLEM et al., 2014).

O teor de P resina foi superior no solo cultivado com braquiárias quando comparado àquele não cultivado (controle), atestando que essas espécies aumentam a disponibilidade de P do solo, além de algumas influenciar no valor de pH (Tabela 2), Esses dados permitem constatar a intensa influencia radicular dessas espécies sobre o solo, ao final do experimento, a disponibilidade de P resina no solo foi menor com U. ruziziensis, o que indica absorção mais intensa do nutriente, assim como observado por Merlin et al. (2014) e Janegitz et al. (2016).

Além disso, o cultivo de *U. brizantha, U. humidicola* e *U. ruziziensis* resultou em menores teores de P microbiano quando comparadas à *U. decumbens* (Tabela 2), o que indica que a última espécie apresenta maior renovação de tecidos e atividade do sistema radicular com liberação de exsudatos que servem como substrato para a biomassa microbiana, estimulando-a, e assim resultando na imobilização temporária do P disponível na solução do solo (RHEINHEIMER et al., 2008). Para as outras espécies de braquiária, como houve maior demanda pelo P disponível, o consumo intenso mobilizou o compartimento microbiológico, levando a uma redução do P microbiano, que foi mineralizado. A assimilação do P pela microbiota do solo minimiza as reações de adsorção e/ou a precipitação com óxidos e hidróxidos ou com formas livres de ferro e alumínio, e a solubilização paulatina potencializa o aproveitamento posterior do nutriente (MARTINAZZO et al., 2007). Por outro lado, o solo utilizado no experimento apresentava alto teor de matéria orgânica e fosfato solúvel no decorrer do ensaio, de forma que o curto período de atividade radicular não foi suficiente para modificar as condições microbiológicas nos tratamentos.

**Tabela 2.** Valores médios de P disponível, P microbiano e pH em solo não rizosférico cultivado com braquiárias. Botucatu–SP, 2009.

| Tratamentos | P resina | P microbiano | pH |
|---|---|---|---|
| | | $mg\ dm^{-3}$ | $CaCl_2$ |
| Controle | 32,36 C | 6,03 B | 5,1 A |
| *B. brizantha* | 51,13 A | 3,87 C | 4,9 B |
| *B. decumbens* | 49,66 A | 10,18 A | 5,0 AB |
| *B. humidicola* | 44,91 AB | 7,09 B | 4,9 B |
| *B. ruziziensis* | 41,44 B | 5,23 BC | 5,0 AB |
| Média | 46,79 | 6,59 | 5,0 |
| DMS | 6,28** | 2,17** | 0,13** |

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste t (LSD) (q<0,05).

Rosolem et al. (2015) encontraram dados complementares aos obtidos nesse trabalho e mostraram que *U. ruziziensis* e *U. brizantha* absorvem o P do solo em formas consideradas menos disponíveis para as plantas, como aquele ligado ao Fe e ao Ca. Considerando que a *U. ruziziensis* é uma espécie de fácil controle na cultura sucessora, isso a torna uma espécie interessante de cultivo em área de sistema de semeadura direta, pois, além da melhor eficiência de uso do P, fica facilitada a implantação da cultura sucessora de valor econômico.

Não foram observadas diferenças entre os solos rizosférico e não rizosférico para o P resina e o P microbiano (Tabela 3), o que contrasta com trabalhos que mostram a intensa atividade rizosférica das braquiárias, com efeitos mensurados sobre a solubilização de P inorgânico, mineralização de P orgânico e o pH, em diversos sistemas e situações (SCHONINGER et al., 2012; JANEGITZ et al., 2013; ROSOLEM et al., 2014). O grande crescimento radicular em um sistema confinado, deixando as raízes mais próximas umas das outras, aliado à intensa atividade de raiz, podem ter estendido a influência da planta na forma de exsudação de compostos, prótons e enzimas por toda a unidade experimental, de forma que zonas livres da influência direta da planta não foram suficientes para afetar o sistema.

**Tabela 3.** Valores médios de P disponível e P microbiano em solo não rizosférico e da rizosfera de braquiárias. Botucatu–SP, 2009.

| Solo | P resina | P microbiano |
|---|---|---|
| | mg $dm^{-3}$ | |
| Rizosfera (2) | 47,11 | 6,37 |
| Não Rizosférico (1) | 46,46 | 6,82 |
| DMS | 6,42 | 1,53 |

Médias seguidas por letras iguais, na coluna e para cada variável, não diferem entre si pelo teste t (LSD) (q<0,05).

## CONCLUSÃO

O cultivo de braquiárias aumenta a disponibilidade de P extraído com resina e altera o pH do solo cultivado. Das espécies estudadas, *U. ruziziensis* é a que apresentou maior habilidade de ciclagem e potencial de disponibilização futura de P no solo, devido à maior absorção do nutriente.

## REFERÊNCIAS


ARAY, Y.; SPARKS, D.L. Phosphate reaction dynamics in soils and soil minerals: a multiscale approach. **Advances in Agronomy**, v. 94, p.135-79, 2007. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)94003-6

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology Biochemistry**, v. 14, n.4, p.319-29, 1982. https://doi.org/10.1016/0038-0717(82)90001-3

CALONEGO, J.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus and potassium balance in a corn-soybean rotation under no-till and chiseling. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, v.96, n.1, p.123-31, 2013. https://doi.org/10.1007/s10705-013-9581-x

GAUME, A. E. L.; RAO,I. M.; GAUME A. J.; FROSSARD, E. A. A comparative study on plant growth and root plasticity responses of two Brachiaria forage grasses grown in nutrient solution at low and high phosphorus supply. **Plant and Soil**, v.328, n.1-2, p.155-64, 2010. https://doi.org/10.1007/s11104-009-0093-z

GUSTAFSON,D. J.; GIBSON, D. J.; NICKRENT, D. L. Competitive relationships of *Andropogon gerardii* (Big Bluestem) from remnant and restored native populations and select cultivated varieties. **Functional Ecology**, v.18, p.451-457, 2004. https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2004.00850.x

HAUGLAND, E.; TAWFIQ, M. Root and shoot competition between established grass species and newly sown seedlings during spring growth. **Grass and Forage Science**, v. 56, n.2, p. 193-9, 2001. https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2001.00266.x

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, p.1381-6, 2013. https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000800007

JANEGITZ, M.C.; SOUZA, E. A.; ROSOLEM, C.A. Brachiaria as a Cover Crop to Improve Phosphorus Use Efficiency in a No-till Oxisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.40, p.1-9, 2016. https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20150128

JONES, D. L.; NGUYEN, C.; FINLAY, R. D. Carbon flow in the rhizosphere: carbon trading at the soil-root interface. **Plant and Soil**, v. 321, p. 5-33,2009. https://doi.org/10.1007/s11104-009-9925-0

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos; 1997.

MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p.563-70, 2007. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000300016.

MERLIN, A.; HE, Z. L.; ROSOLEM, C. A. Ruzigrass affecting soil phosphorus availability. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 12, p.1582-7, 2013. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001200007

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, p. 888-95, 2014. https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300020

NANAMORI, M.; SHINAMO, T.; WASAKI, J.; YAMAMURA, T.; RAO, I. M.; OSAKI, M. Low phosphorus tolerance mechanisms: phosphorus recycling and photosynthate partitioning in the tropical forage grass, brachiaria hybrid cultivar mulato compared with rice. **Plant & Cell Physiology**, v.45, n.4, p.460-9, 2004. https://doi.org/10.1093/pcp/pch056

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C. A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 105, n.1, p.149-55, 2009. https://doi.org/10.1016/j.still.2009.07.001.

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**, v. 32, n.3, p.911-20, 2008. https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.

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 de plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, n. 2, p.576-86, 2008. https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200049.

ROSOLEM, C. A.; MERLIN, A.; BULL, J. C. L. Soil phosphorus dynamics as affected by congo grass and P fertilizer. **Scientia Agricola**, v. 71, p.309-15, 2014 https://doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0345.

ROSOLEM, C. A.; MERLIN, A.; HE, Z. Non-labile phosphorus acquisition by Brachiarias. **Journal of Plant Nutrition**, v.39, n.9, p.1319-27, 2015. https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1109117

SANDERSON, M. A.; ELWINGER,G. F.; Plant density and environment effects Orchardgrass-White clover mixtures. **Crop Science**, v.42, p.2055-63, 2002. https://doi.org/10.2135/cropsci2002.2055

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Eds.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SCHONINGER, E.; GATIBONI, L. C.; ERNANI, P. R. Rhizosphere pH and phosphorus forms in an Oxisol cultivated with soybean, brachiaria grass, millet and sorghum. Scientia **Agricola**, v. 69, n.4, p.259-64, 2012. https://doi.org/10.1590/S0103-90162012000400004

SCHONINGER, E. L.; GATIBONI,L. C.; ERNANI, P. R. Fertilization with rock phosphate and kinetics of phosphorus uptake by soybean and cover crops of Brazilian cerrado soils. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.1, p.95-106, 2013. http:// 10.5433/1679-0359

SHEN, J.; YUAN, L.; ZHANG, J.; LI, H.; BAI, Z.; CHEN, X.; ZHANG, F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. **Plant Physiology**, v. 156, n. 3, p.997-1005, 2011. http:// doi 10.1104/pp.111.175232

TIMOSSI, P. C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v.66, p.617-22, 2007 https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400012.

Recebido para publicação em 21/07/2017
Revisado em 16/08/2017
Aceito em 18/11/2017