

A monodominância da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Alemão) como determinante da ecologia do solo

The aroeira's (*Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Alemão) monodominance as soil ecology determinant

DOI: 10.34188/bjaerv4n3-033

Recebimento dos originais: 04/03/2021

Aceitação para publicação: 30/06/2021

Raphael Marinho Siqueira

Mestre em Ecologia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Instituição: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Endereço: Avenida Carlos Amaral, n. 1015, bairro Cajueiro, Santo Antônio de Jesus – BA, Brasil

E-mail: raphaelmsiqueira@gmail.com

Flávia Maria da Silva Carmo - "In Memoriam"

Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Instituição: Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Endereço: Av. Peter Henry Rolfs, s/n, Laboratório de Ecologia Vegetal, Viçosa – MG, Brasil

E-mail: fmcarmoufv@gmail.com

RESUMO

Invasões biológicas e as monodominâncias de espécies vegetais podem alterar as propriedades físico-químicas e biológicas do solo, afetando a sua microbiota, que é um importante indicador da sanidade desse ambiente. A aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) é uma espécie arbórea que ocorre em monodominâncias na região do Médio Rio Doce (Minas Gerais), e sua elevada densidade vem acarretando sérios problemas socioambientais. Grandes áreas do município de Tumiritinga-MG estão tomadas por aroeirais e são visualmente perceptíveis diferenças entre o solo das áreas monodominadas por aroeiras e solos sob vegetação nativa. Para investigar se as altas densidades dessas árvores estão causando alterações nas propriedades biológicas do solo sob elas, as comunidades de bactérias, fungos e actinomicetos foram avaliados e raízes de aroeiras foram investigadas a procura de infecções por Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA). Foi constatado que solos sob monodominância das aroeiras são microbiologicamente mais pobres, havendo menor densidade de bactérias, fungos e actinomicetos do que nos solos sob a mata. Também foram encontrados esporos de FMA nos solos dos aroeirais, mas não foram encontradas raízes de aroeira colonizadas por esses fungos. Para avaliar a infectividade desses esporos, substratos estéreis foram inoculados com esporos provenientes dos aroeirais, onde foram colocadas plantas teste para crescer. Decorrido o tempo experimental, não houve colonizações das raízes dessas plantas por FMA. Os resultados obtidos permitiram concluir que a alta abundância da aroeira está afetando negativamente a microbiota do solo, o que pode estar favorecendo o estabelecimento das aroeiras em detrimento de outras espécies, por um efeito de *feed-back* positivo.

Palavras Chave: microbiota, aroeira (*Myracrodruon ureundeuva*), fungos micorrízicos arbusculares (FMAs).

ABSTRACT

Biological invasions and plant species monodominance can alter the soil chemical-physics and biological properties with effects on its micro biota, which is an environmental health indicator once

has a high susceptibility to its conditions. The aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) is an arboreal specie monodominat in some locations at Rio Doce Region, Minas Gerais State - Brazil, and its high density has been causing serious social and environmental problems. Large areas of the Tumiritinga municipality, in Minas Gerais State, has been taken by aroeiras in monodominance and the soil aspect in beneath are perceptively different from those under more biodiverse vegetation, even visually. To investigate whether these monodominant trees are inducing alterations in soil biological properties, bacterias, fungi and actinomycetes communities were quantitatively studied. Also aroeira's roots were examined looking for vesicular – arbuscular mycorrhizae (VAM). It was found that the soil under aroeira's monodominance are biologicaly poor, with less density of bacterias, fungi and actinomycetes than that soil under typical vegetation. Although there were VAM spores in the soils under the aroeiras, there was not found roots infected by them. To investigate the VAM spores infectivity, soils with test plants growing were inoculated, but their roots don't exhibited VAM colonisations. Our results allow us to conclude that the local high abundance of aroeiras is affecting negatively at the soil micro biota by diminishing selectively the abundance of individuals of the studied microorganisms, which can be favoring the establishment of the aroeirais and avoiding other species of plant, by a positive feed-back effect.

Keywords: microbiota, aroeira (*Myracrodruon ureundeuva*), arbuscular micorrhizal fungi (FMA).

1 INTRODUÇÃO

É bem sabido que distúrbios ambientais, independentemente das origens ou das suas intensidades, acarretam perdas de biodiversidade. Dependendo das condições abióticas e da estrutura das comunidades onde ocorrem, tais distúrbios podem levar à redução drástica da biodiversidade local e ter, como consequência, a invasão desses habitats por espécies resistentes, exóticas ou não. A redução da biodiversidade e o estabelecimento de espécies invasoras tem efeitos que cascadeiam por todo o ecossistema, tanto acima do solo quanto no ambiente do solo, podendo levar ao estabelecimento de relações de feedback negativo entre as espécies resistentes, impedindo a recuperação da biodiversidade.

Tem sido demonstrado que existe uma clara correlação entre a ecologia da vegetação e a microbiota do solo, de forma que a biodiversidade de plantas pode ter profundos efeitos sobre a biodiversidade microbiana e vice-versa. Através da atividade biológica das plantas, especialmente por meio de exudações radiculares e da decomposição do material vegetal, pode ocorrer a seleção de grupos de espécies de microrganismos, que beneficiam o estabelecimento de determinadas espécies de plantas em detrimento de outras. Por consequência, as propriedades físico-químicas do solo também podem ser alteradas, estabelecendo-se reações de feed-back locais entre as plantas e a microbiota alterada, que por sua vez, juntas, alteram também as propriedades ecológicas do solo (Bever et al., 2010). Esses efeitos são mais drásticos em ambientes invadidos por espécies vegetais exóticas ou sob monodominâncias de espécies nativas, onde a alta densidade de uma ou poucas espécies de plantas torna o ambiente do solo mais homogêneo e, portanto, mais limitante a

biodiversidade local (Mummey & Rilling, 2006; Coleman, 2008; Berg & Smalla, 2009; Inderjit et al., 2010).

Callaway (2004) mostrou que o estabelecimento da *Centaurea maculosa* Lam., (Asteraceae), uma espécie invasora nos EUA, alterou a composição de espécies da comunidade bacteriana associada ao solo o que, em consequência, favoreceu a invasão local. Niu et al., (2007) avaliando a comunidade microbiana do solo na presença de *Ageratina adenophora* Sprengel (Syn. *Eupatorium adenofora* - Asteraceae), uma espécie vegetal nativa do México e invasora agressiva nas florestas da Ásia e China, evidenciou o aumento da biodiversidade da comunidade fúngica em relação a comunidade bacteriana e que isso favoreceu o crescimento da *A. adenophora* e a supressão das plantas nativas, alterando a qualidade, a biodiversidade e as relações simbióticas entre plantas e microorganismos.

Embora alterações ecológicas locais causadas por espécies vegetais invasoras e por monodominâncias de nativas sejam em certa medida semelhantes, há uma grande lacuna de conhecimentos sobre os efeitos das monodominâncias nos diversos níveis de organização biológica, desde indivíduos a ecossistemas, e também sobre o meio abiótico. Essa falta de informações é preocupante e especialmente grave em se tratando dos domínios da Mata Atlântica, que tem sofrido uma rápida homogeneização nas últimas décadas, com perdas significativas de biodiversidade (Tabarelli et al., 2012). Essa situação de homogeneização tem atingido extremos, onde a cobertura vegetal de imensas áreas é de uma única espécie, como é o caso das aroeiras (*Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allemão) no vale do Rio Doce, em Minas Gerais, e norte do Espírito Santo. Nesses locais, a presença maciça de *M. urundeuva*, formando os aroeirais, está associada a solos desagregados, praticamente sem cobertura de serapilheira, com pouca matéria orgânica incorporada, onde a fauna associada é pobre e onde proliferam voçorocas (Oliveira, 2011).

A aroeira é uma espécie arbórea característica de terrenos secos e rochosos, com ocorrência natural no Brasil, na Bolívia, no Paraguai e na Argentina (Santin & Leitão-Filho, 1991; Freitas et al., 2019). No Brasil, é registrada desde o Ceará até o Paraná e no Mato Grosso do Sul (Carvalho, 1994). Por apresentar potencial para múltiplos usos, sofreu intenso processo de exploração, o que causou a devastação de suas populações naturais nem alguns estados brasileiros, levando a espécies a ser categorizada como vulnerável e considerada ameaçada de extinção a nível nacional (Mendonça & Lins, 2000). Porém, em contraste, a aroeira vem sendo considerada invasora no Vale do Rio Doce, em Minas Gerais. Com a eliminação das florestas naturais para implantação de pastagens e lavouras, e a prática do fogo para a limpeza das áreas, a espécie provavelmente encontrou ambiente livre de competidores e prosperou. Nessa região a aroeira forma grandes maciços, com densidade alta de indivíduos e exclusão do sub-bosque, onde o índice de diversidade de Shannon-Weaver é 0.25 e a

equitabilidade de Pielou, 0.10 (Oliveira, 2011). No seu sub-bosque, nem mesmo as espécies de capins colônia (*Panicum maximum* Jack. Cv. 6 Colônia - Poaceae) e brachiarão (*Brachiaria brizantha* – Poaceae), utilizados pelos pecuaristas da região, conseguem resistir.

Esse trabalho teve como objetivo investigar se a presença de *M. urundeuva* em monodominância está introduzindo alterações no comportamento ecológico da microbiota do solo sob sua influência.

Para tal, testamos a hipótese de que a microbiota associada ao solo sob monodominância de *M. urundeuva* é menos biodiversa em comparação com a microbiota de solos adjacentes, sem dominância dessa espécie. Também testamos a hipótese de que em monodominância os indivíduos de *M. urundeuva* tem menor densidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) associados às suas raízes. Os resultados obtidos vão nos auxiliar a caracterizar o ambiente do solo sob as monodominâncias e também nos permitirão esclarecer algumas circunstâncias sob as quais espécies nativas mantêm tais monodominâncias.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Todas as coletas de solos e material biológico foram realizadas no município de Tumiritinga, MG (18° 58' 44" S 41° 38' 42" O), com altitude variando entre 140 e 560 m e clima tipo Cwa, tropical de altitude (Peel *et al.*, 2007). Os solos da área são do tipo Argissolo Vermelho Eutrófico Típico a moderado, com textura média/argilosa, fase Floresta Tropical Subcaducifólia (Freitas, 2005). Nas áreas dominadas por aroeiras o sub-bosque foi praticamente suprimido, expondo o solo e são registradas voçorocas (Figura 1).



Figura 1- Aspectos da monodominância da aroeira (*M. urundeuva*) e seus efeitos sobre o solo e a comunidade de plantas associada. 1a e 1b: solo exposto sob as árvores e com início de formação de voçorocas; 1c: alta densidade de indivíduos de aroeira em monodominância, destacando a rala camada de serapilheira; 1d: área de pasto em início de invasão por aroeiras, evidenciando a exposição do solo sob as árvores onde houve a exclusão do capim. Imagens tomadas em outubro de 2007, no assentamento rural 1° de junho, em Tumiritinga, MG (Fotos: Flávia Maria da Silva Carmo).

1. Caracterização físico-química dos solos: Foram coletadas amostras de solos sob monodominância de aroeiras em três áreas diferentes e também foram coletadas amostras de solo em três fragmentos remanescentes de Mata Atlântica. As seis formações vegetacionais estão distantes entre si em 3.0 Km, em média, dentro de uma área total de aproximadamente 10 km². Em cada um dos locais foi estabelecido um transecto de 100 m de comprimento e seguindo esse transecto foram feitas 3 amostragens de solo, equidistantes 50 m entre si (0, 50 e 100m). Em cada amostragem foi coletado solo a até 10 cm de profundidade e as amostras simples foram reunidas constituindo uma amostra composta para cada fitocenose.

As amostras de solo foram analisadas quimicamente, obtendo-se os valores de pH em água (acidez ativa), pH em HCl e a acidez potencial (H + Al); os teores de fósforo (P), potássio (K⁺), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al³⁺) e também os valores da soma de bases (SB), da CTC efetiva (t), da CTC Total (T), da saturação de bases (V), da saturação por alumínio (m), do índice de saturação por sódio (ISNa), da matéria orgânica (MO) e do fósforo remanescente (P-Rem, segundo Alveres et al., 1993). As análises foram realizadas em triplicatas.

Para a caracterização física dos solos, foram analisados os teores de Areia grossa, Areia fina, Argila e Silte, segundo EMBRAPA (1997).

2. Densidade de microrganismos: Para estimar a densidade da microbiota do solo foi adotada a técnica de “Pour Plate”, de plaqueamento e contagem direta de microrganismos, segundo Cappuccino & Sherman (1987). Essa técnica consiste em diluições sucessivas dos solos, amostragens de cada diluição, incubação em meios apropriados e avaliação do crescimento dos microrganismos. Foi adotado o fator de diluição 10 (1 g de solo: 9 mL de solução salina 0.85%) e foram preparadas três diluições (10^{-1} a 10^{-3}) para cada local de origem dos solos, com três repetições para cada diluição. Após homogeneização das soluções em Vórtex, seguidas das diluições sucessivas até atingir a concentração 10^{-3} , foram transferidas alíquotas de 0.1 mL dessas soluções para placas de Petri contendo meios de crescimento específicos: meio Ágar-Caseína para actinomicetos, meio Martín para fungos e meio Ágar-Nutriente para bactérias. As placas de Petri foram enroladas em filme tipo PVC e incubadas por sete dias a temperatura ambiente, quando então foram contadas as unidades formadoras de colônia (UFC/g) em cada placa, segundo as fórmulas descritas; $UFC/g = (NC \times FD) / (Val \times MSS)$, onde NC = número de colônias; FD = Fator de diluição; Val = Volume da Alíquota; MSS = Massa do Solo Seco.

Foram utilizados 10 g de solo úmido (Su) de cada local de coleta e, por sua vez, a Massa do Solo Seco foi calculada da seguinte forma:

Massa do Solo Seco = $(1 - U_{bs}(\%))$, onde $U_{bs} = ((Su - Ss)/Ss) \times 100$, onde U_{bs} = Umidade da base seca; Su = Solo Úmido; Ss = Solo Seco.

Para as contagens de bactérias foram utilizadas as diluições 10^{-1} à 10^{-3} , para fungos foram utilizadas as diluições 10^{-2} e 10^{-3} e para actinomicetos foi utilizada apenas a diluição de 10^{-1} .

Os resultados obtidos foram transformados em \log_{10} antes de serem submetidos a análise estatística.

3. Contagem de esporos de FMAs: Para detectar a presença e estimar a densidade de esporos de FMA, alíquotas de 100 g de solo de cada área de coleta foram submetidas ao método de decantação e peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) seguido do método de centrifugação e flutuação em sacarose Jenkins (1964). As soluções de solo em água destilada foram peneiradas através de malhas de 0.25 e 0.125 mm para a retirada de particulados grandes de solo, restos de raízes e de matéria orgânica, que foram descartados e então as soluções foram filtradas sequencialmente através de malhas de dimensões de 0.074 e 0.044 mm. Os materiais retidos nas malhas da última peneira foram transferidos para tubos de 100 mL contendo água destilada e centrifugados em centrífuga de rotor horizontal a 3.100 rpm por 5 min. Aproximadamente 5 mL do sobrenadante de cada tubo foi descartado e o restante do material foi ressuscitado em solução de sacarose de concentração 50,0 % e centrifugado por mais 3 min. Aproximadamente 10 mL desse

sobrenadante foi novamente retirado e filtrado através da peneira de menor malha e lavado abundantemente com água destilada. O material retido na peneira foi transferido para placas de Petri e os esporos de FMA foram contados sob microscópio ótico.

4. Avaliação da colonização micorrízica em raízes de aroeira: Para avaliação da colonização micorrízica em raízes utilizou-se o método de clareamento e coloração de raízes pigmentadas, segundo Phillips & Hayman (1970). Foram coletadas raízes de aroeira (*M. urundeuva*) de até 10 mm de diâmetro, lavadas em água corrente e mergulhadas em solução aquosa de KOH 10% por 24 h. As raízes foram então lavadas em água destilada e submersas em solução de água alcalina por 30 min., depois foram lavadas em água destilada novamente e transferidas para uma solução HCl 0.02 mol/L por 10 min. em banho maria. Terminado o processo de diafanização, o material foi submetido ao processo de coloração em solução de Azul de Tripiano 0,05 % em lactoglicerol (ácido láctico, glicerina e água, 1:1:1). As raízes foram então observadas sob microscopia ótica e fotografadas.

5. Inoculação e Análise de infecção micorrízica em leguminosas: Sementes de quatro espécies de leguminosas: lablab (*Dolichos lablab* L.), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* (L.)DC), e duas crotalárias (*Crotalaria ochroleuca* G.Don e *Crotalaria juncea* L.), foram germinadas durante sete dias em placas de Petri forradas com papel de filtro umedecido em água destilada, em câmara incubadora tipo BOD sob temperatura de 25 °C e fotoperíodo de 12 h provido por 4 lâmpadas fluorescentes tipo luz do dia, de 25W. As plantas obtidas foram transferidas para recipientes contendo 400 g de solo estéril (1 argila:1 areia) e mantidas nesse substrato por 15 dias. Depois desse tempo, 10 plantas de cada espécie foram tratadas com uma solução preparada a partir de uma mistura composta das amostras dos solos coletados nos aroeirais de Tumiritinga, da qual foram retirados 200 g, que foi adicionada a 1000 mL água. Como controle, 10 plantas de cada espécie foram tratadas somente com água destilada. Decorridos 15 dias da inoculação das plantas com a solução de solo dos aroeirais, as raízes das leguminosas foram submetidas ao método de clareamento e coloração descrito anteriormente para verificar a presença de infecção por FMA.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para as análises estatísticas foram utilizados modelos lineares generalizados assumindo distribuição de erros tipos Poisson, a 1 % de probabilidade. Os dados foram submetidos a testes de X^2 para testar as hipóteses de que a densidade de microrganismos e que a presença de esporos de FMAs eram diferente nos solos dos dois ambientes estudados. Em todas as análises foi utilizado o programa JMP (SAS) versão 10.0.1.

3 RESULTADOS

1. Caracterização físico-química dos solos: Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os parâmetros químicos e físicos dos solos sob os aroeirais e dos remanescentes de Mata Atlântica. Os valores médios obtidos nas referidas análises estão apresentados na Tabela 1, bem como os resultados estatísticos.

Tabela 1. Caracterização físico-química das amostras dos solos coletados em formações vegetacionais sob monodominância de *Miracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) e sob Mata Atlântica, no município de Tumiritinga, MG.

Análise	Aroeira	Mata	F calc	P > F	
pH (H ₂ O)	6,117	6,207	0,036	0,859	n.s
pH (KCl)	4,997	5,460	0,648	0,466	n.s
P total (mg/dm ³)	4,100	7,800	1,805	0,250	n.s
K	178,667	176,333	0,001	0,974	n.s
Na	7,367	7,067	0,004	0,956	n.s
Ca (cmol/dm ³)	5,457	3,890	1,105	0,353	n.s
Mg	2,043	2,043	0,000	1,000	n.s
Al	0,000	0,300	1,000	0,374	n.s
H + Al	2,900	2,800	0,011	0,921	n.s
SB	7,987	6,413	0,530	0,507	n.s
CTC efetiva(t)	7,987	6,413	0,519	0,511	n.s
CTC total (T)	10,887	9,213	0,629	0,472	n.s
V	72,600	68,467	0,099	0,769	n.s
M	0,000	0,967	1,000	0,374	n.s
ISNa	0,420	0,373	0,043	0,846	n.s
MO (dag/Kg)	3,340	5,347	3,283	0,144	n.s
P-Rem (mg/L)	45,767	48,300	0,946	0,386	n.s
Argila	31,000	36,667	0,559	0,496	n.s
Areia grossa	32,000	31,000	0,044	0,845	n.s
Areia fina	22,333	22,667	0,010	0,924	n.s
Silte	14,667	9,667	3,041	0,156	n.s

SB= soma de bases; CTC=capacidade de troca catiônica; V=índice de saturação de bases; M=índice de saturação por alumínio; ISNa=índice de saturação por sódio; MO=matéria orgânica; P-Rem=fósforo remanescente. ns= estatisticamente não significativo.

2. Densidade de microrganismos: Foram obtidas significativamente mais UFCs de microrganismos em solos de mata do que nos solos de aroeirais ($X^2 = 167,32$; $p < 0.0001$). Quando os grupos de bactérias, fungos e actinomicetos foram avaliados separadamente, comparando os resultados obtidos para cada tipo de fitocenose, foi observado padrão semelhante, evidenciando que os solos sob as aroeiras são menos densamente colonizados e, portanto, microbiologicamente mais pobres do que os solos das áreas de mata ($X^2 = 98,73$; $p < 0.0001$, $X^2 = 26,71$; $p < 0.0001$; $X^2 = 64,16$ $p < 0,0001$, respectivamente; Figura 2). Foram registradas perdas proporcionais de 32,65 % de

bactérias, 23,3 % de fungos e 55,22 % de actinomicetos nos solos sob as aroeiras, quando comparados os números de UFCs com os dos solos das matas. Fungos mostraram serem menos sensíveis do que bactérias, e actinomicetos os mais negativamente afetados pelas aroeiras.

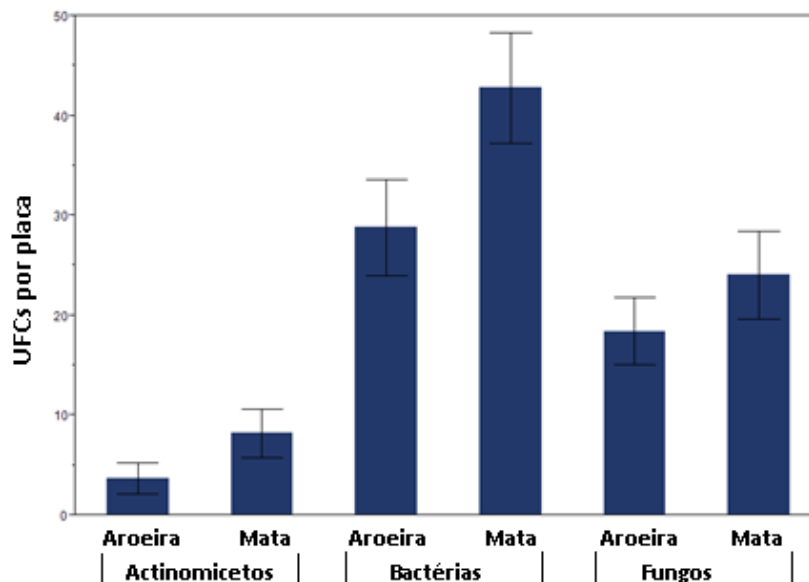


Figura 2 - Médias e respectivos desvios padrão das unidades formadoras de colônias (UFCs) dos grupos de microrganismos estudados nos solos sob monodominâncias de aroeiras (*M. urundeuva*) e em solos sob vegetação nativa diversa.

3. Contagem de Esporos de FMAs: Também foi verificado que há esporos de FMA tanto em solos sob vegetação nativa biodiversa quanto em solos sob domínio das aroeiras (Figura 3), mas o número de esporos encontrados nos solos dos aroeirais foi menor do que naqueles solos provenientes das áreas de mata ($X^2 = 6,76$, $p = 0,0093$, Figura 4).

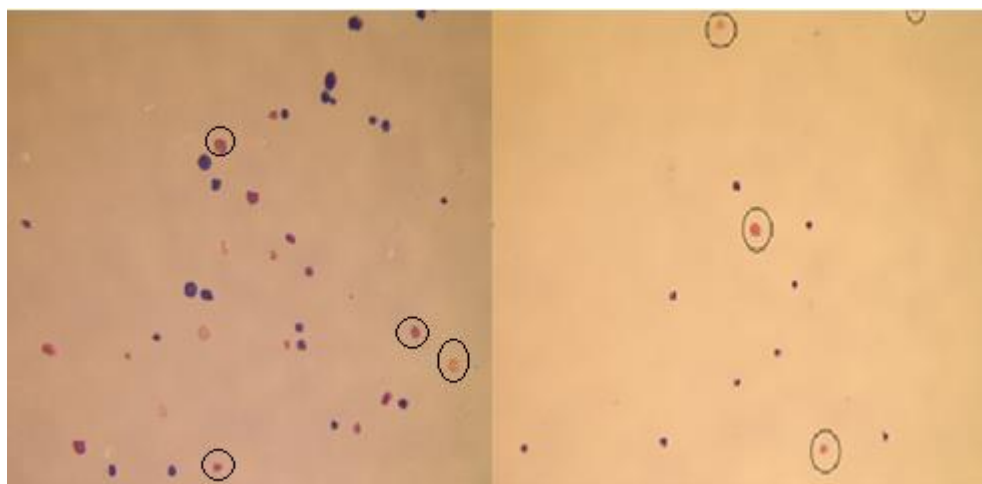


Figura 3. Esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) isolados de solos sob monodominância de aroeiras (*M. urundeuva*), em Tumiritinga, MG (Fotos Raphael Marinho Siqueira).

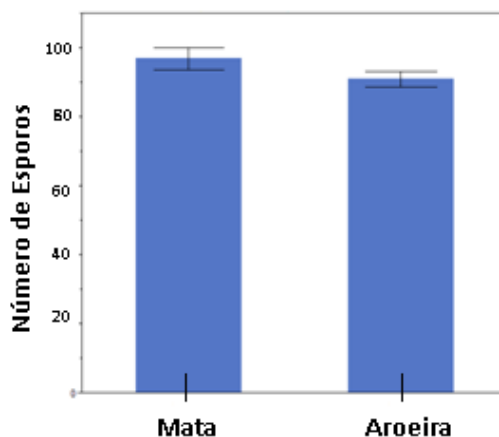


Figura 4 - Número médio de esporos de fungos micorrízicos arbusculares e respectivos desvios desvios padrão, obtidos das amostras dos solos sob monodominâncias de aroeiras (*M. urundeuva*) e sob Mata Atlântica, em Tumiritinga, MG, Brasil.

4. Avaliação da colonização micorrízica em raízes de Aroeira: As raízes de Aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) provenientes de Tumiritinga não apresentaram evidências de colonização por fungos micorrízicos arbusculares, como pode ser observado nas Figuras 4a, 4b e 4c, embora tenham sido isolados esporos de FMAs dos solos provenientes dos aroeirais, como foi dito acima. Na Figura 4d foi reproduzida uma imagem de raiz de aroeira colonizada por FMA para evidenciar a presença desses microrganismos associadas às plantas.

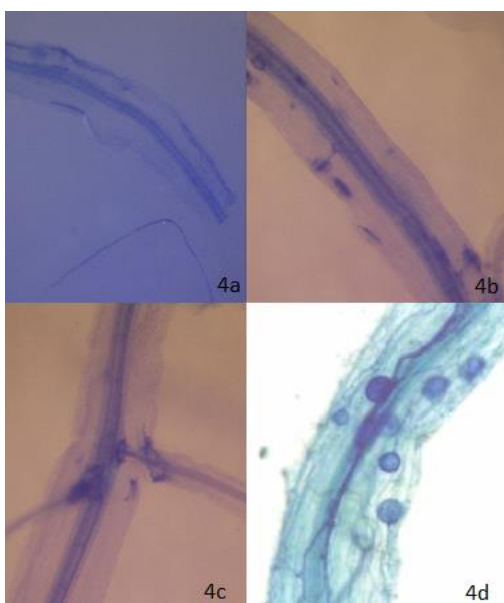


Figura 5 - Raízes de *M. urundeuva* diafanizadas e coradas para evidenciar a colonização por fungos micorrízicos. Figuras , 4b e 4c: raízes não colonizadas, coletadas de indivíduos em monodominâncias em Tumiritinga, MG (Fotos: Raphael Marinho Siqueira); 4d: raiz colonizada por FMA, de indivíduos mantidos em situação de viveiro em Feira de Santana, BA (Foto: Solange Maria Costa de Amorim, publicada na **Revista de Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento** 33: 23-26, 2004 e reproduzida com a permissão da autora).

5. Avaliação da Associação Micorrízica com outras plantas: Nenhuma das plantas cujo substrato foi inoculado com soluções aquosas de solos dos aroeirais apresentou associação micorrízica. As plantas apresentaram crescimento normal durante o tempo experimental, não sendo registrada nenhuma ocorrência ou evidência externa que pudesse justificar a ausência de associação entre plantas e fungos.

4 DISCUSSÃO

Os dados mostram que a presença de *M. urundeuva* em monodominância está alterando o comportamento ecológico da microbiota do solo diretamente sob sua influência. A comunidade microbiana no solo sob monodominância de *M. urundeuva* é menos biodiversa em comparação com aquela associada a solos adjacentes, sem monodominância da Aroeira. Além disso, os indivíduos de *M. urundeuva* examinados não apresentavam fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em suas raízes.

As análises dos solos sob monodominância de *M. urundeuva* e da mata nativa adjacente não mostraram diferenças edáficas que possam explicar a dominância da espécie em questão e também parecem não apresentar correlação com os resultados encontrados para as comunidades microbianas investigadas em ambos os solos (Tabela 1). Estudos realizados por Hart (1985), Conway (2002) e Peh *et al.*, (2011), em áreas dominadas por *Gilbertiodendron dewevrei* (Dipterocarpaceae) na África; por Nascimento & Proctor (1997), em dominâncias de *Peltogyne gracilipes* (Fabaceae) na Amazônia brasileira, e por Henckel (2003), em solos sob *Dicymbe corymbosa* (Fabaceae) na Guyana também não identificaram diferenças significativas entre as características físico-químicas dos solos sob as monodominâncias e trechos adjacentes de florestas mais diversas. Oliveira (2011) analisou os solos de 11 fragmentos de vegetação monodominados por aroeira, incluindo os citados nesse trabalho, e os solos de 11 pastagens vizinhas aos fragmentos e também não encontrou diferenças nos atributos químicos e físicos dos solos entre os tipos de fitocenoses avaliados. Ou seja, aparentemente a presença de maciços de uma mesma espécie não acarretam alterações drásticas na disponibilidade de elementos minerais nos solos sob sua influência.

Por outro lado, a alta densidade de *M. urundeuva* mostrou ser um fator de alteração da comunidade microbiológica do solo, uma vez que foram consistentemente amostradas menores densidades de bactérias, actinomicetos e de fungos nos solos dos aroeirais, em comparação com aqueles da Mata Atlântica (Figura 2). Os resultados indicam que nesse ambiente pode estar havendo seleção de grupos específicos de microrganismos, possivelmente favorecidos pela presença das *M. urundeuva*, em detrimento de outros, mais sensíveis aos efeitos da presença maciça delas. Por sua vez, *M. urundeuva* pode estar se beneficiando indiretamente dessa seleção da microbiota, uma vez

que a eliminação de microrganismos mutualísticos de outras espécies vegetais podem favorecer as aroeiras no processo de competição com essas plantas. Callaway *et al.*, (2004) mostraram que *Pseudoroegneria spicata*, uma espécie de gramínea, exerceu forte competição sobre *Centaurea maculosa*, uma espécie exótica invasora, na presença de fungos no solo, e que essa capacidade competitiva diminuiu drasticamente quando as populações de fungos foram reduzidas pela aplicação de fungicida no solo. Nossos resultados parecem apontar para uma situação semelhante à descrita por Callaway *et al.*, (2004), de feed-back negativo entre plantas e microrganismos do solo.

O efeito de feedback negativo entre as plantas e a microbiota do solo foi originalmente proposto por Janzen (1970) e Connell (1971). O modelo se propõe a explicar a alta diversidade de plantas nos trópicos pela agregação de herbívoros e patógenos espécie-específicos ao redor de um indivíduo de forma a limitar o estabelecimento de suas progênes ou outras espécies co-específicas nas vizinhanças levando em consequência, ao aumento da diversidade por unidade de área (Fitzsimons & Miller, 2010). Por extensão desse modelo, entende-se que interações entre as plantas e o solo são recíprocas e tanto as plantas influenciam as características dos solos, quanto são influenciadas por ele, e essas interações podem ser positivas ou negativas. Feedbacks são positivos quando há aumento do crescimento de co-específicos ou heteroespecíficos e são negativos quando ocorre o oposto. Ainda é possível também considerar o benefício de co-específicos e a limitação do desenvolvimento dos heteroespecíficos (Perkins & Nowak, 2013). Esse último caso parece corresponder ao cenário da *M. urundeuva* em monodominâncias, onde pode estar havendo condicionamento do solo pelo incremento da comunidade de microrganismos patógenos e a limitação da atividade dos mutualistas (Diez *et al.*, 2010; Bever *et al.*, 2010). A ausência de infecção de FMAs nas raízes de *M. urundeuva*, embora existam esporos no solo (Figuras 3 e 4), suporta tal afirmação.

A supressão da associação entre *M. urundeuva* e FMAs nos solos das monodominâncias (Figura 4) evidencia que há algum fator inerente a esses locais limitando a interação entre as duas espécies, uma vez que existem relatos da simbiose entre elas, quando as plantas não estão em alta densidade (Paes *et al.*, 2010). Brundrett (2009) reportou que algumas espécies de plantas podem apresentar micorrizas quando estão em alguns ambientes e não ter tais associações em outros, e que a ocorrência de infecções radiculares por micorrizas depende das condições do solo. Ambientes caracterizados como estressantes (muito frios, muito secos, salinos, com alto grau de distúrbios, etc) tendem a ter plantas não micorrizadas devido à inviabilização dos fungos.

É possível que *M. urundeuva* sintetize metabólitos secundários que, em altas concentrações no ambiente do solo, atuem como aleloquímicos, inviabilizando os esporos de FMA. Essa explicação é corroborada pela ausência de infecções nas raízes das leguminosas *Dolichos lablab*,

Crotalaria ochroleuca, *Crotalaria juncea* e *Canavalia ensiformis*, investigadas neste trabalho quanto á infecções por FMAs após inoculações com soluções de solos dos aroeirais. Dessa forma, metabólitos secundários provenientes da decomposição das folhas de *M. urundeuva* podem estar atuando sinergicamente com aqueles liberados na exudação radicular, limitando a diversidade da microbiota no solo e impedindo o estabelecimento de plantas de outras espécies no seu sub-bosque (Inderjit & van der Putten, 2010; Inderjit *et al.*, 2011).

Espécies diferentes de vegetais e de microrganismos sintetizam e liberam no ambiente diferentes metabólitos secundários, em diferentes quantidades. Assim, o ambiente químico do solo associado à vegetação e á microbiota diversificadas é também altamente diverso. Nesses ambientes, estabelecem-se feedbacks positivos entre plantas e microrganismos, que atuam na manutenção da biodiversidade local (Perkins & Nowak, 2013; Karlovsky, 2008). Inversamente, ambientes com baixa diversidade de plantas tendem a ter solos também com pouca diversidade microbiológica, caracterizados por feedbacks negativos entre a vegetação e a microbiota do solo, e baixa biodiversidade local. Há predominância de exclusão alelopática de plantas e microrganismos e as comunidades tendem a ser frágeis, pouco resistentes e pouco resilientes frente a distúrbios. Os distúrbios, por sua vez, intensificam as restrições para o estabelecimento de outras espécies de plantas e de microrganismos nesses locais e reforçam a permanência das espécies dominantes, resistentes a eles, como parece estar acontecendo nas monodominâncias de *M. urundeuva* em Tumiritinga, MG.

Independentemente da espécie dominante, esse parece ser o cenário nas comunidades dominadas por poucas espécies de plantas ou monodominadas. E é possível afirmar que em ambientes mais drásticos, sob condições abióticas mais severas, os efeitos ambientais negativos dessas dominâncias de espécies devem ser mais intensos.

5 CONCLUSÃO

As aroeiras em monodominância acarretam alterações na dinâmica ecológica da microbiota do solo, estabelecendo feedbacks negativos, prejudicando a instalação de espécies nativas e diminuindo a biodiversidade local.

REFERÊNCIAS

AMORIM, S. M. C.; PAIM, A. C. B.; SILVA, M. G. Estudo ecofisiológico sobre endomicorrizas. *Revista de Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, 33: 23-26, 2004.

BERG, G. & SMALLA, K. Plant species and soil type cooperatively shape the structure and function of microbial communities in the rhizosphere. *FEMS Microbiological Ecology*, 68: 1–13, 2009.

BEVER, J. D.; DICKIE, I. A.; FACELLI, E.; FACELLI, J. M.; KLIRONOMOS, J.; MOORA, M.; RILLIG, M. C.; STOCK, W. D.; TIBBETT, M.; ZOBEL, M. Rooting theories of plant community ecology in microbial interactions. *Trends Ecological & Evolution*, 25:468–47, 2010.

BRUNDRETT, M.C. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil*, 320: 37-77, 2009.

CALLAWAY, R.M.; THELEN, C.; RODRIGUEZ, A.; HOLBEN, W. E. Soil biota and exotic plant invasion. *Nature*, 427, 731–733. (2004).

CAPPUCCINO, J. G. & SHERMAN, N. *Microbiology: A Laboratory Manual*. Menlo Park, CA: Benj. & Cum. Pub. Co. 2.ed. 458p. 1987.

CARVALHO, P. E. R. *Espécies florestais nativas: recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira*. Colombo, PR, EMBRAPA/CNPQ, 640p. 1994.

COLEMAN, D. C. From peds to paradoxes: Linkages between soil biota and their influences on ecological processes. *Soil Biol. and Biochem.* 40: 271-289, 2008.

CONNELL, J. H. On the Role of Natural Enemies in Preventing Competitive Exclusion in Some Marine Animals and in Rain Forest Trees. In: DEN BOER, P. J. and GRADWELL, G. R., Eds., *Dynamics of Populations*, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands, 1971.

CONWAY, D. A Comparison of Soil Parameters in Monodominant and Mixed Forest in the Ituri Forest Reserve, Zaire. Tropical Environmental Science Honours Project. University of Aberdeen, Aberdeen. 2002.

DIEZ, J. M.; DICKIE, I.; EDWARDS, G.; HULME, P. E.; SULLIVAN, J. J.; DUNCAN, R. P.: Negative soil feedbacks accumulate over time for non-native plant species. *Ecology Letters*, 13(7), 803-809. 2010.

FREITAS, D. A.; ALVARENGA, A. C.; DURÃES, A. F. S.: Potencial de Fitorremediação da espécie arbórea *Myracrodruon urundeuva* em solos contaminados por zinco. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v.02, n.05. p. 1768-1775. 2019.

FREITAS, H. R. Distinção de ambientes e parcelamento de assentamentos rurais: uma abordagem metodológica. Dissertação de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2005.

FITZSIMONS, M. S., MILLER, R. M. The importance of soil microorganisms for maintaining diverse plant communities in tallgrass prairie. *Am. J. Bot.* 97, 1937–1943, 2010.

GERDEMANN, J. W. & NICOLSON, T. H. Spore mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46; 235-244, 1963.

HART, T. B.: The ecology of a single-species-dominant forest and of a mixed forest in Zaire, Africa. Ph.D. Thesis, Michigan State University, USA. 1985.

HENKEL, T. W. Monodominance in the ectomycorrhizal *Dicymbe corymbosa* (Caesalpiniaceae) from Guyana. *Journal of Tropical Ecology*, 19, 417–437. 2003.

INDERJIT. Soil microorganisms: an important determinant of allelopathic activity. *Plant and Soil* 274: 227-236, 2005.

INDERJIT & van der PUTTEN, W. H. Impacts of soil microbial communities on exotic plants invasion. *Trends in Ecol. and Evol.* 25; 512-519, 2010.

INDERJIT; EVANS, H.; CROCOLL, C.; BAJPAI, D.; KAUR, R.; FENG, Y.; SILVA, C.; CARREÓN, J. T.; VALIENTE-BANUET, A.; GERSHENZON, J.; CALLAWAY, R. M. Volatile chemicals from leaf litter are associated with invasiveness of a neotropical weed in Asia. *Ecol.* 92, 316-324, 2011.

JANZEN, D. H. Herbivores and number of tree species in tropical forests. *The American Naturalist*, 104: 501-528, 1970.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separation nematoids from soil. *Pl. Dis. Rep.* 48:692, 1964.

KARLOVSKY, P. Secondary metabolites in soil ecology. In: Karlovsky, P. (Ed.), *Secondary Metabolites in Soil Ecology*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, pp. 1–19, 2008.

MENDONÇA, M. P. & LINS, L. V. (Orgs.). *Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Fund. Biodiversitas, 157p., 2000.

MUMMEY, D. L.; RILLIG, M. C. The invasive plant species *Centaurea maculosa* alters arbuscular mycorrhizal fungal communities in the field. *Plant Soil*, 288; 81-90, 2006.

NASCIMENTO, M. T. & PROCTOR, J. Population dynamics of five tree species in a monodominant *Peltogyne* forest and two other forest types on Maraca Island, Roraima, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 94, 15–128. 1997.

NIU, H. B.; LIU, W. X.; WAN, F. H.; LIU, B. An invasive aster (*Ageratina adenophora*) invades and dominates forest understories in China: altered soil microbial communities facilitate the invader and inhibit natives. *Plant and Soil*, 294:73–85, 2007.

OLIVEIRA, F. P. de. Monodominância de Aroeira: Fitossociologia, relações pedológicas e distribuição espacial em Tumiritinga –MG. Dissertação de Mestrado do Programa de pós graduação em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2011.

PAES, R. W. B.; CAMPOS, M. A. S.; COELHO, L. C. S.; SILVA, F. A.; SILVA, F. S. B. Alterações qualitativas nos taninos e flavonóides foliares em mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allemão) micorrizadas. <http://www.fundagres.org.br/congressos/fertbio2010/> site acessado em 09/11/2010.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L. & McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11: 1633–1644, 2007.

PEH, K. S. –H.; SONKÉ, B.; LLOYD, J.; QUESADA, C. A.; LEWIS, S. L.: Soil does not explain monodominance in a central Africa tropical forest. *Plos One*, 6:2, 2011.

PERKINS, L. B., NOWAK, R. S. Native and non-native grasses generate common types of plant-soil feedbacks by altering soil nutrients and microbial communities. *Oikos*, 122 (2013), pp. 199-208, 2013.

PHILLIPS, J. M. & HAYMAN, D. S. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55:158-161, 1970.

SANTIN, D. A. & LEITÃO-FILHO, H. F. Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero *Myracrodruon* Freire-Allemão (Anacardiaceae). *Rev. Bras. de Bot.* 14:133-145, 1991.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P. A conversão da floresta atlântica em paisagens antrópicas: lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. *Interciencia*. 37: 88-92, 2012.