

## ***Micorrizas arbusculares e composição mineral das folhas de espécies usadas na recuperação de clareiras da Província de Urucu, Amazonas***

As áreas destinadas à revegetação na região explorada pela Petrobras para a extração de gás e petróleo na Amazônia é constituída de solos com baixa fertilidade e baixo potencial de inoculo de microrganismos benéficos para as plantas. Por isso, a colonização das raízes pelos fungos micorrízicos arbusculares podem acelerar o crescimento e as chances de sobrevivência das plântulas no campo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a importância da associação micorrízica arbuscular em espécies nativas cultivadas em áreas de clareiras visando a revegetação e recuperação de solos degradados e sua relação com os teores de nutrientes foliares. Foram amostradas folhas, solos e raízes de plantas que atingiram índice de colonização por FMAs acima de 10% em 12 clareiras/jazidas da Província Petrolífera de Urucu no mês de julho de 2005. Os teores de nutrientes nas folhas variaram muito entre as espécies. A sequência de macronutrientes acumulados foi  $K > Ca > Mg > P$  para a goiaba de anta, palheteira e vermelhinho e micronutrientes  $Fe >> Zn > Mn$  para a goiaba de anta, jucá e visgueiro. Os solos se mostraram ácidos, com baixos teores de K, Zn e Mn, porém com altos níveis de P, Al e Fe. A colonização por FMAs variou entre 0 a 34,8%, com a presença apenas de vesículas, não sendo encontrados hifas e arbusculos. A ausência de hifas sugere falta de contribuição efetiva da associação micorrízica na nutrição das plantas.

**Palavras-chave:** Ecologia Microbiana; Áreas Degradadas; Restauração Ambiental; Endomicorrizas; Acidez do Solo.

## ***Arbuscular mycorrhizae and mineral composition of the leaves of species used in the clearing recovery of Urucu Province, Amazonas***

The areas intended for revegetation in the region explored by Petrobras for the extraction of gas and oil in the Amazon consist of soils with low fertility and low potential for inoculation of beneficial microorganisms to plants. Therefore, root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi, accelerates the growth and chances of seedling survival in the field. The objective of this work was to evaluate the importance of arbuscular mycorrhizal association in native species cultivated in clearing areas aiming the revegetation and recovery of degraded soils and its relationship with leaf nutrient contents. Leaves, soils and roots of plants that reached FMA colonization index above 10% were sampled in 12 clearings/deposits of Urucu Oil Province in July 2005. Leaf nutrient contents varied widely among species. The sequence of accumulated macronutrients was  $K > Ca > Mg > P$  for goiaba de anta, jucá and visgueiro, and  $Fe >> Zn > Mn$  micronutrients for goiaba de anta, jucá and visgueiro. The soils were acidic, with low levels of K, Zn and Mn, but with high levels of P, Al and Fe. The colonization by AMF ranged from 0 to 34.8%, with the presence only of vesicles, not being found. hyphae and arbuscules. The absence of hyphae suggests lack of effective contribution of mycorrhizal association for plant nutrition.

**Keywords:** Microbial Ecology; Degraded Areas; Environmental Restoration; Endomycorrhizae; Soil Acidity.

Topic: **Microbiologia Agrícola e Ambiental**

Received: **12/08/2019**

Approved: **27/09/2019**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Francisco Wesen Moreira** 

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1416538021119110>  
<http://orcid.org/0000-0002-8763-254X>  
[wesen@inpa.gov.br](mailto:wesen@inpa.gov.br)

**Cassiane Minelli de Oliveira** 

Universidade Paulista, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3681043451620632>  
<http://orcid.org/0000-0003-4827-9955>  
[cassyminelli@hotmail.com](mailto:cassyminelli@hotmail.com)

**José Luiz Zanirato Maia** 

Fundação Centro de Análise Pesquisa e Inovação Tecnológica, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8574960760424620>  
<http://orcid.org/0000-0001-6493-8901>  
[zeluizmaia@hotmail.com](mailto:zeluizmaia@hotmail.com)

**Luiz Antonio de Oliveira** 

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9931395111001102>  
<http://orcid.org/0000-0002-2008-7292>  
[luiz.oliveira@inpa.gov.br](mailto:luiz.oliveira@inpa.gov.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0005

### **Referencing this:**

MOREIRA, F. W.; OLIVEIRA, C. M.; MAIA, J. L. Z.; OLIVEIRA, L. A. .  
Micorrizas arbusculares e composição mineral das folhas de espécies usadas na recuperação de clareiras da Província de Urucu, Amazonas. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.5, p.47-55, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0005>

## **INTRODUÇÃO**

Ecosistemas degradados apresentam baixa resiliência e seu retorno para as condições originais após a perturbação pode não ocorrer ou ser extremamente lento (BARBOSA, 1997). O sucesso da revegetação depende da capacidade da plântula em capturar os recursos necessários no início do seu desenvolvimento, obter fonte contínua de nutrientes e possuir o vigor necessário para resistir a doenças e a estresses climáticos. Segundo Janos (1996), a maior parte das áreas destinadas à revegetação é constituída de solos com baixa fertilidade e baixo potencial de inóculo de microrganismos benéficos para as plantas, como as micorrizas arbusculares.

O conhecimento sobre a capacidade das espécies vegetais em formar simbioses com estes fungos do solo é de grande importância para o sucesso da revegetação (JASPER et al., 1991; FOLLI-PEREIRA et al., 2012) e serve de suporte para pesquisas de produção de mudas de essências nativas formadas em viveiros florestais (CARNEIRO et al., 1998). As micorrizas arbusculares aceleram o crescimento e as chances de sobrevivência das plântulas no campo, por meio do aumento na absorção de nutrientes minerais e água, além de prolongar a vida da raiz e proteger a planta de patógenos (ABBOTT et al., 1991).

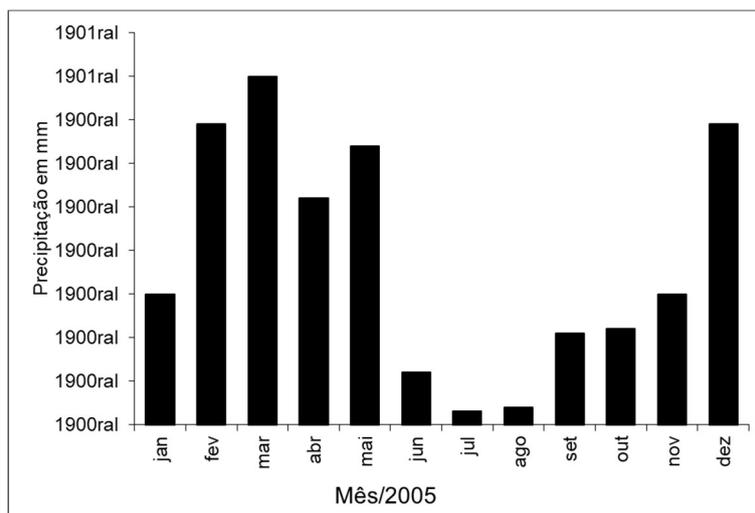
Vários estudos têm demonstrado que a colonização das raízes pelos fungos micorrízicos induz aumento da produtividade de diversas culturas conduzidas em solos de baixa fertilidade. Essa resposta é normalmente atribuída ao incremento na absorção de nutrientes de reduzida mobilidade no solo, tais como: fósforo, zinco e cobre. Evidente progresso no entendimento dessa simbiose vem sendo obtido devido aos inúmeros trabalhos relacionados com a anatomia, taxonomia, fisiologia da absorção de nutrientes, especificamente o fósforo, utilização de carboidratos, translocação de água, biologia molecular, produção de hormônios, ecologia, culturas axênicas e interações biológicas (SILVEIRA, 1992; ZANGARO et al., 2000; OLIVEIRA, 2001; OLIVEIRA et al., 2003; 2004; 2005a; 2005b). O objetivo deste trabalho foi avaliar a importância da associação micorrízica arbuscular em espécies nativas cultivadas em área de clareira visando a revegetação e recuperação de solos degradados e sua relação com os teores de nutrientes foliares.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os estudos foram realizados na Província Petrolífera do Rio Urucu (BOGPM – Base Operacional Geólogo Pedro de Moura, Petrobrás, BR), no Município de Coari, Estado do Amazonas, distante cerca de 600 km de Manaus, nas coordenadas geográficas 4º53'S e 65º11'W. A Figura 1 mostra os índices de pluviosidade acumulada na cidade de Coari, o local mais próximo da área amostrada, mostrando a situação de ciclo de chuvas e secas em boa parte da Amazônia Central, onde se encontra boa parte do Estado do Amazonas.

Foram coletadas amostras de raízes e folhas de plantas cultivadas que apresentaram em estudos preliminares, índices acima de 10% de colonização micorrízica radicular. Foram amostradas áreas de 12 clareiras ou jazidas: IMT4, LUC (36H e 34H), RUC (2, 8) Clareira 2 e jazidas (44, 77, 81e 83) no mês de julho de 2005, variando de uma a quatro espécies por área amostrada, utilizando cinco indivíduos de cada uma como repetições. Os solos foram retirados da rizosfera de cada planta, à profundidade de 0-20 cm, para

constituir uma única amostra por clareira e submetidos às análises químicas segundo metodologias descritas em Silva (2009).



**Figura 1:** Índices de pluviosidade acumulada em Coari (AM), no ano de 2005. **Fonte:** INMET (2005).

As folhas das espécies florestais estudadas foram coletadas e separadas em três classes: jovens, intermediárias e maduras (MALAVOLTA et al., 1997), lavadas com água destilada e em seguida secas em estufa de circulação forçada de ar a 65° C por 72 h. O material vegetal foi triturado em moinho tipo Wiley, com peneira de 20 malhas por polegada, formando uma amostra composta para as determinações químicas (SILVA, 2009). No extrato da digestão nitro-perclórica (HNO<sub>3</sub> e HClO<sub>4</sub>) foram determinados: P, colorimetricamente, pelo método do molibdato; K, por espectrofotometria de emissão atômica e Ca, Mg, Mn, Fe e Zn, por espectrofotometria de absorção atômica.

A colonização micorrízica, foi avaliada em 50 segmentos de raízes (1 cm) lavados e clarificados com KOH a 10 % e coloridas com azul tripano (KORMANIK et al., 1980). Para a visualização das hifas, vesículas e arbúsculos, adotou-se o método da lâmina, segundo Giovannetti et al. (1980), com auxílio de lupa e microscópio. A porcentagem de colonização total foi calculada pela somatória das estruturas fúngicas, hifas e vesículas presentes nos 50 segmentos de raízes. Nos segmentos onde ocorreram hifas e vesículas, a somatória não foi efetuada. A análise estatística dos dados obtidos foi realizada comparando as médias pelo teste de Tukey, ao nível de significância de 1 a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o programa ESTAT (Sistema para Análises Estatísticas)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos das clareiras e jazidas pesquisadas no presente estudo se mostraram ácidos (Tabela 1). Houve pouca variabilidade da acidez do solo, a jazida 77 (pH 5,4) e RUC 26 (pH 5,5) ambos sendo considerados valores medianos segundo Cochrane et al. (1985). As demais apresentaram solos com pHs inferiores a 5,3, que segundo esses autores, são considerados baixos.

Os solos de algumas clareiras apresentaram teores de Ca mais elevados, indicando a aplicação de calcário; portanto, seus teores situaram-se bem acima dos níveis naturais dos solos de terra firme da Amazônia (<0,4 cmolc de Ca kg<sup>-1</sup> de solo). As exceções foram as áreas IMT4, jazidas 77, 81 e LUC 36H que

apresentaram valores de pH baixos e os teores de Ca mostram que não houve aplicação de calagem. Pode-se ainda destacar, que os valores mais elevados de Ca foram encontrados na jazida 77, RUC 26, clareira 12 e LUC 36H.

**Tabela 1:** Características químicas dos solos amostrados das clareiras cultivadas na Província Petrolífera de Urucu.

Local	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Al <sup>+++</sup>	K <sup>+</sup>	P	Fe	Zn	Mn
		-----cmolc.kg <sup>-1</sup> -----			-----mg.kg <sup>-1</sup> -----				
IMT 4	4,8B	0,08B	0,09B	5,2A	0,18M	2,9B	73S	0,1B	1,2B
RUC 2	4,8B	0,58M	0,25M	4,5A	0,17M	4,6M	444A	0,7B	3,7B
RUC 8	4,5B	0,46M	0,38M	7,2A	0,13B	70,0A	40S	1,1B	0,1B
RUC 26	5,5M	1,60M	0,26M	2,0A	0,15B	4,2M	59S	0,5B	2,8B
Clareira 2	4,6B	0,71M	0,28M	3,9A	0,14B	54,1A	76S	0,2B	0,6B
Clareira 12	5,2B	1,19M	0,93M	0,8M	0,09B	132,8A	353A	0,5B	2,0B
Jazida 44	4,8B	0,22B	0,17B	1,4M	0,19M	4,6M	407 A	0,7B	1,3B
Jazida 77	5,4M	1,88M	0,14B	0,7M	0,26M	98,8A	94 A	0,8B	2,8B
Jazida 81	4,7B	0,05B	0,10B	6,9A	0,15B	4,2M	53S	0,0B	0,5B
Jazida 83	4,7B	0,42M	0,17B	4,1A	0,11B	13,8A	183 A	0,0B	0,7B
LUC 34H	5,0B	1,19M	0,54M	4,0A	0,09B	75,3A	37S	0,1B	0,0B
LUC 36H	4,6B	0,14B	0,15B	3,3A	0,12B	2,6B	81 A	0,1B	0,6B

A classificação dos valores segundo Cochrane et al. (1985): A = alto; B = baixo; M = médio; S = satisfatório.

A maioria das jazidas/clareiras apresentou teores de Mg médios ou baixos, com exceção da clareira 12 que apresentou índice alto, segundo os critérios de Cochrane et al. (1985), sugerindo o uso de calcário dolomítico. A calagem efetuada também se reflete nos teores de Al trocável nos solos de algumas das áreas estudadas, onde apresentou concentrações inferiores a 1,5 cmolc.kg<sup>-1</sup> de solo. No entanto, esse elemento ainda se apresentou em níveis elevados (>1,5 cmolc de Al<sup>+3</sup> kg<sup>-1</sup> de solo) na maioria das jazidas e clareiras, indicando que as calagens foram aplicadas em quantidades insuficientes para a neutralização do Al, que é considerado um elemento tóxico para a maioria das plantas cultivadas (OLIVEIRA et al., 1993; MALAVOLTA et al., 2000). O aumento do pH nessas três jazidas proporcionou um decréscimo significativo nos teores de alumínio trocável.

Os teores de potássio encontrados nos solos das áreas estudadas foram, na sua maioria, considerados baixos (<0,15 cmolc.de K.kg<sup>-1</sup> de solo). Apenas os solos das áreas IMT 04, RUC 2, jazida44 e 77 apresentaram valores medianos (0,17 a 0,26 cmolc.de K.kg<sup>-1</sup> de solo), segundo Cochrane et al. (1985). Com relação aos teores de fósforo nos solos, a maioria das clareiras e jazidas apresentou valores bastante elevados, indicando o uso de adubação fosfatada. Pelos critérios de Cochrane et al. (1985), apenas os solos das áreas IMT4 e LUC-36H apresentaram teores baixos desse elemento. Os solos da RUC 8, Clareira 2 e 12, jazida 77 e LUC 34H mostraram-se com teores bastante elevados desse elemento, indicando que a aplicação de adubos com alguma fonte fosfatada não seguiu recomendações com base nas análises químicas dos solos, explicando assim, a elevada variação de concentração desse elemento encontrado nas áreas estudadas.

Finalmente, quanto aos teores de micronutrientes encontrados nos solos das clareiras e jazidas (Tabela 1), observa-se alta variação para o Fe e pouca para o Zn e Mn entre as áreas estudadas. Os teores de Fe variaram de 37 a 444 mg.kg<sup>-1</sup> de solo, sendo considerados cerca de 50% das áreas estudadas, satisfatórios (10-80 mg.kg<sup>-1</sup> de solo) ou altos (>80 mg.kg<sup>-1</sup> de solo) segundo Cochrane et al. (1985). Com relação ao Zn, os teores foram considerados baixos, como reflexo da retirada da camada superficial do solo e diminuição

drástica da matéria orgânica. Deve-se salientar, que para a perfuração de poços em busca do gás e do petróleo, a camada superficial do solo, que compreende o horizonte A, onde se encontra a maioria da matéria orgânica, é totalmente retirada e colocada em outra área contígua, para facilitar as perfurações. Nem sempre essa camada foi retornada à clareira ou jazida para facilitar a recuperação ambiental da área, com as mudas sendo plantadas geralmente no horizonte C do solo. Quanto aos teores de manganês, todas as jazidas/clareiras amostradas apresentaram-se com índices baixos desse elemento, segundo os critérios de Cochrane et al. (1985).

Os teores de nutrientes nas folhas variaram muito entre as espécies avaliadas (Tabela 2). Dentre os macronutrientes, o mututi apresentou o maior nível de cálcio, enquanto que o lacre e vermelhinho foram os que apresentaram as menores concentrações e não diferiram significativamente. Os maiores níveis de magnésio foram registrados na eritrina e mututi, enquanto o lacre e a palheteira os menores. O potássio variou significativamente entre as espécies amostradas; na mungubarana foi registrado o maior teor e no jatobá o menor índice. Quanto ao fósforo, a palheteira registrou o maior teor e não diferiu significativamente dos observados nas folhas de mata pasto, ingá, pau de balsa e eritrina, enquanto que o angico apresentou o menor índice, sendo estatisticamente igual ao vermelhinho, mututi, visgueiro, goiaba de anta, azeitona, paricá, mungubarana e lacre.

Com relação aos micronutrientes, os teores de ferro diferiram significativamente entre as espécies. O jucá apresentou o maior teor, seguido pelo visgueiro, enquanto que o jatobá registrou o menor índice. O paricá e mata pasto apresentaram os maiores teores de Zn, enquanto o angico registrou o menor. Finalmente, com relação ao manganês, a palheteira apresentou o maior teor, enquanto que o jucá e pau de balsa os menores.

**Tabela 2:** Análise química foliar das espécies florestais estudadas em jazidas/clareiras na Província Petrolífera de Uruçu.

Espécie	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	N	P	K <sup>+</sup>	Fe	Zn	Mn
g.kg <sup>-1</sup>					mg.kg <sup>-1</sup>			
Goiaba de anta	4,5 k	2,6 g	20,7cd	0,9 de	7,5 gh	219 e	40,4 d	29,2 f
Palheteira	6,1 j	1,4 l	28,9ab	1,8 a	7,1 h	195 f	39,4 de	96,4 a
Angico	5,1 k	1,9 k	13,6def	0,7 e	3,8 l	110 j	13,6 m	41,8 e
Jucá	15,8 d	2,5 h	35,2 a	1,6 ab	6,3 i	849 a	36,4 f	10,8 k
Mata pasto	21,7 b	4,6 c	26,4bc	1,5 abc	8,2 e	176 g	44,4 ab	19,6 i
Azeitona	14,5 e	3,2 d	14,1def	0,9 de	7,9 ef	143 i	33,6 gh	26,0 h
Paricá	4,9 k	2,2 ij	20,3cd	0,9 de	4,6 k	78 m	45,6 a	19,2 i
Ingá	4,9 k	2,7 f	26,6bc	1,5 abc	3,5 l	155 h	33,6 gh	26,8 gh
Jatobá	8,5 i	3,3 d	14,5def	1,3 bcd	3,2 m	52 n	24,4 l	64,4 c
Pau de balsa	12,6 f	2,9 e	15,2def	1,4 abc	10,8 b	251 c	34,1 g	11,0 k
Mungubarana	16,4 c	2,1 k	12,1ef	0,9 de	11,9 a	86 l	28,8 j	27,6 g
Lacre	4,3 l	1,1 l	11,8ef	0,8 de	9,6 c	108 j	43,2 bc	26,0 h
Visgueiro	11,6 j	2,1 jk	14,2def	0,9 de	5,4 ij	511 b	30,6 i	15,0 j
Mututi	38,0 a	6,3 ab	8,2f	1,1 cde	5,8 ij	242 d	28,8 j	55,2 d
Eritrina	9,2 h	6,5 a	25,7bc	1,6 ab	8,8 d	222 e	23,6 l	63,6 c
Vermelhinho	4,3 l	2,2 i	17,7de	1,1 cde	7,7 fg	99 l	25,6 k	84,8 b

Obs.: As médias com letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Essas diferenças observadas entre as espécies amostradas, sugerem que elas apresentam habilidades diferentes para absorver estes nutrientes do solo ou eficiência de uso desses elementos. Dessa maneira, a menor concentração pode significar menor absorção do solo ou maior eficiência de uso, com consequente

diluição nos tecidos e mais produção de biomassa. Nesse contexto, as plantas que apresentaram menor capacidade de absorção podem estar mais próximas dos limites críticos destes elementos no solo, passíveis inclusive de mostrar-se deficientes dos mesmos com mais facilidade. Portanto, as espécies que apresentarem esse perfil necessitariam de uma adubação para repor os nutrientes deficientes no solo (OLIVEIRA et al., 1997; FALCÃO et al., 2005). Observações visuais de sintomas de deficiência nas folhas e de produção de biomassa podem ajudar na melhor interpretação dos dados relacionados com os teores dos nutrientes nas folhas. Esses resultados são diferentes dos observados por Oliveira et al. (1999), que realizaram seus estudos em plantios florestais com espécies nativas da Amazônia, registrando teores de nutrientes foliares bem inferiores.

A seqüência de nutrientes acumulados nos tecidos foliares das espécies estudadas (Tabela 3) apresentou a seguinte ordem decrescente para os macronutrientes:  $K > Ca > Mg > P$  para a goiaba de anta, palheteira e vermelhinho, sendo esta relação, semelhante à encontrada por Oliveira et al. (1999), enquanto que o angico, jucá, mata pasto, azeitona, ingá, pau de balsa, mungubarana e visgueiro registraram a seqüência de  $Ca > K > Mg > P$ . Outras seqüências registradas foram:  $K = Ca > Mg > P$ , no paricá e eritrina e  $Ca > K = Mg > P$ , no jatobá e mututi. Essas diferenças entre as espécies reforçam a presença de diferentes mecanismos ou absorção de transporte interno dos nutrientes nas mesmas, podendo também, estar relacionados com os teores disponíveis no solo na rizosfera de cada espécie.

**Tabela 3:** Demanda nutricional foliar das espécies florestais estudadas em jazidas/clareiras na Província Petrolífera de Uruçu

Espécie	Ordem de concentração dos nutrientes nas folhas	
	Macronutrientes	Micronutrientes
Goiaba de anta	$K > Ca > Mg > P$	$Fe \gg Zn > Mn$
Palheteira	$K > Ca > P > Mg$	$Fe > Mn > Zn$
Angico	$Ca > K > Mg > P$	$Fe > Mn > Zn$
Jucá	$Ca > K > Mg > P$	$Fe \gg Zn > Mn$
Mata pasto	$Ca > K > Mg > P$	$Fe > Zn > Mn$
Azeitona	$Ca > K > Mg > P$	$Fe > Zn > Mn$
Paricá	$K = Ca > Mg > P$	$Fe > Mn = Zn$
Ingá	$Ca > K > Mg > P$	$Fe > Zn > Mn$
Jatobá	$Ca > K = Mg > P$	$Mn > Fe > Zn$
Pau de balsa	$Ca > K > Mg > P$	$Fe > Zn > Mn$
Mungubarana	$Ca > K > Mg > P$	$Fe > Mn = Zn$
Lacre	$K > Ca > Mg > P$	$Fe > Zn > Mn$
Visgueiro	$Ca > K > Mg > P$	$Fe \gg Zn > Mn$
Mututi	$Ca > K = Mg > P$	$Fe > Mn > Zn$
Eritrina	$K = Ca > Mg > P$	$Fe > Mn > Zn$
Vermelhinho	$K > Ca > Mg > P$	$Fe > Mn > Zn$

Obs.: Os sinais  $>$  e  $=$  representam diferença ou igualdade realizada pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Com relação ao acúmulo de micronutrientes nos tecidos foliares, verificou-se que apresentaram para a goiaba de anta, jucá e visgueiro, a seqüência de  $Fe \gg Zn > Mn$ , enquanto que para mata pasto, azeitona, ingá, pau de balsa e lacre, a seqüência foi  $Fe > Zn > Mn$ . Outras seqüências apresentadas foram  $Fe > Mn > Zn$ , na palheteira, angico, paricá, mungubarana, mututi, eritrina e vermelhinho e,  $Mn > Fe > Zn$  no jatobá.

Estas seqüências de macro e micronutrientes podem, conforme Guitton (1996) e Oliveira et al. (1999), ser muito importantes numa possível indicação de espécies para sistemas agroflorestais, pois aquelas espécies que apresentam seqüências iguais ou semelhantes poderão competir mais entre si ao serem

colocadas na mesma área de solo, o que não seria o mais adequado. De acordo com esses autores, o mais aconselhável seria escolher espécies que tendem a competir menos pelos mesmos nutrientes do solo, apresentando, portanto, sequências diferentes.

**Tabela 4:** Colonização por fungos micorrízicos arbusculares nas espécies coletadas na Província Petrolífera de Urucu em julho de 2005.

Clareira	Espécies	Hifas	Ves.	Col. total
Jazida		----- % -----		
<b>IMT4</b>	Goiaba de anta ( <i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana)	0,0	0,0	0,0
RUC 2	Palheteira ( <i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)	0,0	2,4	2,4
RUC 8	Angico ( <i>Pithecellobium trapezifolium</i> (Vahl.) Benth.)	0,0	11,2	11,2
RUC 26	Jucá ( <i>Caesalpinia ferrea</i> Mart.)	0,0	24,9	24,9
	Mata pasto ( <i>Cassia reticulata</i> Willd.)	0,0	17,3	17,3
	Azeitona ( <i>Sizygium jambolana</i> DC.)	0,0	4,8	4,8
	Paricá ( <i>Virola theiodora</i> Warb.)	0,0	6,3	6,3
Clareira 2	Ingá ( <i>Inga edulis</i> Mart.)	0,0	10,0	10,0
Clareira 12	Angico ( <i>Pithecellobium trapezifolium</i> (Vahl.) Benth.)	0,0	18,3	18,3
	Jatobá ( <i>Hymenaea courbaril</i> L)	0,0	15,1	15,1
Jazida 44	<b>Palheteira (<i>Clitoria fairchildiana</i> R. Howard)</b>	0,0	0,0	0,0
Jazida 77	Pau de balsa ( <i>Ochroma lagopus</i> S.W.)	0,0	34,8	34,8
	Mungubarana ( <i>Pachira aquatica</i> Ducke)	0,0	5,5	5,5
Jazida 81	Mututi ( <i>Pterocarpus officinalis</i> Jack.)	0,0	16,4	16,4
	Angico ( <i>Pithecellobium trapezifolium</i> (Vahl.) Benth.)	0,0	0,0	0,0
	Lacre ( <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	0,0	0,8	0,8
	Visgueiro ( <i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	0,0	0,0	0,0
Jazida 83	Visgueiro ( <i>Parkia pendula</i> Benth. ex Walp.)	0,0	7,0	7,0
<b>LUC 34H</b>	Pau de balsa ( <i>Ochroma lagopus</i> S.W.)	0,0	11,2	11,2
	Lacre ( <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy)	0,0	9,2	9,2
LUC 36H	Eritrina ( <i>Erythrina glauca</i> Willd.)	0,0	5,6	5,6
	Mata pasto ( <i>Cassia reticulata</i> Willd.)	0,0	11,2	11,2
	Vermelhinho ( <i>Senna silvestris</i> (Vell.) H.S. Irwin & Barneby)	0,0	11,2	11,2

A colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares (Tabela 4) das plantas introduzidas para a recuperação ambiental de clareiras/jazidas coletadas no mês de julho de 2005 variou de 0 a 34,8%, com a presença apenas de vesículas, pois não foram encontradas hifas e arbúsculos nas amostras radiculares. Desse modo, cerca de 48% das espécies amostradas apresentaram índices de colonização micorrízica inferior a 10%. A ausência de hifas nessa coleta demonstra que não houve contribuição efetiva dos fungos micorrízicos para a nutrição dessas plantas na época em que foram coletadas as raízes e folhas, uma vez que essa é essa a principal estrutura fúngica a explorar o solo em busca de água e nutrientes (MOHAMMADI et al., 2011)

O pau de balsa e o jucá apresentaram os maiores índices de colonização micorrízica, enquanto que a goiaba de anta, palheteira, angico, e o visgueiro não apresentaram colonização nessa coleta. Julho foi um mês com apenas 15 mm de chuvas (Figura 1), sendo considerado como época seca. De acordo com Moreira et al. (2002), os baixos percentuais de colonização micorrízica estão associados às plantas por não emitirem novas raízes nesse período. Dessa maneira, as vesículas podem significar que os fungos micorrízicos arbusculares estão na fase de armazenamento de energia para seu próprio uso, sem contribuírem efetivamente para a nutrição das plantas, uma vez que essa contribuição vem através da presença e extensão de suas hifas (SIQUEIRA et al., 1988; SMITH, 1993; MOHAMMADI et al., 2011).

O conhecimento da colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares em espécies florestais realizado nesse estudo é muito importante, pois serve de suporte para pesquisas científicas futuras, bem

como para garantir o sucesso do reflorestamento em áreas degradadas, além de facilitar o entendimento da dinâmica populacional dos fungos micorrízicos arbusculares em plantios florestais.

## CONCLUSÕES

As demandas nutricionais foliares das espécies estudadas em clareira/jazidas apresentaram sequências diferentes de acúmulo de nutrientes. A sequência de macronutrientes acumulados foi  $K > Ca > Mg > P$  para a goiaba de anta, palheteira e vermelhinho e micronutrientes  $Fe \gg Zn > Mn$  para a goiaba de anta, jucá e visgueiro.

Os solos se mostraram ácidos, com baixos teores de K, Zn e Mn, porém com altos níveis de P, Al e Fe. A colonização por FMAs variou entre 0 a 34,8%, com a presença apenas de vesículas, não sendo encontrados hifas e arbúsculos. A ausência de hifas de FMA nas raízes indica que as plantas não estavam sendo beneficiadas efetivamente por essa associação no mês de julho de 2005.

**AGRADECIMENTOS:** à FINEP, Petrobras e CNPq pelo apoio financeiro através da Rede CTPetro Amazônia que permitiram a realização dessa pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D.. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.35, n.2-3, p.121-150. 1991.

BARBOSA, L. M.. Ecological significance of gallery forests, including biodiversity. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ASSESSMENT AND MONITORING OF FOREST IN TROPICAL DRY REGIONS. **Anais**. Brasília: CNPq, 1997. p.157-181.

CARNEIRO, M. A.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; CARVALHO, B.; BOTELHO, S. A.; SAGGIN-JUNIOR, O. J. S.. Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no Sudeste do Brasil. **Cerne**, v.4, n.1, p.129-145, 1998.

COCHRANE, T. T.; SÁNCHEZ, L. G.; AZEVEDO, L. G.; PORRAS, J. A.; GARVER, C. L.. **A teoria na América Tropical**. Brasília: EMBRAPA, 1985.

FALCÃO, N. P. S.; PARDO, N. S. B.; FERREIRA, D.; SILVA, A. R. M.; COMERFORD, N. B.. Caracterização da fertilidade dos solos e do estado nutricional de espécies florestais utilizadas no reflorestamento de clareiras na base petrolífera de Uruçu, Am. In: SIMPÓSIO NACIONAL E CONGRESSO LATINO-AMERICANO, 6. **Anais**. Curitiba, 2005. p.618-619.

FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M.. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.36, n.6, p.1553-1679. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000600001>

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B.. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, v.84, p.489-500, 1980.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Chuvas acumuladas de Coari no Amazonas no período de 01/01 de 2003 a 31/12 de 2005**. Brasília: INMET, 2005.

JANOS, D. P.. Tropical mycorrhizas, succession and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J. C. N.; GADD, G. M.. **Fungi and environmental change**. Boston: Cambridge University Press, 1996. p.129-162.

JASPER, D. A.; ABBOTT, L. K.; ROBSON, A. D.. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, Cambridge, v.118, n.3, p.471-476, 1991.

KORMANIK, P. P.; BRYAN, W. C.; SCHULTZ, R. C.. Procedures and equipment for staining large number of plant roots for endomycorrhizal assay. **Canadian Journal of Microbiology**, v.26, n.4, p.536-538, 1980.

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

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C.. **Adbos e Adução**. Piracicaba: Nobel, 2000.

MOHAMMADI, K.; KHALESRO, S.; SOHRABI, Y.; HEIDARI, G.. A review: Beneficial Effects of the Mycorrhizal Fungi for Plant Growth. **J. Appl. Environ. Biol. Sci.**, v.1, n.9, p.310-319, 2011.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Lavras: UFLA, 2002.

OLIVEIRA, A. N.. **Fungos micorrízicos arbusculares e teores**

**de nutrientes em plantas de cupuaçu e guaraná de um sistema agroflorestal na região de Manaus, AM.**

Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2001.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.. Sazonalidade, colonização radicular e esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em plantas de cupuaçuzeiro e de pupunheira na Amazônia Central. **Revista de Ciências Agrárias**, n.40, p.145-154, 2003.

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.. Associação micorrízica e teores de nutrientes nas folhas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e guaranazeiro (*Paullinia cupana*) de um sistema agroflorestal em Manaus, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n.6, p.1063-1068, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832004000600015>

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.. Seasonal dynamics of arbuscular mycorrhizal fungi in plants of *Theobroma grandiflorum* Schum and *Paullinia cupana* Mart. of an agroforestry system in Central Amazonia, Amazonas State, Brazil. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.36, n.3, p.262-270, 2005a. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-83822005000300011>

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes em cinco cultivares de bananeiras em um latossolo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.3, p.481-488, 2005b. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000300019>

OLIVEIRA, A. N.; OLIVEIRA, L. A.; FIGUEIREDO, A. F.. Colonização micorrízica e concentração de nutrientes em três cultivares de bananeira em um latossolo amarelo da Amazônia central. **Acta Amazônica**, v.33, n.3, p.345-352, 2003.

OLIVEIRA, L. A.. Phosphorus related to plant growth and plant-microorganism associations in Amazonian soils. In:

WORKSHOP PHOSPHORUS CYCLES IN TERRESTRIAL AND AQUATIC ECOSYSTEMS: REGIONAL WORKSHOP 3: SOUTH AND CENTRAL AMÉRICA. **Anais**. Caracas: Phosphorus Cycles Scientific Advisory Committee, 1991. p.186-195.

OLIVEIRA, L. A.; ALFAIA, S. S.. Pedologia e fertilidade dos solos da Amazônia. In: DUAS DÉCADAS DE CONTRIBUIÇÕES DO INPA À PESQUISA AGRONÔMICA NO TRÓPICO ÚMIDO. **Anais**. Manaus: INPA, 1997. p.179-191.

OLIVEIRA, L. A.; GUITTON, T. L.; MOREIRA, F. W.. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.29, n.2, p.183-193, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-43921999292193>

OLIVEIRA, L. A.; MOREIRA, F. W.. A importância do uso Adequado dos Solos no Zoneamento Ecológico-Econômico da Amazônia. In: FERREIRA, E. J. G.; SANTOS, G. M.; LEÃO, E. L. M.; OLIVEIRA, L. A.. **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia**. 1993. p.17-24.

SILVA, F. C.. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 2009.

SILVEIRA, A. P. D.. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P.. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira do Solo, 1992. p.257-282.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A.. **Biotecnologia do solo: Fundamentos e Perspectivas**. Brasília: MEC, 1988.

SMITH, S. E.. Transport at the mycorrhizal interface. **Mycorrhiza News**, v.5, n.1, p.1-4, 1993.

ZANGARO, W.; SILVIO, M. A. N.; DOMINGOS, J. C. B.; NAKANO, E. M.. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi, Paraná. **Cerne**, v.8, n.1, p.77-87, 2002.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.