

Bioma Pampa: Interações entre micro-organismos e espécies vegetais nativas

Pampa Biome: Interactions between microorganisms and native plant species

Falko König, Carlos Eduardo P. Gonçalves, Anderson R. Aguiar e Antonio Carlos F. Silva

Departamento de Biologia, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Av. Roraima, n.1000 CEP 97119-970 Santa Maria, RS., Brasil. E-mail: falkoenig@gmail.com, author for correspondence

Recebido/Received: 2013.08.09
Aceitação/Accepted: 2013.10.28

RESUMO

O bioma Pampa possui uma das maiores diversidades de vegetação campestre, e está localizado na região sul do Brasil, tendo continuidade no Uruguai e Argentina, ocupando aproximadamente 37% do território do estado do Rio Grande do Sul com pastagens naturais. Os micro-organismos presentes no solo desempenham um importante papel nos ciclos da comunidade do bioma Pampa. A interação entre estes micro-organismos contribui para o equilíbrio dos agroecossistemas, influenciando de forma benéfica as espécies nativas do bioma. Organismos fitopatogênicos presentes em áreas do bioma Pampa interferem de várias formas no desenvolvimento das populações de espécies nativas que a habitam, causando problemas na germinação de sementes e lesões em plântulas. Micorrizas arbusculares exercem efeitos benéficos, representando uma potencial ferramenta biológica para reabilitação de áreas degradadas do bioma Pampa. As rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP) influenciam o desenvolvimento do sistema radicular, incrementando a absorção de água, auxiliando plantas a se desenvolverem em condições hídricas limitantes. O estudo da interação entre micro-organismos e espécies nativas do bioma Pampa constitui-se em um novo enfoque de pesquisa pelo qual objetiva-se elaborar alternativas de manejo sustentável da vegetação e de recuperação de áreas degradadas, considerando os efeitos benéficos da microbiota às plantas.

Palavras-chave: bioma, micro-organismos, rizosfera

ABSTRACT

The Pampa biome has one of the largest diversity in campestral vegetation and is located in the south region of Brazil, having continuity in Uruguay and Argentina; occupying 37% of the territories of the state of Rio Grande do Sul. The microorganisms present in the soil have an important role in the Pampa biome. The interaction between these microorganisms contributes to the balance of agro ecosystems, developing a beneficial influence on the native species of the biome. Phytopathogenic organisms that are present in areas occupied by the Pampa biome interfere in the development of populations of native species that inhabit it, causing problems in germination of seeds and lesions in seedlings. Arbuscular mycorrhizas develop beneficial effects, representing a potential alternative for the rehabilitation of degraded areas. The Plant-Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) have influence on the development of the root system, heightening the water absorption, helping plants to develop under water stress conditions. The study of the interaction between microorganisms and native species of the Pampa biome represents a new approach of research which aims to elaborate alternatives for the sustainable management of vegetation and rehabilitation of degraded areas, considering the beneficial effects of rhizospheric microbiome to the plants.

Keywords: biome, microorganisms, rhizosphere

Introdução

Deduz-se que num bioma com uma grande diversidade vegetal haja uma correspondente diversidade de micro-organismos, pois diferentes espécies vegetais suprem a rizosfera com exsudatos diversos, suportando assim uma maior biodiversidade microbiana. A microbiota rizosférica por sua vez proporciona condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal através das interações com as plantas (Chaer e Tótola, 2007). Esse parece ser o caso do bioma Pampa, situado na região sul do Brasil, que apresenta grande diversidade vegetal (Boldrini, 2009) devido a condições climáticas favoráveis e à retenção de umidade no solo (Behling *et al.*, 2009). Na área abrangida pelo bioma Pampa encontra-se uma das maiores diversidades de vegetação campestre do mundo. A família das gramíneas é a que apresenta maior número de representantes nestes campos, com cerca de 400 espécies encontradas, seguidas pelas leguminosas com aproximadamente 150 espécies (Boldrini, 2009). Estima-se que o número de espécies, tanto de leguminosas quanto de gramíneas, pode ser ainda maior.

A qualidade de um solo está diretamente ligada à sua atividade microbiana (Chaer e Tótola, 2007; Moreira e Siqueira, 2006). As interações entre espécies vegetais e micro-organismos são um dos fatores que auxiliam no estabelecimento e equilíbrio da população vegetal (Cardoso e Nogueira, 2007). Já o equilíbrio na população microbiana é mantido pela interação entre os micro-organismos presentes no solo (Whipps, 1997; 2001).

Lupatini *et al.* (2013), em um trabalho conduzido no bioma Pampa, relatou influência do tipo de solo e de diferentes manejos na comunidade microbiana. No levantamento realizado ficou claro que mudanças no solo afetam diretamente a comunidade de fungos, principalmente quando essas mudanças são provenientes de ação antrópica.

A rizosfera, definida como o microambiente do solo adjacente às raízes, é de enorme influência ecológica e agrônômica, por sua alta atividade físico-química e biológica decorrente de ser a interface de interação das plantas com o solo. Micro-organismos presentes na rizosfera produzem uma grande variedade de compostos que influenciam o crescimento vegetal, entre eles as substâncias reguladoras do crescimento de plantas (SRCP) (Moreira e Siqueira, 2006). Existem pesquisas (van der Heijden *et al.*, 1998; van der Heijden *et al.*, 2006a; van der Heijden *et al.*, 2006b) que demonstram ser inequívoca a relação entre a diversidade microbiana e a diversidade vegetal. Entretanto, devido ao seu tamanho microscópi-

co, a visualização dos diferentes micro-organismos presentes no solo é muito difícil e trabalhosa. Sendo assim, a observação da comunidade vegetal é uma maneira mais eficaz de inferir sobre a diversidade da microbiota do solo.

Na área do bioma Pampa há o domínio de gramíneas (vegetação prostrada) que recobrem o solo. O clima é classificado como mesotérmico brando super-úmido (Nimer, 1977), com invernos frios. Devido a isso, no inverno, temperaturas próximas a 0°C são comuns, no verão a variação das médias mensais de temperatura fica de 22°C a mais de 24°C entre dezembro e março, sendo também comum que as temperaturas ultrapassem os 30°C (Suertegaray, 1998). Com isso, pode-se perceber a grande amplitude de temperaturas, o que torna esse ambiente bastante heterogêneo, comportando organismos que se desenvolvem em diferentes condições.

Além disso, o solo arenoso em grande parte do bioma Pampa contribui para que a vegetação campestre desse bioma seja naturalmente frágil. Assim, as práticas de manejo do solo, principalmente em áreas de pastagens nativas com produção pecuária, devem ser bem planejadas, para evitar degradação do solo (Roesch *et al.*, 2009).

As pesquisas envolvendo as espécies vegetais do bioma Pampa e suas interações com micro-organismos do solo ainda são raras. O objetivo da presente revisão é apresentar informações sobre as interações entre micro-organismos e espécies vegetais nativas do bioma Pampa, as quais constituem-se em um novo enfoque de pesquisa pelo qual objetiva-se elaborar alternativas de manejo sustentável da vegetação e de recuperação de áreas degradadas, considerando os efeitos benéficos da microbiota às plantas.

Fungos micorrízicos

Muitos micro-organismos realizam interações com plantas, dentre eles podemos destacar os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), Filo Glomeromycota, Classe Glomeromycetes (glomeromicetos). Estes fungos são uma importante parte do sistema solo-planta, desenvolvendo uma relação de simbiose mutualística com espécies vegetais, denominada micorriza arbuscular (MA) (Souza *et al.*, 2008).

Os FMAs podem induzir resistência das plantas ao ataque de potenciais fitopatógenos do sistema radicular (Berbara *et al.*, 2006; Moreira e Siqueira, 2006). Devido à acumulação de biomassa microbiana esses fungos retêm carbono no solo (Rillig *et al.*, 2001; Olsson e Wilhelmsson, 2000) o que favorece o sequestro de carbono da atmosfera (Souza *et al.*, 2008). Os benefícios da simbiose entre FMAs e espécies vegetais

variam entre e dentro das espécies (Pouyu-Rojas *et al.*, 2006), além de serem muito influenciadas pelo ambiente (Koide, 1991). Devido ao fato de não apresentarem especificidade com hospedeiros, realizando associações com praticamente todas as espécies vegetais, a sua diversidade funcional é muito grande (Munkvold *et al.*, 2004; Siqueira *et al.*, 2002). Estudos realizados em alguns ecossistemas brasileiros apontam que o número de espécies de FMAs em dunas costeiras pode chegar a 35, sendo esse número ainda maior em áreas de cerrado nativo, podendo chegar a 40 espécies (Siqueira *et al.*, 1989; Siqueira *et al.*, 2002). Portanto, para compreender os fatores que afetam o desenvolvimento da vegetação no bioma Pampa, torna-se essencial avaliar e compreender os FMAs presentes nesse. Os fungos micorrízicos também têm grande importância em áreas reflorestadas. O eucalipto (*Eucalyptus* sp.), cultura florestal bastante difundida em áreas do bioma Pampa, apresenta associações com FMAs (Mello *et al.*, 2006). Em um estudo realizado por Araújo *et al.* (2004) verificou-se grande tendência da formação de micorrizas em eucalipto. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos *et al.* (2001), onde foram avaliadas cinco espécies de eucalipto e todas apresentaram colonização por micorrizas. Andreazza *et al.* (2008) realizaram um estudo que avaliou as associações entre MA e seis espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul, área de abrangência do bioma Pampa, relataram a presença de micorrizas em todas as espécies florestais avaliadas. Mello *et al.* (2006) realizaram um estudo para avaliar, dentre outros fatores, a população e diversidade de FMAs em áreas de campo nativo degradado do bioma Pampa e de cultivo de eucalipto. Como resultado foi constatado que as áreas de campo nativo apresentam maior população e diversidade de FMAs em relação às áreas de cultivo de eucalipto.

O campo nativo, por ser um sistema mais estável e apresentar grande diversidade vegetal, torna-se um ambiente mais favorável ao desenvolvimento de FMAs, sendo que um dos fatores que afeta o desenvolvimento desses fungos é a comunidade de plantas (Sanders e Fitter, 1992). Devido aos aspectos positivos já citados das associações entre os fungos micorrízicos e espécies vegetais, estes podem se tornar potenciais ferramentas biológicas para reabilitação de áreas degradadas (Andreazza *et al.*, 2008), inclusive no bioma Pampa, especialmente em situações de carência de nutrientes, como é o caso de áreas onde ocorre o processo de arenização. Possivelmente o estímulo da microbiota micorrízica consiga estimular a melhoria da estrutura do solo e a revegetação nestas áreas. Pois, as plantas nativas,

sobretudo as que participam dos estádios iniciais de revegetação, tais como as pioneiras e secundárias, beneficiam-se muito da micorrização (Flores-Aylas *et al.*, 2003; Pattison *et al.*, 2004; Whipps, 1997). Sendo assim, com melhores condições às plantas pioneiras, formar-se-ia um acúmulo de matéria orgânica, proveniente dessas plantas. Desse modo, o estabelecimento de outras plantas mais exigentes em nutrientes e condições de solo seria facilitado. Infere-se daí a considerável influência benéfica que os FMAs exercem na reabilitação de solos de áreas degradadas. Os campos do bioma Pampa são compostos predominantemente por gramíneas (Boldrini *et al.*, 2010), porém existem poucos estudos sobre associações entre FMAs e gramíneas. Na família das gramíneas (Poaceae) ocorrem mecanismos fotossintéticos distintos, afetando a colonização das raízes por FMAs. Em geral, devido a diferenças morfológicas, observa-se uma maior colonização de plantas C_4 em relação às plantas C_3 (Hetrick *et al.*, 1988; 1990).

Parodi e Pezzani (2011), num trabalho desenvolvido no Uruguai em áreas semelhantes às encontradas no Rio Grande do Sul, avaliaram a relação entre associações micorrízicas em gramíneas nativas com e sem pastoreio por bovinos. No estudo foram avaliadas duas espécies *Nassella neesiana* (Trin. y Rupr.) e *Coelorhachis selloana* (Hack.). As porcentagens de micorrização na espécie C_3 , *N. neesiana*, foram menores em relação à espécie C_4 , *C. selloana*. As porcentagens de micorrização variaram entre as estações do ano, sendo maiores para as duas espécies durante o verão e menores durante o inverno para *C. selloana*, e durante a primavera para *N. neesiana*, sempre favorecendo a planta C_4 . Em relação ao pastoreio, observou-se na área pastoreada uma leve tendência de maior micorrização em relação à área não pastoreada. Esta tendência não foi considerada significativa. Os estudos sobre FMAs em gramíneas do bioma Pampa são escassos, porém trabalhos desenvolvidos em áreas semelhantes que relatam a importância dessas associações entre fungos podem servir como parâmetro para futuros trabalhos.

Micro-organismos rizosféricos e estresse hídrico

O estresse hídrico é um estresse abiótico frequente ao qual as plantas estão submetidas em regiões sujeitas a estiagens e altas temperaturas, como é o caso de determinadas regiões do bioma Pampa, no qual também ocorre a arenização. Por meio desse processo a capacidade de retenção de água do solo é reduzida, incrementando ainda mais o estresse hídrico exercido sobre a comunidade vegetal (Suertegaray e Silva, 2009). O crescimento das plantas é influen-

ciado por diversos fatores bióticos e abióticos. Entre os primeiros, um dos mais influentes é a microbiota que se desenvolve no microambiente do sistema radicular. A microbiota rizosférica pode interagir de diversas formas com as plantas, exercendo efeitos deletérios ao seu desenvolvimento, como os fitopatógenos, ou benéficos. Entre os micro-organismos benéficos há aqueles que produzem compostos que influenciam o crescimento vegetal. Entre esses estão as substâncias reguladoras do crescimento vegetal (SRCP), sendo classificadas em citocininas, auxinas, giberelinas, etileno e ácido abscísico (Moreira e Siqueira, 2006). Os micro-organismos do solo estimulam o crescimento e desenvolvimento das plantas através da biossíntese de SRCP e de outros mecanismos bioquímicos. Entre esses micro-organismos encontram-se diversas bactérias, denominadas rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP), e alguns fungos (Gravel *et al.*, 2007), nomeadamente FMAs.

Estresses abióticos provocam diversas reações fisiológicas nas plantas. Entre elas está o balanço hormonal alterado, por exemplo, pela síntese aumentada de etileno devido ao estresse, provocando a senescência e a abscisão de folhas, diminuindo assim a área foliar fotossintetizante. Teores muito elevados de etileno inibem o alongamento das raízes (Taiz e Zeiger, 2004). Plantas submetidas a estresses abióticos também produzem espécies reativas de oxigênio (ERO), compostos tóxicos formados a partir da redução do oxigênio molecular. As ERO são deletérias ao crescimento vegetal, possuindo efeito fitotóxico pelo dano oxidativo que causam às células (Mittler, 2002).

As RPCP osmotolerantes são capazes de produzir solutos compatíveis, como glicina, betaína e prolina, os quais, quando absorvidos pelas células das raízes, auxiliam no ajustamento osmótico, contribuindo para a tolerância à seca. As membranas das células das raízes também podem ser influenciadas por micro-organismos rizosféricos. Alguns desses modificam o teor fosfolipídico das membranas celulares, ajustando o padrão de saturação, reduzindo assim o potencial da membrana e facilitando a absorção de água (Dimpka *et al.*, 2009). Tais adaptações à disponibilidade limitada de água no solo podem auxiliar o crescimento de plantas de regiões que apresentam precipitações irregulares, como é o caso de espécies nativas do bioma Pampa (Suertegaray e Silva, 2009). O crescimento das raízes e a arquitetura do sistema radicular podem ser modificados pela microbiota rizosférica. Um dos mecanismos é a produção de ácido indolacético (AIA) e sua liberação na rizosfera, processo já presente naturalmente na planta,

mas incrementado por certos micro-organismos. Por meio dessa SRCP, as raízes crescem mais, a formação de raízes laterais e pelos radiculares é incrementada, aumentando a superfície de absorção de água. A produção de óxido nítrico bacteriano, uma molécula sinalizadora na biossíntese de AIA, também tem sido vinculada ao estímulo de crescimento de raízes, principalmente adventícias (Dimpka *et al.*, 2009). O fomento do crescimento de raízes novas responsáveis pela absorção de água é um estímulo decisivo ao incremento da resistência ao estresse hídrico.

São necessários estudos sobre a microbiota rizosférica benéfica presente nas espécies vegetais nativas do bioma Pampa, prioritariamente sobre os micro-organismos que apresentam mecanismos bioquímicos que comprovadamente aumentam a resistência de plantas aos estresses abióticos, principalmente à restrição hídrica.

A promoção do crescimento das plantas, principalmente das raízes, por RPCP, o biocontrole de fitopatógenos e a biodisponibilização de nutrientes do solo podem ser utilizados para auxiliar no avanço da cobertura vegetal em áreas sujeitas à arenização, reduzindo o avanço dos areais presentes em regiões do Pampa. A disponibilização de nutrientes pode fornecer um auxílio decisivo para plantas que se desenvolvem em solos com disponibilidade limitante de nutrientes, caso de várias regiões do bioma Pampa, como a região da campanha do Rio Grande do Sul (Suertegaray e Silva, 2009). Pesquisas sobre a microbiota rizosférica presente no microambiente das raízes de espécies nativas do bioma Pampa, sua interação com essas, e sua influência no crescimento são fundamentais. Assim será possível fornecer subsídios científicos para o desenvolvimento de insumos biológicos e manejos visando à recuperação de áreas degradadas do bioma Pampa, principalmente as afetadas pela arenização, sujeitas a vários estresses abióticos.

Organismos Fitopatogênicos

A ocorrência de micro-organismos fitopatogênicos na rizosfera pode resultar em decréscimo no poder germinativo, reduzindo o vigor, a emergência, e o rendimento das plantas (Pedroso, 2009). A incidência desses organismos pode estar associada à plântula no período inicial de emergência e à semente (Dhingra *et al.*, 1980). Assim, a monitorização e controle de organismos fitopatogênicos são imprescindíveis para manter o equilíbrio de ecossistemas presentes no bioma Pampa, caracterizados por grande variedade de famílias e gêneros de plantas nativas.

Muniz *et al.* (2007) relatam que o gênero *Mimosa* presente neste bioma, apresentou, em testes realizados com suas sementes, a presença de *Alternaria* sp. e *Aspergillus* sp., organismos patogênicos, com possíveis efeitos deletérios ao desenvolvimento das espécies desse gênero. Conforme Bittencourt e Homechin (1998), os dois gêneros citados também são observados em sementes de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Sw.) espécie nativa do bioma Pampa, bem como o gênero *Cladosporium* que, presente em nativas, pode causar podridão nas sementes ainda no solo, com resultados devastadores em espécies vegetais (Sarmiento e Villela, 2010). Segundo Oliveira (2011), os fungos *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp., *Phoma* sp., *Fusarium* sp. e *Penicillium* sp. foram observados colonizando as sementes de *Eugenia uniflora* L., espécie nativa do bioma. Avila *et al.* (2009) também encontraram *Cladosporium* sp. e *Alternaria* sp. com altas incidências ao longo da maturação dos frutos e sementes de *E. uniflora*, e baixas incidências de *Fusarium* sp. e *Penicillium* sp., fungos patogênicos em sementes.

Os micro-organismos patogênicos podem interagir com plantas específicas, e animais, numa grande variedade de microhabitats (Clergue *et al.*, 2005; Marriott *et al.*, 2004). No norte da Argentina, parte do bioma Pampa, a substituição de campos nativos por culturas anuais modificou o padrão de distribuição de micro-organismos (Daily e Ehrlich, 1996; Polop *et al.*, 2007), causando efeitos deletérios para o ambiente.

Os efeitos de organismos fitopatogênicos são citados por recentes avaliações da situação das espécies ameaçadas de extinção em escala nacional e regional como uma das principais ameaças sobre a fauna dos Campos Sulinos (Fontana *et al.*, 2003, Mikich e Bérnils, 2004, Machado *et al.*, 2008).

A ocorrência de tais fitopatógenos pode causar dificuldades na propagação das espécies nativas de vários biomas, as quais não estão adaptadas e não desenvolvem mecanismos de defesa na interação com estes micro-organismos. A presença de fitopatógenos pode ocasionar a supressão de espécies de plantas nativas no bioma Pampa, acelerando o processo de desertificação em áreas degradadas.

Considerações finais

A microbiota rizosférica, conforme abordado acima, estabelece profundas interações com as plantas, influenciando seu crescimento nas diversas condições ambientais sob as quais estão submetidas. As FMAs auxiliam plantas nativas, notadamente as pioneiras, a crescerem em solos arenosos, com baixa capacidade de retenção de água e pobres em nutrientes,

estimulando o avanço da cobertura vegetal e o acúmulo de matéria orgânica. Vários micro-organismos rizosféricos, notadamente as RPCP, são capazes de fomentar um sistema radicular bem desenvolvido e saudável por meio de diversos mecanismos bioquímicos, auxiliando desse modo o crescimento de plantas sob estresses abióticos, tais como restrições hídricas e baixo teor de nutrientes no solo. Além desse efeito, exercem antagonismo a vários fitopatógenos do solo, amenizando o estresse biótico causado por estes. Considerando esses efeitos, pode se concluir que a manutenção e expansão da cobertura vegetal em ambientes nos quais as plantas estão submetidas a diversos estresses, caso de ecossistemas do bioma Pampa, pode ser auxiliada por uma microbiota rizosférica benéfica e equilibrada.

Estudos sobre a interação entre micro-organismos e espécies nativas necessárias para a preservação e manutenção do bioma Pampa são escassos, evidenciado pelo número reduzido de artigos científicos relacionados. Considerando os efeitos benéficos da microbiota rizosférica sobre as plantas, conclui-se que pesquisas abordando a interação desses micro-organismos com espécies nativas do bioma Pampa são importantes para o desenvolvimento de manejos e insumos biológicos aplicáveis. Potenciais benefícios que a microbiota rizosférica pode proporcionar à preservação e recuperação de áreas degradadas desse bioma é de grande relevância socioambiental.

Referências Bibliográficas

- Andreazza, R.; Antonioli, Z.I.; Oliveira, V.L.; Leal, L.T.; Junior, C.A.M. e Pieniz, S. (2008) - Ocorrência de associação micorrízica em seis essências florestais nativas do estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, vol. 18, n. 3, p. 339-346.
- Araújo, C.V.M.; Alves, L.J.; Santos, O.M. e Alves, J.M. (2004) - Micorriza arbuscular em plantações de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell no litoral norte da Bahia, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*, vol. 18, n. 3, p. 513-520.
- Avila, A.L.; Argenta, M.S.; Muniz, M.F.B.; Poletto, I. e Blume, E. (2009). Maturação fisiológica e coleta de sementes de *Eugenia uniflora* L. (Pitanga), Santa Maria, RS. *Ciência Florestal*, vol. 19, n. 1, p. 61-68.
- Behling, H.; Jeske-Pieruschka, V.; Schüler, L. e Pillar, V.P. (2009) - Dinâmica dos campos no sul do Brasil durante o Quaternário Tardio. In: Pillar, V.P.; Müller, S.C.; Castilhos, Z.M.S.; Jacques, A.V.A. (Eds.) - *Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, p. 13-25.

- Berbara, R.L.L.; De Souza, F.A. e Fonseca, H.M.A.C. (2006) - Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: M. S. Fernandes (Ed.) - *Nutrição Mineral de Plantas*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 53-88.
- Bittencourt, L.F. e Homechin, M. (1998) - Avaliação da qualidade sanitária de sementes de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz - Flacourtiaceae) por três métodos de incubação. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 20, n. 1, p. 233-236.
- Boldrini, I.I. (2009) - A flora dos campos do Rio Grande do Sul. In: Pillar, V.P.; Müller, S.C.; Castilhos, Z.M.S. e Jacques, A.V.A. (Eds.) - *Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, p. 63-77.
- Boldrini, I.I.; Ferreira, P.M.A.; Andrade, B.O.; Schneider, A.A.; Setubal, R.B.; Trevisan, R. e Freitas, E.M. (2010) - *Bioma pampa: diversidade florística e fisionômica*. Porto Alegre, Editora Palotti, 64 pp.
- Cardoso, E.J.B.N. e Nogueira, M.A. (2007) - A rizosfera e seus efeitos na comunidade microbiana e na nutrição de plantas. In: Silveira, A.P.D. e Freitas, S.S. (Eds.) - *Microbiota do solo e qualidade ambiental*. Campinas, Instituto Agronômico, p. 78-96.
- Chaer, G.M. e Tótola, M.R. (2007) - Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 31, n. 6, p. 1381-1396.
- Clergue B.; Amiaud B.; Pervanchon F.; Lasserre-Joulin, F. e Plantureux, S. (2005). Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 25, n. 1, p. 1-15.
- Daily G.C. e Ehrlich P.R. (1996) - Global change and human susceptibility to disease. *Annual Review of Energy and Environment*, vol. 21, p. 125-144.
- Dhingra, O.D.; Muchovej, J.J. e Cruz-Filho, J. (1980) - *Tratamento de sementes: controle de patógenos*. Viçosa, Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, 121 pp.
- Dimpka, C.; Weinand, T. e Asch, F. (2009) - Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant, Cell and Environment*, vol. 32, n. 12, p. 1682-1694.
- Flores-Aylas, W.W.; Saggin-Júnior, O.J.; Siqueira, J.O. e Davide, A.C. (2003) - Efeito de *Glomus etunicatum* e fósforo no crescimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 38, n. 2, p. 257-266.
- Fontana C.S.; Bencke G.A. e Reis R.E. (Ed.) (2003) - *Livro vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, EdIPUCRS, 632 pp.
- Gravel, V.; Antoun, H. e Tweddell, R.J. (2007) - Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plants by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: possible role of indole acetic acid (IAA). *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 39, n. 8, p. 1968-1977.
- Hetrick, B.A.D.; Kitt, D.G. e Wilson, G.T. (1988) - Mycorrhizal dependence and growth habit of warm-season and cool-season tallgrass prairie plants. *Canadian Journal of Botany*, vol. 66, n. 7, p. 1376-1380.
- Hetrick, B.A.D.; Wilson, G.W.T. e Todd, T.C. (1990) - Differential responses of C-3 and C-4 grasses to mycorrhizal symbiosis, phosphorus fertilization, and soil-microorganisms. *Canadian Journal of Botany*, vol. 68, n. 3, p. 461-467.
- Koide, R.T. (1991) - Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytologist*, vol. 117, n. 3, p. 365-386.
- Lupatini, M.; Jacques, R.J.S.; Antonioli, Z.I.; Suleiman, A.K.A.; Fulthorpe, R.R.; Roesch, L.F.W. (2013) - Land-use change and soil type are drivers of fungal and archaeal communities in the Pampa biome. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 29, n. 2, p. 223-233.
- Machado, A.B.M.; Drummond, G.M. e Paglia, A.P. (eds.) (2008) - *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*, vol II. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 908 pp.
- Marriott, C.A.; Fothergill, M.; Jeangros, B.; Scotton, M. e Louault, F. (2004) - Long term impacts of extensification of grassland management on biodiversity and productivity in upland area. A review. *Agronomie*, vol. 24, n. 8, p. 447-461.
- Mello, A.H.; Antonioli, Z.I.; Kaminski, J.; Souza, E.L. e Oliveira, V.L. (2006) - Fungos arbusculares e ectomicorrízicos em áreas de eucalipto e de campo nativo em solo arenoso. *Ciência Florestal*, vol. 16, n. 3, p. 293-301.
- Mikich, S.B. e Bérnils, R.S. (Eds.) (2004) - *Livro vermelho da fauna ameaçada no Estado do Paraná*. Curitiba, Instituto Ambiental do Paraná, 763 pp.
- Mittler, R. (2002) - Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, vol. 7, n. 9, p. 405-410.
- Moreira, F.M.S. e Siqueira, J.O. (2006) - *Microbiologia e Bioquímica do Solo*. Lavras, Editora UFLA, 729 pp.
- Muniz, M.F.B.; Silva, L.M. e Blume, E. (2007) - Influência da assepsia e do substrato na qualidade de sementes e mudas de espécies florestais. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 29, n. 1, p. 140-146.
- Munkvold, L.; Kjoller, R.; Vestberg, M.; Rosendahl, S. e Jakobsen, I. (2004) - High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytology*, vol. 164, n. 2, p. 357-364.

- Nimer, E. (1977) - Clima. In: IBGE (Ed.) - *Geografia do Brasil: Região Sul*. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), vol.5, p. 35-79.
- Oliveira, C.F. (2011) - *Conservação de sementes de Eugenia uniflora Lam. e Inga vera Penn.: qualidade sanitária e taxas respiratórias*. Tese de Mestrado. São Paulo, Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Brasil, 98 pp.
- Olsson, P.A. e Wilhelmsson, P. (2000) - The growth of external AM fungal mycelium in sand dunes and in experimental systems. *Plant and Soil*, vol. 226, n. 2, p. 161-169.
- Parodi, G. e Pezzani, F. (2011) - Micorrizas arbusculares en dos gramíneas nativas de Uruguay en áreas con y sin pastoreo. *Agrociencia Uruguay*, vol. b15, n. b2, p. 1-10.
- Pattison, G.S.; Hammill, K.A. e Sutton, B.G. (2004) - Growth and survival of seedlings of native plants in an impoverished and highly disturbed soil following inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycorrhiza*, vol. 14, n. 6, p. 339-346.
- Pedroso, D.C. (2009) - *Associação de Alternaria spp. com sementes de apiáceas: métodos de inoculação e influência na qualidade fisiológica*. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 118 p.
- Polop, J.; Calderón, G.; Feuillade, M.R.; García, J.; Enria, D. e Sabattini M. (2007) - Spatial variation in abundance of the junin virus hosts in endemic and nonendemic Argentine haemorrhagic fever zones. *Austral Ecology*, vol. 32, n. 3, p. 245-253.
- Pouyu-Rojas, E.; Siqueira, J.O. e Santos, J.G.D. (2006) - Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, vol. 30, n. 3, p. 413-424.
- Rillig, M.C.; Wright, S.F.; Nichols, K.A.; Schmidt, W.F. e Torn, M.S. (2001) - Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. *Plant and Soil*, vol. 233, n. 2, p. 167-177.
- Roesch, L.F.W.; Vieira, F.C.B.; Pereira, V.A.; Schüenemann, A.L.; Teixeira, I.F.; Senna, A.J.T. e Stefenon, V.M. (2009) - The Brazilian Pampa: A fragile biome. *Diversity*, vol. 1, n. 2, p. 182-198.
- Sanders, J.R. e Fitter, A.H. (1992) - Evidence for differential responses between host-fungus combinations of vesicular-arbuscular mycorrhizas from a grassland. *Mycological Research*, vol. 96, n. 6, p. 415-419.
- Santos, V.L.; Muchovej, R.M.; Borges, A.C.; Neves, J.C.L. e Kasuya, M.C.M. (2001) - Vesicular-arbuscular-/ecto-mycorrhiza succession in seedlings of *Eucalyptus* spp. *Journal Brazilian Microbiology*, vol. 32, n. 2, p. 81-86.
- Sarmiento, M.B. e Villela, F.A. (2010) - Sementes de espécies florestais nativas do Sul do Brasil. *Informativo ABRATES*, vol. 20, n. 1-2, p. 39-44.
- Siqueira, J.O.; Colozzi-Filho, A. e Deoliveira, E. (1989) - Ocorrência de micorrizas vesicular-arbusculares em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 24, n. 12, p. 1499-1506.
- Siqueira, J.O.; Lambais, M.R. e Stürmer, S.L. (2002) - Fungos micorrízicos arbusculares. *Biotechnology, Ciência & Desenvolvimento*, vol. 25, p. 12-21.
- Souza, F.A.; Silva, I.C.L. e Berbara, R.L.L. (2008) - Fungos micorrízicos arbusculares: muito mais diversos do que se imaginava. In: Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O. e Brussaard, L. (Ed.) - *Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros*. Lavras, Editora UFLA, p. 483-536.
- Suertegaray, D.M.A. (1998) - *Deserto Grande do Sul: controvérsias*. 2ª ed. Porto Alegre, Editora da UFRGS, 109 p.
- Suertegaray, D.M.A. e Silva, L.A.P. (2009) - Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha. In: Pillar, V.P.; Müller, S.C.; Castilhos, Z.M.S. e Jacques, A.V.A. (Eds.) - *Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, p. 42-59.
- Taiz, L. e Zeiger, E. (2004) - Fisiologia do Estresse. In: Taiz, L. e Zeiger, E. (Ed.) - *Fisiologia Vegetal*. 3ª Ed. Porto Alegre, Artmed, p. 613-641.
- van der Heijden, M.G.A. e Klironomos, J.N. (1998) - Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, vol. 396, n. 6706, p. 69-72.
- van der Heijden, M.G.A.; Bakker, R.; Verwaal, J.; Scheublin, T.R.; Rutten, M.; van Logtestijn, R. e Staehelin, C. (2006 a) - Symbiotic bacteria as a determinant of plant community structure and plant productivity in dune grassland. *FEMS Microbiology Ecology*, vol. 56, n. 2, p. 178-187.
- van der Heijden, M.G.A.; Streitwolf-Engel, R.; Riedl, R.; Siegrist, S.; Neudecker, A.; Ineichen, K.; Boller, T.; Wiemken, A.; Sanders, I.R. (2006b) - The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition and soil structure in experimental grassland. *New Phytologist*, vol. 172, n. 4, p. 739-752.
- Whipps, J. M. (1997), Developments in the biological control of soil-borne plant pathogens. *Adv. Botan. Res.*, 26, 1-134.
- Whipps, J.M (2001) - Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany*, vol. 52, (suppl. 1), p. 487-511.