



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**MICORRIZAS ARBUSCULARES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS
EM DUAS COMUNIDADES RURAIS DO AMAZONAS**

Rogério Sebastião Corrêa da Costa

Manaus – Amazonas

Dezembro - 2010



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**MICORRIZAS ARBUSCULARES EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS
EM DUAS COMUNIDADES RURAIS DO AMAZONAS**

Rogério Sebastião Corrêa da Costa

Orientador: Ph.D. Luiz Antonio de Oliveira (INPA)

Tese apresentada à coordenação do Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Biotecnologia para área agroflorestal. Linha de pesquisa: Microbiologia do solo – fungos micorrízicos arbusculares.

Manaus – Amazonas


Dezembro - 2010

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central Universidade Federal do Amazonas

C837m Costa, Rogério Sebastião Correa da
Micorrizas Arbusculares em Sistemas Agroflorestais em duas comunidades rurais do Amazonas/ Rogério Sebastião Corrêa da Costa – Manaus: UFAM, 2010.
140 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Luiz Antonio de Oliveira
Tese (doutorado) – Universidade Federal do Amazonas/PPGBIOTEC, 2010.

1. Rizosfera 2. Nutrição de plantas 3. Latossolos 4. Sazonalidade Amazônia. I. Oliveira, Luiz Antonio II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

 CDU 631.452(811.1)(043..5)
CDD 631.63

À minha esposa ROSANA e

aos meus filhos ROGÉRIO, GUILHERME e REYNALDO.

Aos meus pais REYNALDO e INAH e

minha sogra MARIA DO CARMO.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e à EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), pela oportunidade oferecida à realização do Curso;

Ao Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia – Embrapa Rondônia, pelo incentivo e apoio durante o Curso;

Ao Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, pela colaboração e atenção dispensadas durante o Curso;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), pela disponibilização do Laboratório de Microbiologia do Solo e materiais necessários para execução deste trabalho;

Ao Professor Luiz Antonio de Oliveira, pelos ensinamentos de microbiologia do solo, bem como pela orientação e apoio no planejamento e desenvolvimento da tese;

Ao pesquisador Francisco Wesen Moreira pelos ensinamentos práticos de microbiologia e apoio nas coletas e nas análises microbiológicas;

Aos professores Arlem Nascimento de Oliveira, André Luiz Willerding, Francisco Adilson dos Santos Hara e Aldo Rodrigues de Lima Procópio, pelas sugestões e revisão dos originais;

Aos Professores Ari Freitas Hidalgo, José Odair Pereira e Luiz Augusto Gomes de Souza pelos valiosos ensinamentos;

Aos colegas e amigos dos Laboratórios de Solos e Microbiologia do Solo, Adilson, Paulino, Manuel, Paulo Viana, Edivaldo, Alessandra, Marcio, Gisele, Rafaela, Vanessa, Denise, Dona Bené, Dona Graça e João Rocha pelo apoio e incentivo na execução dos trabalhos;

Aos colegas do Curso, pela amizade e incentivo;

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização do presente trabalho, e

Principalmente a Deus, por me dar o caminho e a saúde para atingir os meus objetivos.

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Índice de Tabelas.....	ix
Índice de Figuras.....	xi
Anexo.....	xii
Resumo.....	xiii
Abstract.....	xiv
1. Introdução.....	1
3. Revisão bibliográfica.....	2
2. Objetivos.....	16
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
4. Materiais e Métodos.....	17
4.1 Localização e descrição das áreas estudadas.....	17
4.2. Descrição das espécies componentes dos Sistemas Agroflorestais.....	17
4.3. Coleta dos solos, raízes e folhas.....	22
4.4. Análise química do solo.....	22
4.5. Análise física do solo.....	22
4.6. Análise foliar.....	23
4.7. Análise e estudo das micorrizas arbusculares.....	23
4.7.1 Contagem de esporos de FMA nos solos (Esporulação).....	23
4.7.2. Clareamento e coloração de raízes.....	24
4.7.3 Determinação da colonização micorrízica.....	24
4.8. Análise estatística dos dados.....	26
5. Resultados e Discussão.....	26
5.1. Sistema Agroflorestal da comunidade do Brasileirinho.....	26
5.1.1. Ocorrência de precipitações em Manaus.....	26
5.1.2. Características química do solo da rizosfera.....	28
5.1.3. Esporulação – contagem de esporos no solo.....	32
5.1.4. Colonização micorrízica arbuscular.....	34
5.1.5. Ocorrência de hifas nas raízes.....	35
5.1.6. Ocorrência de vesículas nas raízes.....	37
5.1.7. Ocorrência de arbúsculos nas raízes.....	38
5.1.8. Ocorrência de esporos nas raízes.....	39
5.1.9. Equações de regressões entre as variáveis micorrízicas.....	41
5.1.10. Equações de regressões entre os teores químicas do solo e os FMAs.....	44
5.1.10.1. Equações de regressões entre pH e Al com as variáveis micorrízicas.....	44
5.1.10.2. Equações de regressões entre Ca e Mg e as variáveis micorrízicas.....	47

5.1.10.3. Equações de regressões entre K e P e as variáveis micorrízicas.....	48
5.1.10.4. Equações de regressões entre N e C e as variáveis micorrízicas.....	51
5.1.10.5. Equações de regressões entre Fe, Zn e Mn e as variáveis micorrízicas.....	54
5.1.11. Equações de regressões entre os FMAs e os nutrientes foliares.....	56
5.1.11.1. Nutrientes foliares nas espécies componentes do Sistema Agroflorestal...	56
5.1.11.2. Equações de regressões entre as variáveis micorrízicas e Ca e Mg.....	59
5.1.11.3. Equações de regressões entre as variáveis micorrízicas e N, P e K.....	62
5.1.11.4. Equações de regressões entre as variáveis micorrízicas e Fe, Zn e Mn.....	65
5.1.12. Equações de regressões entre os FMAs e a textura do solo rizosférico.....	67
5.1.12.1. Textura dos solos rizosféricos nas espécies do Sistema Agroflorestal.....	67
5.1.12.2. Equações de regressões entre os teores de areia, silte e argila e os FMAs.	68
5.1.13. Análise do conjunto das correlações no Sistema Agroflorestal.....	71
5.1.13.1. Influência das características químicas e físicas rizosféricas nos FMAs....	71
5.1.13.2. Influência das variáveis micorrízicas sobre os nutrientes foliares.....	74
5.2. Sistema Agroflorestal da Comunidade de São Miguel.....	76
5.2.1. Ocorrências de precipitações em Manaus.....	76
5.2.2. Análise química do solo da rizosfera.....	77
5.2.3. Esporulação – Contagem de esporos no solo.....	79
5.2.4. Colonização micorrízica arbuscular.....	81
5.2.5. Ocorrência de hifas nas raízes.....	82
5.2.6. Ocorrência de vesículas nas raízes.....	83
5.2.7. Ocorrência de esporos nas raízes.....	84
5.2.7. Equações de regressões as variáveis micorrízicas arbusculares.....	85
5.2.8. Equações de regressões entre as características químicas do solo e os FMAs	87
5.2.8.1. Equações de regressões entre pH e Al com as variáveis micorrízicas.....	87
5.2.8.2. Equações de regressões entre Ca e Mg e as variáveis micorrízicas.....	89
5.2.8.3. Equações de regressões entre K e P e as variáveis micorrízicas.....	91
5.2.8.4. Equações de regressões entre N e C e as variáveis micorrízicas.....	92
5.2.8.5. Equações de regressões entre Fe, Zn e Mn e as variáveis micorrízicas.....	94
5.2.9. Equações de regressões entre os FMAs e os nutrientes foliares.....	96
5.2.9.1. Nutrientes foliares nas espécies componentes do Sistema Agroflorestal.....	96
5.2.9.2. Equações de regressões entre as variáveis micorrízicas e Ca e Mg.....	99
5.2.9.3. Equações de regressões entre as variáveis micorrízicas e N, P e K.....	101
5.2.9.4. Equações de regressões entre as variáveis micorrízicas e Fe, Zn e Mn.....	103
5.2.10. Equações de regressões entre os FMAs e a textura do solo rizosférico.....	105
5.2.10.1. Textura dos solos rizosféricos nas espécies do Sistema Agroflorestal.....	105
5.2.11.2. Equações de regressões entre os teores de areia, silte e argila e os FMAs.	106
5.2.11. Análise do conjunto das correlações no Sistema Agroflorestal.....	108
6. Conclusões.....	111

7. Considerações finais.....	113
8 . Referências Bibliográficas.	114
9 . Anexos.....	139

Índice de Tabelas

Tabela 1: Fatores abióticos e bióticos que interferem na ocorrência dos FMAs.....	11
Tabela 2: Características químicas do solo no SAF do Brasileirinho.....	29
Tabela 3: Esporulação de FMAs no SAF do Brasileirinho.....	32
Tabela 4: Colonização total por micorrizas arbusculares no SAF do Brasileirinho..	34
Tabela 5: Ocorrência de hifas de micorrizas arbusculares no SAF do Brasileirinho	36
Tabela 6: Ocorrência de vesículas no SAF do Brasileirinho.....	37
Tabela 7: Ocorrência de arbúsculos de FMAs no SAF do Brasileirinho.....	39
Tabela 8: Ocorrência de esporos nas raízes de FMAs no SAF do Brasileirinho.....	40
Tabela 9: Equações de regressão entre as estruturas micorrízicas.....	42
Tabela 10: Equações de regressão entre pH e Al no solo e os FMAs.....	45
Tabela 11: Equações de regressão entre Ca e Mg no solo e os FMAs.....	48
Tabela 12: Equações de regressão entre K e P no solo e os FMAs.....	50
Tabela 13: Equações de regressão entre N e C no solo e os FMAs.....	52
Tabela 14: Equações de regressão entre Fe, Zn e Mn no solo e os FMAs.....	54
Tabela 15: Nutrientes foliares nas espécies do SAF do Brasileirinho.....	57
Tabela 16: Equações de regressão entre os FMAs e Ca e Mg foliares.....	61
Tabela 17: Equações de regressão entre os FMAs e N, P e K foliares.....	63
Tabela 18: Equações de regressão entre os FMAs e Fe, Zn e Mn foliares.....	66
Tabela 19: Textura do solo rizosférico no SAF do Brasileirinho.....	68
Tabela 20: Equações de regressão entre areia, argila e silte e FMAs.....	69
Tabela 21: Conjunto das correlações sem as espécies.....	72
Tabela 22: Conjunto das correlações com as espécies.....	75
Tabela 23: Características químicas do solo no SAF de São Miguel.....	78
Tabela 24: Esporulação dos FMAs no SAF de São Miguel.....	80
Tabela 25: Colonização total por FMAs no SAF de São Miguel.....	81
Tabela 26: Ocorrência de hifas de FMAs no SAF de São Miguel.....	82
Tabela 27: Ocorrência de vesículas de FMAs no SAF de São Miguel.....	83
Tabela 28: Ocorrência de esporos nas raízes de FMAs no SAF de São Miguel.....	84
Tabela 29: Equações de regressão entre os FMAs no SAF de São Miguel.....	86
Tabela 30: Equações de regressão entre pH e Al no solo e aos FMAs.....	88
Tabela 31: Equações de regressão entre Ca e Mg no solo e os FMAs.....	90
Tabela 32: Equações de regressão entre K e P no solo e os FMAs.....	92
Tabela 33: Equações de regressão entre N e C no solo e os FMAs.....	93
Tabela 34: Equações de regressão entre Fe, Zn e Mn no solo e os FMAs.....	95
Tabela 35: Nutrientes foliares nas espécies no SAF de São Miguel.....	97
Tabela 36: Equações de regressão entre os FMAs e Ca e Mg foliares.....	100
Tabela 37: Equações de regressão entre os FMAs e N, P e K foliares.....	102

Tabela 38: Equações de regressão entre os FMAs e Fe, Zn e Mn foliares.....	104
Tabela 39: Textura do solo rizosférico no SAF de São Miguel.....	105
Tabela 40: Equações de regressão entre areia, argila e silte e FMAs.....	107
Tabela 41: Conjunto das correlações sem as espécies.....	109
Tabela 42: Conjunto das correlações com as espécies.....	110

Índice das Figuras

Figura 1: Esquema de esporos dos gêneros de fungos micorrízicos arbusculares.....	6
Figura 2: Ilustração de componentes da micorrizas arbusculares.....	7
Figura 3: Detalhe de diferentes arbúsculos e esporos de FMA.....	8
Figura 4: Ilustração do processo de colonização radicular.....	9
Figura 5: Ilustração Decantação e Peneiramento Úmido.....	24
Figura 6: Detalhe de uma lamina com 10 fragmentos de raízes.....	25
Figura 7: Baterias de laminas preparadas para análise.....	26
Figura 8: Precipitações nos meses das coletas na cidade de Manaus, AM.....	27
Figura 9: Precipitações no ano de 2009 na cidade de Manaus, AM.....	27
Figura 10: Precipitações, em Manaus, nos meses das coletas no SAF de São Miguel.....	76

Anexos

1 - A Técnica de Centrifugação em Gradiente de Sacarose (20% e 60%).....	139
2 - Preparo de lâminas permanentes.....	139

1. RESUMO

As áreas desmatadas na Amazônia ocupam mais de 70 milhões de hectares, a maioria em estádios avançados de degradação. Aliado a isso, maioria dos solos apresenta acidez elevada e alta saturação com alumínio, o que limita os seus usos na agricultura regional. Uma alternativa eficiente para o uso dos solos é a utilização de microrganismos do solo visando um melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Os fungos micorrízicos arbusculares aumentam a capacidade da planta de absorver nutrientes do solo e água, favorecendo sua nutrição. Os Sistemas Agroflorestais tem por base se aproximar da estrutura e dinâmica de uma floresta natural. O objetivo deste trabalho foi avaliar as interações micorrízicas na rizosfera das plantas de dois Sistemas Agroflorestais. Foram analisadas as interações entre as características químicas e físicas do solo e foliares com as variáveis micorrízicas em espécies componentes de dois Sistemas Agroflorestais, em épocas e localidades distintas. A colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares variou de 6,8 a 99,6 % nas plantas do SAF da comunidade do Brasileirinho e de 0,4 a 52,4% no SAF da comunidade de São Miguel. As hifas predominaram nas raízes de todas as espécies, respondendo entre 80 a 100 % das estruturas fúngicas observadas, em ambos os SAFs. Os arbúsculos, no SAF do Brasileirinho, foi a estrutura micorrízica que mais se correlacionou com os teores de nutrientes rizosféricos e foliares. O pH rizosférico, em ambos os SAFs, foi o componente do solo que mais influenciou as variáveis micorrízicas, correlacionando tanto positivamente como negativamente com a estruturas micorrízicas. O Fe presente no solo rizosférico, em ambos os SAF, foi o elemento que mais influenciou as relações nutrientes-micorrizas em todas as espécies. Os nutrientes foliares que mais se relacionaram com os FMA foram os teores de magnésio e potássio no SAF do Brasileirinho e fósforo e cálcio no SAF de São Miguel.

Palavras chaves: Rizosfera, nutrição de plantas, latossolos, sazonalidade, Amazônia.

2. ABSTRACT

The deforested areas in the Amazonia occupy more than 70 million hectares, the majority in advanced stage of degradation. Allied to this, the majority of the soils present high acidity and high aluminum saturation, which limits its uses in the regional agriculture. An efficient alternative for soil utilization is the use of soil microorganisms aiming at a better exploitation of the nutrients for the plants. The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) increase the capacity of the plant to absorb water and nutrients of the soil favoring its nutrition. The Agroforestry Systems have for base, to approach the structure and dynamics of a natural forest. The objective of this study was to evaluate the mycorrhizal interactions in the plant rhizosphere of two Agroforestry Systems. The interactions among chemical and physical characteristics of the soil and leaves nutrients with the mycorrhizal variable in component species of two Agroforestry Systems (AFs) were analyzed at distinct times and localities. Roots colonization by arbuscular mycorrhizae fungi ranged from 6.8 to 99.6% on plants of AFS in the Brasileirinho community and 0.4 to 52.4% in the AFS in the São Miguel community. Hyphae predominated in the roots of all the species, with 80 to 100% of the observed fungal structures, in both the AFs. The arbuscules, in the Agroforestry System of the Brasileirinho, were the mycorrhizal structure that more was correlated with rhizospheric and leaves nutrients contents. The rhizospheric pH, in both the AFs, was the component of the soil that more influenced the mycorrhiza variables, correlating in such a way positively as negative with the mycorrhizal structures. The Fe in the rhizospheric soil, in both the AFSs, was the element that more influenced the nutrients-mycorrhiza relations in all the species. The leaves nutrients that were more related with the AMF were the Mg and K in the AF of the Brasileirinho and P and Ca in the AFS of São Miguel.

Key words: Rhizosphere, plant nutrition, Oxisols, seasonality, Amazon.

1. INTRODUÇÃO

O modelo histórico de colonização da Amazônia resultou em grandes áreas desmatadas, que hoje ocupam mais de 70 milhões de hectares, a maioria em estádios avançados de degradação. Se bem aproveitadas essas áreas poderiam tornar a região auto-suficiente em produtos agrícolas e florestais, com grandes excedentes destinados à exportação. Ao mesmo tempo, o uso sustentável dessas áreas diminuiria a pressão sobre as florestas, ajudando na preservação da sua biodiversidade. A falta de apoio governamental e de pesquisas voltadas às comunidades rurais são algumas das razões que ajudam explicar o porquê dessas áreas serem pouco produtivas. Portanto, a definição de um sistema de produção sustentável para os cultivos no ambiente amazônico se torna imprescindível para a fixação do homem na região, quebra da agricultura itinerante e manutenção do equilíbrio ecológico e da agricultura familiar. Aliado a isso, a prática de uma agricultura sustentável no Trópico Úmido tem se constituído em um desafio aos pesquisadores, técnicos, extensionistas e agricultores, em virtude da fragilidade do ecossistema, caracterizado em sua maioria por solos pobres e por um clima quente e úmido com elevadas precipitações pluviométricas.

O uso do conhecimento tradicional aliado à técnicas modernas de exploração do solo, incluindo o uso de microrganismos benéficos que se associam as raízes às plantas, pode ajudar a reverter esse quadro de degradação edáfica e da qualidade de vida dos pequenos produtores que habitam as áreas de terra firme da Amazônia, onde a maioria dos solos são pobres e ácidos. Para que as associações plantas-microrganismos possam contribuir efetivamente para uma melhor nutrição das plantas, primeiro é preciso avaliar as características simbióticas da microbiota natural dos solos e posterior inoculação dos microrganismos mais eficientes previamente selecionados e testados.

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) desempenham um papel extremamente importante na nutrição das plantas, principalmente em solos deficientes de nutrientes e em plantas com alta dependência micorrízica, sendo o mais importante benefício, o aumento da absorção do fósforo. As micorrizas são associações mutualistas formadas entre certos fungos do solo e as raízes da maioria das espécies vegetais. Estudos quanto à ocorrência de FMA nos diferentes sistemas de uso da terra nas propriedades rurais de agricultores familiares, procurando entender melhor como funcionam essa associação simbiótica fungo-planta pode trazer mais benefícios aos produtores regionais.

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) são formas de uso e manejo dos recursos naturais, que tem por base se aproximar da estrutura e dinâmica de uma vegetação natural, sendo considerados capazes de aumentar a produtividade vegetal através do melhoramento do solo e do aumento na disponibilidade de nutrientes. Os objetivos do presente estudo visam avaliar as interações dos FMAs em diferentes sistemas agroflorestais na Amazônia Central, objetivando disponibilizar informações para a melhoria dos sistemas de produção dos agricultores familiares.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O comprometimento da questão ambiental na Amazônia brasileira é decorrente de diversos fatores, sobretudo do estabelecimento de assentamentos humanos e da exploração pecuária, atividades amplamente incentivadas nas décadas de 70 e 80, através de programas governamentais de desenvolvimento regional, que privilegiavam especialmente os aspectos econômicos e sem nenhuma preocupação ambiental. Esses programas não resultaram no desenvolvimento de sistemas de produção que promovessem a melhoria da qualidade de vida e a fixação do pequeno produtor e de sua família no meio rural e sim, incentivou a implementação de atividades econômicas imediatistas, centradas na pecuária bovina em regime extensivo e na agricultura itinerante, ambos os sistemas inapropriados para a região, em termos sócio-econômico-ecológicos, e responsáveis pela grande maioria das áreas improdutivas e de capoeiras existentes na região. Aliado a isso, a prática de uma agricultura sustentável no Trópico Úmido, tem se constituído um desafio aos pesquisadores, técnicos, extensionistas e agricultores, em virtude da fragilidade do ecossistema, caracterizado em sua maioria por solos pobres e por um clima quente e úmido com elevadas precipitações pluviométricas.

A maioria dos solos de terra-firme na Amazônia consiste de latossolos (Oxisols) e podzólicos (Ultisols), cujas características principais são acidez elevada e alta saturação com alumínio, o que limita os seus usos na agricultura regional (Sanchez *et al.*, 1982; Nicholaidis *et al.*, 1983). Condições de baixa fertilidade e níveis tóxicos de alumínio afetam o desenvolvimento das plantas, em especial a raiz, nodulação e relações hídricas, redução da produção/produtividade e certamente a sustentabilidade. Convencionalmente, esses estresses são facilmente “neutralizados” pela calagem e adubação que atuam diretamente sobre o solo (Buckman & Brady, 1976; Malavolta, 1989; Tucci, 1991; Raij, 1991). Segundo esses autores,

o suprimento de fertilizantes pode melhorar os efeitos adversos ao crescimento, aliviando o impacto negativo da baixa fertilidade sobre as plantas. Porém, o cultivo dos solos de baixa fertilidade que predominam na Amazônia é dificultado por problemas financeiros e tecnológicos para a aquisição dos insumos requeridos.

Uma maneira de diminuir a queda do teor de matéria orgânica e a degradação do solo e, portanto, preservando suas propriedades físicas, químicas e biológicas, é através de um melhor aproveitamento dos recursos naturais da propriedade, com as práticas integradas de manejo e conservação do solo, sistemas de consórcio e rotação de culturas e manejo orgânico do solo (Souza, 1998).

O manejo orgânico do solo é feito por meio de reciclagem da biomassa que envolve o aproveitamento dos restos de cultura, por meio da prática de cobertura morta, da adubação verde, de rotações e consorciações de diferentes espécies e de outras práticas que conduzem a sistema de produção que promovam a cobertura permanente do solo e a reciclagem de nutrientes. Também pode ser considerado o uso de esterco e urina animal, bem como de outros resíduos produzidos na propriedade (palhas, folhagens, varredura de quintal, roçada de capim, restos de comida, entre outros), pois todos participam com maior ou menor intensidade do ciclo da vida em um sistema de produção (Kiehl, 1985).

As plantas daninhas sempre foram vistas como fatores de competição com as culturas, causando redução na produção. Estudos mais recentes têm mostrado a importância de ampliar este enfoque, encarando certas plantas daninhas como companheiras benéficas, em várias situações de manejo de agrossistemas (Machado, 1988). Segundo Laca-Buendia & Brandão (1988) pesquisas vêm sendo realizadas no sentido de investigar outras relações no desenvolvimento das plantas associadas, tais como: aroma, exsudações de raízes e folhas ou influência das raízes de plantas anteriormente presentes na área.

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's) são formas de uso e manejo dos recursos naturais, através da associação de espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras) com cultivos agrícolas ou animais (Almeida *et al.*, 1995). A utilização de tais sistemas tem por base se aproximar da estrutura e dinâmica de uma vegetação natural, sendo considerados capazes de aumentar a produtividade vegetal, através do melhoramento do solo e do aumento na disponibilidade de nutrientes. Os SAF's tiveram origem na Amazônia, através da experiência de comunidades indígenas, no decurso de várias gerações, no manejo da floresta tropical. Em Rondônia, a primeira iniciativa oficial com SAF's foi no período de 1971-1972, sob a coordenação da CEPLAC, com a implantação de 13 ha de cacau (*Theobroma grandiflorum*

(Willd. ex Spreng.) Schum.) consorciados com banana (*Musa* sp.), para sombreamento provisório, e essências florestais de valor econômico, para sombreamento definitivo, como ipê-roxo (*Tabeluia* sp.) e mogno (*Swietenia macrophylla* King.), espécies de fácil regeneração naquela região. Posteriormente, essas experiências com cacau foram ampliadas através da diversificação do componente florestal.

A partir de 1976, com a instalação do PROBOR, novos modelos de SAF's foram estabelecidos nas localidades de Vila Nova (atualmente Nova Mamoré) e Ouro Preto do Oeste, tendo a seringueira {*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.} como componente principal. Embora o citado programa proibisse o plantio em sistemas consorciados, foi constatado que 90% dos agricultores financiados adotaram algum tipo de associação, especialmente com café (*C. arabica* L.) e culturas alimentares como feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) e banana e que a seringueira apresentava melhor crescimento em tais sistemas consorciados do que em monocultivos. Experiência também exitosa com SAF's, implementada por agricultores, são constatadas no projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado e Adensado), implantados a partir de 1989, com a introdução de diversos modelos de associações entre castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), cupuaçu, pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.), cultivos anuais e silvopastoris, objetivando a melhoria da qualidade de vida e fixação do pequeno produtor (Almeida *et al.*, 1995)..

Cerca de 90% dos solos amazônicos são deficientes em macro e nutrientes (Nicholaides *et al.*, 1983) essenciais às plantas e de difícil aplicação pelos agricultores regionais devido ao alto custo e dificuldades de transporte. A aplicação de adubos é de fundamental importância para a manutenção da produtividade em sistemas agrícolas e florestais, uma vez que as reservas de fertilidade dos solos são muito baixas e a exportação de nutrientes junto com o produto exaure o pouco dos nutrientes disponíveis às plantas. Assim, é necessário que se estabeleça uma adubação mínima para repor as perdas, bem como otimizar o uso desses adubos pelas plantas.

Uma alternativa para a eficiência do uso dos solos da região é a utilização de práticas com baixos insumos agrícolas, como o uso de microrganismos do solo (Siqueira & Franco, 1988, Oliveira, 1991) voltado para um melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. No contexto da fertilidade do solo e nutrição vegetal, os microrganismos podem atuar como “facilitadores” da nutrição, interferindo na disponibilidade, contribuindo assim, para reduzir a necessidade ou maximizar o uso de fertilizantes manufaturados (Siqueira & Moreira, 1996).

Estes efeitos resultam de suas atividades na rizosfera e do estabelecimento de relações simbióticas, como as micorrizas.

Micorrizas são associações simbióticas, mutualísticas e benéficas entre espécies de fungos e raízes da grande maioria das plantas vasculares, tanto selvagens como cultivadas (Haven *et al.*, 2001). As poucas famílias de plantas fanerogâmicas nas quais não ocorrem micorrizas incluem a da mostarda (*Brassicaceae*) e a dos Juncos (*Cyperaceae*).

Harley & Smith (1983) relatam a existência das micorrizas desde há 400 milhões de anos, e o caráter mutualista das mesmas contribuiu para a sobrevivência e evolução das plantas terrestres e dos fungos, pois o fungo simbiote aumenta a capacidade da planta de absorver nutrientes do solo, favorecendo sua nutrição, enquanto a planta fornece fotossintatos para o fungo que é incapaz de realizar fotossíntese.

Com base nas características morfológicas e anatômicas, as micorrizas podem ser agrupadas em três grupos: ectomicorrizas, endomicorrizas e ectendomicorrizas. As ectomicorrizas são caracterizadas principalmente pelo fato do fungo desenvolver apenas intercelularmente no córtex da raiz do hospedeiro, com formação de rede de Hartig e presença de micélio externo, enquanto que nas endomicorrizas o fungo se desenvolve inter e intracelularmente no córtex, sendo que há formação de micélio externo, mas não ocorre desenvolvimento de manto. Já as ectendomicorrizas são uma forma de transição entre a ecto e a endomicorrizas, onde as raízes da planta hospedeira são recobertas externamente pelo manto de hifas, que podem ser reduzidos ou mesmo ausentes, a rede de Hartig é bem desenvolvida e a penetração do micélio é intra e intercelular. Dentre os grupos de micorrizas as endomicorrizas, do tipo vesículo-arbusculares, são de grande importância pela sua ocorrência na maioria das plantas superiores, o que sugere relevante papel no desenvolvimento e manutenção das comunidades vegetais (Silveira, 1992).

Os fungos micorrizicos arbusculares (FMAs) são atualmente classificados como pertencentes à classe dos Zygomycetes, ordem Endogonales e família Endogonaceae, existindo atualmente cerca de 150 espécies descritas (Silveira, 1998). Os gêneros de FMAs são: *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Entrophospora*, *Sclerocystis* e *Scutellospora* (Figura 1), todos identificados pelas características morfológicas e modo de formação dos esporos.

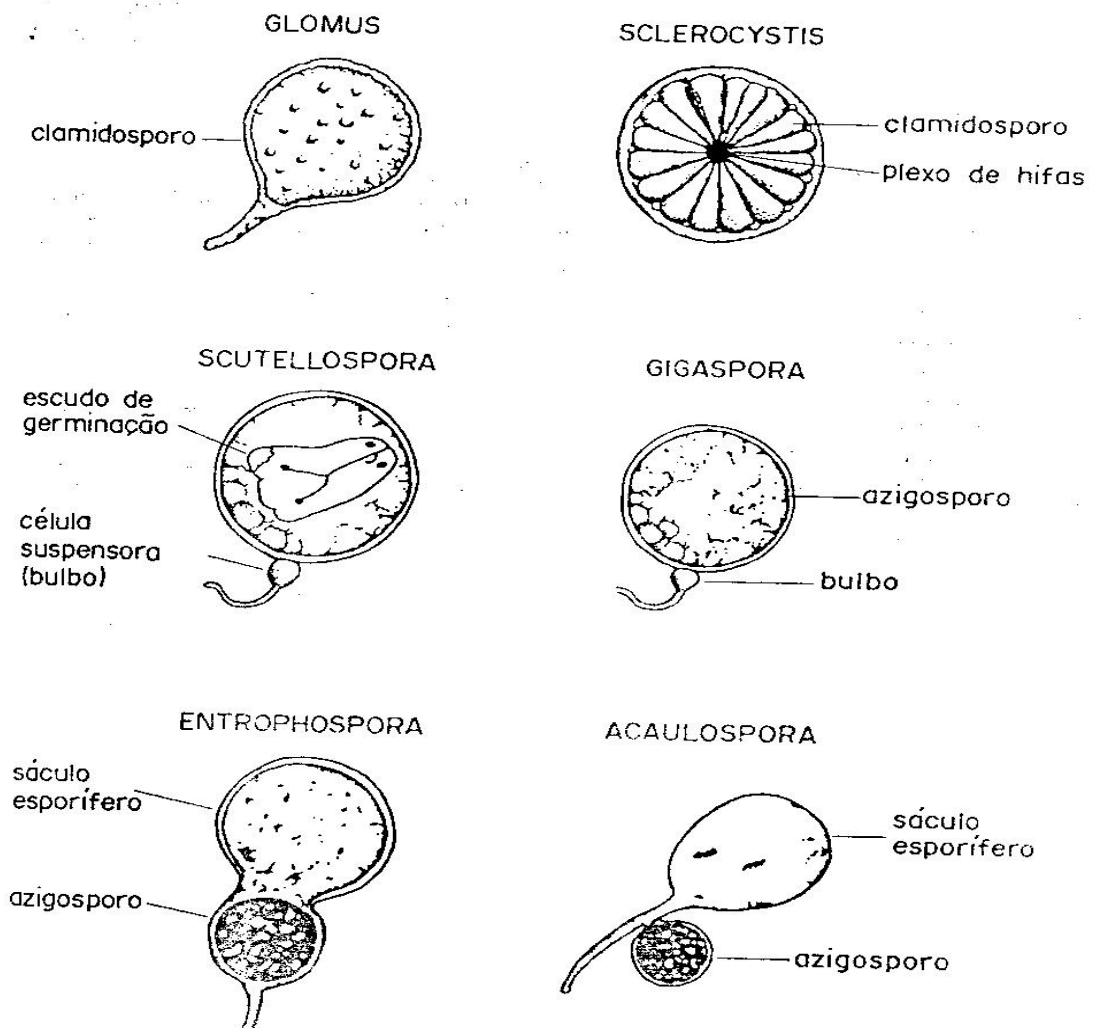


Figura 1: Esporos dos gêneros de fungos Micorrízicos Arbusculares. Fonte: Silveira (1992).

Estudos recentes propuseram duas novas famílias: Archeosporaceae e Paraglomaceae e dois novos gêneros: *Archeospora* e *Paraglomus* (Morton & Redecker, 2001)

Basicamente, os FMAs são formadas por três componentes: as raízes dos hospedeiros, as hifas dos fungos no interior das raízes e as hifas externas que se estendem por meio da rizosfera. Através de modificações das hifas, originam-se os arbúsculos, vesículas e esporos (Figura 2). Estudos mostram que a atividade das hifas externas pode variar, consideravelmente, com a distância da superfície da raiz, como também com o tempo de colonização (Sylvia, 1988). Segundo Silveira (1992), as hifas externas se estendem por vários centímetros através do solo, aumentando a superfície de contato das raízes, sendo esta fase de grande importância para a eficiência da simbiose.

A eficiência da hifa deve-se ao seu pequeno diâmetro e ramificação no solo, aumentando a superfície de absorção das raízes em até 700%. Além disso, são capazes de excretar ácidos orgânicos que solubilizam cristais de fosfato de alumínio, ferro e cálcio (Moreira & Siqueira, 2000).



Figura 2. Ilustração de componentes da Micorríza Arbuscular. Siqueira (2003).

Os arbusculos são estruturas intracelulares temporárias formadas por ramificações continuadas de hifas, tomando grande parte do volume das células corticais e constituindo o sítio de trocas entre os dois organismos. Tanto as hifas externas como as internas podem dar origem às vesículas, estruturas de reserva formadas na extremidade das hifas podendo funcionar como propágulos. (Lopes *et al.*, 1983).

Os esporos, que são do tipo clamidósporo e zigosporo, podem ser formados internamente na raiz ou no micélio externo. Silveira (1992), diz que estes esporos podem sobreviver no solo por vários meses.

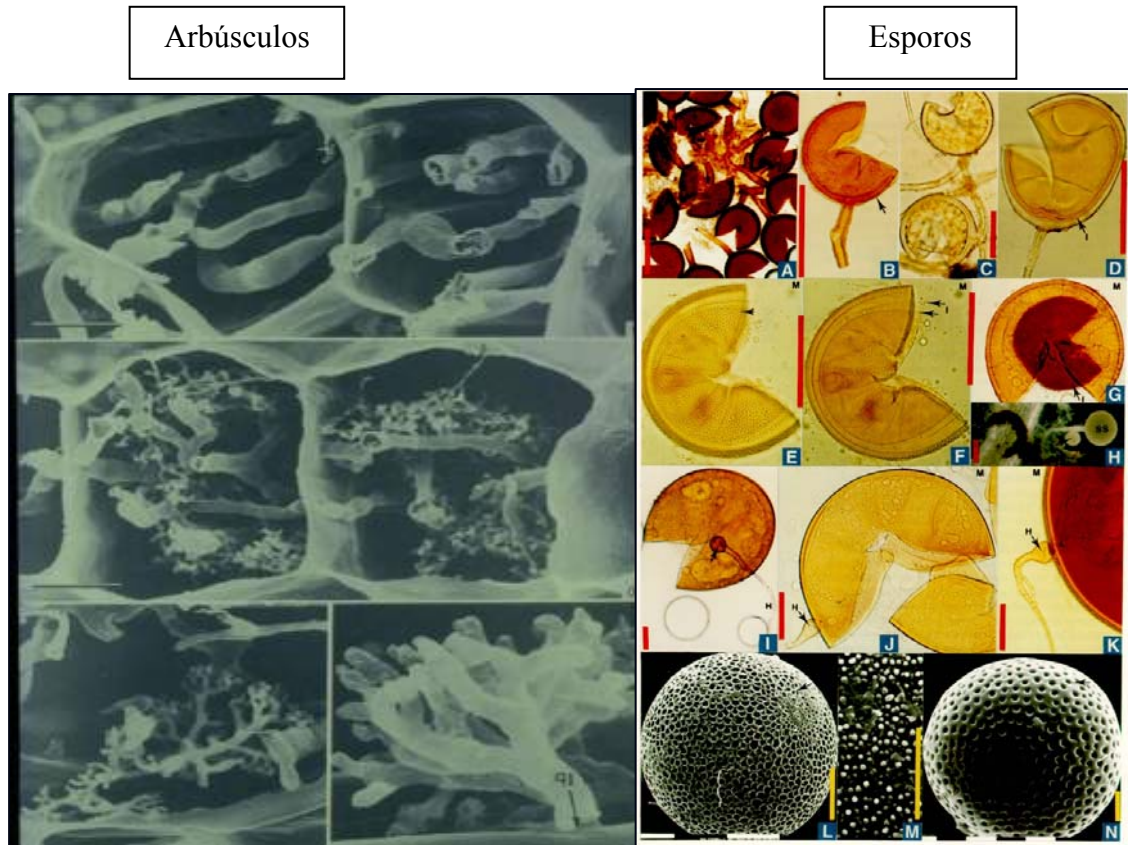


Figura 3. Detalhe de diferentes arbúsculos e esporos de FMA. Fonte: Siqueira (2003).

Segundo Powell (1976), citado por Lopes *et al.* (1983), o efeito da associação inicia-se pela quebra da dormência dos propágulos do simbionte na região da rizosfera. Em se tratando de colonização via esporos, o processo de germinação e alongamento do tubo germinativo é resultante de hifas altamente ramificadas, septadas, chamadas infectivas. Estas, encontrando uma parte da raiz suscetível à colonização, formarão o apressório e penetrarão as células da epiderme através de produção de enzimas e pressão na parede celular. O fungo passa então a colonizar o córtex, inter e intracelularmente (Figura 4).

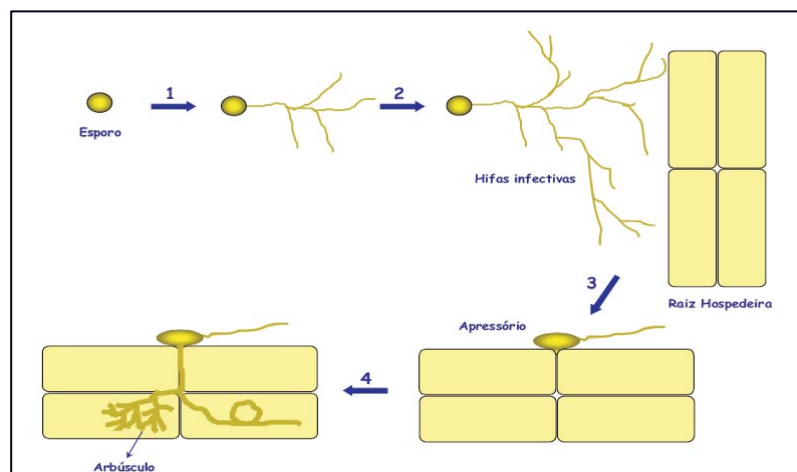


Figura 4. Ilustração do processo de colonização radicular. Fonte: Lambais (1996).

A fase intracelular (arbúsculos e “pelotões”) resulta de um processo de invaginação da membrana citoplasmática das células invadidas. A colonização é um processo altamente equilibrado, sem aparecimento de lesões e invasões do sistema vascular da planta, sendo essa a diferença entre os fungos micorrízicos e patógenos da raiz (Lopes *et al.*, 1983).

Os efeitos benéficos dos FMAs têm sido repetidamente demonstrados nas mais variadas condições e espécies vegetais, sobretudo em solos de baixa fertilidade. Conforme revisado por Lopes *et al.* (1983 b), podem resultar de um ou mais mecanismos onde se destacam: a) aumento na absorção e melhor conservação de nutrientes; b) aumento na nodulação e fixação do N₂ atmosférico; c) alteração na relação planta-patógenos; d) alterações na relação água-solo-planta; e) aumento na produção de fitohormônios; f) modificações anatômicas e fisiológicas do hospedeiro; g) melhor adaptabilidade da planta às condições adversas.

Estudos conduzidos com cafeeiro evidenciaram sua dependência à simbiose micorrízica para o seu desenvolvimento normal tanto em condições controladas quanto em condições de campo. Estes estudos têm sido concentrados principalmente na seleção de espécies com alta eficiência simbiótica, bem como seus efeitos sobre a nutrição fosfatada do cafeeiro. Dentre as espécies selecionadas destacam-se *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus mosseae*, sendo que os aumentos na produção de matéria seca devido à inoculação com a *G. margarita* podem atingir até 1.500 %, o que permite ter uma idéia de sua importância para o crescimento do cafeeiro, bem como a quantidade de fertilizantes que poderiam ser economizados se esta simbiose pudesse ser utilizada eficientemente (Saggin-Junior & Siqueira, 1996).

A importância dessa associação se dá através do melhor desenvolvimento da planta hospedeira. Este aumento no crescimento da planta tem sido atribuído a maior capacidade de absorção de nutrientes do solo, principalmente aqueles que se movimentam por difusão, de baixa mobilidade, como o fósforo, cobre e zinco. O incremento na absorção de nutrientes deve-se as hifas micorrízicas externas às raízes, que funcionam como extensões destas, conseqüentemente, aumentando sua capacidade em explorar maior volume de solo (Silveira, 1992). Esta capacidade de aumento na absorção de nutrientes é de grande interesse, principalmente em condições tropicais onde os solos apresentam baixo teor de P disponíveis, devido à alta capacidade de fixação destes solos (Balota, 1989).

As FMAs são de ocorrência generalizada na grande maioria das espécies vegetais e ecossistemas do planeta, constituindo a regra e não a exceção na natureza. Assim, representam o estado natural da maioria das plantas cultivadas e não cultivadas (Saggin-Júnior & Siqueira, 1996).

Há um número considerável de relatos sobre casos e efeitos do FMA em diversas culturas, como café, citros, milho, feijão, seringueira, plantas ornamentais, cacau, cana-de-açúcar e outras (Siqueira, 1992). Essa associação está presente em regiões tropical, temperada e ártica, incluindo densas florestas, áreas cultivadas, dunas e desertos, o que o torna de grande importância econômica e ecologicamente. Tais observações, também já foram realizadas em diferentes ecossistemas brasileiros, como floresta tropical, cerrado, dunas e restinga (Lopes *et al.*, 1983). Contudo, a ocorrência, diversidade e dinâmica dos FMAs no solo, e conseqüentemente a formação da associação micorrízica, estão sujeitas a vários fatores abióticos e bióticos, conforme a Tabela 1, resultando em uma condição equilibrada entre o fungo, a planta e o ambiente (clima e solo).

TIPO	COMPONENTE	FATORES
ABIÓTICOS	Solo	Textura, estrutura, umidade, fertilidade, pH, poluição, salinidade, elementos tóxicos.
	Meio ambiente	Temperatura, luminosidade, poluição atmosférica, precipitação pluviométrica, estação do ano.
	Manejo	Formação de cultivo, sustentabilidade a erosão, fogo, compactação, desmatamento, irrigação, drenagem, adubação e correção, controle de pragas, doenças e ervas daninhas, pastagem, agrotóxicos.
BIÓTICOS	Planta	Cobertura vegetal, idade, ciclo, diversidade, nutrição, sistema radicular, substâncias alelopáticas.
	Outros organismos	Antagonistas, organismos sinérgicos.

Tabela 1. Fatores abióticos e bióticos que interferem na ocorrência dos FMAs (Silveira, 1998).

Segundo Siqueira & Franco (1988), o pH é o fator condicionante mais evidente no desenvolvimento das micorrizas arbusculares, influenciando na disponibilidade de nutrientes e no comportamento das espécies, podendo inibir completamente as funções da associação. Geralmente, a calagem em solos ácidos favorece o estabelecimento das micorrizas arbusculares por eliminar ou neutralizar o efeito fungistático (inibem o desenvolvimento do fungo). Modificações no pH interferem na ocorrência de espécies e densidades dos esporos na rizosfera, na proporção de diferentes fungos nas raízes e na germinação dos esporos.

O alumínio presente nos solos ácidos, interfere na absorção e utilização de elementos minerais, especialmente Ca e P (Foy *et al.*, 1978; Sanchez & Salinas, 1981; Maluf *et al.*, 1986). Segundo Sanders & Tinker (1971), a presença de micorrizas arbusculares, aumentando a absorção de P, pode compensar o efeito danoso do Al. Geralmente, plantas cultivadas em solos ácidos, distróficos, com níveis tóxicos de Al necessitam dos fungos micorrízicos para tolerar tais condições (Lambais & Cardoso, 1988).

Os FMA geralmente são inibidos em condições de elevada fertilidade e o nitrogênio e o fósforo são os nutrientes que exercem efeitos mais acentuados na micorrização. Segundo Siqueira & Franco (1988), os efeitos de P e N sobre a colonização são indiretos, via planta. Quando aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo, aumenta a absorção de N e P pela planta e sua concentração na parte aérea. O N e P atuam nos processos fisiológicos e

metabólicos relacionando a fotossíntese, crescimento, partição e distribuição de fotossintatos na planta, ou seja, agem como um mecanismo de autoregulação da simbiose. Para os micronutrientes (Zn, Cu, Mn e Fe) e outros elementos, como Al e metais pesados, a atuação é diretamente nos propágulos, podendo causar fungitoxidez por esses íons.

Woolhouse (1975) propôs como controladoras da formação das micorrizas arbusculares as enzimas fosfatases ácidas e as lectinas. Segundo o autor, a lectina inibe o crescimento do tubo germinativo do fungo, entretanto, quando combinadas com as fosfatases, são modificadas e não provocam o efeito inibitório. Plantas deficientes em fósforo induzem a produção e acúmulo de fosfatases nas raízes. Para Oliveira (2001), níveis elevados de P no solo reduzem ou inibem a colonização micorrízica, aparentemente em decorrência dos maiores conteúdos de P na planta, sob os quais a atividade da fosfatase declinaria.

Segundo Ratnaake *et al.* (1978), o fósforo controla a colonização das raízes através de modificações na permeabilidade da membrana das células corticais. Para o autor, altos níveis de P resultam em um aumento na biossíntese de fosfolipídios, tornando a membrana celular menos permeável, resultando em um acréscimo, na quantidade de aminoácidos e açúcares liberados nos espaços intercelulares e na rizosfera. Koske (1981) e Siqueira *et al.* (1982) revelam que açúcar e ácidos orgânicos inibem a germinação e crescimento do tubo germinativo dos fungos micorrízicos arbusculares. Azcon & Ocampo (1981) verificaram que variedades de trigo com baixo teor de açúcares nas raízes tiveram maiores índices de colonização do que as com altos teores.

Segundo Tedesco *et al.* (1995), o fósforo e o potássio são bastante móveis na planta, porém pouco móveis no solo, sendo transportados lentamente até as raízes. Os FMAs proporcionam maior absorção de nutrientes, principalmente fósforo e potássio, como resultado do aumento da superfície e da capacidade de absorção das raízes promovido pelas hifas e pelo micélio externo dos fungos, permitindo maior acessibilidade aos nutrientes (Calvet *et al.*, 2003). Além disto, os FMAs proporcionam a utilização de formas não-disponíveis às raízes não colonizadas, por auxiliar na solubilização e mineralização dos nutrientes na rizosfera (Siqueira *et al.*, 2002).

Oliveira *et al.* (2003), avaliando cinco cultivares de bananeira, verificou que a colonização radicular por fungos micorrízicos correlacionou-se positivamente com os teores de Ca, K e Zn na cultivar Maçã e, Cu na cultivar Prata. Em outro estudo, Oliveira & Oliveira (2004) verificaram que a colonização micorrízica correlacionou-se com a concentração foliar de Ca, Mg, P e Cu nos cupuaçuzeiros e com a de Ca, Fe, Zn e Cu nos guaranazeiros. Em

essências florestais, Oliveira *et al.* (1999) verificaram correlações positivas entre a colonização radicular e os teores de Ca, Mg, P e K nos tecidos foliares de oito espécies da Amazônia.

Segundo Locatelli & Lovato (2002), nas simbioses micorrízicas, a especificidade entre fungo e planta não existe. Porém, Haas & Menge (1990) e Silva & Siqueira (1991) observaram que as espécies de FMAs respondem de forma diferenciada aos fatores climáticos e às características químicas e físicas do solo.

É de fundamental importância ressaltar que qualquer perturbação no solo em um ecossistema natural, desde um simples cultivo até um processo de degradação erosiva, poderá modificar a dominância de uma espécie fúngica na formação da micorriza. Os fungos MAs são particularmente importantes em condições edáficas estressantes, como solos ácidos e distróficos, bem como a grande parte dos solos das regiões tropicais (Lopes *et al.* 1983).

As características básicas dos FMAs a serem selecionados para inoculação, segundo Cardoso & Lambais (1992), devem ser: aumento de absorção de nutrientes do solo e translocação para as plantas, além de persistência no solo. Os mesmos autores sugerem iniciar o processo de seleção pelos fungos que tenham esporos que germinem rapidamente, hifas que cresçam bem no solo e que sejam capazes de colonizar extensivamente o hospedeiro. Outras características a serem consideradas seriam: a capacidade do fungo em formar propágulos que persistam no solo por longos períodos, mesmo na ausência do hospedeiro, e sua habilidade em competir com os FMAs nativos e outros microrganismos.

Por serem habitantes obrigatórios, os FMAs ainda não foram cultivados “in vitro”, apesar das inúmeras tentativas, o fungo não cresce isoladamente em meios artificiais. Isso é um grande desafio que os micologistas tentam superar (Lopes *et al.*, 1983). O cultivo dos FMAs é feito in vivo, isto é, os fungos se multiplicam em plantas multiplicadoras, pois a produção de inoculante dos FMAs está restrita a métodos que envolvem o crescimento conjunto da planta e do fungo associado (Cardoso & Lambais, 1992).

Entretanto, a planta multiplicadora deve ter algumas características a serem observadas, dentre elas: ser um bom hospedeiro para o endófito multiplicar, apresentar crescimento rápido, adaptação às condições de clima e ao substrato onde será cultivada, uma abundante produção de raízes e não possuir patógenos comuns à cultura na qual o inóculo será utilizado. Segundo Colozzi-Filho & Balota (1994), as gramíneas do tipo *Brachiaria* spp. têm sido preferencialmente utilizadas em bancos de inóculos básicos, porque são colonizadas pela maioria dos FMAs, são adaptadas à grande parte das regiões brasileiras, possuem sistema

radicular ramificado e abundante, crescem em solos de baixa fertilidade e resistem a um grande número de pragas e doenças. Todavia, toda planta, desde que micorrizada é um hospedeiro em potencial e pode ser utilizada em vasos de cultivo e multiplicação.

O tipo de solo para a produção de inoculo é um dos fatores limitantes. Collozzi-Filho & Balota (1994) sugerem a utilização de solo, em vasos de cultivo, coletado no local de origem da população de fungos nativos que se quer multiplicar. Porém, outros tipos de solo ou substratos podem ser usados, como solos arenosos de baixa fertilidade natural e casca de árvore.

A esterilização do substrato escolhido para a produção de inóculo pode ser feita por autoclavagem, exposição a radiação gama e por vapor fluente (Cardoso & Lambais, 1992). O fósforo é o nutriente mais limitante para a produção de inoculo de fungos FMAs, pois altas concentrações de P podem inibir o processo de colonização, da mesma forma que concentrações muito baixas podem fazer com que o fungo estabeleça uma relação parasítica com a planta. Também, altas concentrações de Mn e Zn podem inibir a germinação dos esporos. Ojala *et al* (1978), citado por Cardoso & Lambais (1992), observaram que a formação de FMA é maior em solos com baixas concentrações de Zn, Cu, Fe e Mn. Outros fatores, como pH, luminosidade, temperatura, poda e relação água-ar do substrato também devem ser considerados, já que podem interferir, direta ou indiretamente, nos processos de colonização e esporulação.

Para Silveira (1992), o manejo de culturas, a rotação e o emprego de plantas hospedeiras ou não de FMA podem afetar a densidade de propágulos do fungo, bem como a capacidade infectiva do solo. Barbosa *et al.* (1988) observaram em vários ensaios visando o estudo de interação de fungos micorrizicos arbusculares com o amendoimzeiro (*Arachis hypogaea* L.) e plantas invasoras de cultura, que durante quase todo o ciclo o número de esporos encontrados, a porcentagem de colonização radicular e a diversidade específica foram maiores nas amostras de amendoimzeiros em convivência com a comunidade infestante.

Objetivando avaliar a população de fungos micorrizicos arbusculares (FMA) em diferentes sistemas de uso da terra em Rondônia, Costa *et al.* (1999) verificaram que a população originária de fungos MA na floresta (184 esporos/100g de solo) alterou-se à medida que diferentes sistemas de uso da terra foram utilizados pelos colonos. Na capoeira (118 esporos/ 100g de solo), verificou-se que houve uma diminuição da população após a derrubada da floresta, certamente causado pela queima da mata. Entretanto verificou-se que a capoeira melhorada com leguminosas (179 esporos/100g de solo) apresentou população

semelhante à da floresta. A maior ocorrência de esporos ocorreu nas pastagens com *Brachiaria* sp. (428 esporos/100g de solo), resultados já esperados, devido esta gramínea ser utilizada com sucesso como planta multiplicadora. Observou-se que os cultivos da mandioca (152 esporos/ 100g de solo) e do feijão (61 esporos/100 g de solo) apresentaram ocorrência menor que da floresta, indicando um possível efeito negativo das culturas sobre a população de FMA original, apesar de a mandioca ser altamente dependente das MA.

Costa *et al.* (2002), objetivando avaliar a possível influência da arborização do cafezal (*Coffea canephora*) sobre a população de esporos de micorrizas arbusculares em quatro sítios no município de Ouro Preto D'Oeste em Rondônia, verificaram que a população de esporos de FMAs aumentou com a introdução de essências florestais nos cafezais e que entre os consórcios utilizados destacou-se o cafezal sombreado com teca (*Tectona grandis* L.), com a maior população de esporos de FMA, com 280 esporos/100g de solo, seguido pelo consórcio café sombreado com pinho cuiabano (*Parkia* sp.), com 217 esporos/100 g de solo e em último o café sombreado com bandarra (*Schizolobium amazonicum* Huber Ex. Ducke), com 164 esporos/100g de solo. A menor ocorrência de esporos de FMAs foi no cafezal solteiro, com 137 esporos/g de solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Toro-Garcia & Herrera (1987) e Toro-Garcia (1987), onde verificaram na Venezuela, que a ocorrência de esporos foi maior em cafeeiros sombreados do que naquele cultivado a céu aberto.

Com o objetivo de verificar a ocorrência de micorrizas arbusculares em lavouras de cupuaçuzeiros (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng) em Porto Velho, Rondônia, Costa *et al.* (2002) verificaram que a população variou de 47 a 106 esporos/100g de solo, obtendo-se um total médio de 74,6 esporos /100g de solo.

Assim, a avaliação da eficiência simbiótica de fungos indígenas isolados do próprio ecossistema onde se pretende inocular, tal como proposto para citrus na Califórnia (EUA) (Menge *et al.*, 1977), é uma boa estratégia, sendo também usada na UFLA. Embora grandes progressos tenham sido feitos nos últimos anos nesse sentido, ainda permanecem obstáculos. A inoculação comercial tem-se mostrado vantajosa em viveiros de frutíferas e plantas ornamentais. Entretanto, a produção de inoculante dos fungos MA está quase restrita a métodos, que envolvem o crescimento conjunto da planta e do fungo associado. Assim, a utilização de plantas consideradas daninhas ou não, naturalmente colonizadas por fungos micorrizicos arbusculares indígenas, funcionando como multiplicadoras, aumentaria o potencial de inoculo do solo e, conseqüentemente, favoreceria culturas adjacentes e

subseqüentes. O manejo das micorrizas arbusculares (MA) oferece excelente oportunidade para maximizar a produção agrícola.

Siqueira & Franco (1988) sugerem que o uso desses fungos seria facilitado se espécies, ou isolados com elevada eficiência simbiótica e competitividade fossem selecionados e se tecnologias viáveis economicamente para produção, armazenamento e aplicação de inoculante, fossem obtidas em larga escala, isso representaria uma economia de 1 milhão de toneladas de P_2O_5 . Considerando o cultivo de apenas 30% da área total de cerrados do Brasil, isto representaria uma economia de 600 milhões de dólares em gastos com fertilizantes e o prolongamento da vida útil das reservas de fosfatos, que é um recurso não renovável.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar as ocorrências de fungos micorrízicos arbusculares em diferentes Sistemas Agroflorestais utilizados por agricultores familiares na Amazônica Ocidental;

3.2 Objetivos específicos

- Avaliar as ocorrências de fungos micorrízicos arbusculares, em diferentes épocas de coleta e espécies vegetais em dois Sistemas Agroflorestais;
- Correlacionar as estruturas micorrízicas entre si nos Sistemas Agroflorestais;
- Avaliar a influencia das características químicas e físicas das rizosferas das plantas sobre as variáveis micorrízica;
- Avaliar a influencia das variáveis micorrízicas sobre os teores de nutrientes foliares das plantas;
- Disponibilizar essas informações, objetivando contribuir para o avanço no estudo de Sistemas Agroflorestais e suas relações com as micorrizas arbusculares.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e descrição das áreas estudadas

O estudo foi realizado em dois Sistemas Agroflorestais: O SAF 1 está localizado na comunidade do Brasileirinho, no município de Manaus, nas coordenadas 3°01'20"W e 59°53'45" S. O sistema foi implantado em 2000, sendo constituído das seguintes espécies: jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), cedro (*Cedrela fissilis* Vell), bananeira (*Musa* spp.), limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) e coco (*Cocos nucifera* L.), com os seguintes espaçamentos: jatobá e cedro (12m x 12m), bananeira, limão e coco (8m x 8m).

O SAF 2 foi implantado em 1999, no município de Presidente Figueiredo, km 42 da estrada de Balbina (Comunidade de São Miguel), sendo constituído das seguintes espécies: cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.), piquiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) Pers.), abacabá (*Oenocarpus bacaba* Mart.), açai (*Euterpe oleracea* Mart.) e rambutã (*Nephelium lappaceum* L.), com seguintes espaçamentos: cupuaçu e rambutã (10m x 10m) enquanto os piquiás, abacabás e açazeiros encontram-se dispersos entre o cupuaçu e rambutã em diferentes espaçamentos.

O clima é o tropical úmido, tipo Afi (Köppen), com precipitação média de 2200 mm, temperatura média de 28° C e o solo é classificado como Latossolo (Oxisol) Amarelo que apresenta caráter ácido e baixa fertilidade natural. A umidade do ar situa-se em torno de 88% e a precipitação média anual varia de 1.800 a 2.400 mm/ano (Bastos & Diniz, 1982).

4.2. Descrição das espécies componentes dos Sistemas Agroflorestais

- **Abacaba, bacaba, bacaba-açu ou bacaba verdadeira** (*Oenocarpus bacaba* Mart.)

A bacaba é uma palmeira nativa da Amazônia. Distribui-se por toda Bacia Amazônica, com maior frequência no Amazonas, Pará, Acre e Tocantins. Possui como habitat, a mata virgem alta de terra firme. É uma palmeira monocaule de porte alto, podendo atingir até 20 metros de altura e 20 a 25 cm de diâmetro. O fruto é uma drupa podendo atingir até 3,0 gramas; de casca roxa e polpa branco-amarelada, rica em um óleo, de cor amarelo-clara, usado na cozinha. A propagação é feita por sementes que germinam entre 60 e 120 dias. Com a bacaba prepara-se uma bebida muito apreciada no Norte, o vinho de bacaba popularmente chamado de Açai Branco. A produção inicia após os seis anos de idade, quando a planta está

com 3 - 4 m de altura. As amêndoas e os restos de macerado da polpa são utilizados na alimentação de suínos e aves. As folhas são usadas pela população do interior como cobertura de moradias, enquanto o tronco serve como esteio, viga e cabo de ferramentas (Wikipédia, 2010).

- **Açaí** (*Euterpe oleracea* Mart.)

O açaizeiro é nativo da Amazônia brasileira e o estado do Pará é o principal centro de dispersão natural dessa palmácea. Possui um fruto bacáceo roxo, de onde se extrai o vinho, polpa ou simplesmente açaí, como é conhecido na região. Com o açaí são fabricados sorvetes, licores, doces, néctares e geléias, podendo ser aproveitado, também, para a extração de corantes e antocianina. O açaizeiro, além de produzir alimento para as populações locais, é a principal fonte de matéria-prima para a agroindústria de palmito no Brasil. A associação ou consorciação com outras culturas anuais ou semiperenes, durante a fase de implantação e crescimento do açaizeiro, propicia renda ao produtor nos primeiros anos de estabelecimento do açaizal. Esses arranjos permitem que essa palmácea se beneficie dos tratos culturais e dos fertilizantes, químicos e orgânicos, aplicados para suprir as necessidades das culturas anuais e perenes. Os arranjos de cultivos mistos de açaizeiro, quando duas ou mais espécies compõem o sistema agroflorestal, possibilitam situações mais vantajosas que na monocultura, notadamente quanto há diversificação e distribuição da produção, racionalização do uso de mão-de-obra e maior equilíbrio ambiental. (Sistema, 2008).

- **Cedro** (*Cedrella fissilis* Vellozo)

O cedro é uma espécie que ocorre em diversas formações florestais brasileiras e praticamente em toda América Tropical. Essa árvore frondosa produz uma das madeiras mais apreciadas no comércio, tanto brasileiro quanto internacional, por ter coloração semelhante ao mogno e, entre as madeiras leves, é uma das que possibilita o uso mais diversificado. A resistência natural dessa madeira é moderada quanto ao ataque de organismos xilófagos, porém é resistente aos agentes exteriores, desde que não seja enterrada ou submersa. O plantio puro a pleno sol é impraticável devido os ataques da broca-do-cedro. A isso soma-se que as maiores produtividades são verificadas em condições mais sombreadas. Assim, são mais vantajosos os plantios mistos, porém evitando-se ultrapassar a densidade de 100 indivíduos

por hectare. Em cultivos consorciados, o plantio pode ser feito em linhas e, em vegetação matricial arbórea, o plantio pode ser feito em faixas abertas nas capoeiras (Angeli, 2005).

- **Coco** (*Cocos nucifera* L.)

O coqueiro é originário do sudeste da Ásia e foi introduzido no Brasil através da Bahia e disseminou-se pelo litoral nordestino, sendo responsável por 90% da produção nacional. Raiz fasciculada, caule indiviso chamado estipe ou espique, com tufo de folhas (30-35) bem verdes na extremidade. Na sua parte interna encontra-se a amêndoa e a "água-de-coco". As variedades de coqueiro são: gigante - também chamado de "típico", polinização cruzada, fruto verde, cocos destinados à industrialização; anão - representado por tipos com frutos verdes, vermelhos e amarelos, e frutos destinados ao consumo da água-de-coco e híbrido - proveniente do cruzamento natural ou artificial gigante x anão. (Sistema, 2002; Seagri, 2010). Em Rondônia o coqueiro vem sendo recomendado pela CEPLAC, com sucesso, como componente de Sistemas Agroflorestais (Almeida *et al.*, 1995; Cidin *et al.*, 2009)

- **Cupuaçu** (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) Schum.)

O cupuaçuzeiro é uma fruteira nativa da Amazônia. Geralmente procurado pelo sabor típico de seus frutos, para aproveitamento de sua polpa e sementes pelas indústrias alimentícias e de cosméticos, em virtude de suas propriedades sensoriais e químicas. A produção do cupuaçuzeiro no Brasil concentra-se na região Norte, sendo o Estado do Pará o principal produtor, seguido do Amazonas, Rondônia e Acre. É uma planta de boa adaptação à sombra, o que a torna uma planta apropriada para a formação de consórcios com outras espécies frutíferas ou florestais. Este sistema proporciona bons resultados econômicos e ecológicos permitindo uma exploração com maior sustentabilidade. Portanto, torna-se uma alternativa válida para a diversificação da fruticultura comercial, sem provocar fortes impactos ambientais (Venturieri, 1993).

- **Bananeira** (*Musa* spp.)

A bananeira encontra-se distribuída por todo o território nacional e constitui-se numa das principais alternativas de diversificação agrícola. É um cultivo de produção rápida e pode

ser utilizada facilmente em consórcios e na fase inicial de Sistemas Agroflorestais. A bananeira é tipicamente tropical, desenvolve-se melhor em locais com temperaturas médias de 20 a 24° C e umidade relativa do ar superior a 80%. A planta exige uma precipitação pluviométrica de 100 a 180 mm mensais. A deficiência de água no solo ocasiona paralisação das atividades da planta, causando amarelecimento das folhas, aumento do ciclo e redução do tamanho dos cachos. A bananeira se adapta em vários tipos de solos; no entanto, a maior aptidão e capacidade produtiva ocorrem nos areno-argilosos, férteis, profundos, ricos em matéria orgânica e em cálcio e magnésio, bem drenados e com boa capacidade de retenção de água (Leite, 2001).

- **Jatobá** (*Hymenaea courbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang.)

O jatobá ou jataí é uma árvore originalmente encontrada na Amazônia e Mata Atlântica. Com altura entre 15 e 30 m. A madeira é pesada (densidade 0,96 g/cm³), muito dura ao corte, de média resistência ao ataque de insetos xilófagos sob condições naturais e é empregada na construção civil, bem como móveis de alto luxo. Conhecida como “Brazilian-cherry”, a madeira do jatobá consta no grupo das 10 mais valiosas e negociadas madeiras do mundo. Entre seringueiros é comum utilizarem a casca da árvore para fazer um chá, que acreditam ser um poderoso estimulante e fortificante. Os mercados americanos e europeus são grande mercado para os extratos de jatobá. Estudos recentes indicam que jatobás antigos podem produzir substâncias com eficácia no combate a alguns tipos de câncer. Tem sido usada na recomposição de matas degradadas e recomendada como espécie componente de Sistemas Agroflorestais. Gurgel Filho *et al.* (1982) reportaram que, embora ecologicamente apresente-se em populações nativas de áreas de cerrado, o jatobá reage significativamente à fertilidade do solo. Por outro lado, Lorenzi (1992), afirma que, o jatobá é pouco exigente em fertilidade e umidade do solo.

- **Limão Tahiti** (*Citrus latifolia* Tanaka)

O Tahiti ou Taiti na realidade, não é um limão verdadeiro, sendo considerado lima ácida. No Brasil é uma das espécies cítricas de grande importância comercial, estimando-se que sua área plantada seja de aproximadamente 40 mil ha. Apresenta porte médio a grande, curvada, e vigorosa. O cultivo intercalar é uma prática efetuada em pequenas e médias

propriedades, devendo escolher culturas de baixo porte e ciclo curto. Uma boa opção é o uso de leguminosas (feijão carioca, feijão-de-porco, leucena, crotalaria e soja), pelo fato de serem potenciais simbióticos fixadores de nitrogênio atmosférico, ou outras culturas, como abacaxi, amendoim, batata-doce, mandioca e milho (Ramos *et al.*, 2010).

- **Piquiá** (*Caryocar villosum* (Aubl.) Pers.)

O piquiá também conhecido como piquiá verdadeiro ou piqui, ocorre em toda Amazônia em matas de terra firme e em parte da região Nordeste. É uma árvore de médio a grande porte, casca fissurada e acinzentada. Os frutos são muito apreciados quando cozidos. O piquiá possui madeira pesada, cerne bege acinzentado; textura grosseira; grã irregular; cheiro suave de vinagre; gosto indistinto. Apresenta alta resistência ao ataque de organismos xilófagos. A madeira é utilizada em construções externas, forro, dormentes, postes, estacas, mourões, cruzetas, vigas, caibros, tábuas para assoalhos, construção naval, quilhas, barris de vinho, cerveja (Tarcisio, 2008).

- **Rambutã ou rambutam** (*Nephelium lappaceum* L)

O rambutã é uma das espécies frutíferas mais tradicionais no sudeste asiático, especialmente na Malásia, Tailândia e Indonésia (Almeyda, 1979). Originária de regiões de clima tropical úmido foi introduzida no Estado do Amazonas em 1980, encontrando condições ambientais favoráveis à sua adaptação (Sousa *et al.* 1994). Segundo Verheij & Coronel (1992), 100g da parte comestível contém 82,9% de umidade, 0,9g de proteína, 14,5g de carboidratos, 1,1g de fibra, 4 UI de vitamina A, 31mg de vitamina C e 264 KJ de valor energético. O fruto é uma drupa globosa ou ovóide, produzida em cacho; possui casca delgada e coberta por protuberâncias ou espinhos flexíveis, semelhantes aos de urucum, que para rompê-la, uma pequena pressão é o suficiente. A polpa é branca, translúcida, adocicada e suculenta, variando em consistência, espessura e na facilidade de soltar-se da semente (Souza *et al.*, 1998).

4.3. Coleta dos solos, raízes e folhas.

A coleta de amostra de solos e de raízes foi realizada na rizosfera de cada espécie componente dos SAFs, a 20 cm de profundidade. Conjuntamente, foi realizada a coleta de folhas das espécies estudadas. Ao longo dos estudos foram realizadas quatro coletas, com cinco repetições, para as seguintes avaliações: análise química, física e foliar, contagem de esporos, colonização micorrízica arbuscular das espécies componentes dos SAFs. As coletas foram realizadas nas seguintes épocas: 10/02/2009, 15/04/2009, 17/6/2009 e 19/8/2009, na comunidade do Brasileirinho e em: 15/09/2009 e 10/02/2010, no município de Presidente Figueiredo. Após cada coleta o material foi acondicionado em sacos plásticos, identificado e transportado à sombra, evitando o aquecimento pela exposição ao sol.

4.4. Análise química do solo.

O solo foi caracterizado quimicamente de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997), com os seguintes procedimentos: Ca^{+2} , Mg^{+2} e Al^{+3} extraídos por KCl e determinados por absorção atômica (Ca^{+2} e Mg^{+2}) e titulação (Al^{+3}), P, K^{+} , Fe, Zn e Mn foram extraído com solução de Mehlich e determinado o P (calorimetria) e K^{+} , Fe, Zn e Mn (absorção atômica); o C foi determinado por oxidação úmida em dicromato de potássio e o conteúdo de matéria orgânica estimada multiplicando o conteúdo de C por 1,724. O N total foi determinado pelo método de Kjeldahl.

4.5. Análise física do solo.

As amostras de solo foram secas ao ar (terra fina seca ao ar - TFSA), destorroadas e passadas em peneira com abertura de malha de 2 mm de diâmetro. As amostras de solo sofreram um pré-tratamento com peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , 30V) para eliminação da matéria orgânica. Posteriormente, foram transferidas para bequeres, agitadas por um período mínimo de 16 horas, em mesa agitadora (agitação lenta). As análises granulométricas foram realizadas pelo método de pipetagem, seguindo os procedimentos de Embrapa (1997).

4.6. Análise Foliar.

As análises dos tecidos foliares foram feitas de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1988), sendo determinados os seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, Zn, Fe e Mn. O procedimento utilizado foi: As folhas foram secas em estufas a 60° C até o peso constante (72 horas), sendo em seguida trituradas em moinho com 1mm de malha e levadas para a análise química através da técnica de digestão (HNO₃ + HClO₄, 3:1) e determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

As análises edáficas e foliares foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas, de responsabilidade da Coordenação de Pesquisa Agronômicas do INPA.

4.7. Análise e estudo das micorrizas arbusculares

4.7.1 Contagem de esporos de FMA nos solos

A determinação do número de esporos foi feita com base nos métodos de Gerdmann & Nicolson (1963). Foram utilizados 50g de solo, suspensos em 1000 mL de água e agitado, seguindo de decantação, por alguns segundos, para que ocorresse a sedimentação das partículas maiores e/ou mais densas que os esporos. O sobrenadante foi misturado a uma solução de sacarose (20% e 60%) de Jenkins (1964) (Anexo 1) e passado através de um conjunto de peneiras com aberturas de 0,25 mm, 0,105 mm e 0,045 mm, na seqüência da maior abertura para a menor. Nas peneiras ficaram retidos os esporos e algum solo e material orgânico. O material foi lavado com o auxílio de uma pisseta de 250 mL, contendo água corrente, e transferida para um béquer de 200 mL. Em seguida, o material recolhido no béquer foi removido com uma pipeta graduada de 10 mL para uma placa de Petri. A suspensão foi examinada na placa, sob lente estereoscópica, para contagem e seleção dos esporos (Figura 5). Foram realizadas três contagens de esporos por amostra.

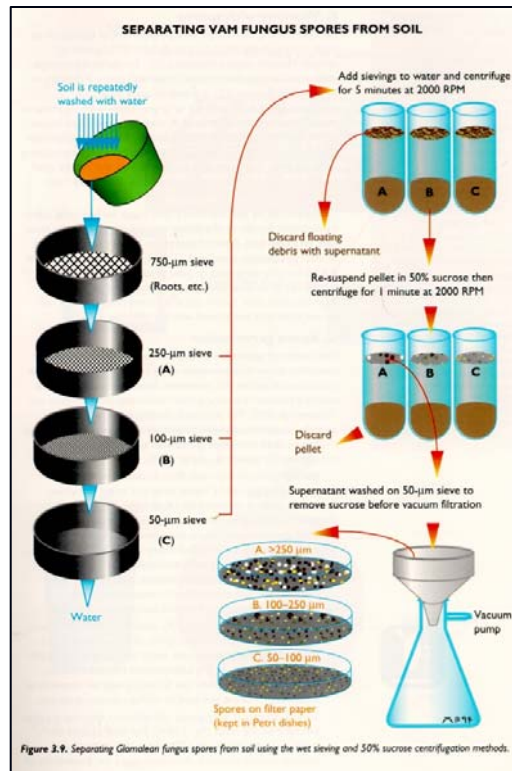


Figura 5. Método Decantação e Peneiramento Úmido de Gerdmann & Nicolson (1963).

4.7.2. Clareamento e coloração de raízes para avaliação da colonização micorrízica

O método utilizado foi o descrito por Phillips & Hayman (1970), no qual, basicamente faz-se o clareamento das raízes pelo aquecimento em solução de KOH a 10% , a acidificação com HCl diluído e a coloração com azul de tripano a 0,05%. Foi utilizada também a água oxigenada (H₂O₂) devido à presença de espécies arbóreas ricas em tanino e de difícil clarificação.

4.7.3 Determinação da colonização micorrízica

Para esta análise foi utilizada uma adaptação do método da Placa Quadriculada ou de Intersecção das Linhas (colonização radicular) de Giovannetti & Mosse (1980).

Pelo método original de Giovannetti & Mosse (1980), os fragmentos de raízes coradas são espalhados em uma placa quadriculada para a observação, com auxílio de um microscópio estereoscópico, da presença de estruturas fúngicas (hifas, vesículas, arbusculos, esporos na

raiz e células auxiliares) e determinação da colonização total. Geralmente são marcados 100 pontos de intersecção para determinação da colonização radicular.

A adaptação a esse método é o seguinte: 10 fragmentos de 1 cm são colocados em uma lâmina e com auxílio de um microscópio são observadas as estruturas dentro dos fragmentos de raízes (Figura 6 e 7). Nesta adaptação, todas as estruturas (hifas, vesículas, arbúsculos, esporos nas raízes e células auxiliares) são marcadas individualmente, positivas e negativas, obtendo-se na avaliação final os totais individuais por estruturas. A colonização total é determinada da forma tradicional, ou seja, a presença de qualquer estrutura no fragmento é marcada positiva e se não houver é marcado negativo. Nesse trabalho foram utilizadas por espécies, cinco lâminas com 10 fragmentos, em cinco repetições e em quatro coletas, totalizando 1000 fragmentos observados por espécie, no SAF do Brasileirinho. No SAF de São Miguel devido à realização de apenas duas coletas foram observados 500 fragmentos.



Figura 6. Detalhe de uma lâmina com 10 fragmentos de raízes.



Figura 7. Lâminas preparadas para análise.

4.8. Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados pelo teste F e as médias dos tratamentos comparados pelo teste de Tukey. Foram realizadas também análises de correlações entre as características químicas, físicas e foliares com as variáveis micorrízicas (número de esporos, colonização total, hifas, vesículas, arbúsculos e esporos no solo). Utilizou-se o programa ESTAT versão 2.0 para as análises dos dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

5.1 – Sistema Agroflorestal da comunidade do Brasileirinho

5.1.1. Ocorrências de precipitações em Manaus

Na Figura 8 e 9 são apresentados os dados de precipitação nas épocas coletadas. No mês de fevereiro a precipitação total foi de 450 mm, sendo que as maiores precipitações ocorreram nos dias 14, 22 e 25, com precipitação diária acima de 50 mm e em oito dias não ocorreram chuvas. No dia da coleta, a precipitação foi abaixo de 5 mm. No mês de abril, a precipitação total foi de 240 mm, sendo que apenas no dia 8, ocorreu precipitação maior que

50 mm e nos demais meses foram abaixo de 30 mm, sendo que em 10 dias não choveu. No dia da coleta a precipitação foi de 26 mm.

No mês de junho, a precipitação total foi de 15 mm, sendo que nos dias 1º, 10 e 15, a precipitação foi próxima de 30 mm. Durante 13 dias não houve chuva. No dia da coleta a precipitação foi abaixo de 5 mm. No mês de agosto, a precipitação total foi próxima à zero, sendo que apenas nos dias 10 e 15 ocorreram chuvas. No dia da coleta, a precipitação foi zero.

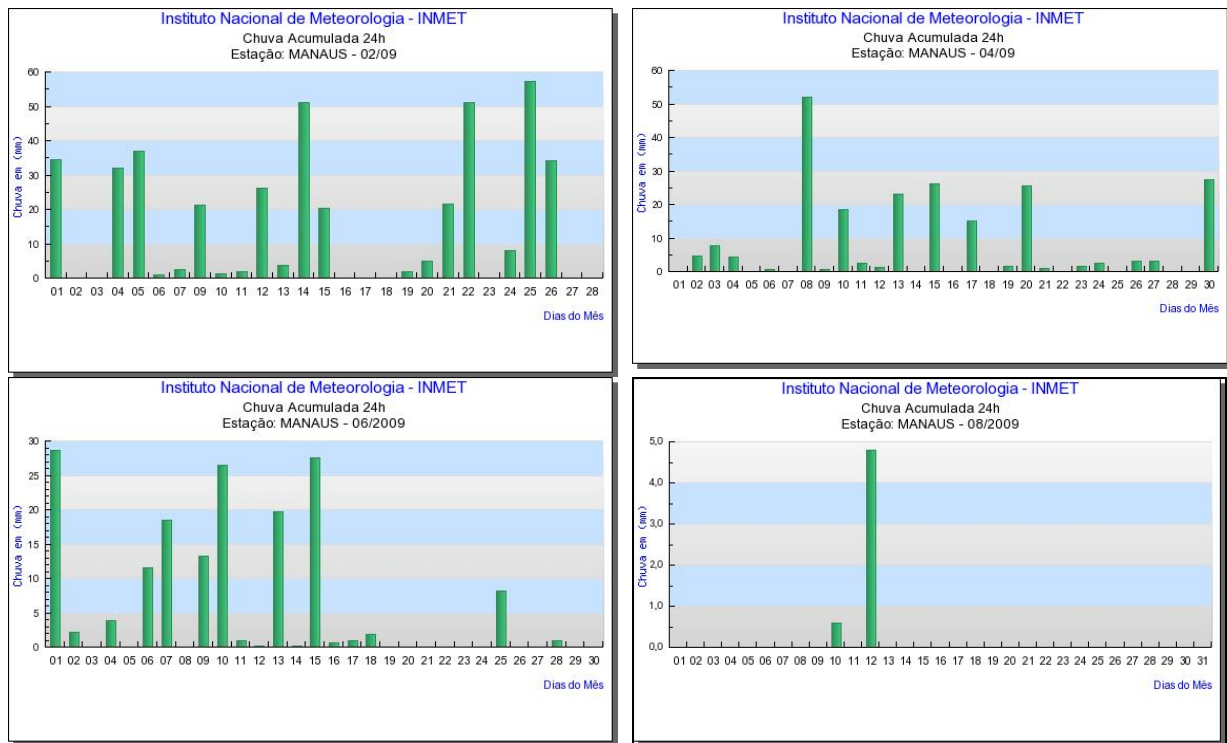


Figura 8. Precipitações nos meses das coletas na cidade de Manaus, AM. Fonte: INMET (2010).

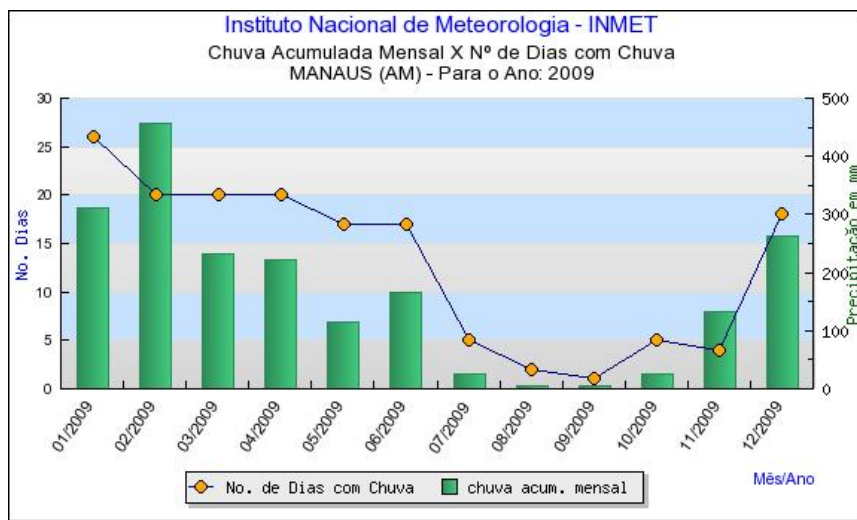


Figura 9. Precipitações no ano de 2009 na cidade de Manaus, AM. Fonte: INMET (2010).

5.1.2. Análise química da rizosfera

Na Tabela 2 são apresentados os dados médios com as características químicas das rizosferas das espécies componentes do Sistema Agroflorestal, nos meses onde foram realizadas as coletas em uma propriedade rural localizada na comunidade do Brasileirinho. Houve variação significativa de todas as características químicas, com exceção do Mn, entre as rizosferas das espécies componentes do SAF ($p > 0.01$).

O pH rizosférico variou significativamente entre as espécies e datas de coletas (Tabela 2). O maior pH foi encontrado no mês de abril (época chuvosa), na rizosfera dos coqueiros e os menores foram nos meses de junho e agosto (época seca), nas rizosferas dos cedros e jatobás. Nos coqueiros e limoeiros, independente da época, foram encontrados os maiores pH, essa diferença observada pode ser explicada pela aplicação de calagem nessas culturas. Nas demais espécies quase não houve diferenças. Segundo Oliveira (2001) e Moreira *et al* (2002), nos solos da Amazônia, não se esperam grandes variações durante o ano, tendo em vista que a concentração de sais é muito baixa. Segundo Moreira *et al* (2002), o pH da rizosfera do Sistema Agroflorestal (Tabela 2) é classificado como muito baixo.

Os teores de Al nas rizosferas das espécies do Sistema Agroflorestal (Tabela 2) estavam elevados (0,9 – 1,9 cmolc/kg) na bananeira, cedros e jatobá e baixos (0,13 -85 cmolc/kg) nos coqueiros e limoeiros. Segundo Cochrane *et al.* (1985) e Malavolta (1992), teores de Al acima de 0,51 cmolc/kg na rizosfera são altamente nocivos para as plantas. Em todas as espécies, o Al apresentavam níveis de toxidez, com exceção da rizosfera do limoeiro, no mês de agosto. O Al tóxico reduz o crescimento radicular (Adams & Pearson, 1970; Pavan *et al.*, 1982), especialmente o ápice das raízes (Kochian, 1995). A explicação para os baixos teores de Al nas rizosferas dos coqueiros e limoeiros é a aplicação de calagem. Com relação a sazonalidade, Guitton (1996), observou que existe uma diminuição na concentração do Al na época chuvosa em essências florestais e frutíferas. No presente trabalho, esse fato ocorreu apenas nas rizosferas dos jatobás (junho).

Tabela 2 Características químicas do solo da rizosfera de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado em uma propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM.

Espécies	Datas das coletas	pH H ₂ O	pH KCl	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	P	Fe	Zn	Mn	N	C	M.O.
Bananeira	10/02/09	4,3 de	3,7	1,22 abcde	0,75 abc	0,41 ab	0,13 b	9,2 ab	213 abc	2,0 b	4,2 a	1,6 ab	27,3 a	47,1 a
	15/04/09	4,4 cde	3,7	1,43 abc	0,60 abc	0,25 ab	0,09 b	10,1 ab	250 ab	1,6 b	2,7 a	1,6 ab	26,8 a	46,1 a
	17/06/09	4,3 de	3,7	1,60 ab	0,79 abc	0,27 ab	0,10 b	6,7 ab	193 abc	3,7 ab	3,3 a	2,0 ab	10,2 b	17,6 b
	19/08/09	4,2 de	3,6	1,76 a	0,97 abc	0,34 ab	0,15 ab	4,4 b	204 abc	4,7 ab	4,9 a	2,2 a	8,7 b	15,0 b
Cedro	10/02/09	4,2 de	3,8	1,62 ab	0,30 c	0,14 b	0,07 b	6,5 ab	200 abc	2,6 b	3,4 a	1,6 ab	24,8 a	42,7 a
	15/04/09	4,3 de	3,7	1,28 abcd	0,64 abc	0,15 b	0,07 b	10,6 ab	209 abc	2,2 b	1,9 a	1,6 ab	24,2 a	41,7 a
	17/06/09	4,0 e	3,5	1,76 a	0,33 c	0,10 b	0,05 b	4,9 b	169 bc	0,9 b	2,3 a	1,8 ab	6,7 b	11,6 b
	19/08/09	3,9 e	3,6	1,90 a	0,43 bc	0,10 b	0,08 b	3,4 b	173 abc	0,9 b	2,6 a	1,7 ab	5,3 b	9,2 b
Coco	10/02/09	4,5 bcde	3,8	0,85 cdef	1,36 abc	0,37 ab	0,08 b	9,4 ab	260 a	1,7 b	2,0 a	2,0 ab	31,1 a	53,6 a
	15/04/09	5,8 a	4,2	0,31 fg	1,68 abc	0,34 ab	0,27 a	15,1 a	225 abc	3,5 ab	3,1 a	1,4 ab	28,4 a	48,9 a
	17/06/09	5,2 ab	4,0	0,40 fg	1,40 abc	0,43 ab	0,18 ab	8,4 ab	154 c	7,7 ab	4,1 a	1,8 ab	7,4 b	12,7 b
	19/08/09	5,1 abc	4,1	0,56 efg	1,95 a	0,36 ab	0,16 ab	8,3 ab	165 bc	10,0 a	4,4 a	1,7 ab	6,4 b	11,1 b
Jatobá	10/02/09	4,1 de	3,7	1,71 ab	0,40 bc	0,15 b	0,07 b	8,1 ab	228 abc	1,6 b	3,5 a	1,7 ab	28,3 a	48,7 a
	15/04/09	4,2 de	3,6	1,72 a	0,31 c	0,14 b	0,08 b	7,5 ab	251 ab	1,7 b	3,1 a	1,6 ab	23,0 a	39,7 a
	17/06/09	4,0 e	3,5	0,90 cdef	0,42 bc	0,15 b	0,08 b	4,0 b	196 abc	1,5 b	3,3 a	1,7 ab	6,5 b	11,1 b
	19/08/09	3,9 e	3,5	1,04 bcdef	0,42 bc	0,16 b	0,11 b	3,4 b	196 abc	1,5 b	3,8 a	1,9 ab	7,0 b	12,1 b
Limão	10/02/09	5,1 abc	4,3	0,46 fg	1,81 ab	0,55 a	0,08 b	6,9 ab	200 abc	5,2 ab	4,2 a	1,4 ab	30,3 a	52,1 a
	15/04/09	4,9 bcd	4,1	0,63 defg	1,30 abc	0,38 ab	0,07 b	5,3 b	192 abc	2,4 b	1,4 a	1,3 b	25,8 a	44,5 a
	17/06/09	4,4 bcde	3,9	0,50 fg	0,73 abc	0,37 ab	0,06 b	4,7 b	155 c	1,6 b	3,2 a	1,3 b	4,3 b	7,4 b
	19/08/09	4,3 de	3,8	0,13 g	0,79 abc	0,27 ab	0,08 b	3,4 b	152 c	3,9 ab	3,8 a	1,6 ab	5,6 b	9,7 b
	Média total	4,5	3,79	1,09	0,88	0,27	0,10	7,06	199	3,08	3,30	1,74	16,96	29,17

⁽¹⁾ Médias seguidas com a mesma letra, em cada coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

O teor de Ca rizosférico na banana, cedro e jatobá estavam no nível considerado baixo e do coqueiro e limoeiro, de baixo a médio (Moreira *et al.*, 2002). O cálcio tem um papel preponderante no crescimento radicular das plantas (Ritchey *et al.*, 1982). Quando a saturação de Ca no complexo de troca é inferior a 20%, há forte limitação ao crescimento das raízes no solo, na maioria das espécies cultivadas (Quaggio, 2000). Segundo o autor, a saturação por bases (V%), pode ser definida como a proporção da CTC ocupada por bases trocáveis (K, Ca Mg e Na). Quando há baixa porcentagem de saturação por bases significa predominância de hidrogênio e alumínio no complexo de troca. Os teores de Mg nas rizosferas das espécies do SAF estavam no nível muito baixo, com exceção da rizosfera dos limoeiros no mês de fevereiro, que apresentava um nível médio (Moreira *et al.*, 2002).

A baixa concentração de Ca e Mg nas rizosferas das bananeiras, cedros e jatobás podem ser devido à excessiva acidez do solo, ou seja, baixo pH e alta concentração de Al (Tabela 2). A explicação para teores médios de Ca e Mg nos coqueiros e limoeiros é aplicação de calcário, que favoreceu a disponibilização desses elementos.

Na determinação do fósforo ocorreu uma variação sazonal nos teores rizosféricos, com uma maior concentração de P no período chuvoso. As rizosferas dos coqueiros estavam com os maiores teores de P e as dos limoeiros com os menores teores. O nível de P na rizosfera do Sistema Agroflorestal é considerado médio (Moreira *et al.*, 2002), ou seja, acima do que é encontrada normalmente em solos ácidos, com alta concentração de Al e Fe (Tabela 2). Segundo Raij (1991), em solos ácidos, o P é fixado ao Al e Fe do solo formando fosfato de alumínio e ferro, os quais são insolúveis em água, e, portanto não disponíveis para as plantas. A explicação para teores entre médios e altos na maioria das espécies é devido ao efeito residual de uma adubação fosfatada efetuada pelo agricultor.

Os teores rizosféricos de Fe em todas as espécies do Sistema Agroflorestal estavam muito acima do nível considerado alto por Cochrane *et al.* (1985). Os maiores teores foram encontrados nas rizosferas dos coqueiros (fevereiro) e os menores teores, também na rizosfera dos coqueiros (junho) e nos limoeiros (junho e agosto). Em todo o Sistema Agroflorestal ocorreu uma maior concentração de Fe no período chuvoso (Tabela 2). Segundo Oliveira (1991), o teor de ferro nos solos da região Amazônica, geralmente é muito alto.

O teor de Zn na rizosfera de todo o Sistema Agroflorestal (Tabela 2) estava num nível considerado alto por Cochrane *et al.* (1985). Quando presente em níveis tóxicos no solo, o Zn afeta o crescimento e o metabolismo das plantas (Alloway, 1993), ocasionando clorose das folhas, semelhantemente à deficiência de Fe (Fontes & Cox, 1998). Na rizosfera do coqueiro

foi observado o maior teor de Zn no mês de agosto (seco), como também o menor no mês de fevereiro (chuvoso), que não diferiu das demais espécies e meses. Com relação à sazonalidade, nas rizosferas das bananeiras ocorreu uma maior concentração do teor de Zn no período seco (junho e agosto). Nas demais espécies não houve variações significativas.

Os teores de Mn nas rizosferas das espécies componentes do Sistema Agroflorestal (Tabela 2) estavam num nível considerado baixo (Cochrane *et al.*, 1985) e não diferiram estatisticamente entre si. O manganês é um elemento essencial para a vida da planta, satisfazendo tanto o critério direto quanto indireto de essencialidade (Arnon, 1950). É um micronutriente em cuja ausência, o crescimento é prejudicado e desenvolvem-se sintomas característicos de deficiência. Entretanto, em pH ácido, ocorre o acúmulo de concentrações tóxicas de manganês, em virtude do aumento da solubilidade do elemento no pH 5,0 (Foy, 1973).

Os teores de nitrogênio nas rizosferas das espécies variaram pouco, sendo que o maior foi observado na bananeira, no mês de agosto e o menor no limoeiro, nos meses de abril e junho. Os teores de todas as espécies componentes do Sistema Agroflorestal estavam no nível considerado alto (Cochrane *et al.*, 1985). A maior parte do nitrogênio do solo encontra-se em formas orgânicas que podem ser mineralizadas durante os cultivos por meio da hidrólise enzimática produzida pela atividade da microbiota do solo (Camargo, 1996; Camargo *et al.*, 1997). A mineralização dos constituintes nitrogenados libera para a solução do solo íons inorgânicos do nitrogênio, principalmente NH_4^+ e NO_3^- , formas disponíveis para as plantas.

Os teores de carbono e matéria orgânica serão discutidos unicamente tendo em vista que a matéria orgânica é calculada multiplicando-se o valor de carbono rizosférico pelo fator 1,72. O período chuvoso teve significativamente os maiores teores de matéria orgânica em todas as espécies do SAF, com níveis considerados entre médios e altos, enquanto o período seco apresentou em todas as espécies, níveis de matéria orgânicos considerados baixos (Cochrane *et al.*, 1985). Segundo Cabrera (2009), em sistemas de florestas tropicais, a dinâmica da matéria orgânica é sensível às condições de sazonalidade, apresentando rápida mineralização na época chuvosa e lenta na época seca. Segundo a autora, na época chuvosa, o aumento da umidade do solo favorece a proliferação e atividade de microrganismos no solo e apresenta uma alta mineralização de C, enquanto na época seca o baixo teor de umidade limita os processos bioquímicos do solo. O teor de matéria orgânica na rizosfera de todo o Sistema Agroflorestal (Tabela 2) estava num nível considerado médio por Cochrane *et al.* (1985).

5.1.3 – Esporulação – contagem de esporos no solo

Os números de esporos (esporulação) nos solos rizosféricos não variaram entre as épocas de coletas e espécies (Tabela 3), entretanto houve uma interação significativa entre os dois fatores ($p < 0,01$). No mês de fevereiro a rizosfera dos cedros apresentaram mais esporos que dos coqueiros, enquanto no mês de agosto a rizosfera dos coqueiros apresentaram mais esporos que os cedros, jatobás e limoeiros. Entre os coqueiros, no mês de agosto, ocorreram mais esporos do que nos meses de fevereiro e junho, enquanto as demais espécies não apresentaram diferenças significativas entre os meses coletados.

Tabela 3 Esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em rizosfera de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM.

Espécies	Médias das coletas (1)				Médias
	10/2/2009	15/4/2009	17/6/2009	19/8/2009	
	-----Nº. de esporos/50 grama de solo-----				
Banana	166,0 ab A	148,0 a A	134,2 a A	216,4 ab A	166,0 a
Cedro	279,4 a A	209,4 a A	174,6 a A	148,2 b A	202,5 a
Coco	89,2 b B	199,2 a AB	116,0 a B	329,4 a A	183,2 a
Jatobá	212,2 ab A	204,0 a A	181,2 a A	127,4 b A	181,0 a
Limão	161,8 ab A	251,8 a A	172,4 a A	129,8 b A	178,5 a
Médias	181,7 A	202,4 A	155,6 A	190,2 A	

(1) Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Os esporos são estruturas de resistência e a sua existência no sistema costuma ser reduzida no período de chuvas, enquanto outras estruturas como hifas são mais abundantes (Colozzi-Filho, 1999; Caproni *et al.*, 2000; Durazzini, 2008). Guadarrama & Alvarez-Sánchez (1999) sugerem que a umidade favorece a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos. Comportamento este também relatado por Janos *et al.* (1995), Singüenza *et al.* (1996) e Ramírez-Gerardo *et al.* (1997) em estudos feitos em solos dos trópicos úmidos em área de baixada.

Em contrapartida, vários autores (Caldeira, 1981; Miranda, 1981; Schwan, 1984; Guitton, 1996; Coelho, 1997; Oliveira *et al.*, 1999; Oliveira, 2001; Oliveira *et al.*, 2003) afirmam que ocorre acréscimo gradativo no número de esporos a partir do início do período chuvoso, seguido de decréscimo no período seco. No presente trabalho não houve diferença

significativa no número de esporos entre os períodos chuvosos (fevereiro e abril) e secos (junho e agosto) (Figuras 8 e 9); entretanto, houve um decréscimo no período seco na rizosfera do cedro e jatobá. Apenas no coqueiro ocorreu o maior número de esporos no período seco.

Segundo Oliveira (2001), essa variação temporal pode ser significativa ou não, dependendo da espécie e da época de avaliação, fato que ocorreu no presente trabalho. Uma outra explicação é que na época seca, o solo estava coberto por uma grande variedade de plantas daninhas, principalmente gramíneas. Certamente, essa diversidade de plantas favoreceu a micorrização, com conseqüente aumento do número de esporos no solo, especialmente nesse período, quando a maioria das plantas está em senescência e há tendência do fungo preparar esporos como forma de sobrevivência (Jasper *et al.*, 1993). Os esporos são as melhores estruturas de sobrevivência dos fungos micorrízicos (Lopes & Fernandes, 1986).

A esporulação média no solo sob as bananeiras (166 esporos/50 g de solo) foi alta, resultados semelhantes foi encontrado por Durazzini (2008) e Ferreira *et al.* (2008).

As esporulações nas essenciais florestais cedro e jatobá (202 e 181 esporos/50 g de solo, respectivamente) foram superiores aos resultados encontrados por Costa *et al.* (2002) em cafezais arborizados em Rondônia, onde observaram nas essências florestais, teca (*Tectona grandis* L.), pinho cuiabano (*Parkia* sp.) e bandarria (*Schizolobium amazonicum* Huber Ex. Ducke), esporulação com 140, 108 e 82 esporos/50g de solo, respectivamente.

Nos limoeiros e coqueiros as esporulações também foram altas, 178 e 183 esporos/50 g de solo, respectivamente. Em pomares de citros, Moreira & Siqueira (2002) e Durazzini (2008) encontraram abundância de esporos, concordando como o presente trabalho. Entretanto Gasparotto *et al.* (1994) encontraram em coqueiros, esporulação muito baixa e em palmáceas, como a pupunheira e açazeiro, Silva-Junior (2005) e Moreira *et al.* (2010), respectivamente, encontraram esporulação média, abaixo de 50 esporos/50 g de solo.

Segundo Siqueira (1996), a colonização e esporulação são elevadas em solos de baixa fertilidade, sendo a disponibilidade de nitrogênio e fósforo os fatores que comumente exercem maior influência, seguidos pelos teores de alumínio e pH. No SAF em estudo (Tabela 2), os teores médios de N (1,74 g/kg) e P (7,06 mg/kg) eram considerados alto e médios, respectivamente, por Cochrane *et al.* (1985) e Moreira *et al.* (2002), entretanto o pH (3,79) era muito baixo e o Al (1,09 cmolc/kg) alto, segundo Moreira *et al.* (2002), o que caracteriza um solo ácido e de baixa fertilidade.

Essa ocorrência de alta esporulação em todas as espécies do SAF e a ausência de variação da esporulação pode ser um indicativo da importância da utilização dos Sistemas

Agroflorestais, que utilizando diferentes espécies em um mesmo espaço favorece a esporulação durante o ano todo e não apenas em um período, como relatam os trabalhos anteriores.

5.1.4 – Colonização micorrízica arbuscular

Na Tabela 4 são apresentadas as porcentagens de colonização micorrízica arbuscular total, ou seja, calculada com base na presença de todas as estruturas componentes do fungo micorrízico arbuscular (hifas, vesículas, arbúsculos e esporos) nas raízes.

Tabela 4 Colonização total por fungos micorrízicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM.

Espécies	Médias das coletas(1)				Médias
	10/2/2009	15/4/2009	17/6/2009	19/8/2009	
-----%-----					
Banana	84,0 a AB	53,2 ab B	99,6 a A	91,2 a A	82,0 a
Cedro	61,2 ab A	48,0 ab A	76,4 a A	78,0 a A	65,9 ab
Coco	6,8 c B	11,2 c AB	41,2 bc A	12,4 b AB	17,9 c
Jatobá	28,0 bc C	56,4 a BC	71,6 ab AB	88,8 a A	61,2 b
Limão	40,8 bc A	19,6 bc A	33,6 c A	27,6 b A	30,4 c
Médias	44,1 B	37,6 B	64,4 A	59,6 A	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Houve diferenças significativas entre as épocas de coletas, as espécies e interação entre ambos ($p < 0,01$). No mês de julho e agosto (época seca) foram observadas as maiores colonizações. As bananeiras tiveram as maiores intensidades de colonização, enquanto os limoeiros e os coqueiros as menores.

No mês de fevereiro as raízes das bananeiras apresentaram as maiores porcentagens de colonização total, no mês de abril foram os jatobás, no mês de junho, as bananeiras e cedros e no mês de agosto, as bananeiras, cedros e jatobás. As menores colonizações foram observadas nos limoeiros (fevereiro, abril e agosto) e nos coqueiros (junho e agosto). Observa-se uma maior colonização radicular na maioria das espécies na época seca (junho e agosto). Segundo alguns autores (Sieverding, 1979 e Bolgiano *et al.* 1983 citados por Oliveira, 2001), o desenvolvimento das micorrizas é favorecido em condições de deficiência de água e menor aeração do solo, o que ocorreu no referido trabalho.

Entre as bananeiras, a maior colonização ocorreu nos meses de junho e agosto, entre os coqueiros no mês de junho e nos jatobás foi no mês de agosto. A colonização total nos cedros e limoeiros não variou significativamente.

A colonização total na bananeira variou entre 53 a 99%, em um solo com teor médio de P (4,4 a 10,1 mg/kg), resultados muito superiores aos encontrados por Oliveira & Oliveira (2005) em cinco cultivares de bananeiras, num solo com alto teor de P (244 mg/kg), no qual a colonização micorrízica total variou entre 33 a 65 %. A diferença na colonização pode ser explicada pelo alto teor de fósforo, o que normalmente diminui a colonização micorrízica (Abbott & Robson, 1991; Brundrett, 1991; Saggin-Júnior *et al.*, 1994). A colonização total média na bananeira foi de (82 %), considerada alta por Zangaro *et al.* (2002).

A colonização total nas essências florestais cedro (48 – 78%) e jatobá (28 – 88%) apresentaram também, resultados superiores aos encontrados por Moreira *et al.* (2010), que na avaliação de 20 espécies de essências florestais, encontraram a colonização micorrízica variando entre 2,4 a 32 %. As colonizações totais médias dos cedros (66 %) e jatobás (61 %) são consideradas altas por Zangaro *et al.* (2002).

As colonizações totais nos coqueiros (6,8 – 41.2 %) e nos limoeiros (19,6 – 40,8 %) foram as menores dentro do SAF, entretanto com resultados superiores aos encontrados por Gasparotto *et al.* (1994) em raízes de coqueiro, em Sistema Agroflorestal (colonização próxima de zero) e inferiores aos encontrados em pomares cítricos brasileiros, com intensa colonização radicular (Oliveira *et al.*, 1986; Weber & Oliveira, 1994; Oliveira & Coelho, 1995; França, 2004; Nunes, 2004). As colonizações totais médias nos coqueiros (18 %) e limoeiros (30 %) são classificadas como muito baixa e média, respectivamente por Zangaro *et al.* (2002).

Objetivando a obtenção de maiores informações e um melhor detalhamento dos dados, além da colonização micorrízica total, foram analisadas individualmente as estruturas presentes nas raízes: hifas, vesículas, arbúsculos e esporos nas raízes.

5.1.5. Ocorrência de hifas nas raízes

As hifas dos fungos micorrízicos ocorrem no interior das raízes e se estendem por meio da rizosfera. Através de modificações das hifas, originam-se os arbúsculos, vesículas e esporos. O seu papel é preponderante na maior absorção de nutrientes em plantas micorrizadas (Lopes *et al.*, 1983).

Na Tabela 5 são apresentados os dados de ocorrência de hifas nas raízes das espécies componentes do Sistema Agroflorestal. Verificou-se que houve significância entre as épocas de coletas e espécies ($p < 0,01$) e interação entre ambos ($p < 0,05$). Nos meses de junho e agosto (época seca) ocorreu a maior porcentagem de hifas. Entre as espécies, as raízes das bananeiras tiveram as maiores ocorrências de hifas, enquanto os coqueiros e limoeiros as menores.

Tabela 5 Ocorrência de hifas de fungos micorrizicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM.

Espécies	Médias das coletas (1)				Médias
	10/2/2009	15/4/2009	17/6/2009	19/8/2009	
-----%-----					
Banana	82,0 a AB	53,6 a B	99,2 a A	91,0 a A	81,4 a
Cedro	58,4 ab A	38,0 ab A	70,0 ab A	66,0 a A	58,1 b
Coco	6,4 c A	11,2 b A	38,0 bc A	10,4 b A	16,5 c
Jatobá	28,0 bc B	49,6 a AB	71,0 ab A	77,0 a A	56,4 b
Limão	40,0 bc A	19,6 ab A	31,6 c A	25,0 b A	29,0 c
Médias	42,8 BC	34,4 C	61,9 A	53,8 AB	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Nos meses de fevereiro e junho as raízes das bananeiras apresentaram as maiores ocorrências de hifas, no mês de abril, as bananeiras e jatobás e no mês de agosto, as bananeiras, cedros e jatobás. Enquanto as raízes dos coqueiros apresentaram as menores ocorrências na maioria das coletas.

Nas bananeiras e jatobás ocorreram mais hifas nos meses de junho e agosto. Nas demais espécies não houve diferenças estatísticas.

Como na colonização total observou-se uma maior presença de hifas nos meses de junho e agosto, tendo em vista essas estruturas predominarem nas raízes. Os dados de colonização radicular total e ocorrências de hifas são semelhantes porque a hifa foi à estrutura micorrízica mais determinante na obtenção do valor da colonização total. Esse resultado é um indicativo muito importante para a nutrição das plantas, tendo em vista que a hifa é a estrutura responsável pela absorção de nutrientes e água para a associação micorrízica (Silveira, 1992).

A porcentagem média de hifas entre as espécies do SAF variou entre 16,5 % (coco) a 81,4% (bananeira). Resultados semelhantes foram observados por Anjun *et al.* (2006) em gramíneas, entre 21 a 82 % e superiores a Moreira (2006), que não observou presença de hifas

nas raízes de 23 essências florestais, entre elas o jatobá. Diehl & Fontenla (2010) encontraram em florestas de Araucária, na Argentina, porcentagem de hifas variando entre 14 a 44%.

Observa-se neste estudo, a importância das micorrizas arbusculares, ou seja, alta concentração de hifas no período mais crítico para as culturas, onde a deficiência hídrica pode ser bastante acentuada, afetando a disponibilidade de nutrientes na solução do solo e conseqüentemente, a absorção pelas plantas. Esse fato pode ser indicativo importante da funcionalidade da simbiose na absorção de água e nutrientes pelas plantas.

5.1.6. Ocorrência de vesículas nas raízes

Na Tabela 6 são apresentados os dados da ocorrência de vesículas. Segundo Lopes *et al.* (1983), vesículas são estruturas de reserva que armazenam lipídeos, são globosas, formadas intracelularmente, de parede espessa, originadas na extremidade das hifas e que podem funcionar também como propágulos.

Verificou-se que houve significância entre as épocas de coleta, espécies e interação entre ambos ($p < 0,01$). Nos meses de junho e agosto houve as maiores ocorrências de vesículas. As bananeiras tiveram a maior porcentagem de hifas, enquanto os limoeiros e coqueiros as menores.

Tabela 6 Ocorrência de vesículas de fungos micorrizicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM.

Espécies	Médias das coletas(1)				Médias
	10/2/2009	15/4/2009	17/6/2009	19/8/2009	
	------%-----				
Banana	67,6 a A	36,0 ab B	94,4 a A	78,0 a A	69,0 a
Cedro	54,4 a AB	38,0 a B	68,8 ab A	73,0 a A	58,5 ab
Coco	4,0 b A	3,2 c A	30,0 cd A	6,8 b A	11,1 c
Jatobá	20,8 b C	32,0 abc BC	55,0 bc B	83,0 a A	47,5 b
Limão	10,0 b A	6,0 bc A	14,4 d A	14,0 b A	11,1 c
Médias	31 B	23 B	52 A	51 A	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

No mês de fevereiro as raízes das bananeiras e dos cedros apresentaram as maiores ocorrências de vesículas. No mês de abril as raízes dos cedros tiveram as maiores porcentagens

de vesículas e os coqueiros as menores. No mês de junho as bananeiras apresentaram as maiores porcentagens de vesículas nas raízes e os limoeiros as menores. No mês de agosto, as raízes das bananeiras, dos cedros e dos jatobás apresentaram mais vesículas enquanto os limoeiros e coqueiros as menores.

Entre as bananeiras, observou-se que os meses de fevereiro, junho e agosto favoreceram significativamente a ocorrência de vesículas nas raízes. Os cedros, nos meses de junho e agosto e os jatobás, no mês de agosto. A ocorrência de vesículas nas raízes dos coqueiros e os limoeiros não foram influenciados pelas datas de coletas.

Nas essências florestais cedro (58,5%) e jatobá (47,5%), a porcentagem de vesículas ficou acima dos resultados obtidos por Moreira (2006), que verificou em 23 essências florestais variação entre 0 a 34 % e Diehl & Fontenla (2010) em floresta de Araucária, onde observaram uma variação das vesículas nas raízes entre 4 a 27 %.

Observou-se uma presença mais significativa de vesículas nos meses de junho e agosto (época seca), entretanto Diehl & Fontenla (2010), encontraram em florestas de Araucárias a maior presença de vesículas no outono (época chuvosa).

5.1.7. Ocorrência de arbúsculos nas raízes

Os arbúsculos são estruturas intracelulares temporárias formadas por ramificações continuadas de hifas, tomando grande parte do volume das células corticais e constituindo o sítio de trocas entre os dois organismos (Lopes *et al.*, 1983). Na Tabela 7 são apresentados os dados da ocorrência de arbúsculos.

Houve significância entre as épocas de coleta, espécies e interação entre ambos ($p < 0,01$). No mês de junho houve a maior ocorrência de arbúsculos e as demais não diferiram entre si. Os jatobás e os cedros tiveram as maiores ocorrências de arbúsculos, enquanto os limoeiros e coqueiros as menores.

No mês de junho os cedros tiveram as maiores ocorrências de arbúsculos nas raízes e no mês de agosto foram os jatobás, enquanto os coqueiros mostraram as menores ocorrências em ambos os meses. A maior presença de arbúsculos ocorreu em todas as espécies, no mês de junho (seca) concordando com Diehl & Fontenla (2010).

Tabela 7 Ocorrência de arbúsculos de fungos micorrizicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM.

Espécies	Médias das coletas (1)				Médias
	10/2/2009	15/4/2009	17/6/2009	19/8/2009	
	-----%-----				
Banana	7,2 a A	0,0 a B	6,0 bc AB	0,4 b AB	3,4 ab
Cedro	2,8 a B	1,2 a B	21,2 a A	3,0 ab B	7,0 a
Coco	0,0 a A	0,0 a A	2,0 c A	0,0 b A	0,5 b
Jatobá	2,4 a B	0,8 a B	14,0 ab A	12,0 a A	7,3 a
Limão	0,0 a A	0,0 a A	4,0 bc A	2,0 b A	1,5 b
Médias	2,5 B	0,4 B	9,4 A	3,5 B	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Média e desvio padrão dos dados transformados em arc seno $\{\sqrt{(x + 0,5) / 100}\}$.

Entre as bananeiras, verificou-se mais arbúsculos nas raízes no mês de fevereiro, nos cedros no mês de junho e nos jatobás nos meses de junho e agosto, enquanto nos coqueiros e nos limoeiros não foram detectadas diferenças estatísticas entre os meses.

Os resultados nas essências florestais cedros (7,0 %) e jatobás (7,3%) estão de acordo Diehl & Fontenla (2010), que observaram em florestas de Araucárias ocorrências de arbúsculos nas raízes variando entre 1 a 7 % e acima de resultados obtidos por Moreira (2006) que não observou a presença de arbúsculos em raízes de 23 essências florestais na Amazônia Ocidental. Em gramíneas, Anjun *et al.* (2006) encontraram porcentagens de arbúsculos variando de 0 a 56 %. No presente estudo, as ocorrências nas espécies foram muito baixas ou ausentes (Tabela 7), com um máximo de 21,2 % das raízes dos cedros, no mês de junho. Os arbúsculos são geralmente difíceis de serem observados e segundo Lambais (1996), são estruturas efêmeras e ciclo curto (4 a 5 dias).

5.1.8. Ocorrência de esporos nas raízes

A maioria dos estudos com micorrizas arbusculares avalia os esporos presentes no solo (esporulação). Neste trabalho foi avaliada também, a presença de esporos dentro das raízes. Segundo Lopez *et al.* (1983), os esporos de fungos micorrizicos são do tipo clamidóspero e azigospero, podendo ser formados internamente nas raízes ou no micélio externo.

Na Tabela 8 são apresentados os dados da ocorrência de esporos nas raízes das espécies componentes do Sistema Agroflorestal. Houve significância entre as épocas de coleta, espécies e interação entre ambos ($p < 0,01$).

Tabela 8 Ocorrência de esporos de fungos micorrizicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. Manaus. 2010.

Espécies	Médias das coletas (1)				Médias
	10/2/2009	15/4/2009	17/6/2009	19/8/2009	
-----%-----					
Banana	29,6 a AB	0,4 a C	44,0 a A	16,0 a B	22,5 a
Cedro	9,2 b AB	2,0 a B	14,4 b A	10,0 ab AB	8,9 b
Coco	0,4 b A	0,0 a A	2,0 c A	3,2 bc A	1,4 c
Jatobá	1,6 b AB	0,0 a B	8,0 bc A	6,8 abcAB	4,1 bc
Limão	2,0 b A	0,0 a A	0,4 c A	0,4 c A	0,7 c
Médias	8,4 A	0,5 B	13,7 A	7,3 A	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Média e desvio padrão dos dados transformados em arc seno $\{\sqrt{(x + 0,5) / 100}\}$.

Os meses de fevereiro, junho e agosto tiveram as maiores ocorrências de esporo na raiz. As bananeiras obtiveram as maiores ocorrências de esporos na raiz, enquanto o coqueiro e do limoeiro apresentaram as menores.

Nos meses de fevereiro, junho e agosto, as bananeiras mostraram os maiores números de esporos nas raízes, enquanto os coqueiros e limoeiros apresentaram os menores. No mês de abril não houve diferenças entre as espécies.

Entre as bananeiras, cedros e jatobás, as maiores ocorrências de esporos nas raízes foi no mês de junho e as menores no mês de abril, enquanto no coqueiro e no limoeiro não foi detectada diferença estatística nos meses.

Todas as espécies apresentaram baixas porcentagens de esporos nas raízes, apesar da esporulação (esporo no solo) ser altas em todas as espécies (Tabela 2). Segundo Clapp *et al.* (1995) e Rosendahl & Stukenbrock (2004), geralmente as espécies micorrízicas mais abundantes na forma de esporos nos solo podem não representar as mais abundantes no interior das raízes.

5.1.9 – Equações de regressões entre as variáveis micorrízicas.

Na Tabela 9 são apresentadas as equações de regressões envolvendo todas as estruturas micorrízicas.

Das 14 equações entre as estruturas micorrízicas na bananeira houve seis correlações positivas: Hifas x colonização total ($R^2 = 99 \%$, $p < 0,01$); hifas x vesículas ($R^2 = 93 \%$, $p < 0,01$); hifas x esporo na raiz ($R^2 = 63 \%$, $p < 0,01$); vesículas x colonização total ($R^2 = 93 \%$, $p < 0,01$); vesículas x esporo na raiz ($R^2 = 70\%$, $p < 0,01$) e arbúsculos x esporo na raiz ($R^2 = 63 \%$, $p < 0,01$).

As correlações entre hifas e colonização total já eram esperadas tendo em vista que as hifas correspondem à estrutura mais determinante no cálculo da colonização total, assim como, em menor valor, as vesículas. A influencia das hifas sobre as vesículas e esporos nas raízes também é esperada tendo em vista que essas estruturas são originadas a partir das hifas. Importante destacar a correlação dos arbúsculos, que são os sítios de troca entre os organismos (Lopes *et al.*, 1983), influenciando positivamente a produção de esporos nas raízes.

No cedro, entre as 14 equações, duas correlações foram negativas: Esporo no solo x colonização total ($R^2 = - 44 \%$, $p < 0,05$); esporo no solo x vesículas ($R^2 = - 47 \%$, $p < 0,05$); e cinco correlações foram positivas: hifas x colonização total ($R^2 = 95 \%$, $p < 0,01$); hifas x vesículas ($R^2 = 86 \%$, $p < 0,01$); hifas x esporo na raiz ($R^2 = 66 \%$, $p < 0,01$); vesículas x colonização total ($R^2 = 94 \%$, $p < 0,01$); vesículas x esporo na raiz ($R^2 = 69 \%$, $p < 0,01$).

A colonização micorrízica é uma característica que pode ser afetada por inúmeros fatores como a espécie vegetal, a idade da planta, a densidade de raízes, dos propágulos de FMA no solo, a eficiência de colonização de FMA e o manejo do solo, dentre outros (Afek *et al.* 1990). Burity *et al.* (2000) observaram que a presença do rizóbio aumenta a colonização micorrízica e diminui a esporulação em mudas da leguminosa Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth).

Cordeiro *et al.* (2005) verificaram que os tratamentos com maior colonização micorrízica, cultivados com gramíneas, tenderam a apresentar maior número de esporos, porém a maior esporulação pode ser atribuída ao sistema radicular abundante e de rápido crescimento das gramíneas. Em áreas florestais do Paraná, Brasil, Souza *et al.* (2007) verificaram uma alta correlação positiva entre a colonização das raízes e a produção dos esporos dos fungos MA.

Tabela 9 Equações de regressão entre as estruturas micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010.

Espécies	Equações	r ² (%)	Espécies	Equações	r ² (%)
Banana	CT = 92,5 - 0,61ES	- 17,2 ns	Jatobá	CT = 99,73 - 0,21ES	- 38,5 ns
	H = 92,3 - 0,06ES	- 18,0 ns		H = 94,68 - 0,21ES	- 40,8 ns
	V = 74,5 - 0,03ES	- 7,7 ns		V = 99,92 - 0,28ES	- 50,1 ns
	A = 16,2 - 0,04ES	- 4,0 ns		A = 13,57 - 0,002ES	- 1,3 ns
	ER = 24,7 + 0,05ES	2,4 ns		ER = 19,21 + 0,04ES	- 39,5 ns
	CT = -0,89 + 1,00H	99,7**		CT = 1,26 + 0,89H	95,5**
	V = -20,3 + 1,00H	92,9**		V = -5,42 + 0,94H	85,9**
	A = 0,68 + 0,10H	3,7 ns		A = 5,94 + 0,12H	34,7 ns
	ER = - 8,64 + 0,42H	63,0**		ER = 1,19 + 0,16H	70,7**
	CT = - 21,4 + 1,10V	92,8**		CT = - 0,38 + 0,72V	93,5**
	A = 3,00 + 0,09V	38,2 ns		A = 5,81 + 0,15V	45,8*
	ER = -1,51 + 0,39V	69,6**		ER = 1,88 + 0,19V	69,0**
	CT = 70,04 + 1,27 ^a	36,4 ns		CT = 45,16 + 1,22A	42,1 ns
	ER = 11,7 + 1,49A	63,2**		ER = 5,91 + 0,35A	54,9*
Cedro	CT = 85,69 - 0,09ES	- 44,3*	Limão	CT = 34,82 - 0,02ES	- 13,7 ns
	H = 72,41 - 0,07ES	- 28,7 ns		H = 32,21 - 0,01ES	- 10,2 ns
	V = 80,82 - 0,10ES	- 47,3*		V = 13,09 - 0,01ES	- 15,0 ns
	A = 15,48 - 0,01ES	- 11,7 ns		A = 9,37 - 0,01ES	- 38,7 ns
	ER = 22,44 - 0,03ES	- 35,6 ns		ER = 6,32 - 0,003ES	- 15,5 ns
	CT = -11,0 + 1,05H	94,8**		CT = - 1,74 + 1,01H	99,5**
	V = 11,42 + 0,81H	86,5**		V = 4,23 + 0,43H	64,1**
	A = 4,35 + 0,14H	34,8 ns		A = 6,30 + 0,01H	7,2 ns
	ER = 0,58 + 0,25H	65,8**		ER = 3,97 + 0,06H	50,1*
	CT = -6,10 + 0,98V	94,5**		CT = 8,62 + 0,30V	66,9**
	A = 7,52 + 0,09V	20,5 ns		A = 4,73 - 0,18V	36,2 ns
	ER = -137 + 0,28V	69,3 **		ER = 3,53 + 0,12V	42,4 ns
	CT = 58,00 + 0,60A	28,7 ns		CT = 26,7 + 0,53A	12,5 ns
	ER = 10,7 + 0,37A	40,5 ns		ER = 5,58 + 0,02A	4,2 ns
Coco	CT = 24,86 - 0,03ES	- 26,6 ns			
	H = 27,98 - 0,03ES	- 33,4 ns			
	V = 21,82 - 0,02ES	- 29,7 ns			
	A = 6,21 - 0,005ES	- 28,0 ns			
	ER = 6,20 + 0,01ES	4,2 ns			
	CT = - 0,06 + 0,95H	99,0**			
	V = - 0,50 + 0,80H	92,2**			
	A = 2,15 + 0,20H	60,2**			
	ER = 2,46 + 0,21H	51,3*			
	CT = - 1,03 + 0,79V	94,4**			
	A = 3,54 - 0,14V	75,0**			
	ER = 3,15 + 0,20V	51,8*			
	CT = 15,9 + 0,70A	33,4 ns			
ER = 5,96 + 0,10A	5,7 ns				

(¹) ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

Apesar da esporulação nas rizosferas dos cedros ter sido alta, 202 esporos/50g de solo (Tabela 3) e a porcentagem de colonização total e presença de hifas terem sido acima de 50% (Tabelas 4 e 5), no presente trabalho ocorreu uma correlação negativa entre essas variáveis, contrariando os trabalhos anteriores. Entretanto, Azevedo (2008) observou que a magnitude da esporulação no solo pode não refletir o grau de colonização das raízes. As demais correlações positivas já eram esperadas.

Nas demais espécies componentes do SAF não ocorreram correlações significativas entre esporulação e as variáveis micorrízicas. Para Daniels-Hetrick & Bloom (1986) e Douds Jr (1994), não há relação entre colonização e esporulação.

No coqueiro, entre as 14 equações, sete foram positivas (Tabela 8): Hifas x colonização total ($R^2 = 99 \%$, $p < 0,01$); hifas x vesículas ($R^2 = 92 \%$, $p < 0,01$); hifas x arbúsculos ($R^2 = 60 \%$, $p < 0,01$); hifas x esporo na raiz ($R^2 = 51 \%$, $p < 0,05$); vesículas x colonização total ($R^2 = 94 \%$, $p < 0,01$); vesículas x arbúsculos ($R^2 = 75 \%$, $p < 0,01$) vesículas x esporo na raiz ($R^2 = 52 \%$, $p < 0,05$).

Observa-se nos coqueiros a influencia positiva das hifas e das vesículas na ocorrência de arbúsculos. A influencia das hifas já era esperada tendo em vista que os arbúsculos são originados das hifas; entretanto, as vesículas são estruturas de reservas do fungo e os arbúsculos são sítios de trocas entre os organismos (Lopes *et al.*, 1983), determinando uma relação positiva entre essas estruturas na liberação de nutrientes de reservas para a planta. Segundo Siqueira *et al.* (1994), um dos efeitos mais importantes dos FMAs é o aumento da absorção e armazenamento temporário de nutrientes não disponíveis às plantas, evitando sua imobilização química ou biológica e lixiviação. As demais correlações já eram esperadas.

Nos jatobás, ocorreram também sete correlações positivas, entre as 14 (Tabela 9): Hifas x colonização total ($R^2 = 95 \%$, $p < 0,01$); hifas x vesículas ($R^2 = 86 \%$, $p < 0,01$); hifas x esporo na raiz ($R^2 = 71 \%$, $p < 0,05$); vesículas x colonização total ($R^2 = 93 \%$, $p < 0,01$); vesículas x arbúsculos ($R^2 = 46 \%$, $p < 0,05$); vesículas x esporo na raiz ($R^2 = 69 \%$, $p < 0,01$) e arbúsculos x esporos na raiz ($R^2 = 55 \%$, $p < 0,05$). Importante destacar nos jatobás, a influencia das vesículas na ocorrência de arbúsculos e esporos nas raízes e dos arbúsculos, nas bananeiras, influenciando ocorrência de esporos nas raízes.

Apenas quatro correlações positivas foram observadas nos limoeiros (Tabela 9): Hifas x colonização total ($R^2 = 99 \%$, $p < 0,01$); hifas x vesículas ($R^2 = 64 \%$, $p < 0,01$); hifas x esporo na raiz ($R^2 = 50 \%$, $p < 0,05$) e vesículas x colonização total ($R^2 = 67 \%$, $p < 0,01$). Todas as correlações já eram esperadas.

5.1.10 – Equações de regressões entre as características químicas do solo e componentes micorrízicos.

5.1.10.1 – Equações de regressões entre pH e Al com os componentes micorrízicos.

Na Tabela 10 são apresentadas as equações de regressão relacionando os valores de pH e Al nos solos com os componentes micorrízicos. O valor do pH médio no Sistema Agroflorestal era 4,5 (Tabela 2), considerado baixo por Moreira *et al.* (2002). Segundo Daft & El-Giahmi (1975) e Bowen (1980), os fungos micorrízicos arbusculares são encontrados em solos com pH variando de 2,7 a 9,2. De acordo com Siqueira & Franco (1988), o pH é o fator condicionante mais evidente no desenvolvimento das micorrizas arbusculares, influenciando na disponibilidade de nutrientes e no comportamento das espécies, podendo inibir as funções da associação.

Nas bananeiras, o pH (4,2 a 4,4) apresentou correlação negativa com a colonização total ($R^2 = -54 \%$, $p < 0,05$) e hifas ($R^2 = -55 \%$, $p < 0,05$). Como as porcentagens de colonização total (Tabela 4) e presença de hifas nas raízes (Tabela 5) foram altas, podemos afirmar que o pH não afetou a relação planta-fungo, indicando que essas espécies nativas de fungo micorrízico estão adaptadas a essa faixa de pH.

Nos jatobás, o pH (3,9 a 4,2), também correlacionou-se negativamente com as hifas ($R^2 = -50 \%$, $p < 0,05$), vesículas ($R^2 = -45 \%$, $p < 0,05$) e esporos na raiz ($R^2 = -56 \%$, $p < 0,01$). As hifas e vesículas apresentaram porcentagens médias de ocorrência nas raízes (Tabela 5 e 6), segundo Carneiro (1998). Apesar da presença das estruturas micorrízicas nas raízes terem diminuído, observa-se novamente, que os fungos micorrízicos nativos e os jatobás, estão adaptados a essa faixa de pH. A presença dos esporos nas raízes foi baixa (0 a 8 %) e influenciada pelo pH, entretanto a ocorrência reduzida foi generalizada em todas as espécies (Tabela 8).

Nos limoeiros, o aumento no pH (4,3 a 5,1) favoreceu a esporulação ($R^2 = 50 \%$, $p < 0,01$) e foi negativo para arbúsculos ($R^2 = -50 \%$, $p < 0,05$), indicando influência negativa da acidez na esporulação e positiva na presença de arbúsculos. Nos cedros e nos coqueiros não houve significância nas equações.

Tabela 10 Equações de regressão relacionando os valores de pH e Al no solo e as variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010. (1)

Espécies	Equações pH H ₂ O	r ² (%)	Equações Al	r ² (%)	Variações
Banana	ES = 174,5 - 1,93pH CT = 453,1 - 86,0pH H = 462,7 - 88,37pH V = 364,3 - 68,44pH A = 3,47 + 1,36pH ER = 65,13 - 9,13pH	-0,0 ns -53,9* -55,0* -36,0ns 2,9 ns -8,5 ns	ES = 145 + 13,8Al CT = 46,5 + 23,5Al H = 42,8 + 25,5Al V = 35,2 + 22,5Al A = 13,3 - 2,2Al ER = 27,7 - 1,3Al	6,6 ns 31,3 ns 33,8 ns 25,2 ns -9,5 ns -2,6 ns	ES = 134 a 216 esporos/50g solo CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	pH H ₂ O = 4,2 a 4,4		Al = 1,2 a 1,7 cmolc/kg		
Cedro	ES = -321 + 126pH CT = 73,55 - 1,94H H = 192,4 - 32,4pH V = 147,2 - 21,3pH A = 51,7 - 9,37pH ER = 21,8 - 1,52pH	30,8 ns -7,8 ns -32,4ns -22,7ns -21,9ns -3,9 ns	ES = 306 - 63Al CT = 34,9 + 18,8Al H = 31,9 + 15,9Al V = 32,5 + 15,9Al A = 10,3 + 1,6Al ER = 15,9 - 0,25Al	-22ns 30,7 ns 23,4 ns 24,9 ns 5,5 ns -0,0 ns	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	pH H ₂ O = 3,9 a 4,3		Al = 1,2 a 1,9 cmolc/kg		
Coco	ES = -111 + 56,7pH CT = -20,6 + 7,42pH H = -4,15 + 4,89pH V = 0,21 + 3,16pH A = 2,44 + 0,52pH ER = 5,4 + 0,2pH	29,2 ns 26,8 ns 23,1 ns 17,0 ns 12,8 ns 2,9 ns	ES = 19,9 - 3,2Al CT = 22,8 - 0,81Al H = 22,3 - 2,04Al V = 18,8 - 4,07Al A = 5,7 - 1,14Al ER = 4,6 + 3,5Al	-9,2 ns -2,8 ns -5,0 ns -11 ns -14 ns 25,7 ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	pH H ₂ O = 4,5 a 5,8		Al = 0,3 a 0,8 cmolc/kg		
Jatobá	ES = -509 + 167pH CT = 410,8 - 84,5pH H = 459,1 - 97,4pH V = 453,4 - 98,1pH A = 105,3 - 22,3pH ER = 117,4 - 25,8pH	44,2 ns -40,6ns -49,6* -45,4* -31ns -56**	ES = 123,1 + 43Al CT = 108,6 - 35,2Al H = 96,7 - 30Al V = 80,7 - 27,1Al A = 33,7 - 15,2Al ER = 23,1 - 9,3Al	32,7 ns -48,3* -44,0* -48,3* -61,2** -58,5**	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	pH H ₂ O = 3,9 a 4,2		Al = 0,9 a 1,7 cmolc/kg		
Limão	ES = -368 + 116pH CT = -43,9 + 15,7pH H = 102,5 - 9,8pH V = 117 - 15,4pH A = 60,6 - 10,0pH ER = 31,2 - 4,3pH	49,9* 42,2 ns -17,7ns -33,8ns -49,8* -33,9ns	ES = 195,7 - 18,9Al CT = 38,7 - 9,4Al H = 37,0 - 18,1Al V = 22,7 - 10,8Al A = 6,9 - 0,31Al ER = 6,2 - 1,1Al	-10,1 ns -31,4 ns -33,4 ns -44,0 * -2,5 ns -16,4 ns	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	pH H ₂ O = 4,3 a 5,1		Al = 0,1 a 0,6 a cmolc/kg		

(1) ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

Importante destacar, também, que à medida que aumenta o pH começa a favorecer a micorrização em algumas espécies, como ocorreu no limoeiro, entretanto em outras, como o coqueiro, esse efeito não foi significativo. Segundo Lambais & Cardoso (1988), o efeito de

baixos valores de pH do solo sobre os FMA é difícil de ser avaliado isoladamente, uma vez que este fator aumenta a disponibilidade de vários elementos, como os íons metálicos Al, Cu, Fe, Mn e Zn e esses íons, por sua vez, influenciam tanto os FMA quanto seus hospedeiros.

O alto teor de Al (0,9 a 1,7 cmolc/kg) na rizosfera dos jatobás correlacionou-se negativamente com a colonização total ($R^2 = -48 \%$, $p < 0,05$), hifas ($R^2 = -44 \%$, $p < 0,05$), vesículas ($R^2 = -48 \%$, $p < 0,05$), arbúsculos ($R^2 = -61 \%$, $p < 0,01$) e esporos na raiz ($R^2 = -58 \%$, $p < 0,01$), enquanto nos limoeiros, o baixo teor de Al (0,1 a 0,6 cmolc/kg) teve efeito negativo apenas nas vesículas ($R^2 = -44 \%$, $p < 0,05$). O alto teor de Al (acima de 1,2) na rizosfera das bananeiras e cedros e médio teor de Al (abaixo de 0,85) no coqueiro (Tabela 2), não influenciaram as variáveis micorrízicas.

Apesar do alto teor de Al rizosférico nos jatobás (Tabela 2) correlacionar negativamente com a colonização total e demais estruturas micorrízicas, a porcentagem de colonização total, hifas e vesículas estavam na faixa de 50%, valor considerado alto para essenciais florestais. Moreira (2006) e Diehl & Fontenla (2010) encontraram valores máximos para essas variáveis micorrízicas abaixo de 50%. O alto valor dessas variáveis micorrízicas é um indicativo da tolerância do fungo e da planta a níveis tóxicos de alumínio. Entretanto, os arbúsculos e esporos presentes nas raízes foram influenciados significativamente pelo Al.

Nos limoeiros, o baixo teor de Al (Tabela 2), correlacionou negativamente com as vesículas, influenciando sua ocorrência nas raízes (abaixo de 15%), valor considerado baixo, já que a colonização em pomares de citrus é geralmente abundante (Oliveira *et al.*, 1986; Weber & Oliveira, 1994; Oliveira & Coelho, 1995; França, 2004; Nunes, 2004).

No presente trabalho, o Al rizosférico relacionou com as variáveis micorrízicas e espécies de planta de maneira diferenciada. Nas bananeiras, cedros e coqueiros não houve correlações, nos jatobás houve correlação negativa, entretanto sem afetar a colonização, hifas e vesículas e afetando os arbúsculos e esporos nas raízes e nos limoeiros influenciou negativamente a presença de hifas. Essa tolerância da associação micorrízica ao Al tóxico, na maioria das espécies do SAF, é uma importante contribuição do fungo para a nutrição das plantas no sistema. Segundo Lambais & Cardoso (1988), plantas cultivadas em solos ácidos, distróficos, com níveis tóxicos de Al necessitam dos fungos micorrízicos para tolerar tais condições. Ruffykiri *et al.* (2000) concluíram que a inoculação da espécie micorrízica *Glomus intraradices* foi eficiente em diminuir os efeitos negativos da toxicidade de Al em bananeiras, diminuindo o acúmulo de Al na parte aérea e raiz e aumentando Ca, Mg e P, o que é de grande importância para uma planta de região tropical.

5.1.10.2 – Equações de regressões entre Ca e Mg e as estruturas micorrizicas.

Na Tabela 11 são apresentadas às equações de regressões relacionando o teor de cálcio e magnésio no solo e as estruturas micorrizicas.

Nos limoeiros, o teor de Ca rizosférico correlacionou-se positivamente com a esporulação ($R^2 = 64 \%$, $p < 0,05$). O teor na rizosfera dos limoeiros (0,73 a 1,81 cmolc/kg), estava com nível entre baixo e médio, enquanto a média do Sistema Agroflorestal (0,88 cmolc/kg) era baixo, de acordo com Moreira *et al* (2002). O teor de Ca na rizosfera dos limoeiros estava mais elevado do que a média do SAF, devido à aplicação de calcário pelo agricultor, que influenciou positivamente a esporulação (Tabela 12). A esporulação nos limoeiros variou entre 129 - 251 esporos/50g de solo, valores considerados altos. Em pomares de citros, Moreira & Siqueira (2002) e Durazzini (2008) encontraram valores abaixo de 150 esporos/50g de solos.

Apesar da rizosfera dos coqueiros apresentarem os maiores níveis de pH e Ca, o mesmo não apresentou correlações significativas. Com relação às demais espécies, o baixo teor de Ca rizosférico (Tabela 2) pode ter sido o responsável pela ausência de correlações. Segundo Siqueira *et al.* (1989), a aplicação de calcário e fertilizante nos solos pobres do cerrado favorece a micorrização das culturas.

O teor médio de Mg na rizosfera dos coqueiros (Tabela 11) influenciou positivamente as vesículas ($R^2 = 50 \%$, $p < 0,05$) e os arbúsculos ($R^2 = 46 \%$, $p < 0,05$). Na rizosfera dos limoeiros a resposta também foi positiva com as hifas ($R^2 = 48 \%$, $p < 0,05$). O teor de Mg na rizosfera dos coqueiros estava entre 0,34 e 0,43 cmolc/kg e nos limoeiros entre 0,27 e 0,55 cmolc/kg, níveis considerados baixo por Moreira *et al.* (2002).

Importante destacar que a aplicação do calcário, além de elevar o pH (Tabela 2), na rizosfera dos coqueiros e limoeiros, aumentou os teores de Ca e Mg rizosférico e favoreceu a ocorrência de correlações positivas, o Ca influenciando a esporulação no limoeiro e o Mg influenciando as vesículas e arbúsculos nos coqueiros e as hifas no limoeiro. De acordo com Siqueira & Franco (1988), o pH é o fator condicionante mais evidente no desenvolvimento das micorrizas arbusculares, influenciando na disponibilidade de nutrientes e no comportamento das espécies.

Tabela 11 Equações de regressão relacionando os teores de Ca e Mg no solo e as variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010. ⁽¹⁾

Espécies	Equações Ca	r ² (%)	Equações Mg	r ² (%)	Variações
Banana	ES = 142,7 + 29,86Ca	12,4ns	ES = 175,9 - 30,6Mg	-5,4 ns	ES = 134 a 216 esporos/50g solo CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	CT = 67,89 + 18,02Ca	20,8 ns	CT = 76,4 + 18,0Mg	8,9 ns	
	H = 67,85 + 17,3Ca	19,9 ns	H = 80,3 + 3,16Mg	1,5 ns	
	V = 42,24 + 29,21Ca	28,4 ns	V = 66,3 + 8,6Mg	3,6 ns	
	A = 7,63 + 2,19Ca	8,9 ns	A = 4,7 + 14,4Mg	25,2 ns	
	ER = 14,8 + 13,89Ca	23,8 ns	ER = 17,1 + 26,9Mg	19,9 ns	
	Ca = 0,60 a 0,97 cmolc/kg		Mg = 0,25 a 0,41 cmolc/kg		
Cedro	ES = 206,3 - 8,1Ca	-3,6 ns	ES = 178 + 190Mg	12,3 ns	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	CT = 65,4 - 2,38Ca	-4,6ns	CT = 76,1 - 81,2Mg	-23ns	
	H = 61,5 - 7,88Ca	-14ns	H = 69 - 88,3Mg	-24ns	
	V = 59,5 - 1,84Ca	-3,6 ns	V = 68,3 - 75,7Mg	-21ns	
	A = 14,2 - 2,79Ca	-12 ns	A = 13,7 - 6,1Mg	-3,8 ns	
	ER = 16,7 - 2,76Ca	-13 ns	ER = 15,7 - 1,4Mg	-0,0 ns	
	Ca = 0,30 a 0,64 cmolc/kg		Mg = 0,10 a 0,15 cmolc/kg		
Coco	ES = 144,8 + 35,9Ca	21,1 ns	ES = 237 - 141Mg	-17ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	CT = 22,3 - 0,02Ca	-0,0 ns	CT = 9,3 + 34,2Mg	37,2 ns	
	H = 21,9 - 0,38Ca	-2,1 ns	H = 9,3 + 31,6Mg	35,8 ns	
	V = 13,3 + 2,03Ca	13,0 ns	V = 1,8 + 38,9Mg	50,4*	
	A = 4,3 + 0,50Ca	14,9 ns	A = 2,1 + 7,7Mg	46,3*	
	ER = 6,72 - 0,14Ca	-2,3 ns	ER = 4,6 + 4,9Mg	16,4 ns	
	Ca = 1,36 a 1,95 cmolc/kg		Mg = 0,34 a 0,43 cmolc/kg		
Jatobá	ES = 157 + 61,4Ca	25,4 ns	ES = 141 + 258Mg	22,1 ns	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	CT = 62,4 - 3,17Ca	-2,3 ns	CT = 55,7 + 34,7Mg	5,4 ns	
	H = 55,2 - 14,89Ca	-15ns	H = 58,9 - 1,71Mg	-2,8 ns	
	V = 44 + 0,17Ca	0,0 ns	V = 37,1 + 69,3Mg	10,3 ns	
	A = 8,9 + 10,68Ca	23,2 ns	A = 10,1 + 19,1Mg	8,6 ns	
	ER = 10,8 - 0,83Ca	-2,8 ns	ER = 11,1 - 2,9Mg	-2,0 ns	
	Ca = 0,31 a 0,42 cmolc/kg		Mg = 0,14 a 0,16 cmolc/kg		
Limão	ES = 95,9 + 71,32Ca	55,3*	ES = 100 + 199Mg	41,0 ns	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = 21,0 + 8,06Ca	38,9 ns	CT = 28,9 + 9,4Mg	2,3 ns	
	H = 19,5 + 8,25Ca	38,9 ns	H = 14,0 + 38,2Mg	47,9*	
	V = 15,1 + 2,49Ca	26,0 ns	V = 16,7 + 3,1Mg	8,7 ns	
	A = 8,44 - 1,64Ca	-34ns	A = 9,0 - 5,08Mg	-32ns	
	ER = 4,5 + 1,06Ca	38,6 ns	ER = 4,8 + 2,3Mg	22,2 ns	
	Ca = 0,73 a 1,81 cmolc/kg		Mg = 0,27 a 0,55 cmolc/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

5.1.10.3 – Equações de regressões entre K e P na rizosfera e as estruturas micorrizicas.

Na Tabela 12 são apresentadas às equações de regressões relacionando os teores de potássio e fósforo no solo com as estruturas micorrizicas. O teor de K rizosférico teve apenas uma correlação negativa, com a esporulação nos limoeiros. O teor de K nas rizosferas dos limoeiros e a média do Sistema Agroflorestal é considerada baixa de acordo com Moreira *et al.* (2002).

A esporulação nos limoeiros variou entre 129 - 251 esporos/50g de solo, valores considerados altos. Em pomares de citros, Moreira & Siqueira (2002) e Durazzini (2008) encontraram valores abaixo de 150 esporos/50g de solos. O resultado mostra que o fungo responsável pela esporulação está adaptado ao baixo nível K. Entretanto, o aumento na colonização e esporulação micorrízica em resposta a aplicação de K no solo foi observada em plantas cultivadas (Sieverding, 1991; Harinikumar & Bagyaraj (n.p.) citados por Munyanziza *et al.*, 1997).

O teor de P na rizosfera (4,4 a 10,1 mg/kg) das bananeiras correlacionou negativamente com a colonização total ($R^2 = -55 \%$, $p < 0,05$), hifas ($R^2 = -59 \%$, $p < 0,01$) e vesículas ($R^2 = -54 \%$, $p < 0,05$). Nos cedros (3,4 a 10,6 mg/kg), correlacionou-se negativamente com colonização total ($R^2 = -44 \%$, $p < 0,01$) e ocorrências de hifas ($R^2 = -45$, $p < 0,05$).

Nos jatobás, o teor de P na rizosfera (3,4 a 8,1 mg/kg) correlacionou-se positivamente com o número de esporos no solo ($R^2 = 55 \%$, $p < 0,05$) e negativa com a presença de arbúsculos ($R^2 = -45 \%$, $p < 0,05$) e nos limoeiros (3,4 a 6,9 mg/kg) foi positiva com a esporulação ($R^2 = 44 \%$, $p < 0,05$). Não houve correlação entre P (8,4 a 15,1 mg/kg) e FMA na rizosfera dos coqueiros (Tabela 12).

O P rizosférico (3,4 a 10,6 mg/kg) nas bananeiras, cedros, jatobás e limoeiros (Tabela 12) influenciaram de maneira diferenciada as variáveis micorrízicas, ou seja, negativamente os variáveis presentes nas raízes (colonização total, hifas e vesículas) e positivamente as presentes no solo (esporulação).

Apesar da influencia negativa do P rizosférico (3,4 a 10,6 mg/kg) sobre as estruturas presentes nas raízes, a colonização total e hifas estavam altas nas bananeiras e cedros (Tabela 12), indicando que o fungo e a planta estão adaptados a essa faixa de P no solo e que valores acima podem inibir a simbiose, o que é um importante indicativo da funcionalidade associação para a nutrição das plantas em um solo ácido e de baixa fertilidade.

Tabela 12 Equações de regressão relacionando os teores de K e P no solo e as variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010. (1)

Espécies	Equações de K	r ² (%)	Equação de P	r ² (%)	Variações
Banana	ES = 142 + 195,1K	16,4 ns	ES = 171,6 - 0,71P	-3,6 ns	ES = 134 a 216 esporos/50g solo CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	CT = 65,9 + 131,3K	30,7 ns	CT = 111,7 - 3,89P	-55,4*	
	H = 64,8 + 135,3K	31,5 ns	H = 113,1 - 4,15P	-58,7**	
	V = 46,1 + 98K	26,4 ns	V = 103,9 - 4,56P	-54,6*	
	A = 6,4 + 23,6K	19,4 ns	A = 11,0 - 0,21P	-10,9 ns	
	ER = 22,0 + 29,9K	10,4 ns	ER = 13,4 + 6,47N	15,4 ns	
	K+ = 0,09 a 0,15 cmolc/kg		P = 4,46 a 10,1 mg/kg		
Cedro	ES = 310 - 1478K	-32,2 ns	ES = 124,8 + 6,26P	29,6 ns	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	CT = 47,3 + 254K	25,1 ns	CT = 81,3 - 2,41P	-44,0*	
	H = 41,1 + 232K	20,8 ns	H = 75,7 - 2,73P	-44,7*	
	V = 38,1 + 283K	26,9 ns	V = 75,0 - 2,52P	-43,7 ns	
	A = 20,7 - 106,4K	-22,3 ns	A = 18,1 - 0,80P	-30,9 ns	
	ER = 7,6 + 108,9K	24,9 ns	ER = 20,2 - 0,72P	-30,3 ns	
	K+ = 0,05 a 0,08 cmolc/kg		P = 3,46 a 10,6 mg/kg		
Coco	ES = 197 - 82,2K	-7,5 ns	ES = 124,8 + 6,26P	29,6 ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	CT = 15,8 + 36,8K	29,6 ns	CT = 22,3 - 0,00P	-0,0 ns	
	H = 14,6 + 38,2K	32,1 ns	H = 20,5 + 0,07P	3,4 ns	
	V = 12,7 + 22,4K	21,5 ns	V = 21,0 - 0,00P	-0,0 ns	
	A = 5,01 + 0,76K	3,3 ns	A = 5,37 - 0,02P	-5,3 ns	
	ER = 5,2 + 6,9K	17,1 ns	ER = 7,5 - 0,10P	-14,1 ns	
	K+ = 0,08 a 0,27 cmolc/kg		P = 8,39 a 15,1 mg/kg		
Jatobá	ES = 189 - 95,2K	-4,8 ns	ES = 117,1 + 11,4P	55,5*	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	CT = 24,4 + 420K	38,6 ns	CT = 80,6 - 3,37P	-29,7 ns	
	H = 21,5 + 396K	38,7 ns	H = 70,2 - 2,4P	-22,2 ns	
	V = 15,8 + 322K	38,1 ns	V = 76,9 - 5,01P	-42,1 ns	
	A = 8,8 + 48,7K	12,9 ns	A = 23,4 - 1,78P	-45,0*	
	ER = 7,3 + 36,3K	15,1 ns	ER = 16,3 - 1,01P	-40,1 ns	
	K+ = 0,07 a 0,11 cmolc/kg		P = 3,4 a 8,1 mg/kg		
Limão	ES = 391 - 2905K	-56,7**	ES = 91,8 + 17,0P	44,3*	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = 40,1 - 44,5K	-20,5 ns	CT = 34,7 - 0,85P	-13,8 ns	
	H = 14,8 + 185K	18,1 ns	H = 33,6 - 0,86P	-13,5 ns	
	V = 15,8 + 322K	38,1 ns	V = 11,7 - 0,12P	-4,5 ns	
	A = 8,8 + 48,7K	12,9 ns	A = 8,1 - 0,26P	-18,3 ns	
	ER = 7,3 + 36,3K	15,1 ns	ER = 4,4 - 0,28P	28,7 ns	
	K+ = 0,06 a 0,08 cmolc/kg		P = 3,4 a 6,9 mg/kg		

(1) ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

Os efeitos negativos do P sobre a colonização são relatados por vários autores (Paula & Siqueira, 1987; Fernandes *et al.* 1987; Siqueira & Franco, 1988; Siqueira *et al.* 1989; Paul & Clark, 1996; Oliveira, 2001). Em contrapartida, os efeitos positivos de P sobre a esporulação e

colonização também são descritos por diversos autores (Cardoso *et al.*, 1986; Paulino *et al.*, 1986; Almeida *et al.*, 1988; Almeida *et al.*, 1991; Siqueira *et al.*, 1993; Costa, 1994).

Menge *et al.* (1982), em trabalhos conduzidos na Califórnia com citros, verificaram que a inoculação com FMA resultou em parasitismo em solos com menos de 2 mg/kg de P e em respostas positivas naqueles com 2 a 35 mg/kg de fósforo disponível e a inoculação não foi benéfica para o crescimento de citros no solo com mais de 35 mg/kg do elemento. Entretanto, Yost & Fox (1979) e Janos (1980) observaram que para certas plantas tropicais, o micotrofismo é benéfico, mesmo em solos com altos níveis de fósforo.

Antunes *et al.* (1988), em mudas de cafeeiros verificaram que diferentes solos adubados com superfosfato triplo, resultando em 65 mg/kg de fósforo disponível, não afetou a taxa de colonização da raiz pelos fungos, mas influenciou no grau de eficiência da simbiose.

Siqueira & Colozzi-Filho (1986), trabalhando com mudas de cafeeiro e fosfato solúvel, encontraram no solo com menos que 10 mg/kg de P disponível, simbiose de natureza parasítica ou neutra. Quando se situava entre 10 e 100 mg/kg, a simbiose foi mutualista e, entre 100 e 300 mg/kg, exibiu zona de transição entre mutualismo e parasitismo. Em quantidades de P disponível maior que 300 mg/kg, observaram-se uma relação parasítica.

O teor de P no solo interfere na colonização e na esporulação dos fungos micorrízicos arbusculares, sendo os efeitos deste nutriente na colonização, diferente entre espécies, pois atuam via nutrição de plantas e, por isto, a quantidade do nutriente requerida para inibir a colonização depende da capacidade de absorção e translocação na espécie vegetal (Paula & Siqueira, 1987; Fernandes *et al.*, 1987; Siqueira *et al.*, 1989). A relação entre a colonização micorrízica e densidade de esporos com as propriedades físicas e químicas do solo variam consideravelmente (Siqueira, 1994).

5.1.10.4 – Equações de regressões entre N e C na rizosfera e as estruturas micorrízicas.

Na Tabela 13 são apresentadas as equações de regressões relacionando o nitrogênio e o carbono com as estruturas micorrízicas. O teor de N na rizosfera das bananeiras variou entre 1,6 a 2,2 g/kg (Tabela 2), nível considerado alto por Cochrane *et al.* (1985), e correlacionou positivamente com as hifas ($R^2 = 44 \%$, $p < 0,05$) e vesículas ($R^2 = 48 \%$, $p < 0,05$). Nas demais espécies não se verificaram significâncias.

Tabela 13 Equações de regressão relacionando os teores de N e C no solo e variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010. ⁽¹⁾

Espécies	Equações de N	r ² (%)	Equações de C	r ² (%)	Variações
Banana	ES = 119,3 + 24,6N CT = 29,8 + 27,3N H = 29,3 + 27,4N V = 1,27 + 35,8N A = 9,9 - 0,29N ER = 13,4 + 6,47N	14,2 ns 43,7 ns 43,9* 48,4* -1,6 ns 15,4 ns	ES = 188,2 - 1,20C CT = 101,0 - 1,04C H = 101,0 - 1,07C V = 93,2 - 1,31C A = 8,02 + 0,07C ER = 34,6 - 0,48C	-18,2 ns -43,7 ns -44,9* -46,5* 10,7 ns -30,4 ns	ES = 134 a 216 esporos/50g solo CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	N = 1,6 a 2,2 g/kg		C = 8,7 a 27,3 g/kg		
Cedro	ES = 321,9 - 68,7N CT = 41,0 + 14,3N H = 41,7 + 9,47N V = 45,8 + 7,5N A = 9,20 + 2,19N ER = 25,2 - 5,58N	-19,9 ns 18,9 ns 11,3 ns 9,5 ns 6,1 ns -17,0 ns	ES = 141,4 + 4,01C CT = 82,9 - 1,11C H = 73,8 - 1,01C V = 78,0 - 1,25C A = 20,1 - 0,46C ER = 22,1 - 0,43C	39,6 ns -49,9* -41,4 ns -54,1* -44,7* -44,9*	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	N = 1,6 a 1,8 g/kg		C = 5,3 a 24,8 g/kg		
Coco	ES = 266,6 - 46,5N CT = 22,4 - 0,05N H = 21,5 - 0,15N V = 10,8 + 3,21N A = 4,19 + 0,53N ER = 5,97 + 0,32N	-17,9 ns -0,0 ns -0,0 ns 13 ns 9,8 ns 3,3 ns	ES = 228,7 - 2,66C CT = 29,7 - 0,40C H = 27,5 - 0,34C V = 23,8 - 0,39C A = 6,42 - 0,06C ER = 8,78 - 0,12C	-29,5 ns -35,8 ns -31,6 ns -41,9 ns -33,8 ns -34,0 ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	N = 1,4 a 2,0 g/kg		C = 6,4 a 31,1 g/kg		
Jatobá	ES = 236 - 31,1N CT = 19,8 + 23,9N H = 12,0 + 24,9N V = -24,1 + 40,6N A = 4,73 + 4,72N ER = 5,97 + 0,32N	-15,9 ns 21,6 ns 24,6 ns 36,4 ns 12,7 ns 3,3 ns	ES = 152,3 + 1,77C CT = 93,2 - 1,97C H = 85,0 - 1,76C V = 80,2 - 1,98C A = 22,5 - 0,57C ER = 17,0 - 0,40C	32,8 ns -66,3** -63,1** -64,4** -56,3** -61,6**	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	N = 1,6 a 1,9 g/kg		C = 6,5 a 28,3 g/kg		
Limão	ES = -40,6 + 150,2N CT = 50,9 - 14,5N H = 30,8 - 1,15N V = 14,0 + 2,72N A = 9,43 - 1,81N ER = 5,62 + 0,07N	32,8 ns -24,1 ns -1,5 ns 8,0 ns -10,5 ns 0,0 ns	ES = 125,7 + 3,21C CT = 28,7 + 0,09C H = 26,4 + 0,16C V = 21,8 - 0,22C A = 10,3 - 0,21C ER = 4,6 + 0,06C	32,2 ns 6,1 ns 10,1 ns -31,0 ns -58,5** 32,3 ns	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	N = 1,3 a 1,6 g/kg		C = 4,3 a 30,3 g/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

O teor médio de N na rizosfera (Tabela 2) de todas as espécies do SAF é classificado como alto (Cochrane *et al.*, 1985). Segundo Buwalda & Goh (1982), o efeito do N sobre o

fungo micorrízico está relacionado à disponibilidade de P. Os estudos sobre os efeitos da interação N x P na colonização têm mostrado que em alta disponibilidade de P e baixo teor de N, há um aumento da colonização, enquanto em alta disponibilidade de P e alto teor de N, ocorre uma redução da colonização. Para Paul & Clark (1996), na maioria das plantas, as concentrações elevadas de P e N inibem a colonização micorrízica.

Na rizosfera da bananeira não ocorreu essa inibição sobre as hifas e vesículas, apesar do alto teor de N (Tabela 2; Cochrane *et al.*, 1985) e P variando de baixo a alto (Tabela 2; Moreira *et al.*, 2002). Ao contrário, o alto teor de N rizosférico favoreceu a colonização das raízes por hifas (82 a 99%) e vesículas (36 a 94%). Segundo Siqueira (1994), as relações entre a colonização micorrízica com as propriedades químicas do solo variam consideravelmente.

O teor de carbono nos solos rizosféricos das espécies do SAF apresentou somente correlações negativas: Nas bananeiras correlacionou com as hifas ($R^2 = -45\%$, $p < 0,05$) e vesículas ($R^2 = -46\%$, $p < 0,05$). Nos cedros, com a colonização total ($R^2 = -50\%$, $p < 0,05$), vesículas ($R^2 = -54\%$, $p < 0,05$), arbúsculos ($R^2 = -48\%$, $p < 0,05$), esporo na raiz ($R^2 = -45\%$, $p < 0,05$). Nos jatobás, com colonização total ($R^2 = -66\%$, $p < 0,01$), hifas ($R^2 = -63\%$, $p < 0,01$), vesículas ($R^2 = -64\%$, $p < 0,01$), arbúsculos ($R^2 = -56\%$, $p < 0,01$), esporo na raiz ($R^2 = -62\%$, $p < 0,01$). Nos limoeiros verificou-se apenas uma correlação com os arbúsculos ($R^2 = -58\%$, $p < 0,01$). Nos coqueiros não foi detectada nenhuma correlação.

Peng *et al.* (1993), trabalhando com fracionamento de C em limoeiro colonizado com *Glomus intraradices* em condições de alto fornecimento de P, constataram que a associação micorrízica pode diminuir o crescimento da planta, devido ao maior dreno de C pelas raízes colonizadas. Concentrações altas de fósforo na solução do solo podem inibir a colonização micorrízica e tornar a simbiose uma relação de parasitismo, promovendo a redução do crescimento na planta, devido à demanda de C exigida pelo fungo micorrízico (Johnson *et al.*, 1997; Sylversten & Graham, 1999; Valentine *et al.*, 2000).

O teor de matéria orgânica nas rizosferas das espécies componentes do SAF era 29,17 g/kg, nível considerado médio por Cochrane *et al.* (1985), e o teor de P era 7,0 mg/kg, também considerado médio (Moreira *et al.*, 2002). A explicação no presente trabalho é que os teores médios de matéria orgânica e P sejam os responsáveis por essas relações negativas do C com as estruturas micorrízicas na maioria das espécies do SAF. Outra explicação é que a mineralização da M.O. pode resultar na liberação de nutrientes ou inibir a micorrização ou então, que uma maior população de microrganismos antagônicos pode estar relacionada com esses resultados.

Matos *et al.* (2002) observaram que a adição de matéria orgânica ao substrato de mudas de bananeira acarretou diminuição acentuada na colonização das raízes por *Glomus clarum*.

5.1.10.5 – Equações de regressões entre Fe, Zn e Mn na rizosfera e as estruturas micorrízicas.

Na Tabela 14 são apresentadas as equações de regressões relacionando Fe, Zn e Mn no solo e estruturas micorrízicas. O alto teor de ferro nas rizosferas (199 mg/kg) das espécies (Tabela 2) do SAF influenciou negativamente nas estruturas micorrízicas. Nas bananeiras correlacionou com os esporos nas raízes ($R^2 = -62 \%$, $p < 0,01$) e nos cedros, com a colonização total ($R^2 = -53 \%$, $p < 0,05$), hifas ($R^2 = -54 \%$, $p < 0,05$) vesículas ($R^2 = -58 \%$, $p < 0,01$) e esporos nas raízes ($R^2 = -62 \%$, $p < 0,01$). Nos coqueiros, com a colonização total ($R^2 = -49 \%$, $p < 0,05$), hifas ($R^2 = -46 \%$, $p < 0,05$) vesículas ($R^2 = -56 \%$, $p < 0,01$) e arbúsculos ($R^2 = -45 \%$, $p < 0,05$). Nos jatobás, com arbúsculos ($R^2 = -62 \%$, $p < 0,01$) e esporos nas raízes ($R^2 = -47 \%$, $p < 0,05$). Nos limoeiros não foi detectada nenhuma correlação. Segundo Siqueira & Franco (1988), altos teores de Zn, Cu, Mn e Fe e outros elementos, como Al e metais pesados, atuam diretamente nos propágulos, podendo causar fitotoxidez por esses íons.

Com relação à influência do Zn, apenas na rizosfera dos cedros foram detectadas correlações, sendo uma positiva com os esporos no solo ($R^2 = 46 \%$, $p < 0,05$) e as demais negativas, colonização total ($R^2 = -51 \%$, $p < 0,05$), hifas ($R^2 = -47 \%$, $p < 0,05$) vesículas ($R^2 = -51 \%$, $p < 0,05$). Os teores de Zn na rizosfera dos cedros estavam entre 0,9 a 2,6 mg/kg, considerado baixo e médio (Cochrane *et al.*, 1985). A variação nos teores de Zn na rizosferas influenciou de forma diferenciada a micorrização, os propágulos existentes no solo (esporos) apresentaram uma relação positiva com o teor de Zn, enquanto as estruturas micorrízicas internas nas raízes (hifas e vesículas), negativas. Resultados semelhantes foram obtidos por Soares *et al.* (2006), em que o excesso de Zn foi inibitório para o crescimento e colonização micorrízica da *Trema micrantha*, sendo a colonização mais sensível ao excesso de Zn do que o crescimento das plantas.

Os teores de Mn apresentaram uma correlação positiva com os arbúsculos nos coqueiros ($R^2 = -45 \%$, $p < 0,05$). Nas demais espécies não houve correlações. Os teores de Mn nas rizosferas de todas as espécies componentes do SAF estavam no nível considerado baixo por Cochrane *et al.* (1985). O Mn e sua absorção são geralmente menores nas plantas micorrizadas.

Tabela 14 Equações de regressões relacionando os teores de Fe, Zn e Mn no solo e as estruturas micorrizicas num Sistema Agroflorestal em uma propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010. ⁽¹⁾

Espécies	Equações de Fe	r ² (%)	Equações de Zn	r ² (%)	Equações de Mn	r ² (%)	Variações
Banana	ES = 296 - 0,6Fe	-29 ns	ES = 156 + 3,31Zn	12 ns	ES = 132 + 8,7Mn	28 ns	ES =134 a 216 esp.oros/50g solo CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	CT = 128 - 0,2Fe	-29ns	CT = 77 + 1,54Zn	16 ns	CT = 70 + 2,96Mn	27 ns	
	H = 127 - 0,21Fe	-28 ns	H = 76,6 + 1,56Zn	16 ns	H = 70 + 2,96Mn	26 ns	
	V = 140 - 0,33Fe	-38ns	V = 61,3 + 2,54Zn	22 ns	V = 54 + 3,76Mn	28 ns	
	A = 17 - 0,03Fe	-19 ns	A = 9,48 - 0,04Zn	-1 ns	A = 7,8 + 0,38Mn	12 ns	
	ER = 93 - 0,31Fe	-62**	ER = 22 + 0,95Zn	15 ns	ER = 16 + 2,38Mn	32 ns	
	Fe = 193 a 250 mg/kg		Zn = 1,7 a 4,7 mg/kg		Mn = 2,7 a 4,9 mg/kg		
Cedro	ES =167 + 0,18Fe	7 ns	ES = 141 + 36,7Zn	46*	ES = 200 + 0,6Mn	27 ns	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	CT = 118 - 0,27Fe	-53*	CT = 80,4 - 8,9Zn	-51*	CT = 63 + 0,65Mn	13 ns	
	H = 117 - 0,31Fe	-54*	H = 73,4 - 9,05Zn	-47*	H = 36 + 5,3Mn	40 ns	
	V = 117 - 0,31Fe	-58**	V = 74,4 - 9,29Zn	-513*	V = 43 + 5,8Mn	31 ns	
	A = 27 - 0,07Fe	-31 ns	A = 16,9 - 2,35Zn	-28 ns	A = 11 + 0,6Mn	7 ns	
	ER = 41 - 0,13Fe	-62**	ER = 19 - 2,63Zn	-35 ns	ER = 13 + 0,82Mn	10 ns	
	Fe = 173 a 209 mg/kg		Zn = 0,9 a 2,6 mg/kg		Mn = 1,9 a 3,4 mg/kg		
Coco	ES = 376 - 0,95Fe	-39 ns	ES = 160 + 3,9Zn	18 ns	ES = 143 + 11Mn	19 ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	CT = 49 - 0,13Fe	-49*	CT = 19 + 0,41Zn	16 ns	CT = 14 + 2,26Mn	32 ns	
	H = 45 - 0,12Fe	-46*	H = 19 + 0,28Zn	12 ns	H = 13 + 2,14Mn	32 ns	
	V = 42 - 0,12Fe	-56**	V = 13 + 0,60Zn	29 ns	V = 9,7 + 2,01Mn	34 ns	
	A = 9,6 - 0,02Fe	-45*	A = 4,2 + 0,15Zn	34 ns	A = 3,1 + 0,56Mn	45*	
	ER = 12 - 0,02Fe	-31 ns	ER = 6,1 + 0,06Zn	8 ns	ER = 4,6 + 0,5Mn	24 ns	
	Fe = 154 a 260 mg/kg		Zn = 1,7 a 10 mg/kg		Mn =2,0 a 4,4 mg/kg		
Jatobá	ES = 163 + 0,08Fe	6 ns	ES = 131 + 30Zn	27 ns	ES = 185 - 1,2Mn	-5 ns	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	CT = 115 - 0,25Fe	-34 ns	CT = 46 + 8,94Zn	14 ns	CT = 56 + 1,4Mn	10 ns	
	H = 91 - 0,16Fe	-23 ns	H = 49 + 4,55Zn	7 ns	H = 51 + 1,35Mn	10 ns	
	V = 84 - 0,18Fe	-33 ns	V = 33 + 6,69Zn	13 ns	V = 41 + 2,03Mn	14 ns	
	A = 47 - 0,15Fe	-62**	A = 4,1 + 5,6Zn	26 ns	A = 6,4 + 1,92Mn	40 ns	
	ER = 27 - 0,07Fe	-47*	ER = 10 + 0,03Zn	0, ns	ER = 8,6 + 0,5Mn	17 ns	
	Fe = 196 a 251 mg/kg		Zn = 1,5 a 1,7 mg/kg		Mn = 3,1 a 3,5 mg/kg		
Limão	ES = 351 - 0,98Fe	-35 ns	ES = 137 + 12Zn	30, ns	ES = 189 - 3,42Mn	-5 ns	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = 41 - 0,06Fe	-13 ns	CT = 32 - 0,55Zn	-8 ns	CT = 29 + 0,37Mn	39 ns	
	H = 37 - 0,04Fe	-9 ns	H = 31 - 0,77Zn	-11 ns	H = 31,5 - 0,71Mn	-7 ns	
	V = 31 - 0,07Fe	-36 ns	V = 19 - 0,45Zn	-15 ns	V = 19,9 - 0,59Mn	-13 ns	
	A = 9 - 0,01Fe	-18 ns	A = 8,8 - 0,6Zn	-39 ns	A = 7,3 - 0,17Mn	-0 ns	
	ER = 6 - 0,00Fe	-2 ns	ER = 5,4 - 0,09Zn	10 ns	ER = 5,6 + 0,02Mn	2 ns	
	Fe = 152 a 200 mg/kg		Zn = 1,6 a 5,2 mg/kg		Mn = 1,4 a 4,2 mg/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrizica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

Esse efeito pode contribuir para aumentar a tolerância das plantas ao excesso de Mn, como por exemplo, no caso da soja (Bethlenfalvay & Franson, 1989; Cardoso, 1996). A proteção contra o excesso de Mn é atribuída a um efeito indireto dos fungos micorrízicos, os quais podem causar mudanças na composição das comunidades de microrganismos oxidantes e redutores de Mn na rizosfera e, por conseguinte, na nutrição das plantas em relação ao Mn (Kothari *et al.*, 1991; Arines *et al.*, 1992; Posta *et al.*, 1994).

5.1.11 – Equações de regressões entre as variáveis micorrizicas e as concentrações de nutrientes foliares.

5.1.11.1 – Concentrações de nutrientes foliares nas espécies componentes do Sistema Agroflorestal

Na Tabela 15 são apresentadas as concentrações de nutrientes foliares das espécies componentes do SAF em diferentes datas de coletas. Houve diferenças significativas entre todas as espécies e datas coletadas.

Os teores foliares de Ca nas bananeiras estavam dentro da faixa considerada padrões (3 – 12 g/ kg), segundo Raij *et al.* (1997). A maior concentração ocorreu no mês de abril e a menor em junho. Nos jatobás, os teores foliares de Ca estavam dentro da faixa considerada adequada para essências florestais, entre 3 a 12 g/kg, segundo Malavolta *et al.* (1997), sendo que a maior concentração ocorreu no mês de junho e nos demais meses não houve variação. Nos limoeiros, as maiores concentrações de Ca ocorreram no período seco (junho e agosto) e as menores no período chuvoso (fevereiro e abril). Em ambos os períodos, os teores foliares estavam muito abaixo do considerado adequado (35 – 45 g/kg) por Quaggio *et al.* (1997). Os teores foliares dos cedros estavam na faixa considerada adequada (Malavolta *et al.*, 1997) e dos coqueiros abaixo do nível crítico (3,4 – 5,0 g/kg), segundo Sistema (2002). Nos cedros e coqueiros não houve variações significativas nos teores foliares de Ca.

Um fato importante a destacar é a evidente ação das micorrizas arbusculares na absorção do Ca, ou seja, apesar do baixo teor de Ca rizosférico (Tabela 2), em todas as espécies do SAF, as bananeiras, cedros e jatobás, que tiveram colonização radicular total acima de 50% (Tabela 3), estavam com níveis considerados adequados, enquanto os coqueiros e limoeiros, que tiveram colonização radicular abaixo de 40% (Tabela 3), estavam com níveis abaixo do adequado.

Os teores foliares do Mg nas bananeiras estavam abaixo do nível considerado adequado (3 - 6 g/kg), segundo Rajj *et al.* (1997). A maior concentração foliar ocorreu no mês de abril (chuvoso) e a menor nos meses de junho e agosto (seco). Segundo Malavolta *et al.* (1997), os teores foliares de Mg adequados para o cedro estão entre 1,5 a 5,0 g/kg, e no presente trabalho estavam adequados no período chuvoso (fevereiro e abril) e baixo no período seco (junho e agosto). Nos jatobás a maior concentração de Mg ocorreu no mês de abril (chuvoso) e a menor no mês de agosto (seco) e em todos os meses estavam com níveis considerados adequados, segundo Malavolta *et al.* (1997). Nos coqueiros e limoeiros não foram detectadas diferenças significativas nos teores foliares de Mg e seus níveis estavam adequados (Sistema, 2002 e Quaggio *et al.*, 1997, respectivamente). Observa-se na maioria das espécies uma maior concentração foliar de Mg no período chuvoso e todas as espécies com níveis adequados, apesar do baixo nível de Mg rizosférico (Tabela 2), segundo Moreira *et al.* (2002). Novamente, as micorrizas arbusculares devem ter influenciado na absorção do magnésio.

Tabela 15 Nutrientes foliares das espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado em uma propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM.

Espécies	Datas das coletas	Ca	Mg	N	P	K	g/kg		
							Fe	Zn	Mn
Bananeira	10/02/09	3,0 b	1,6 ab	23,3 b	1,4 a	14,6 a	66,6 b	18,8 a	178 b
	15/04/09	5,4 a	2,1 a	29,0 a	1,7 a	11,9 a	77,4 ab	15,6 ab	401 a
	17/06/09	4,0 ab	1,4 b	25,4 ab	1,8 a	13,9 a	86,2 ab	13,6 b	290 ab
	19/08/09	3,4 b	1,3 b	23,1 b	1,7 a	14,3 a	96,6 a	15,2 ab	218 ab
Cedro	10/02/09	3,8 a	3,3 a	16,6 a	1,4 b	7,5 ab	47,8 b	19,2 a	13,8 a
	15/04/09	4,8 a	3,2 a	18,0 a	1,2 b	4,1 b	66,8 ab	24,2 a	14,6 a
	17/06/09	5,3 a	1,5 b	16,9 a	2,5 a	10,3 a	76,8 a	31,4 a	13,2 a
	19/08/09	4,4 a	0,9 b	18,2 a	1,6 b	7,4 ab	54,8 ab	19 a	11,0 a
Coco	10/02/09	1,1 a	1,9 a	11,8 a	0,9 a	2,0 b	67,4 a	14,4 a	37,6 a
	15/04/09	1,3 a	3,1 a	11,5 a	0,8 a	1,5 b	81,4 a	21,2 a	37,4 a
	17/06/09	1,8 a	2,6 a	12,5 a	0,9 a	5,3 a	64,4 a	11,8 a	30,2 a
	19/08/09	1,4 a	3,0 a	12,1 a	0,9 a	4,9 a	73,6 a	15,6 a	31,2 a
Jatobá	10/02/09	6,6 b	2,5 ab	15,3 a	1,0 ab	1,1 b	105,8 a	35,4 a	109 a
	15/04/09	7,2 b	2,6 a	15,4 a	1,0 ab	0,8 b	100,6 a	40,2 a	145 a
	17/06/09	15,1a	1,6 bc	15,2 a	0,9 b	4,1 b	67,8 a	51,0 a	183 a
	19/08/09	8,6 b	1,5 c	15,5 a	2,0 a	8,3 a	62,8 a	46,8 a	111 a
Limão	10/02/09	13,1 b	5,6 a	23,5 a	1,7 a	2,1 b	75,6 ab	24,2 a	10,8 a
	15/04/09	12,6 b	5,2 a	25,1 a	2,0 a	1,5 b	91,2 a	20,4 a	8,6 a
	17/06/09	18,6 a	2,9 a	25,0 a	2,3 a	8,2 a	63,0 ab	19,8 a	10,2 a
	19/08/09	18,0 a	2,8 a	24,2 a	2,2 a	7,6 a	60,6 b	23,8 a	10,6 a

⁽¹⁾ Médias seguidas com a mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

A concentração de N foliar (Tabela 15) variou apenas nas bananeiras, com a maior ocorrência no mês de abril e as menores nos meses de fevereiro e agosto. O nível estava adequado apenas no mês de abril, segundo Raij *et al.* (1997). Nas demais espécies não houve variações significativas e os seus níveis estavam adequados nos cedros, jatobás e limoeiros (Malavolta *et al.*, 1997 e Quaggio *et al.*, 1997) e nos coqueiros estavam abaixo dos níveis considerados adequados (18 – 22 g/kg), segundo Sistema (2002). É importante destacar que o N rizosférico (Tabela 2), em todas as espécies, estavam no nível considerado alto por Cochrane *et al.* (1985).

A concentração de P foliar (Tabela 15) variou significativamente apenas nos cedros e jatobás. Nos cedros, a maior concentração ocorreu no mês de junho e nos demais meses não houve variação e os teores estavam dentro da faixa adequada (1,0 – 2,3 g/kg), segundo Malavolta (1997). Nos jatobás a maior concentração ocorreu em de agosto e a menor em junho, sendo que os teores estavam na faixa adequada, segundo Malavolta (1997). Nas demais espécies os níveis estavam adequados nos limoeiros (Quaggio *et al.*, 1997) e abaixo nas bananeiras e coqueiros (Raij *et al.*, 1997 e Sistema, 2002). Os níveis de P rizosféricos no SAF (Tabela 2) estavam no nível considerado médio (Moreira *et al.*, 2002).

As concentrações de K foliar (Tabela 15) variaram significativamente no cedro, coqueiro, jatobá e limoeiro. Nos cedros, a maior concentração de K ocorreu no mês de junho e a menor em abril. Nos coqueiros e limoeiros, as maiores concentrações de K foram observadas nos meses de junho e agosto e nos jatobás, em agosto. Em todas as espécies, os teores foliares de K estavam abaixo dos níveis considerados adequados (Malavolta *et al.*, 1997; Quaggio 1997; Raij *et al.*, 1997; Sistema, 2002). O baixo nível de K rizosférico (Tabela 2) deve ter sido o responsável pelo baixo K foliar.

Os níveis de Fe foliar (Tabela 15) variaram significativamente nas bananeiras, cedros e limoeiros. Nas bananeiras, o maior teor ocorreu no mês de agosto e o menor em fevereiro e os níveis estavam adequados (Raij *et al.*, 1997) apenas nos meses de junho e agosto. Nos cedros, o maior teor de Fe foliar ocorreu em junho e os menores em fevereiro. Nos limoeiros, o maior teor ocorreu em abril e o menor em agosto. Com exceção do mês de fevereiro e abril nas bananeiras, em todas as espécies, os teores foliares de Fe estavam com os níveis considerados adequados (Malavolta *et al.*, 1997; Quaggio 1997; Sistema, 2002), certamente influenciado pelo alto teor de Fe rizosférico (Tabela 2).

A concentração de Zn foliar (Tabela 15) variou apenas nas bananeiras, com o maior teor ocorrendo no mês de fevereiro e o menor em junho e em todos os meses, o nível estava abaixo

do considerado adequado (Raij *et al.*, 1997). Nos cedros e jatobás, os níveis foliares estavam adequados (Malavolta *et al.*, 1997); nos coqueiros, não estava adequado apenas no mês de junho (Sistema, 2002) e nos limoeiros, em todos os meses estavam abaixo do nível adequado (Quaggio *et al.*, 1997). Apesar do alto teor de Zn rizosférico, as bananeiras e os limoeiros estavam com níveis de deficiências foliares.

O nível de Mn foliar (Tabela 15) também variou apenas nas bananeiras, com a maior concentração ocorrendo em abril e a menor em fevereiro, sendo o único mês com teor abaixo do nível considerado adequado (Raij *et al.*, 1997). Com relação às demais espécies, os níveis de Mn foliar estavam adequados apenas nos jatobás (Malavolta *et al.*, 1997; Quaggio, 1997; Sistema, 2002). A baixa concentração de Mn rizosférico (Tabela 2) pode ter influenciado nos níveis de Mn foliar.

Os teores de macronutrientes nas bananeiras (Tabela 15) apresentaram a seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > P > Mg$, sendo que Oliveira & Oliveira (2005) encontraram em cinco cultivares de bananeiras: $K > Ca > Mg > P$. Entre os micronutrientes a seqüência foi: $Mn > Fe > Zn$, a mesma encontrada pelos autores anteriores.

Nas essências florestais (Tabela 15), as seqüências dos macronutrientes nos cedros ($N > K > Ca > Mg > P$) e jatobás ($N > Ca > K > Mg > P$) foram semelhantes aos resultados de Wallau *et al.* (2008) em mogno (*Swietenia macrophylla*) e Locatelli *et al.* (2001) em castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.), enquanto nos micronutrientes apresentaram nos cedros ($Fe > Zn > Mn$) e nos jatobás ($Mn > Fe > Zn$). Caldeira *et al.* (2006) encontrou em várias essências florestais: $Mn > Fe > Zn$

As seqüências dos teores de macronutrientes nos coqueiro foram: $N > K > Mg > Ca > P$ e estão de acordo Sistema (2002) e micronutrientes ($Fe > Mn > Zn$) são semelhantes aos de Silva & Faria (2001). Nos limoeiros, as seqüências de macronutrientes ($N > Ca > K > Mg > P$) e micronutrientes ($Fe > Zn > Mn$) são semelhantes aos de Malavolta *et al.* (2006) em citros, que encontrou a seqüência de macronutrientes ($N > K > Ca > Mg > P$) e micronutrientes ($Fe > Zn > Mn$).

5.1.11.2 – Equações de regressões relacionando os componentes micorrízicos e os teores foliares de Ca e Mg.

Os teores de Ca foliar foram influenciados positivamente pelas porcentagens de hifas ($R^2 = 48 \%$, $p < 0,05$) e esporos na raízes ($R^2 = 50 \%$, $p < 0,05$) nos jatobás (Tabela 16). Os teores de Ca foliar nos jatobás (2,9 a 5,4 g/kg) são considerados adequados, segundo Malavolta

et al. (1997). Entretanto, o teor de Ca na rizosfera (Tabela 1) do jatobá estava no nível considerado baixo por Moreira *et al.* (2002). Essa influencia positiva das hifas sobre o Ca foliar, em uma rizosfera com baixo teor de Ca, é um indicativo importante do efeito das hifas na absorção desse elemento. Segundo Silveira (1992), as hifas externas podem-se estender por vários centímetros através do solo, aumentando a superfície de contato das raízes e seu papel é preponderante na maior absorção de nutrientes em plantas micorrizadas.

Nos limoeiros o teor de Ca foliar correlacionou-se positivamente com os arbúsculos ($R^2 = 55 \%$, $p < 0,01$). O teor de Ca foliar nos limoeiros (12,6 a 18,6 g/kg) estava no nível considerado baixo (Quaggio *et al.*, 1997). Na rizosfera dos limoeiros (Tabela 2), o teor de Ca estava entre (0,73 a 1,81 cmolc/kg), nível considerado entre baixo e médio (Moreira *et al.* 2002). A falta de correlação com as hifas e a baixa porcentagem de arbúsculos nas raízes dos limoeiros pode ser uma das causas da não absorção do Ca pela associação planta-fungo e consequentemente o baixo nível foliar. Entretanto diversos autores observaram a diminuição da concentração de cálcio nos tecidos de plantas frutíferas quando da inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (Souza, 2000; Silveira *et al.*, 2002; Agostini, 2002; Carniel, 2004; e Nunes, 2009).

Os teores de Mg foliar (Tabela 16) correlacionaram negativamente na maioria das espécies. Nas bananeiras, com a colonização total ($R^2 = - 58 \%$, $p < 0,01$), hifas ($R^2 = - 57 \%$, $p < 0,01$), vesículas ($R^2 = - 51 \%$, $p < 0,05$) e esporos nas raízes ($R^2 = - 46 \%$, $p < 0,01$). Nos cedros foi influenciado pela colonização total ($R^2 = - 52 \%$, $p < 0,05$), hifas ($R^2 = - 44 \%$, $p < 0,05$), vesículas ($R^2 = - 50 \%$, $p < 0,05$) e esporos nas raízes ($R^2 = - 48 \%$, $p < 0,05$). Nos jatobás, o Mg foliar, correlacionou-se com os arbúsculos ($R^2 = - 53 \%$, $p < 0,05$) e esporos nas raízes ($R^2 = - 50 \%$, $p < 0,05$) e nos limoeiros correlacionaram-se com as vesículas ($R^2 = - 47 \%$, $p < 0,05$) e arbúsculos ($R^2 = - 55 \%$, $p < 0,05$). Apenas com os coqueiros não foram observadas correlações.

Os teores de Mg foliar nas bananeiras, (Tabela 15) estavam abaixo dos adequados; nos cedros estavam abaixo apenas no mês de agosto, enquanto nos coqueiros, jatobás e limoeiros estavam no nível adequado (Raij *et al.*, 1997; Quaggio *et al.*, 1997; Malavolta, 1997; Sistema, 2002). Na rizosfera de todas as espécies do SAF o nível de Mg foi considerado baixo (Moreira *et al.*, 2002).

Tabela 16 Equações de regressão relacionando as variáveis micorrizicas e os teores foliares de Ca e Mg em espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010. ⁽¹⁾

Espécie	Equações de Ca	r ² (%)	Equações de Mg	r ² (%)	Variações
Banana	Ca = 4,44 - 0,00ES	-16,1 ns	Mg = 1,89 - 0,00ES	-25,0 ns	ES = 134 a 216 esporos/50g solo CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	Ca = 5,79 - 0,02CT	-43,3 ns	Mg = 2,47 - 0,01CT	-58,1**	
	Ca = 5,69 - 0,02H	-41,5 ns	Mg = 2,44 - 0,01H	-57,0**	
	Ca = 4,91 - 0,01V	-32,1 ns	Mg = 2,15 - 0,00V	-51,3*	
	Ca = 4,29 - 0,03A	-21,0 ns	Mg = 1,61 + 0,00A	2,3 ns	
	Ca = 4,79 - 0,03ER	-43,0 ns	Mg = 1,94 - 0,01ER	-46,6*	
	Ca = 2,9 a 5,4 g/kg		Mg = 1,3 a 2,1 g/kg		
Cedro	Ca = 3,56 + 0,00ES	15,9 ns	Mg = 1,28 + 0,00ES	37,8 ns	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	Ca = 3,03 + 0,02CT	20,2 ns	Mg = 4,18 - 0,02CT	-52,0*	
	Ca = 3,38 + 0,02H	19,6 ns	Mg = 3,56 - 0,02H	-44,2*	
	Ca = 3,56 + 0,01V	15,2 ns	Mg = 3,85 - 0,02V	-50,4*	
	Ca = 4,65 - 0,00A	-2,3 ns	Mg = 2,81 - 0,04A	-36,8 ns	
	Ca = 3,85 + 0,04ER	17,3 ns	Mg = 3,23 - 0,06ER	-48,7*	
	Ca = 3,8 a 5,3 g/kg		Mg = 0,9 a 3,3 g/kg		
Coco	Ca = 1,42 + 0,00ES	0,0 ns	Mg = 1,73 - 0,00ES	-15,2 ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	Ca = 1,38 + 0,00CT	6,8 ns	Mg = 2,40 + 0,01CT	25,8 ns	
	Ca = 1,36 + 0,00H	9,5 ns	Mg = 2,43 + 0,01H	23,5 ns	
	Ca = 1,36 + 0,00V	10,6 ns	Mg = 2,58 + 0,00V	12,1 ns	
	Ca = 1,35 + 0,01A	8,6 ns	Mg = 2,51 + 0,03A	13,1 ns	
	Ca = 1,48 - 0,00ER	-9,1 ns	Mg = 2,58 + 0,01ER	11,4 ns	
	Ca = 1,1 a 1,8 g/kg		Mg = 1,9 a 3,1 g/kg		
Jatobá	Ca = 11,4 - 0,01ES	-13,3 ns	Mg = 1,74 + 0,00ES	16,2 ns	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	Ca = 5,78 + 0,05CT	39,0 ns	Mg = 2,59 - 0,00CT	-38,7 ns	
	Ca = 5,04 + 0,07H	48,3*	Mg = 2,54 - 0,00H	-36,0 ns	
	Ca = 7,17 + 0,04V	31,8 ns	Mg = 2,49 - 0,00V	-42,0 ns	
	Ca = 7,74 + 0,12A	28,7 ns	Mg = 2,50 - 0,03A	-53,3*	
	Ca = 5,75 + 0,34ER	50,4*	Mg = 2,59 - 0,05ER	-50,2*	
	Ca = 6,6 a 15,1 g/kg		Mg = 1,5 a 2,6 g/kg		
Limão	Ca = 15,39 + 0,00ES	4,4 ns	Mg = 3,52 + 0,00ES	29,1 ns	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	Ca = 14,93 + 0,02CT	13,1 ns	Mg = 4,21 - 0,00CT	-3,7 ns	
	Ca = 15,21 + 0,01H	8,1 ns	Mg = 4,13 + 0,00H	-0,0 ns	
	Ca = 13,23 + 0,13V	36,3 ns	Mg = 5,45 - 0,07V	-46,9*	
	Ca = 12,88 + 0,40A	55,8*	Mg = 5,28 - 0,17A	-55,0*	
	Ca = 16,44 - 0,14ER	-11,6 ns	Mg = 3,36 + 0,13ER	24,7 ns	
	Ca = 12,6 a 18,6 g/kg		Mg = 2,8 a 5,6 g/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

No presente trabalho, podemos destacar o seguinte: as variáveis micorrizicas (hifas, arbúsculos e esporos nas raízes) presentes nas raízes dos jatobás e limoeiros, tiveram uma

relação positiva com o Ca foliar, enquanto todas as estruturas presentes nas raízes das bananeiras, cedros, jatobás e limoeiros tiveram uma relação negativa com o Mg foliar. Silveira *et al.* (2002) relatam que plantas de porta-enxerto de abacateiro colonizadas com FMAs tiveram níveis mais baixos de cálcio e magnésio nos tecidos em relação àquelas não-inoculadas, o que foi atribuído pelos autores à capacidade de inibição na absorção destes elementos promovida pelos FMAs. De forma semelhante, Souza (2000) relata que a inoculação de FMAs em plantas de Citrange Carrizo reduziu a absorção de cálcio e magnésio pelos vegetais. Segundo Silveira *et al.* (2002), a diminuição da concentração de cálcio e magnésio em plantas infectadas pode ser devido à sua diluição nos tecidos, em função do incremento no crescimento vegetativo de plantas colonizadas, ou à capacidade dos FMAs em reduzir a absorção desses elementos (Souza, 2000; Souza *et al.*, 2005).

No trabalho atual, os efeitos negativos do FMA sobre o Ca foliar não foram observados e sim positivos nos jatobá e limoeiros. Entretanto os resultados sobre o Mg foliar, nas bananeiras e cedro, confirmaram as observações dos autores anteriores.

5.1.11.3 – Equações de regressões relacionando as variáveis micorrízicas e os teores foliares de N, P e K.

Na Tabela 17 são apresentadas as equações de regressões entre componentes micorrízicos e teores foliares de N, P e K. No teor de N foliar foram observadas apenas três correlações, sendo duas positivas nos coqueiros: vesículas ($R^2 = 48 \%$, $p < 0,05$) e arbúsculos ($R^2 = 47 \%$, $p < 0,05$) e uma negativa com as hifas ($R^2 = -44 \%$, $p < 0,05$) nas bananeiras.

A contribuição das micorrizas para o aumento da absorção de nitrogênio pode ser estimada entre 10% e 15%, podendo chegar a 25% (Marschner & Dell, 1994), em função da capacidade das hifas de crescer além da zona de esgotamento que se forma próximo à superfície das raízes absorventes (Siqueira *et al.*, 2002).

Apesar de duas correlações positivas (vesículas e arbúsculos), não existe evidências do efeito dessas estruturas na absorção de N, tendo em vista que o teor de N foliar nos coqueiro (11,5 a 12,5 g/kg) estava abaixo do valor adequado que é entre 18 a 22 g/kg (Sistema, 2002) e o teor de N rizosférico (Tabela1) estava no nível considerado alto por Cochrane *et al.* (1985).

Tabela 17 Equações de regressões relacionando as variáveis micorrizicas e os teores foliares de N, P, K em espécies componentes num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010. ⁽¹⁾

Espécies	Equações de N	r ² (%)	Equações de P	R ² (%)	Equações de K	r ² (%)	Variações
Banana	N = 296 - 0,6 ES	-16 ns	P = 1,72 - 0,00ES	-6,0 ns	K = 13 - 0,00ES	-0,0ns	ES = 134 a 216 esporos/50g solo CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	N = 128 - 0,2CT	-44*	P = 1,71 - 0,00CT	-3,5 ns	K = 12 + 0,01CT	11 ns	
	N = 127 - 0,21H	-41 ns	P = 1,69 - 0,00H	-0,0 ns	K = 12 + 0,01H	9,0 ns	
	N = 140 - 0,33V	-34 ns	P = 1,68 + 0,00V	0,0 ns	K = 12 + 0,10V	17 ns	
	N = 17 - 0,03A	-0,0 ns	P = 1,67 + 0,00A	3,2 ns	K = 12 + 0,11A	24 ns	
	N = 93 - 0,31ER	-39 ns	P = 1,76 - 0,00ER	-20 ns	K = 13 - 0,00ER	-1,4ns	
	N = 23,1 a 29,0 g/kg		P = 1,4 a 1,8 g/kg		K = 11,9 a 14,6 g/kg		
Cedro	N = 296 - 0,6 ES	-33 ns	P = 2,05 - 0,00ES	-29 ns	K = 7,2 + 0,00ES	1,2 ns	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	N = 128 - 0,2CT	10 ns	P = 1,09 + 0,00CT	34 ns	K = 7,2 + 0,00CT	1,6 ns	
	N = 127 - 0,21H	-0,0 ns	P = 1,31 + 0,00H	27 ns	K = 7,0 + 0,00H	4,0 ns	
	N = 140 - 0,33V	-30 ns	P = 1,18 + 0,00V	34 ns	K = 7,2 + 0,00V	1,8 ns	
	N = 17 - 0,03A	-30 ns	P = 1,29 + 0,03A	54*	K = 12 + 0,10A	24 ns	
	N = 93 - 0,31ER	14 ns	P = 1,20 + 0,30ER	51*	K = 6,0 + 0,10ER	25 ns	
	N = 16,6 a 18,2 g/kg		P = 1,2 a 2,5 g/kg		K = 4,1 a 10,3 g/kg		
Coco	N = 296 - 0,6 ES	-16 ns	P = 0,93 - 0,00ES	-20 ns	K = 3,1 + 0,00ES	12 ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	N = 128 - 0,2CT	8,1 ns	P = 0,86 + 0,00CT	29 ns	K = 1,5 + 0,10CT	61**	
	N = 127 - 0,21H	39 ns	P = 0,85 + 0,00H	28 ns	K = 1,7 + 0,10H	56*	
	N = 140 - 0,33V	48*	P = 0,84 + 0,00V	41 ns	K = 1,5 + 0,10V	70**	
	N = 17 - 0,03A	47*	P = 0,72 + 0,02A	34 ns	K = 1,4 + 0,40A	54*	
	N = 93 - 0,31ER	39 ns	P = 0,87 + 0,00ER	24 ns	K = 1,8 + 0,20ER	58*	
	N = 11,5 a 12,5 g/kg		P = 0,8 a 0,9 g/kg		K = 1,5 a 5,3 g/kg		
Jatobá	N = 296 - 0,6 ES	-38	P = 1,26 - 0,00ES	-7,4 ns	K = 8,2 - 0,20ES	-41 ns	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	N = 128 - 0,2CT	11 ns	P = 0,86 + 0,00CT	29 ns	K = 0,5 + 0,50CT	44*	
	N = 127 - 0,21H	14 ns	P = 1,15 + 0,00H	7,4 ns	K = 1,1 + 0,04H	36 ns	
	N = 140 - 0,33V	-7,8 ns	P = 0,86 + 0,00V	38 ns	K = 1,4 + 0,16V	49*	
	N = 17 - 0,03A	-7,8 ns	P = 0,97 + 0,02A	33 ns	K = 1,5 + 0,16A	49*	
	N = 93 - 0,31ER	19 ns	P = 1,18 + 0,00ER	6,5 ns	K = 1,5 + 0,20ER	40 ns	
	N = 15,2 a 15,5 g/kg		P = 0,9 a 2,0 g/kg		K = 0,8 a 8,3 g/kg		
Limão	N = 296 - 0,6 ES	-23 ns	P = 2,34 - 0,00ES	-38 ns	K = 6,0 - 0,00ES	-24 ns	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	N = 128 - 0,2CT	-22 ns	P = 1,79 + 0,00CT	28 ns	K = 3,9 + 0,03CT	19 ns	
	N = 127 - 0,21H	-22 ns	P = 2,31 - 0,00H	-33 ns	K = 4,2 + 0,02H	13 ns	
	N = 140 - 0,33V	-12 ns	P = 1,83 + 0,00V	25 ns	K = 1,6 + 0,17V	49*	
	N = 17 - 0,03A	15 ns	P = 1,75 + 0,47A	42 ns	K = 1,6 + 0,48A	67**	
	N = 93 - 0,31ER	-10 ns	P = 2,30 - 0,04ER	-21 ns	K = 5,7 - 0,15ER	-12 ns	
	N = 23,5 a 25,1 g/kg		P = 1,7 a 2,3 g/kg		K = 1,5 a 8,2 g/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrizica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

Na bananeira, o teor foliar de N (23 a 29 g/kg) estava um pouco abaixo do nível adequado que é entre 27 a 36 (Raij *et al.*, 1997), enquanto o teor de N na rizosfera era de alto (Cochrane *et al.*, 1985). No presente trabalho o efeito positivo das micorrizas sobre o teor de N foliar não foi observado e sim, uma influencia negativa das hifas sobre a concentração de N nas folhas das bananeiras.

O teor de P foliar apresentou apenas duas correlações positivas nos cedros, sendo uma com os arbúsculos ($R^2 = 54 \%$, $p < 0,05$) e outra com os esporos nas raízes ($R^2 = 51 \%$, $p < 0,05$) (Tabela 17). Segundo Marschner & Dell (1994), as micorrizas arbusculares podem proporcionar aumentos estimados em até 80% na absorção de fósforo.

O P foliar nos cedros (1,2 a 2,5 g/kg) estava no nível considerado adequado que é entre 1,0 a 2,3 (Malavolta *et al.*, 1997), enquanto o teor de P na rizosfera estava entre baixo a alto (Tabela 2). Pode-se afirmar que os FMAs não interferiram na absorção de P foliar dos cedros, pois os arbúsculos (sítios de troca) e os esporos (propágulos) não absorvem nutrientes.

A ausência de correlações entre FMA e P foliar na maioria das espécies pode ser explicada pelo teor de P rizosférico (7,0 mg/kg) no Sistema Agroflorestral, tendo em vista que na maioria das espécies componentes do SAF os teores foliares estavam com os níveis adequados, com exceção das bananeiras. Siqueira & Colozzi-Filho (1986), trabalhando com mudas de cafeeiro e fosfato solúvel, observaram que, no solo com menos que 10 mg/kg de P disponível, a simbiose exibiu natureza parasítica ou neutra e quando se situava entre 10 e 100 mg/kg, a simbiose foi mutualista. O teor de P rizosférico interfere na colonização e na esporulação dos FMA, sendo os efeitos deste nutriente na colonização diferente entre espécies, pois atuam via nutrição de plantas e, por isto, a quantidade de nutriente requerida para inibir a colonização depende da capacidade de absorção e translocação da espécie vegetal (Siqueira *et al.* 1989; Paula & Siqueira, 1987; Fernandes *et al.*, 1987).

No caso do P foliar nas bananeiras, Oliveira *et al.* (2003), encontraram resultados semelhantes e observaram que é possível que a falta de correlação esteja relacionada à baixa capacidade das cultivares de bananeiras em absorverem esse elemento, ou seja, os teores estavam elevados no solo, mas nos tecidos das plantas estavam abaixo dos considerados satisfatórios.

O teor foliar de potássio (Tabela 16) apresentou apenas correlações positivas: nos coqueiros, com a colonização total ($R^2 = 61 \%$, $p < 0,01$), hifas ($R^2 = 56 \%$, $p < 0,01$), vesículas ($R^2 = 70 \%$, $p < 0,01$), arbúsculos ($R^2 = 54 \%$, $p < 0,05$) e esporos nas raízes ($R^2 = 58 \%$, $p < 0,05$); nos jatobás, com colonização total ($R^2 = 44 \%$, $p < 0,05$), vesículas ($R^2 = 49 \%$, $p < 0,05$)

e arbúsculos ($R^2 = 49 \%$, $p < 0,05$); e nos limoeiros, com as vesículas ($R^2 = 49 \%$, $p < 0,05$) e arbúsculos ($R^2 = 67 \%$, $p < 0,01$).

Os teores foliares de K nos coqueiros, nos jatobás e nos limoeiros estavam com níveis inferiores aos considerados adequados para as espécies (Sistema, 2002; Malavolta *et al.*, 1977; Quaggio *et al.*, 1997), como também os teores rizosféricos de todas as espécies (Tabela 2). Segundo Siqueira *et al.* (2002), os FMAs podem proporcionar aumentos estimados em até 60 % para o potássio. Apesar do baixo teor foliar de K encontrado nas espécies, o alto número de correlações positivas é um indicativo que as micorrizas arbusculares favoreceram a absorção a sua absorção. Efeitos positivos da micorrização em relação ao teor foliar de K também foram observados por Silveira (1992) e Oliveira *et al.* (2003).

5.1.11.4 – Equações de regressões relacionando os componentes micorrízicos e os teores foliares de Fe, Zn e Mn.

Na Tabela 18 são apresentadas as equações de regressões relacionando os componentes micorrízicos e os teores foliares de Fe, Zn e Mn nas espécies presentes no SAF.

O teor foliar de Fe apresentou apenas uma correlação negativa nos limoeiros com os arbúsculos ($R^2 = - 44 \%$, $p < 0,05$). Com exceção do mês de fevereiro e abril nas bananeiras, em todas as espécies os teores foliares de Fe estavam com os níveis considerados adequados (Malavolta *et al.*, 1997; Quaggio 1997; Raij *et al.* 1997; Sistema, 2002), O teor de Fe rizosférico (Tabela 1) muito alto certamente influenciou na concentração do Fe foliar.

A falta de correlações entre *micorrizas-Fe foliar* no Sistema Agroflorestal pode ser explicada pela alta ocorrência de correlações negativas entre *Fe rizosférico-micorriza* (Tabela 14). O excesso de Fe na rizosfera, com efeito tóxico nas raízes, provavelmente afetou a colonização radicular, hifas, vesículas, arbúsculos e esporos nas raízes. Cardoso (1996) também observou relação negativa entre micorrização e concentração de Fe e Mn na parte aérea das plantas. Segundo Nogueira & Cardoso (2002), a diminuição da concentração de Fe na parte aérea está relacionada com sua retenção nas raízes, comprovado pelo grande número de correlações negativas entre Fe rizosférico e estruturas micorrizicas presentes nas raízes.

Tabela 18 Equações de regressão relacionando as variáveis micorrízicas e os teores foliares de Fe, Zn, Mn em espécies componentes num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010. ⁽¹⁾

Espécies	Equações de Fe	r ² (%)	Equações de Zn	r ² (%)	Equações de Mn	r ² (%)	Variações
Banana	Fe = 72 + 0,05ES	23 ns	Zn = 15 + 0,0ES	1,5 ns	Mn = 323 - 0,30ES	-16 ns	ES = 134 a 216 esporos/50g CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	Fe = 72 + 0,12CT	18 ns	Zn = 17 - 0,0CT	-10 ns	Mn = 323 - 0,62CT	-11 ns	
	Fe = 70 + 0,14H	21 ns	Zn = 17 - 0,01H	-13 ns	Mn = 314 - 0,52H	-9,7 ns	
	Fe = 77 + 0,07V	13 ns	Zn = 17 - 0,02V	-27 ns	Mn = 291 - 0,28V	-6,1 ns	
	Fe = 84 - 0,24A	-10 ns	Zn = 16 - 0,0A	-2,0 ns	Mn = 308 - 3,85A	-20 ns	
	Fe = 80 + 0,06ER	6,6 ns	Zn = 16 - 0,0ER	-1,5 ns	Mn = 341 - 2,70R	-33 ns	
	Fe = 66,6 a 96,6 mg/kg		Zn = 13,6 a 18,8 mg/kg		Mn = 178 a 401 mg/kg		
Cedro	Fe = 61 + 0,00ES	0,0 ns	Zn = 31 - 0,04ES	-40 ns	Mn = 10 - 0,01ES	30 ns	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	Fe = 65 - 0,05CT	-7,2ns	Zn = 24 - 0,0CT	-1,9 ns	Mn = 18 - 0,07CT	-39 ns	
	Fe = 66 - 0,08H	-12 ns	Zn = 26 - 0,04H	-11 ns	Mn = 16 - 0,05H	-34 ns	
	Fe = 62 - 0,01V	-1,7ns	Zn = 24 - 0,01V	-3,7 ns	Mn = 18 - 0,08V	-46*	
	Fe = 56 + 0,38A	24 ns	Zn = 20 + 0,26A	28 ns	Mn = 13 + 0,00A	2,4 ns	
	Fe = 60 + 0,05ER	3,0 ns	Zn = 24 - 0,0ER	-3,8 ns	Mn = 14 - 0,08ER	-20 ns	
	Fe = 47,8 a 76,8 mg/kg		Zn = 19,0 a 24,2 mg/kg		Mn = 11,0 a 14,6 mg/kg		
Coco	Fe = 69 + 0,01ES	8,8 ns	Zn = 12 + 0,0ES	37 ns	Mn = 34 + 0,00ES	0,0 ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	Fe = 67 + 0,03CT	2,0 ns	Zn = 18 - 0,1CT	-19 ns	Mn = 41 - 0,30CT	-42 ns	
	Fe = 78 - 0,30H	-19 ns	Zn = 17 - 0,08H	-17 ns	Mn = 40 - 0,29H	-39 ns	
	Fe = 79 - 0,44V	-25 ns	Zn = 18 - 0,13V	-23 ns	Mn = 40 - 0,38V	-45*	
	Fe = 77 - 1,02A	-13 ns	Zn = 18 - 0,49A	-18 ns	Mn = 39 - 0,92A	-23 ns	
	Fe = 75 - 0,46R	-10 ns	Zn = 16 - 0,1ER	-7,6 ns	Mn = 39 - 0,73ER	-33 ns	
	Fe = 67,4 a 81,4 mg/kg		Zn = 11,8 a 21,2 mg/kg		Mn = 30,2 a 37,6 mg/kg		
Jatobá	Fe = 72 + 0,06ES	9,0 ns	Zn = 40 + 0,0ES	8,0 ns	Mn = 144 - 0,09ES	-9,3 ns	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	Fe = 95 - 0,17CT	-13 ns	Zn = 37 + 0,1CT	29 ns	Mn = 113 + 0,4CT	22 ns	
	Fe = 78 - 0,30H	-19 ns	Zn = 38 + 0,08H	23 ns	Mn = 108 + 0,52H	28 ns	
	Fe = 79 - 0,44V	-25 ns	Zn = 39 + 0,09V	27 ns	Mn = 127 + 0,21V	12 ns	
	Fe = 98 - 1,05A	-28 ns	Zn = 35 + 0,58A	57**	Mn = 129 + 0,65A	13 ns	
	Fe = 98 - 1,34ER	-22 ns	Zn = 37 + 0,6ER	38 ns	Mn = 118 + 1,8ER	23 ns	
	Fe = 62,8 a 105,8 mg/kg		Zn = 35,4 a 51,0mg/kg		Mn = 109,0 a 183,0 mg/kg		
Limão	Fe = 71 + 0,00ES	6,3 ns	Zn = 23 - 0,0ES	-33 ns	Mn = 8,27 + 0,0ES	36 ns	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	Fe = 79 - 0,21CT	-23 ns	Zn = 21 + 0,0CT	8,5 ns	Mn = 9,8 + 0,00CT	3,7 ns	
	Fe = 77 - 0,16H	-17 ns	Zn = 21 + 0,01H	10 ns	Mn = 10 + 0,00H	1,1 ns	
	Fe = 87 - 0,80V	-39 ns	Zn = 21 + 0,03V	11 ns	Mn = 11 - 0,04V	-12 ns	
	Fe = 85 - 1,79A	-44*	Zn = 22 - 0,05A	-8,0 ns	Mn = 10 - 0,08A	-11 ns	
	Fe = 72 - 0,00ER	-0,0ns	Zn = 20 + 0,3ER	26 ns	Mn = 10 - 0,07ER	-7,2 ns	
	Fe = 60,6 a 91,2 mg/kg		Zn = 19,8 a 24,2 mg/kg		Mn = 8,6 a 10,8 mg/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

O teor foliar de zinco apresentou apenas uma correlação positiva nos jatobás, relacionando com os arbúsculos ($R^2 = 57 \%$, $p < 0,01$) e estava na faixa considerada adequada, que é entre 5 a 60 mg/kg (Malavolta et al. 1997) e o teor de Zn rizosférico (Tabela 2) estava no nível considerado médio (Moreira et al., 2002). Correlações positivas entre micorrização e teores foliares de Zn também foram observadas na essência florestal marupá (*Simaruba amara* Aubl.) na Amazônia (Oliveira et al. 1999) e na bananeira (Oliveira et al., 2003).

O teor foliar de Mn correlacionou-se negativamente com as vesículas nos cedros ($R^2 = -46 \%$, $p < 0,05$) e nos coqueiros ($R^2 = -45 \%$, $p < 0,05$). Os teores foliares dos cedros e coqueiros estavam do abaixo dos níveis adequados (Malavolta et al. 1997; Sistema, 2002) e o teor rizosférico estava em níveis considerados baixos (Cochrane et al., 1995).

O teor de manganês e sua absorção são geralmente menores nas plantas micorrizadas e esse efeito pode contribuir para aumentar a tolerância das plantas ao excesso de Mn (Bethlenfalvay & Franson, 1989; Cardoso, 1996). As vesículas (estrutura de reserva) existentes nas raízes dos cedros e coqueiros relacionaram negativamente com a presença de Mn na parte aérea e uma possível explicação é que o Mn absorvido do solo pelas raízes tenha ficado retido nas vesículas presentes nas raízes. Entretanto, segundo Nogueira & Cardoso (2002), geralmente a retenção de nutriente na raiz e diminuição na parte aérea esta relacionada com o Fe e que a concentração de Mn na parte aérea das plantas micorrizadas está relacionada com a diminuição da sua disponibilidade no solo, fato que ocorreu no presente trabalho.

5.1.12 – Equações de regressões entre os componentes micorrízicos e a característica física (textura) das rizosferas.

5.1.12.1 – Textura das rizosferas das espécies no Sistema Agroflorestal

A textura do solo é definida pela proporção relativa das classes de tamanho de partículas de um solo e é uma característica importante de um solo porque varia muito pouco ao longo do tempo (Reinert & Reichert, 2006).

Na tabela 19 são apresentadas as texturas das rizosferas das espécies do SAF A porcentagem de areia foi de 35,1 %, silte de 9,5 % e argila de 55,4 %. Segundo Embrapa, (2006), o solo rizosférico é classificado como argiloso (35 a 60 % de argilas).

Na variável areia, apenas na rizosfera da bananeira foram observadas diferenças significativas, onde no mês de fevereiro ocorreu a maior porcentagem e no mês de agosto a

menor. As porcentagens de silte e argilas não variaram significativamente entre as espécies e datas de coletas, concordando com os autores anteriores.

Tabela 19 Características físicas do solo (textura) da rizosfera de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM.

Espécies	Datas das coletas	areia	silte	argila
		2.00 - 0.05 mm	0.05 - 0.002 mm	< 0.002 mm
		-----%-----		
Bananeira	10/02/09	47,8 a	8,7 ab	43,4 b
	15/04/09	38,0 ab	6,0 b	55,9 ab
	17/06/09	37,1 ab	10,5 ab	52,3 ab
	19/08/09	30,6 b	11,1 ab	58,2 ab
Cedro	10/02/09	34,2 b	6,1 b	59,6 a
	15/04/09	32,6 b	10,4 ab	56,9 ab
	17/06/09	35,7 ab	10,7 ab	53,5 ab
	19/08/09	30,4 b	7,8 ab	61,7 a
Coco	10/02/09	31,9 b	11,1 ab	57,0 ab
	15/04/09	36,7 ab	15,0 a	48,3 ab
	17/06/09	35,4 ab	10,5 ab	54,1 ab
	19/08/09	28,5 b	12,5 ab	58,9 a
Jatobá	10/02/09	28,9 b	9,3 ab	61,7 a
	15/04/09	34,7 ab	7,4 ab	57,8 ab
	17/06/09	29,4 b	10,4 ab	60,1 a
	19/08/09	29,3 b	10,3 ab	60,3 a
Limão	10/02/09	39,2 ab	9,8 ab	50,9 ab
	15/04/09	36,0 ab	11,2 ab	52,7 ab
	17/06/09	34,5 ab	8,3 ab	57,1 ab
	19/08/09	32,1 b	8,2 ab	59,6 a
Média Geral do SAF		35,1	9,5	55,4

⁽¹⁾Médias seguidas com a mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

5.1.12.2 – Equações de regressões entre a porcentagem de areia, silte e argila na rizosfera e os componentes micorrízicos nas espécies presentes no Sistema Agroflorestal.

Na Tabela 20, são apresentadas as equações de regressões entre a textura da rizosfera e as variáveis micorrízicas.

Tabela 20 Equações de regressão relacionando as interações entre areia (AR), argila (AG) e silte (ST) e variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileiro, Manaus, AM. 2010. (1)

Espécies	Equações da areia	r ² (%)	Equações da argila	r ² (%)	Equações do silte	r ² (%)	Variações
Banana	ES = 204 - 0,9AR	-13ns	ES = 95 + 1,3AG	17 ns	ES = 188 - 2,0ST	-12 ns	ES = 134 a 216 esporos/50g solo CT = 53 a 100 % H = 82 a 99 % V = 36 a 94 % A = 0 a 7 % ER = 0 a 44 %
	CT = 84 - 0,4AR	-18 ns	CT = 92 - 0,2AG	-7 ns	CT = 39 + 4,6ST	66**	
	H = 103 - 0,6AR	-22 ns	H = 86 - 0,09AG	-3 ns	H = 38 + 4,7ST	67**	
	V = 103 - 0,9AR	-29 ns	V = 63 + 0,11AG	3 ns	V = 16 + 5,8ST	69**	
	A = 8,4 + 0,01AR	1,3 ns	A = 22 - 0,25AG	-31 ns	A = 5,3 + 0,43ST	22 ns	
	ER = 18 + 0,17AR	9,9 ns	ER = 56 - 0,6AG	-30 ns	ER = 5,2 + 2,2ST	46*	
	Areia = 30,6 a 47,8 %		Argila = 43,4 a 58,2 %		Silte = 6,0 a 11,1 %		
Cedro	ES = 174 + 0,8AR	3,4 ns	ES = 168 + 0,6AG	3,8 ns	ES = 214 - 1,2ST	-7 ns	ES = 148 a 279 esporos/50g solo CT = 48 a 78 % H = 38 a 70 % V = 38 a 73 % A = 1 a 21 % ER = 2 a 14 %
	CT = 82 - 0,6AR	-10 ns	CT = 63 + 0,04AG	3,1 ns	CT = 70 - 0,44ST	-11 ns	
	H = 68 - 0,3AR	-5,1 ns	H = 25 + 0,6AG	15 ns	H = 63 - 0,58ST	-13 ns	
	V = 80 - 0,6AR	-11 ns	V = 19 + 0,7AG	19 ns	V = 64 - 0,56ST	-13 ns	
	A = -28 + 1,2AR	49*	A = 52 - 0,67AG	-41 ns	A = 11 + 0,22ST	12 ns	
	ER = -7,2 + 0,7AR	29 ns	ER = 6,5 + 0,1AG	10 ns	ER = 20 - 0,57ST	-33 ns	
	Areia = 30,4 a 35,7 %		Argila = 53,5 a 61,7 %		Silte = 6,1 a 10,7 %		
Coco	ES = 348 - 4,9AR	-19 ns	ES = 146 + 0,7AG	7,7 ns	ES = 223 - 3,2ST	-11 ns	ES = 89 a 329 esporos/50g solo CT = 7 a 41 % H = 6 a 38 % V = 3 a 30 % A = 0 a 2 % ER = 0 a 3 %
	CT = 17 + 0,14AR	5,0 ns	CT = 23 - 0,02AG	-0,0 ns	CT = 28 - 0,49ST	-15 ns	
	H = 16 + 0,15AR	5,7 ns	H = 25 - 0,07AG	-3,4 ns	H = 21 - 0,03ST	-0,0 ns	
	V = 8,7 + 0,23AR	9,8 ns	V = 17 - 0,01AG	-0,0 ns	V = 20 - 0,28ST	-10 ns	
	A = -0,8 + 0,17AR	34 ns	A = 10 - 0,1AG	-24 ns	A = 5,2 - 0,01ST	-1,9 ns	
	ER = 16 - 0,31AR	-33 ns	ER = -5 + 0,2AG	29 ns	ER = 7,3 - 0,06ST	-6,2 ns	
	Areia = 28,5 a 36,7 %		Argila = 48,3 a 58,9 %		Silte = 11,1 a 15,0 %		
Jatobá	ES = 85 + 3,1AR	32 ns	ES = 270 - 1,4AG	-14ns	ES = 178 + 0,0ST	17 ns	ES = 127 a 212 esporos/50g solo CT = 28 a 89 % H = 28 a 77 % V = 20 a 83 % A = 1 a 14 % ER = 0 a 8 %
	CT = 27 + 1,1AR	21 ns	CT = 174 - 1,9AG	-31 ns	CT = 35 + 2,3ST	19 ns	
	H = 46 + 0,32AR	6,7 ns	H = 96 - 0,7AG	-34 ns	H = 34 + 2,2ST	19 ns	
	V = 21 + 0,73AR	18 ns	V = 129 - 1,4AG	-30 ns	V = 24 + 2,1ST	21 ns	
	A = 15 - 0,06AR	-3,5 ns	A = 17 - 0,06AG	-3 ns	A = 7,0 + 0,65ST	15 ns	
	ER = 15 - 0,15AR	-13 ns	ER = 6,1 + 0,7AG	5 ns	ER = 5,3 + 0,5ST	19 ns	
	Areia = 28,9 a 34,7 %		Argila = 57,8 a 61,7 %		Silte = 7,4 a 10,3 %		
Limão	ES = -223 + 11AR	61**	ES = 772 - 10AG	-68**	ES = -241 + 44ST	66**	ES = 129 a 251 esporos/50g solo CT = 20 a 41 % H = 19 a 40 % V = 6 a 14 % A = 0 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = 17 + 0,4AR	12 ns	CT = 40 - 0,16AG	-6,6 ns	CT = 48 - 1,9ST	-18 ns	
	H = 14 + 0,41AR	13 ns	H = 96 - 0,7AG	-34 ns	H = 45 - 1,6ST	-15 ns	
	V = 21 - 0,10AR	-7,3 ns	V = 8,4 + 0,2AG	15 ns	V = 35 - 1,8ST	-36 ns	
	A = 10 - 0,12AR	-21 ns	A = -8,4 + 0,3AG	46*	A = 19 - 1,3ST	-52*	
	ER = 2,6 + 0,1AR	22 ns	ER = 8,6 - 0,05AG	-15	ER = 7,7 - 0,2ST	-15 ns	
	Areia = 32,1 a 39,2 %		Argila = 50,9 a 59,6 %		Silte = 8,2 a 11,2 %		

(1) ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

As porcentagens de areia nas rizosferas das espécies presentes no SAF correlacionaram positivamente com a esporulação ($R^2 = 61 \%$, $p < 0,01$) nos limoeiros e com os arbúsculos ($R^2 = 49 \%$, $p < 0,05$) nos cedros.

A correlação positiva da areia com esporulação está de acordo com os resultados obtidos por Ropero *et al.* (2007) na Amazônia, onde verificaram que a porcentagem de areia foi à única variável física que influenciou o número de esporos nos solo (esporulação).

As porcentagens de silte nas rizosferas das espécies presentes no SAF (Tabela 20) correlacionaram positivamente na bananeira com colonização total ($R^2 = 66 \%$, $p < 0,01$), hifas ($R^2 = 67 \%$, $p < 0,01$), vesículas ($R^2 = 69 \%$, $p < 0,01$) e esporos nas raízes ($R^2 = 46 \%$, $p < 0,05$) e nos limoeiros positivamente com a esporulação ($R^2 = 66 \%$, $p < 0,01$) e negativamente com os arbúsculos ($R^2 = -52 \%$, $p < 0,05$).

Silte são partículas do solo com diâmetro entre 0,002 mm e 0,053 mm e não se agrega como as argilas e ao mesmo tempo suas partículas são muito pequenas e leves, apresentando baixa ou nenhuma plasticidade (Sistema, 2004). Possivelmente a reduzida plasticidade do silte e a não agregação com as argilas favoreceu a esporulação, colonização total, hifas, vesículas e esporos nas raízes das bananeira e limoeiro. Segundo Arcos (2003) e Peña-Venegas *et al.* (2006), a argila pode afetar a permanência dos esporos dos fungos micorrízicos no solo, uma vez que tendem a ter poros mais finos, mais sujeitos a compactação.

Outro fator que pode ter favorecido as variáveis micorrizas foi a porcentagem de areia (35%), o que tornou o solo menos pesado e com maior aeração. Solos argilosos têm menor abundância de FMAs, devido à sua maior compactação e menor aeração. Já os solos arenosos, desde que não muito lixiviados, apresentam maior quantidade de associações micorrízicas, havendo uma maior concentração de esporos, principalmente, numa profundidade acima de 5 cm da rizosfera (Sieverding 1991).

A porcentagem de argila no solo correlacionou-se negativamente com os esporos no solo ($R^2 = -68 \%$, $p < 0,01$) e positivamente com os arbúsculos ($R^2 = 46 \%$, $p < 0,05$), nos limoeiro. Ropero *et al.* (2007) na Amazônia, encontraram menores números de esporos de FMA em solos argilosos em contrastes os solos mais arenosos. Segundo Siqueira e Franco (1988) e Oliveira (2001), dentre os fatores importantes encontrados nos solos, a umidade, a aeração, a inundação e a compactação influenciam dramaticamente o estabelecimento das micorrizas, sendo que em solos sujeitos a inundação ou com aeração deficientes, geralmente não há ocorrência de micorrizas pelo fato de serem aeróbios obrigatórios.

5.1.13 – Análise do conjunto das correlações no Sistema Agroflorestal

Na Tabela 21 são apresentadas as correlações envolvendo as variáveis químicas e físicas rizosféricas, foliares e micorrízicas no Sistema Agroflorestal e na Tabela 22, as correlações entre variáveis química e física do solo e foliares com os componentes micorrízicos, nas espécies componentes do Sistema Agroflorestal.

- **Influência das características químicas e físicas das rizosferas nas variáveis micorrízicas**

As hifas e as vesículas foram as estruturas micorrízicas que mais correlacionaram com os componentes químicos rizosféricos (Tabela 21), tanto positivamente (Mg e N), como negativamente (pH, Al, P, Fe, Zn e C). Os resultados confirmam a importância das hifas na funcionalidade da associação fungo-planta, pois as hifas são estruturas responsáveis pela absorção de nutrientes e qualquer alteração na rizosfera afeta a ocorrência de hifas. Segundo Silveira (1992), as hifas externas têm papel preponderante na maior absorção de nutrientes em plantas micorrizadas. Como as vesículas são estruturas de reservas, originadas das hifas, o efeito da rizosfera deve ter sido o mesmo.

A esporulação foi a variável micorrízica (Tabela 21) que mais teve correlações positivas com a rizosfera (pH, Ca, P, Zn) e apenas uma negativa (K), enquanto a colonização total só teve correlações negativas (pH, Al, P, Fe, Zn e C). Segundo Siqueira (1989), a colonização e esporulação são afetadas pela disponibilidade de nitrogênio e fósforo, sendo os fatores que comumente exercem maior influência, seguidos pelos teores de alumínio e pH.

Os teores de P, C e Fe rizosférico foram os elementos que mais influenciaram a relação nutrientes-micorrizas. O fósforo rizosférico (Tabela 12) correlacionou-se positivamente com esporos no solo (jatobás e limoeiros) e negativamente com a colonização total e hifas (bananeiras e cedros), vesículas (bananeiras), arbúsculos (jatobás).

O carbono rizosférico (Tabela 13) correlacionou-se negativamente com a colonização total (cedros e jatobás), hifas (bananeiras e jatobás), vesículas (bananeiras, cedros e jatobás), arbúsculos (cedros, jatobás e limoeiros), esporos nas raízes (cedros e jatobás). Apenas nas rizosferas dos coqueiros não foram detectadas correlações entre os teores de P e C e fungos micorrízicos.

Tabela 21 Correlações entre as características químicas e físicas das rizosferas e composição dos nutrientes foliares com os componentes micorrízicos arbusculares na rizosfera de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010.

Componentes micorrízicos ⁽¹⁾	-----Características químicas das rizosferas ⁽³⁾ -----											-----Características químicas foliares-----						Características físicas ⁽³⁾				
	pH _{H2O}	Al	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Mn	N	C	Ca	Mg	N	P	K	Fe	Zn	Mn	AR	ST	AG
ES ⁽²⁾	(+) *	ns	(+) *	ns	(-) **	(+) *	ns	(+) *	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	(+) **	(+) **	(-) **
CT (%)	(-) *	(-) *	ns	ns	ns	(-) *	(-) *	(-) *	ns	ns	(-) **	ns	(-) *	(-) *	ns	(+) *	ns	ns	ns	ns	(+) **	ns
H (%)	(-) *	(-) *	ns	(+) *	ns	(-) **	(-) *	(-) *	ns	(+) *	(-) **	(+) *	(-) *	ns	ns	(+) *	ns	ns	ns	ns	(+) **	ns
V (%)	(-) *	(-) *	ns	(+) *	ns	(-) *	(-) **	(-) *	ns	(+) *	(-) **	ns	(-) *	(+) *	ns	(+) *	ns	ns	(-) *	ns	(+) **	ns
A (%)	(-) *	(-) **	ns	(+) *	ns	(-) *	(-) **	ns	(+) *	Ns	(-) **	(+) *	(-) *	(+) *	(+) *	(+) *	(-) *	(+) **	ns	(+) *	(-) *	(+) *
ER (%)	(-) **	(-) **	ns	ns	ns	ns	(-) **	ns	ns	Ns	(-) **	(+) *	(-) *	ns	(+) *	(+) *	ns	ns	ns	ns	(+) *	ns

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; A = Arbúsculos; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

⁽²⁾ ES = 89 - 329 esporos/50g solo; CT = 7 - 100 %; H = 6 - 99 %; V = 3 - 94 %; A = 0 - 21 % e ER = 0 - 44 %.

⁽³⁾ pH = 3,9 - 5,8; Al = 0,1 a 1,9 cmolckg, Ca = 0,3 - 1,9 cmolckg; Mg = 0,1 - 0,5 cmolckg; K = 0,05 - 0,3 cmolckg; P = 3,4 - 15,1 mg/kg; Fe = 152 - 260 mg/kg; Zn = 0,9 - 10 mg/kg; Mn = 1,4 - 4,9 mg/kg; N = 1,3 - 2,2 g/kg; C = 4,3 - 31,1 g/kg.

⁽⁴⁾ Areia = 28,5 - 47,8 %; silte = 6,0 - 12,5 % e argila = 43,4 - 61,7 %.

Os teores de Fe nas rizosferas (Tabela 14) correlacionaram-se negativamente com a colonização total, hifas e vesículas (cedros e coqueiros), arbúsculos (coqueiros e jatobás), esporos nas raízes (bananeiras, cedros e jatobás). Apenas nos limoeiros não foi detectada nenhuma correlação com o teor de Fe.

Os elementos que menos influenciaram a relação nutriente-micorriza nas espécies componentes do Sistema Agroflorestal foram os teores de Ca, K e Mn. O cálcio rizosférico (Tabela 11) correlacionou positivamente e o teor de potássio (Tabela 12) negativamente com a esporulação no limoeiro, enquanto o Mn rizosférico (Tabela 14) correlacionou-se negativamente com os arbúsculos.

O pH muito baixo nas rizosferas o Sistema Agroflorestal (Tabela 2) foi o componente do solo com maior influência sobre todas as variáveis micorrízicas, correlacionando tanto positivamente com a esporulação, como negativamente com a colonização total e as estruturas micorrízicas. De acordo com Siqueira & Franco (1988), o pH é o fator condicionante mais evidente no desenvolvimento das micorrizas arbusculares, influenciando na disponibilidade de nutrientes e no comportamento das espécies, podendo inibir completamente as funções da associação.

Os teores de Ca, Mg e Mn e o alto teor de N nas rizosferas do Sistema Agroflorestal (Tabela 2) apresentaram apenas correlações positivas, sendo o Ca com a esporulação, nos limoeiros (Tabela 11), o Mg rizosférico com as hifas nos limoeiros e vesículas e arbúsculos nos coqueiros (Tabela 11), o Mn com arbúsculos nos coqueiros (Tabela 14) e N com hifas e vesículas nas bananeiras (Tabela 13).

Os teores de Al, Fe e C (Tabela 2), influenciaram a as variáveis micorrízicas apenas com correlações negativas. O Al influenciou a colonização total, hifas vesículas, arbúsculos e esporos nas raízes (bananeiras) e vesículas nos limoeiros (Tabela 10). Os teores médios de P e altos teores de Zn nas rizosferas do Sistema Agroflorestal apresentaram influencias semelhantes ao pH, com correlações positivas e negativas, ou seja, positivamente com a esporulação e negativamente com a colonização total (Tabela 21). Essa semelhança nas correlações entre pH e teor de P pode ser devido à influência que o pH tem sobre a disponibilidade de fósforo em solos ácidos. Segundo Raij (1991), em solos ácidos, as condições que favorecem a imobilização de fosfato são os maiores teores de argila, maior ocorrência na fração argila de óxidos e hidróxidos de Fe e Al e valores mais baixos do pH.

A porcentagem de silte correlacionou com todas as variáveis micorrízicas, tanto positivamente (esporulação, colonização total, hifas, vesículas e esporos no solo), como negativamente (arbúsculos).

A porcentagem de areia correlacionou positivamente com a esporulação e os arbúsculos, enquanto a argila negativamente com a esporulação e positivamente com os arbúsculos. Os solos arenosos favorecem as associações micorrízicas (Sieverding 1991), enquanto os argilosos inibem (Arcos, 2003; Peña-Venegas *et al.*, 2006).

- **Influência das variáveis micorrízicas sobre os nutrientes foliares**

Os arbúsculos foram a variável micorrízica (Tabela 22) que influenciou a maioria dos nutrientes presentes nos tecidos foliares, tanto positivamente (Ca, N, P e K), como negativamente (Mg, Fe e Zn). Apenas o Mn foliar não foi influenciado pelos arbúsculos. Os arbúsculos são formados exclusivamente dentro das células do córtex radicular, invaginando a plasmalema sem a romper, o que caracteriza uma simbiose sem estado patogênico. São os principais pontos de troca de carboidratos e nutrientes minerais entre os parceiros da simbiose, pois é o ponto onde existe maior superfície de contato entre os dois. A partir desse ponto, o micélio extraradicular se espalha pelo solo e auxilia a planta na absorção de nutrientes (Smith & Read, 1997).

As hifas (Tabela 22) tiveram duas correlações positivas (Ca e K) e uma negativa (Mg), ou seja, uma baixa influencia sobre os nutrientes foliares. Na verdade existe um grande efeito indireto das hifas sobre os nutrientes foliares, pois os arbúsculos (sítio de troca), onde ocorreu o maior número de correlação com os nutrientes foliares são originados das hifas internas modificadas (Lopes *et al.*, 1983) e a estrutura responsável pela absorção dos nutrientes, que passam pelos arbúsculos, são as hifas (Silveira, 1992).

Os esporos na rizosfera (esporulação) não correlacionaram com nenhum nutriente presente nas folhas, fato que era esperado, por serem uma estrutura de reprodução.

A colonização total e as estruturas presentes nas raízes correlacionaram positivamente com K e negativamente com Mg. Efeitos positivos da micorrização em relação ao teor foliar de potássio são comprovados (Siqueira *et al.*, 2002; Silveira, 1992; Oliveira *et al.*, 2003), assim como negativos, os FMAs tem a capacidade em reduzir a absorção de magnésio (Souza, 2000; Souza *et al.*, 2005)..

Na Tabela 22 são apresentadas as correlações envolvendo as espécies.

Tabela 22 Correlações entre as características químicas e físicas do solo e composição dos nutrientes foliares com as variáveis micorrizicas na rizosfera de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade do Brasileirinho, Manaus, AM. 2010.

Espécies	-----Características químicas das rizosferas ⁽¹⁾ -----											-----Características químicas foliares-----						Características físicas ⁽²⁾				
	pH _{H2O}	Al	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Mn	N	C	Ca	Mg	N	P	K	Fe	Zn	Mn	AR	ST	AG
Banana	(-) *	ns	ns	Ns	ns	(-) *	(-)**	ns	ns	(+)*	(-)*	ns	(-) *	(-) *	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	(+) **	ns
Cedro	ns	ns	ns	Ns	ns	(-) *	(-) *	(+/-) *	ns	ns	(-) *	ns	(-) *	ns	(+)*	Ns	ns	ns	(-) *	(+) *	ns	ns
Coco	ns	ns	ns	(+)*	ns	ns	(-) *	ns	(+)*	ns	ns	ns	ns	(+)*	ns	(+)*	ns	ns	(-) *	ns	ns	ns
Jatobá	(-) *	(-) *	ns	Ns	ns	(+/-)*	(-)**	ns	ns	ns	(-)**	(+)*	(-) *	ns	ns	(+)*	ns	(+) **	ns	ns	ns	ns
Limão	(-) *	(-) *	(+)*	(+)*	(-)**	(+)*	ns	ns	ns	ns	(-)**	(+)*	(-) *	ns	ns	(+)*	(-) *	ns	ns	(+) **	(+/-) *	(+/-)*

⁽¹⁾ pH = 3,9 - 5,8; Al = 0,1 a 1,9 cmolckg, Ca = 0,3 - 1,9 cmolckg; Mg = 0,1 - 0,5 cmolckg; K = 0,05 - 0,3 cmolckg; P = 3,4 - 15,1 mg/kg; Fe = 152 - 260 mg/kg; Zn = 0,9 - 10 mg/kg; Mn = 1,4 - 4,9 mg/kg; N = 1,3 - 2,2 g/kg; C = 4,3 - 31,1 g/kg.

⁽²⁾ Areia = 28,5 - 47,8 %; silte = 6,0 - 12,5 % e argila = 43,4 - 61,7 %.

O limoeiro foi a espécie do sistema que mais apresentou correlações (Tabela 22), tanto positivamente (Ca, Mg, P, areia, silte e argila rizosféricos; Ca e K foliares), como negativamente (pH, Al, K, C, silte e argila rizosféricos; Mg e Fe foliares).

O coqueiro foi a espécie do sistema que menos sofreu influência das interações entre rizosfera, planta e fungo (Tabela 21). Correlacionou-se positivamente (Mg e Mn rizosféricos; N e K foliares) e negativamente (Fe rizosférico e Mn foliar)

5.2 - COMUNIDADE DE SÃO MIGUEL

5.2.1 - Ocorrências de precipitações em Manaus

Na Figura 10 são apresentados os dados de precipitação nas épocas coletadas. Foram utilizados os dados das precipitações de Manaus devido a indisponibilidade dos dados na região avaliada. No mês de agosto de 2009, a precipitação total foi próxima de zero, sendo que apenas nos dias 10 e 15 ocorreram precipitações. No dia da coleta, a precipitação foi zero.

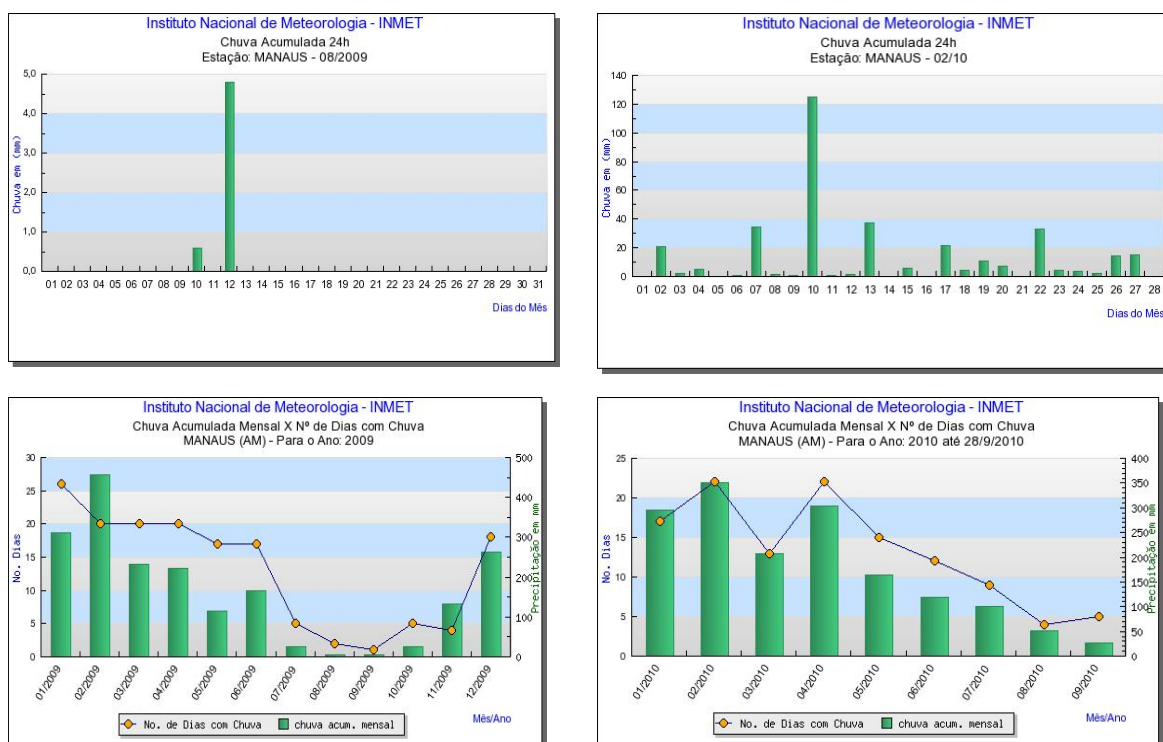


Figura 10. Precipitações, em Manaus, nos meses das coletas no Sistema Agroflorestal na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. Fonte: INMET (2010).

No mês de fevereiro de 2010 a precipitação total foi de 350 mm, sendo que a maior precipitação ocorreu no dia 10, com precipitação diária acima de 120 mm e em seis dias não ocorreram chuvas.

5.2.2 - Análise química do solo

Na Tabela 23 são apresentados os dados com as características químicas das rizosferas das espécies componentes do Sistema Agroflorestal, nos meses onde foram realizadas as coletas em uma propriedade rural localizada na comunidade de São Miguel, no município de Presidente Figueiredo. Na Figura 10 são detalhadas as precipitações que ocorreram nas datas de coletas.

O pH do solo rizosférico e os teores de Al, Ca, Mg, P e Fe variaram significativamente ($p > 0,05$) entre espécies e datas de coletas (Tabela 23). O nível de pH e os teores de Ca e Mg foram superiores apenas no mês de fevereiro (chuvoso) nas rizosferas dos açazeiros e nos demais meses e espécies não houve variação. Segundo Oliveira (2001) e Moreira *et al.*, (2002), nos solos da Amazônia, não se esperam grandes variações durante o ano, tendo em vista que a concentração de sais é muito baixa. Segundo Moreira *et al.*, (2002), o pH das rizosfera (Tabela 23) é classificado como muito baixo.

O teor de Al na rizosfera dos açazeiros, no mês de fevereiro, apresentou o menor valor, certamente influenciado pelos níveis mais elevados do pH e Ca e Mg, citado anteriormente. Nas demais espécies não houve variação significativa (Tabela 22) e estavam muito baixo (Moreira *et al.*, 2002) e não apresentavam níveis de toxidez. Segundo Cochrane *et al.* (1985) e Malavolta (1992), teores de Al acima de 0,51 cmolc/kg na rizosfera são altamente nocivos para as plantas.

Apenas nos açazeiros, no mês de fevereiro, o teor de Ca estava alto (Tabela 23), sendo que nos demais meses estava entre baixo e muito baixo (Moreira *et al.*, 2002) e não houve variação significativa. Também, na rizosfera dos açazeiros, no mês de fevereiro, foi observado o maior teor de Mg, considerado médio por Moreira *et al.*, (2002) e os menores foram no cupuaçuzeiros (chuva e seca), rambutazeiros (seca) e abacabeiras (seca), todos considerados baixos.

Tabela 23 Características químicas do solo da rizosfera de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado em uma propriedade rural na comunidade de São Miguel, Presidente Figueiredo, AM.

Espécies	Datas das coletas	pH _{H2O}	pH _{KCl}	-----cmol/kg-----				-----mg/kg-----				-----g/kg-----		M.O.
				Al	Ca	Mg	K	P	Fe	Zn	Mn	N	C	
Abacaba	Seca (15.8.09)	3,7 b	3,6	0,22 a	0,48 b	0,13 b	0,07 a	4,0 ab	188 abcd	1,1 a	6,8 a	2,4 a	14,2 a	24,5 a
	Chuva (10.2.10)	4,2 b	3,7	0,18 a	0,63 b	0,34 ab	0,30 a	8,9 a	240 a	1,4 a	9,0 a	2,8 a	19,3 a	33,3 a
Açaí	Seca (15.8.09)	4,1 b	3,8	0,18 a	0,95 b	0,50 ab	0,61 a	4,3 ab	150 cd	1,9 a	7,1 a	2,5 a	17,3 a	29,8 a
	Chuva (10.2.10)	5,0 a	4,23	0,04 b	2,76 a	0,85 a	0,24 a	3,8 ab	126 d	2,5 a	3,5 a	3,3 a	23,7 a	40,8 a
Cupuaçu	Seca (15.8.09)	3,6 b	3,7	0,21 a	0,50 b	0,14 b	0,10 a	4,4 ab	162 bcd	3,4 a	8,9 a	2,4 a	15,8 a	27,2 a
	Chuva (10.2.10)	4,0 b	3,7	0,19 a	0,39 b	0,19 b	0,10 a	5,0 ab	224 ab	1,2 a	5,0 a	2,4 a	16,4 a	28,2 a
Piquiá	Seca (15.8.09)	3,8 b	3,7	0,19 a	0,69 b	0,26 ab	0,08 a	3,9 ab	143 d	1,6 a	7,1 a	2,3 a	16,5 a	28,5 a
	Chuva (10.2.10)	4,0 b	3,7	0,17 a	0,60 b	0,25 ab	0,09 a	2,7 b	223 ab	1,7 a	8,8 a	2,6 a	16,7 a	28,7 a
Rambutã	Seca (15.8.09)	3,7 b	3,7	0,21 a	0,27 b	0,19 b	0,08 a	6,2 ab	166 bcd	1,4 a	6,5 a	2,3 a	15,5 a	26,6 a
	Chuva (10.2.10)	4,4 ab	3,8	0,16 a	1,04 b	0,49 ab	0,11 a	6,4 ab	212 abc	1,8 a	10,1 a	3,2 a	20,7 a	35,6 a
	Média	4,0		0,18	0,83	0,33	0,18	4,7	183	1,6	6,3	2,6	17,1	29,4

⁽¹⁾ Médias seguidas com a mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Na determinação do fósforo houve uma variação significativa entre o teor de P (8,9 mg/kg), na rizosfera da abacabeiras e o teor na rizosfera do piquiazeiro (2,7 mg/kg), ambos no período chuvoso, valores considerados “alto e muito baixo”, respectivamente (Moreira *et al.*, 2002). Nos demais meses e espécies, os teores estavam entre os níveis “baixo e médio” e não houve variação significativa. A baixa concentração de P na rizosfera pode ser devido ao baixo pH, pois em solos ácidos, o P pode se fixar no Al e Fe, formando fosfato de Fe e Al. (Habte, 1995). No presente trabalho, o P rizosférico sofreu influencia do alto teor de Fe (Tabela 22).

Na rizosfera das abacabeiras, no mês de fevereiro, foi determinado o maior teor de Fe e os menores, nas rizosferas dos açazeiros (fevereiro) e piquiazeiros (agosto). Apesar dessas diferenças, todos os teores de Fe estavam com níveis considerados altos (Cochrane *et al.*, 1985). Segundo Oliveira (1991), o teor de ferro nos solos da região Amazônica, geralmente é muito alto.

Os demais elementos não apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 23) e os seus níveis no Sistema Agroflorestal estavam altos para nitrogênio, médios para potássio, zinco e carbono (Matéria Orgânica) e baixo para o manganês, de acordo com Cochrane *et al.* (1985) e Moreira *et al.* (2002).

5.2.3 – Esporulação – Número de esporos no solo

Na Tabela 24 são apresentados os dados de esporulação na rizosfera do SAF da Comunidade de São Miguel.

O número de esporos na rizosfera variou significativamente entre as épocas de coleta, espécies e houve interações entre ambos (Tabela 24). A coleta no mês de agosto (seca) mostrou mais esporos no solo que no mês de fevereiro (chuvoso). Os solos sob rambutazeiros apresentaram a maior esporulação média na sua rizosfera, enquanto os piquiazeiros e abacabeiras as menores.

No mês de agosto (seca), a maior esporulação ocorreu na rizosfera dos rambutazeiros e a menor das abacabeiras, enquanto que no mês de fevereiro não houve diferenças estatísticas entre as espécies. Entre as espécies, os açazeiros, cupuaçuzeiros e os rambutazeiros tiveram as maiores esporulação na época seca (agosto), enquanto as abacabeiras e piquiazeiros não diferiram.

Tabela 24 Esporulação de fungos micorrízicos arbusculares em rizosferas de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade São Miguel no município de Presidente Figueiredo, AM.

Espécies	Médias das coletas (1)		Médias
	Seca (15.8.09)	Chuva (10.2.10)	
-----Nº. de esporos/50 grama de solo-----			
Abacaba	48 d A	36 a A	42 c
Açaí	118 bc A	44 a B	81 bc
Cupuaçu	167 ab A	56 a B	111 ab
Piquiá	51 cd A	57 a A	54 c
Rambutam	211 a A	76 a B	143 a
Médias	119,0 A	54,0 B	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5. Média e desvio padrão dos dados transformados em $\sqrt{x + 0,5}$.

A esporulação na rizosfera na maioria das espécies foi maior no período seco do que no chuvoso, concordando com Janos *et al.* (1995), Singüenza *et al.* (1996), Ramírez-Gerardo *et al.* (1997). Colozzi-Filho (1999), Caproni *et al.* (2000), Durazzini (2008) pelos quais as ocorrências de esporos no sistema costumam ser reduzida no período de chuvas, enquanto outras estruturas como hifas são mais abundantes. Guadarrama & Alvarez-Sánchez (1999) sugerem que a umidade favorece a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos. Entretanto, vários trabalhos afirmam o contrário (Miranda, 1981; Coelho *et al.*, 1994; Guitton, 1996; Oliveira *et al.*, 1998, 2003; Oliveira, 2001), ou seja, observaram acréscimo gradativo no número de esporos a partir do início do período chuvoso, seguido de decréscimo no período seco.

A esporulação média nos solos sob as abacabeiras (42 esporos/50 g de solo) e açaizeiros (81 esporos/50 g de solo) foram superiores aos encontrados por Moreira *et al.* (2010). Nos pequiazeiros, a esporulação média foi de 54 esporos/50 g de solo, resultado inferior aos encontrados por Costa *et al.* (2002) em essências florestais em Rondônia. A esporulação média nos cupuaçuzeiros foi de 111 esporos/50 g de solo, resultados superiores aos encontrados por Costa *et al.* (2002) em Rondônia. No rambutazeiro a esporulação foi de 143 esporos/50 g de solo, sendo a mais alta do SAF.

Na avaliação do SAF do Brasileirinho (Tabela 3) não houve diferença significativa no número de esporos entre os períodos chuvosos (fevereiro e abril) e secos (junho e agosto). Porto *et al.* (2003), verificaram que em pastagem adubada ou

implantada após o cultivo de soja, houve número de esporos semelhantes em ambos os períodos. Segundo Oliveira (2001), essa variação temporal pode ser significativa ou não, dependendo da espécie e da época de avaliação.

5.2.4 – Colonização total

Na Tabela 25 é apresentada a porcentagem de colonização micorrízica arbuscular total, ou seja, calculada com base na presença de todas as estruturas componentes do fungo micorrízico arbuscular (hifas, vesículas, arbúsculos e esporos na raiz).

Na colonização radicular total houve diferenças significativas entre as épocas de coletas e espécies ($p < 0,01$) e não houve interação entre ambos. A colonização total no período chuvoso foi maior que no período seco e as espécies que apresentaram as maiores colonizações totais foram as abacabeiras e cupuaçuzeiros e a menor foi observada nas raízes açazeiros.

Tabela 25 Colonização por fungos micorrízicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestral localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel no município de Presidente Figueiredo, AM.

Espécies	Médias das coletas ⁽¹⁾		Médias
	Seca (15.8.09)	Chuva (10.2.10)	
-----%-----			
Abacaba	17,2 a A	44,8 a A	31,0 a
Açaí	0,4 a A	12,4 a A	6,4 b
Cupuaçu	2,0 a A	52,4 a A	27,2 a
Piquiá	3,6 a A	29,6 a A	16,6 ab
Rambutam	2,4 a A	29,2 a A	15,8 ab
Médias	5,1 B	33,7 A	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Média e desvio padrão dos dados transformados em arc seno $\{\sqrt{(x + 0,5) / 100}\}$.

A ocorrência da maior colonização na época chuvosa (fevereiro) concorda com Guadarrama & Alvarez-Sánchez (1999), que sugerem que a umidade favorece a germinação dos esporos, resultando em alta colonização e baixa produção de esporos, entretanto contrariando os resultados do SAF do Brasileirinho (Tabela 4) e alguns autores que observaram que o desenvolvimento das micorrizas arbusculares é

favorecido em condições de deficiência de água e menor aeração no solo (Sieverding, 1979 e Bolgiano *et al.*, 1983, citados por Oliveira, 2001).

A colonização total média nas abacabeiras (31 %) e cupuaçuzeiros (27,2 %) é considerada baixa e nos açazeiros (6,4 %), pequiazeiros (16,6) e rambutazeiros (15,8 %) são consideradas muito baixas por Zangaro *et al.* (2002).

5.2.5 – Ocorrência de hifas nas raízes

Na Tabela 26 é apresentada a porcentagem de hifas. Houve diferenças significativas entre épocas de coletas, espécies e interação entre ambos ($p < 0,01$). No mês de fevereiro (chuvoso) ocorreram mais hifas do que no mês de agosto (seco).

As raízes dos cupuaçuzeiros apresentaram as maiores porcentagens de hifas, enquanto as dos açazeiros as menores. O resultado é semelhante à colonização total devido às hifas serem a grande responsável pelo cálculo dessa variável, a diferença principal é a interação que ocorreu nas hifas.

Tabela 26 Ocorrência de hifas de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestral localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel no município de Presidente Figueiredo, AM.

Espécies	Médias das coletas (1)		Médias
	Seca (15.8.09)	Chuva (10.2.10)	
-----%-----			
Abacaba	0,8 a B	44,8 a A	22,8 ab
Açaí	0,0 a B	12,4 b A	6,2 b
Cupuaçu	0,0 a B	52,0 a A	26,0 a
Piquiá	2,4 a B	29,6 ab A	16,0 ab
Rambutam	0,4 a B	29,2 ab A	14,8 ab
Médias	0,72 B	33,6 A	

(1) Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Média e desvio padrão dos dados transformados em arc seno $\{\sqrt{(x + 0,5) / 100}\}$.

No mês de fevereiro, nas raízes das abacabeiras e o cupuaçuzeiros, ocorreram as maiores presenças de hifas, e as menores foram no açaí, enquanto no mês de agosto não houve diferenças. Todas as espécies tiveram mais hifas no mês de fevereiro. Os resultados são contrários aos resultados do SAF do Brasileirinho, entretanto estão de acordo com Janos *et al.*, (1995), Singüenza *et al.* (1996); Ramírez-Gerardo *et al.* (1997);

Colozzi-Filho (1999); Caproni *et al.* (2000); Durazzini (2008), que observaram abundancia de hifas no período de chuvas.

5.2.6 – Ocorrência de vesículas nas raízes

A ocorrência de vesículas é apresentada na Tabela 27. As vesículas são estruturas de reserva que armazenam lipídeos, são globosas, formadas intracelularmente, de parede espessas, originadas na extremidade das hifas e que podem funcionar também como propágulos (Lopes *et al.*, 1983).

Houve diferenças significativas entre épocas de coletas, espécies e interação entre ambos ($p < 0,01$). No mês de fevereiro ocorreram mais vesículas que no mês de agosto e os cupuaçuzeiros tiveram mais vesículas nas raízes do que os açazeiros. No mês de fevereiro (chuvoso), as raízes do cupuaçuzeiros tiveram mais vesículas que as abacabeiras, açazeiros e pequiazeiros, enquanto que no mês de agosto (seco) não houve diferenças estatísticas. As ocorrências em todas as espécies foram muito baixas, variando de 0,0 a 22,0 %, predominando valores inferiores a 9,0 %.

Novamente, os resultados deste SAF são contrários ao SAF do Brasileirinho (Tabela 6), onde ocorreu alta concentração de vesículas na época seca. É possível que a utilização de diferentes espécies e o menor número de coletas tenha influenciado os dados. Segundo Oliveira (2001), essa variação temporal pode ser significativa ou não, dependendo da espécie e da época de avaliação.

Tabela 27 Ocorrência de vesícula de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal da comunidade de São Miguel no município de Presidente Figueiredo, AM.

Espécies	Médias das coletas ⁽¹⁾		Médias
	Seca (15.8.09)	Chuva (10.2.10)	
	-----%-----		
Abacaba	1,6 a A	6,0 b A	3,8 ab
Açaí	0,0 a A	2,8 b A	1,4 b
Cupuaçu	0,4 a B	22,0 a A	11,2 a
Piquiá	0,8 a A	4,0 b A	2,4 ab
Rambutã	0,0 a B	8,4 ab A	4,2 ab
Médias	0,5 B	8,6 A	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Média e desvio padrão dos dados transformados em arc seno $\{\sqrt{((x + 0,5) / 100)}\}$.

5.2.6 – Ocorrência de esporos nas raízes

Na Tabela 28 são apresentados os dados da ocorrência de esporos na raiz. A maioria dos estudos com micorrizas arbusculares avalia os esporos presentes no solo (esporulação), neste trabalho está sendo avaliado também à presença de esporos dentro das raízes. Segundo Lopez *et al.* (1983), os esporos de fungos micorrízicos são do tipo clamidósporo e zigosporo, podendo ser formados internamente na raiz ou no micélio externo.

Houve diferenças significativas entre épocas de coletas, espécies e interação entre ambos ($p < 0,01$). No mês de agosto (seco) ocorreram mais esporos nas raízes que no mês de fevereiro (chuvoso) e as abacabeiras tiveram mais esporos nas raízes do que os açaizeiros e pequiizeiros. No entanto, as ocorrências foram muito baixas, variando de 0,0 a 2,0 %, exceto as abacabeiras na seca, que apresentaram 16,8 % de esporos nas raízes.

Os dados de esporos na raiz são semelhantes ao SAF do Brasileirinho (Tabela 8), onde ocorreu maior presença de esporos na raiz no mês de junho (seco) e também estão de acordo com a esporulação deste SAF (Tabela 22), com a maior presença de esporos no solo, na maioria das espécies, no período seco.

Tabela 28 Ocorrência de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade São Miguel no município de Presidente Figueiredo, AM.

Espécies	Médias das coletas (1)		Médias
	Seca (15.8.09)	Chuva (10.2.10)	
Abacaba	16,8 a A	1,2 a B	9,0 a
Açaí	0,4 b A	0,0 a A	0,2 b
Cupuaçu	1,6 b A	1,2 a A	1,4 ab
Piquiá	2,0 b A	0,0 a A	1,0 b
Rambutã	2,0 b A	1,6 a A	1,8 ab
Médias	4,5 A	0,8 B	

⁽¹⁾ Colunas com as médias em letras minúsculas iguais e linhas com as médias em letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %. Média e desvio padrão dos dados transformados em arc seno $\{\sqrt{(x + 0,5) / 100}\}$.

Não foram observados arbúsculos nas raízes analisadas das espécies componentes do Sistema Agroflorestal da Comunidade de São Miguel. Os arbúsculos são geralmente difíceis de serem observados e segundo Lambais (1996), são estruturas efêmeras e de ciclo curto (4 a 5 dias).

5.2.7 – Regressões lineares entre as variáveis micorrízicas arbusculares

Nas abacabeiras, entre as nove equações, três foram significativamente positivas (Tabela 29): Hifas x colonização total ($R^2 = 87\%$, $p < 0.01$); hifas x vesículas ($R^2 = 71\%$, $p < 0.01$); vesículas x colonização total ($R^2 = 82\%$, $p < 0.01$). Como no SAF do brasileiro (Tabela 9) observa-se a influência positiva das hifas e das vesículas na colonização total. Essas correlações já eram esperadas.

Nos açazeiros (Tabela 29), ocorreu uma correlação negativa entre esporulação x hifas ($R^2 = -64\%$, $p < 0.05$) e três correlações positivas: hifas x colonização total ($R^2 = 98\%$, $p < 0.01$), hifas x vesículas ($R^2 = 90\%$, $p < 0.01$) e vesículas x colonização total ($R^2 = 89\%$, $p < 0.01$). Observou-se uma relação negativa da esporulação sobre as hifas presentes nas raízes, como ocorreu no SAF do Brasileiro, onde a esporulação correlacionou-se negativamente com a colonização total e vesículas nas raízes dos cedros (Tabela 9).

No presente trabalho os esporos presentes no solo (esporulação) relacionaram negativamente com as hifas, estruturas que dá origem as demais estruturas nas raízes, fato comprovado pela baixa ocorrência dessas estruturas nas raízes dos açazeiros (Tabelas 25, 26, 27 e 28). Segundo Azevedo (2008), a magnitude da esporulação no solo pode não refletir ao grau de colonização das raízes. De acordo com Brundrett (1991), o esporo é o principal tipo de inóculo, mas muitas vezes a densidade deles não se relaciona com a formação micorrízica devido à influência de vários outros fatores, inclusive da planta hospedeira e de fatores climáticos e edáficos. As plantas hospedeiras podem diferir muito entre si quanto à capacidade de selecionar os fungos e de afetar a sua multiplicação, o que pode alterar a comunidade de FMA.

Tabela 29 Equações de regressão entre as variáveis micorrízicas arbusculares num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010. ⁽¹⁾

Espécies	Equações	r ² (%)	Espécie	Equações	r ² (%)
Abacaba	CT = 27,28 - 0,10ES	18,0ns	Piquiá	CT = 15,07 + 0,12ES	23,2 ns
	H = 23,03 + 0,02ES	2,8ns		H = 15,48 - 0,09ES	16,7 ns
	V = 8,13 + 0,04ES	21,4 ns		V = 11,06 - 0,048ES	- 23,4 ns
	ER = 9,24 + 0,11ES	31,6 ns		ER = 2,89 + 0,06ES	42,8 ns
	CT = 14,15 + 0,74H	87,0**		CT = 2,67 + 0,92H	98,9**
	V = 4,93 + 0,21H	71,4*		V = 3,01 + 0,26H	72,0*
	ER = 19,14 - 0,20H	- 38,2 ns		ER = 8,50 + 0,10H	- 40,4 ns
	CT = 8,40 + 2,33V	82,1**		CT = 6,60 + 1,77V	70,0*
	ER = 11,19 + 0,30V	17,3 ns		ER = 7,72 + 0,18V	- 26,7 ns
Açaí	CT = 21,30 - 0,10ES	- 57,5 ns	Rambutã	CT = 39,67 - 0,13ES	- 73,1*
	H = 22,18 - 0,12ES	- 64,4*		H = 42,34 - 0,16ES	- 78,6**
	V = 10,96 - 0,04ES	- 62,6 ns		V = 18,46 - 0,06ES	- 54,4 ns
	ER = 3,26 + 0,01ES	53,3 ns		ER = 4,80 - 0,01ES	29,8 ns
	C = 1,01 + 0,95H	98,7**		CT = 4,12 + 0,86H	97,3**
	V = 2,63 + 0,36H	90,1**		V = 0,78 + 0,45H	81,7**
	ER = 19,14 - 0,20H	- 38,2 ns		ER = 8,15 - 0,02H	- 7,7 ns
	CT = - 2,48 + 2,14V	88,9**		CT = 7,99 + 1,32V	83,5**
	ER = 5,24 - 0,09V	- 23,7ns		ER = 4,09 + 0,0002V	- 1,5 ns
Cupuaçu	CT = 51,89 - 0,21ES	- 67,5*			
	H = 51,7 - 0,23ES	- 68,3*			
	V = 31,4 - 0,13ES	- 67,1*			
	ER = 7,13 - 0,001ES	- 2,3ns			
	CT = 8,08 + 0,67H	69,0*			
	V = 1,11 + 0,56H	93,6**			
	ER = 6,63 + 0,01H	7,4ns			
	CT = 4,26 + 1,45V	92,1**			
ER = 6,56 + 0,02V	8,8ns				

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

Nos cupuaçuzeiros (Tabela 29), foram observadas três correlações negativas entre esporulação x colonização total ($R^2 = -64\%$, $p < 0.05$), esporulação x hifas ($R^2 = -68\%$, $p < 0.05$) e esporulação x vesículas ($R^2 = -67\%$, $p < 0.05$) e três positivas entre hifas x colonização total ($R^2 = 69\%$, $p < 0.05$), hifas x vesículas ($R^2 = 93\%$, $p < 0.01$) e vesículas x colonização total ($R^2 = 92\%$, $p < 0.01$). Novamente verifica-se influência negativa da esporulação sobre a colonização total, hifas e vesículas; entretanto, a colonização total nos cupuaçuzeiros foi menos afetada, pois estava acima de 25%, resultado superior aos observado por Silva Junior (2006) e Oliveira & Oliveira (2010). As correlações positivas já eram esperadas.

Nos pequiazeiros, foram observadas apenas correlações positivas (Tabela 29), hifas x colonização total ($R^2 = 99\%$, $p < 0.01$), hifas x vesículas ($R^2 = 72\%$, $p < 0.05$) e vesículas x colonização total ($R^2 = 70\%$, $p < 0.05$), sendo todas já esperadas.

Nos rambutazeiros (Tabela 29), foram observadas duas correlações negativas entre esporulação e colonização total ($R^2 = -73 \%$, $p < 0.01$) e esporulação x hifas ($R^2 = 78 \%$, $p < 0.01$) e três positivas entre hifas x colonização total ($R^2 = 97 \%$, $p < 0.01$), hifas x vesículas ($R^2 = 81 \%$, $p < 0.01$) e vesículas x colonização total ($R^2 = 83 \%$, $p < 0.01$). Outra vez, a esporulação está se relacionando negativamente com a colonização total e hifas, que apresentaram valores abaixo de 20 %.

5.2.8 – Regressões lineares entre as características químicas do solo e estruturas micorrízicas arbusculares

5.2.8.1 - Equações de regressões entre pH e Al com os componentes micorrízicos.

Na Tabela 30 são apresentadas as equações de regressão relacionando os valores de pH e Al com os componentes micorrízicos.

O pH na rizosfera do rambutã (3,7 a 4,4) correlacionou-se negativamente com a esporulação ($R^2 = -73 \%$, $p < 0,05$) e positivamente com a colonização total ($R^2 = 73 \%$, $p < 0,05$), hifas ($R^2 = 81 \%$, $p < 0,01$) e vesículas ($R^2 = 70 \%$, $p < 0,05$).

Nessa faixa de pH, a esporulação média na rizosfera do rambutã foi de 143 esporos/50g solo (Tabela 24), valor inferior ao encontrado por Oliveira & Oliveira (2010) em guaranazeiro (355 esporos. 50 g/ solo, pH = 3,7), espécie da família Sapindaceae, a mesma do rambutazeiro.

Há um indicativo que o fungo e a planta estão adaptados a essa elevada acidez do solo, ou seja, pH abaixo de 4,5. No entanto, no SAF do Brasileirinho (pH acima de 4,4), houve correlação positiva com a esporulação no limoeiro (Tabela 3).

A possível explicação é que espécies diferentes de fungos e plantas reagem de forma diferenciada a influencia do pH. Segundo Daft & El-Giahmi (1975) e Bowen (1980), os fungos micorrízicos arbusculares são encontrados em solos com pH variando de 2,7 a 9,2. Para Ferreira & Duarte (2006), os rambutazeiros desenvolve satisfatoriamente em solos ácidos.

O mesmo pH na rizosfera dos rambutazeiros (3,7 a 4,4) correlacionou positivamente com colonização total (2,4 a 29%), hifas (0,4 a 30%) e vesículas (0 a 8%), valores considerados entre baixo e médio, para colonização total e hifas e baixos para vesículas segundo Carneiro *et al.* (1998). Esses resultados são contrários aos observados no SAF do Brasileirinho (Tabela 10), onde o pH rizosférico (4,5) relacionou negativamente com as mesmas estruturas micorrízicas, nas bananeiras e jatobás.

Tabela 30 Equações de regressão relacionando as interações entre pH e Al e as variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado em uma propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	Equações pH _{H2O}	r ² (%)	Equações Al	r ² (%)	variações
Abacaba	ES = 59 - 4,4pH	-5,5 ns	ES = 19 + 113Al	19 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45 % H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1,2 a 17 %
	CT = 33 - 0,63pH	-0,0 ns	CT = 9,9 + 102Al	20 ns	
	H = 6,3 + 4,7pH	21 ns	H = 22 + 6,2Al	1,5 ns	
	V = 22 - 2,9pH	-17 ns	V = 4,6 + 26Al	21 ns	
	ER = 55 - 10pH	-34 ns	ER = 6,5 + 38Al	17 ns	
	pH _{H2O} = 3,7 a 4,2		Al = 0,18 a 0,22 cmolc/kg		
Açaí	ES = 231 - 32pH	-43 ns	ES = 43 + 349Al	59 ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0,4 a 12 % H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	CT = -12 + 5,4H	37 ns	CT = 19 - 58Al	-52 ns	
	H = -18 + 6,6pH	45 ns	H = 19 - 68Al	-59 ns	
	V = - 4,7 + 2,5pH	43 ns	V = 9,7 - 25Al	-55 ns	
	ER = 10 - 1,18pH	-51 ns	ER = 3,5 - 9,5Al	53 ns	
	pH _{H2O} = 4,1 a 5,0		Al = 0,04 a 0,18 cmolc/kg		
Cupuaçu	ES = 352 - 59pH	-36 ns	ES = 76 + 170Al	15 ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1,2 a 1,6 %
	CT = 2,6 + 6,4pH	12 ns	CT = 19 + 41Al	11 ns	
	H = -14 + 10pH	18 ns	H = 19 + 30Al	7,9 ns	
	V = -13 + 7,4pH	22 ns	V = 15 + 0,64Al	0,0 ns	
	ER = 20 - 3,4pH	-37 ns	ER = 1,4 + 27Al	43 ns	
	pH _{H2O} = 3,6 a 4,0		Al = 0,19 a 0,21 cmolc/kg		
Piquiá	ES = 106 - 13pH	-13 ns	ES = 21 + 176Al	34 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3,6 a 30 % H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = -59 + 20pH	40 ns	CT = 32 - 59Al	-22 ns	
	H = -78 + 24pH	45 ns	H = 35 - 80Al	-28 ns	
	V = -13 + 5,5pH	28 ns	V = 16 - 39Al	-37 ns	
	ER = 35 - 7,2pH	-53 ns	ER = 0,96 + 27Al	38 ns	
	pH _{H2O} = 3,8 a 4,0		Al = 0,17 a 0,19 cmolc/kg		
Rambutã	ES = 766 -152pH	-73*	ES = 17 + 671Al	42 ns	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2,4 a 29 % H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	CT = -92 + 27pH	73*	CT = 50 - 159Al	-54 ns	
	H = -122 + 34pH	81**	H = 57 - 201Al	-61 ns	
	V = -58 + 16pH	70*	V = 31 - 113Al	61 ns	
	ER = 23 - 3,8pH	-28,5 ns	ER = 9,7 - 12Al	-12 ns	
	pH _{H2O} = 3,7 a 4,4		Al = 0,16 a 0,21 cmolc/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

A mesma explicação da esporulação pode ser utilizada, ou seja, fungo e planta reagem de formas divergentes em relação ao pH. As espécies de fungos que colonizaram as raízes eram menos tolerante à acidez do que as espécies de fungo que geraram os esporos na rizosfera. Para Daniels-Hetrick & Bloom (1986), Douds Jr. (1994) e Azevedo (2008), não há relação entre colonização e esporulação.

O teor médio de Al na rizosfera era 0,18 cmolc/kg, nível considerado muito baixo e não representava toxidez para as plantas (Moreira *et al.*, 2002) e para o fungo micorrízico (Lambais & Cardoso, 1988), o que determinou a ausência de correlações com as variáveis micorrízicas nas planta do SAF.

5.2.8.2 – Regressões lineares entre os teores de Ca e Mg na rizosfera e as estruturas micorrízicas arbusculares

Na Tabela 31 são apresentadas as equações de regressões relacionando o teor de cálcio e magnésio no solo e as estruturas micorrízicas. Foi observada apenas uma correlação, no açazeiro, no qual o teor de Ca rizosférico correlacionou-se negativamente com a esporulação ($R^2 = - 65 \%$, $p < 0,05$).

Os teores de Ca nas rizosferas dos açazeiros (0,95 a 2,76 cmolc/kg), estavam com nível entre baixo e alto (Moreira *et al.*, 2002). A esporulação nos açazeiros variou entre 44 a 118 esporos/50g de solo, valores superiores aos encontrados por Moreira *et al.* (2010). Observa-se que o fungo nativo e a planta estão adaptados a o baixo nível de Ca e à medida que aumenta Ca rizosférico, a esporulação começa a ser afetada negativamente.

No SAF do Brasileirinho (Tabela 11), num nível entre baixo e médio de Ca rizosférico (0,73 a 1,81 cmolc/kg), ocorreu uma correlação positiva com a esporulação no limoeiro. Essa diferença nos resultados entre os dois SAF's pode ser explicada por serem plantas e fungos com diferentes tolerâncias a acidez e ao teor de Ca. Os fungos micorrízicos são encontrados em solos com pH variando de 2,7 a 9,2 (Daft & El-Giahmi, 1975; Bowen, 1980), enquanto os açazeiros são mais tolerantes a acidez (Sistema, 2006) e os limoeiros menos (Quaggio *et al.*, 1992).

Os teores rizosféricos do Mg (Tabela 31) correlacionaram-se positivamente com a esporulação ($R^2 = 65 \%$, $p < 0,05$), hifas ($R^2 = 68 \%$, $p < 0,05$) e vesículas ($R^2 = 64 \%$, $p < 0,05$) e variaram entre 0,19 a 0,49 cmolc/kg, níveis considerados baixo a médio por Moreira *et al.* (2002). Esses resultados são semelhantes aos encontrados no SAF do Brasileirinho (Tabela 11), onde o Mg rizosférico influenciou positivamente na esporulação nos limoeiros e as vesículas e arbúsculos nos coqueiros, com Mg variando entre níveis 0,27 a 0,45 cmolc/kg.

Tabela 31 Equações de regressão relacionando as interações entre Ca e Mg no solo e variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	Equações de Ca	r ² (%)	Equações Mg	r ² (%)	Variações
Abacaba	ES = 48 - 10Ca	-11 ns	ES = 38 + 17Mg	15 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45 % H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1,2 a 17 %
	CT = 40 - 16Ca	-19 ns	CT = 31 - 0,17Mg	-0,0 ns	
	H = 22 + 3,3Ca	4,8 ns	H = 20 + 13Mg	17 ns	
	V = 10 - 1,2Ca	-6,3 ns	V = 9,3 + 2,8Mg	12 ns	
	ER = 22 - 14Ca	-41 ns	ER = 16 - 7,6Mg	-18 ns	
	Ca = 0,48 a 0,63 cmolc/kg		Mg = 0,13 a 0,34 cmolc/kg		
Açaí	ES = 134 - 28Ca	-65*	ES = 91 - 14 Mg	-15 ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0,4 a 12 % H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	CT = 5,6 + 3,6Ca	44 ns	CT = 12 + 0,22Mg	1,2 ns	
	H = 3,8 + 4,3Ca	51 ns	H = 11 + 1,39Mg	7,4 ns	
	V = 3,9 + 1,6Ca	47 ns	V = 6,5 + 0,59Mg	7,8 ns	
	ER = 5,7 - 0,6Ca	-48 ns	ER = 5,3 - 1,0Mg	-36 ns	
	Ca = 0,95 a 2,76 cmolc/kg		Mg = 0,50 a 0,85 cmolc/kg		
Cupuaçu	ES = 103 + 19Ca	16 ns	ES = 127 - 92Mg	-20 ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1,2 a 1,6 %
	CT = 33 - 12Ca	-33 ns	CT = 31 - 24Mg	-16 ns	
	H = 30 - 10Ca	-27 ns	H = 28 - 19Mg	-12 ns	
	V = 17 - 4,1Ca	-17 ns	V = 17 - 5,3Mg	-5,6 ns	
	ER = 7,8 - 1,9Ca	-30 ns	ER = 7,7 - 4,7Mg	-18 ns	
	Ca = 0,39 a 0,50 cmolc/kg		Mg = 0,14 a 0,19 cmolc/kg		
Piquiá	ES = 57 - 4,9Ca	-11 ns	ES = 46 + 32Mg	20 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3,6 a 30 % H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = 22 - 2,5Ca	-11 ns	CT = 23 - 6,3Mg	-7,8 ns	
	H = 21 - 1,7Ca	-7 ns	H = 22 - 5,7Mg	-6,6 ns	
	V = 9 - 0,87Ca	-9 ns	V = 10 - 6,0Mg	-19 ns	
	ER = 7,3 - 1,7Ca	-27 ns	ER = 6,9 - 3,1Mg	-14 ns	
	Ca = 0,60 a 0,69 cmolc/kg		Mg = 0,25 a 0,26 cmolc/kg		
Rambutã	ES = 5,8 + 2,5Ca	38 ns	ES = 29 + 72Mg	65*	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2,4 a 29 % H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	CT = 14 + 9,2Ca	48 ns	CT = 7,4 + 37Mg	62 ns	
	H = 10 + 12Ca	59 ns	H = 1,76 + 48Mg	68*	
	V = 6,2 + 4,9Ca	41 ns	V = 0,94 + 24Mg	64*	
	ER = 1,7 + 0,31Ca	42 ns	ER = 6,2 + 3,45Mg	16 ns	
	Ca = 0,27 a 1,04 cmolc/kg		Mg = 0,19 a 0,49 cmolc/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporo no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporo na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

A esporulação média na rizosfera do rambutazeiros foi de 143 esporos/50g de solo (Tabela 24), valor inferior ao encontrado por Oliveira & Oliveira (2010) em guaranazeiro, espécie da família Sapindaceae, a mesma do rambutazeiro, em níveis baixos de Mg rizosférico. As presenças de hifas (14 %) e vesículas (4,2 %) são consideradas baixas por Carneiro *et al.* (2002). Os resultados observados nos dois SAF indicam que a interação planta-fungo é favorecida em teores elevados de Mg.

5.2.8.3 – Regressões lineares entre os teores de K e P na rizosfera e as estruturas micorrízicas arbusculares

Na Tabela 32 são apresentadas as equações de regressões relacionando o teor de potássio e fósforo no solo com as estruturas micorrízicas.

Os teores de K rizosféricos tiveram apenas uma correlação negativa ($R^2 = 90\%$, $p < 0,01$) com os esporos nas raízes dos rambutazeiros e variavam entre 0,08 a 0,11 cmolc/kg, níveis considerados baixos (Moreira *et al.*, 2002). No SAF do Brasileirinho, o K rizosférico correlacionou-se negativamente com os esporos no solo nos limoeiros (Tabela 12), também em níveis considerados baixos (Tabela 2).

A possível explicação é que o fungo responsável pela geração de esporos, tanto nas raízes dos rambutazeiros como no micélio externo das rizosferas dos limoeiros estão adaptado ao baixo nível K. Entretanto, o aumento na colonização e esporulação micorrízica em resposta a aplicação de K no solo foi observada em plantas cultivadas (Sieverding, 1991; Harinikumar & Bagyaraj (n.p.) citados por Munyanziza *et al.*, 1997).

O teor de P na rizosfera de todas as espécies do SAF estava em 4,7 mg/kg (Tabela 23), nível considerado baixo por Moreira *et al.* (2002), e não se correlacionou com nenhuma variável micorrízica, indicando não influenciar na simbiose planta-fungo, enquanto no SAF do Brasileirinho, onde o P rizosférico estava em 7,0 mg/kg (Tabela 2), observou-se correlações positivas (esporulação) e negativas (colonização total e hifas) (Tabela 11). Segundo Siqueira (1994) a relação entre a colonização micorrízica e densidade de esporos com as propriedades físicas e químicas do solo variam consideravelmente.

Tabela 32 Equações de regressão relacionando as interações entre K e P e variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	Equações de K	r ² (%)	Equações de P	r ² (%)	Variações
Abacaba	ES = 39 + 17K	17ns	ES = -1,4 + 12P	27 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45 % H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1,2 a 17 %
	CT = 31 - 1,3K	-1,5 ns	CT = 9,7 + 5,8P	15 ns	
	H = 22 + 10K	15 ns	H = 29 - 1,6P	-5,1 ns	
	V = 9,8 + 1,3K	6,2 ns	V = 0,61 + 2,5P	27 ns	
	ER = 15 - 6,4K	-17 ns	ER = -0,7 + 4,1N	25 ns	
	K = 0,07 a 0,30 cmolc/kg		P = 4,0 a 8,9 mg/kg		
Açaí	ES = 47 - 14K	-19 ns	ES = 99 - 4,4P	-12 ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0,4 a 12 % H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	CT = 14 - 3,2K	-25 ns	CT = 20 - 1,9P	-27 ns	
	H = 13 - 2,9K	-22 ns	H = 19 - 1,7P	-24 ns	
	V = 7,4 - 1,0K	-19 ns	V = 6,3 + 0,14P	4,8 ns	
	ER = 4,7 - 0,37K	-17 ns	ER = 5,2 - 0,16P	-14 ns	
	K = 0,24 a 0,61 cmolc/kg		P = 3,8 a 4,4 mg/kg		
Cupuaçu	ES = 110 - 18K	1,3 ns	ES = 70 + 6P	42 ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1,2 a 1,6 %
	CT = 43 - 158K	-35 ns	CT = 43 - 2,3P	-50 ns	
	H = 39 - 139K	-28 ns	H = 40 - 2,2P	-45 ns	
	V = 22 - 66K	-23 ns	V = 25 - 1,3P	-44 ns	
	ER = 8,3 - 13K	-16 ns	ER = 7,7 - 0,11P	-13 ns	
	K = 0,10 a 0,10 cmolc/kg		P = 4,4 a 5,0 mg/kg		
Piquiá	ES = 24 + 352K	35 ns	ES = 47 - 2,1P	7,8 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3,6 a 30 % H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = 17 + 53K	10 ns	CT = 45 - 8,6P	-53 ns	
	H = 14 + 79K	14 ns	H = 50 - 8,7P	-58 ns	
	V = 11 - 29K	-14 ns	V = 17 - 2,7P	-49 ns	
	ER = 10 - 53K	-37 ns	ER = 2,8 + 0,97P	25 ns	
	K = 0,08 a 0,09 cmolc/kg		P = 2,7 a 3,9 mg/kg		
Rambutã	ES = 200 - 571K	-33 ns	ES = 146 - 0,44P	-1,2 ns	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2,4 a 29 % H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	CT = 14 + 62K	20 ns	CT = 17 + 0,49P	7,6 ns	
	H = 12 + 69K	19 ns	H = 11 + 1,2P	17 ns	
	V = 1,2 + 83K	42 ns	V = 0,95 + 1,6P	40 ns	
	ER = 17 - 95K	-90**	ER = 14 - 1,0P	-45 ns	
	K = 0,08 a 0,11 cmolc/kg		P = 6,2 a 6,4 mg/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporo no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporo na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

5.2.8.4 – Regressões lineares entre os teores de N e C na rizosfera e as estruturas micorrízicas arbusculares

Na Tabela 33 são apresentadas as equações de regressões entre os teores de N e C na rizosfera e as estruturas micorrízicas.

Os teores de nitrogênio (2,3 a 3,3 g/kg) e matéria orgânica (24,5 a 40,8 g/kg) na rizosfera das espécies componentes do SAF não correlacionaram com nenhuma variável

micorrízica. Segundo Cochran *et al.* (1985), os teores de N estavam altos e a M.O. estava no nível considerado médio.

Tabela 33 Equações de regressão relacionando as interações entre N e C no solo e variáveis micorrízicas em um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	Equações de N	r ² (%)	Equações de C	r ² (%)	Variações
Abacaba	ES = 10 + 12N	22 ns	ES = 29 + 0,74C	14 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45 % H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1,2 a 17 %
	CT = 24 + 2,5N	5,4 ns	CT = 26 + 0,3C	6,6 ns	
	H = -4,2 + 10N	27 ns	H = 4,8 + 1,1C	30 ns	
	V = 3,1 + 2,6N	22 ns	V = 5,5 + 0,27C	23 ns	
	ER = 34 - 7,6N	-36 ns	ER = 27 - 0,78C	-39 ns	
	N = 2,4 a 2,8 g/kg		C = 14,2 a 19,3 g/kg		
Açaí	ES = 121 - 21N	-53 ns	ES = 200 - 5,8C	-56 ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0,4 a 12 % H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	CT = -0,23 + 4,3N	27 ns	CT = -1,0 + 0,65C	33 ns	
	H = -3,7 + 5,3N	32 ns	H = -4,5 + 0,8C	39 ns	
	V = -0,86 + 2,6N	40 ns	V = -0,00 + 0,33C	42 ns	
	ER = 7,5 - 1,0N	-39 ns	ER = 7,4 - 0,14C	-45 ns	
	N = 2,5 a 3,3 g/kg		C = 17,3 a 23,7 g/kg		
Cupuaçu	ES = 79 + 13N	9,9 ns	ES = 97 + 0,87C	5,4 ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1,2 a 1,6 %
	CT = 40 - 5,2N	-12 ns	CT = 38 - 0,67C	-13 ns	
	H = 31 - 2,2N	-4,9 ns	H = 30 - 0,31C	-5,6 ns	
	V = 19 - 1,2N	-4,7 ns	V = 18 - 0,12C	-3,6 ns	
	ER = 6,8 + 0,04N	0,0 ns	ER = 8,5 - 0,10C	-11 ns	
	N = 2,4 a 2,4 g/kg		C = 15,8 a 16,4 g/kg		
Piquiá	ES = 14 + 15N	28 ns	ES = 21 + 1,9C	30 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3,6 a 30 % H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = 6,5 + 6,0N	21 ns	CT = 18 + 0,17C	5,3 ns	
	H = 2,8 + 7,1N	22 ns	H = 16 + 0,23C	6,5 ns	
	V = 15 - 2,9N	-25 ns	V = 8,6 - 0,01C	-1,1 ns	
	ER = 13 - 3,0N	-38 ns	ER = 8,4 - 0,14C	-15 ns	
	N = 2,3 a 2,6 g/kg		C = 16,5 a 16,7 g/kg		
Rambutã	ES = 220 - 27N	-30 ns	ES = 171 - 1,5C	-13 ns	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2,4 a 29 % H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	CT = -3,9 + 8,7N	52 ns	CT = 7,0 + 0,74C	34 ns	
	H = -13 + 11N	61 ns	H = -0,49 + 1,0C	44 ns	
	V = -2,0 + 4,1N	39 ns	V = 1,0 + 0,46C	34 ns	
	ER = 0,61 + 2,4N	43 ns	ER = 1,7 + 0,31C	42 ns	
	N = 2,3 a 3,2 g/kg		C = 15,5 a 20,7 g/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporo no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporo na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

No SAF do Brasileirinho (Tabela 13), o N rizosférico (1,3 a 2,2 g/kg) correlacionou positivamente e a M.O. (7,4 a 53,6 g/kg) negativamente com as estruturas presentes nas raízes.

O alto teor N rizosférico pode ter sido o responsável pela ausência de correlações no SAF de São Miguel, apesar de Buwalda & Goh (1982) e Paul & Clark (1996) relatarem que o efeito do N sobre o fungo micorrízico está relacionado à disponibilidade de P, ou seja, em alta disponibilidade de P e alto teor de N, ocorre uma redução da colonização. No presente trabalho, apenas o N estava elevado.

A possível explicação pela falta de correlação entre variáveis micorrízicas é o teor de matéria orgânica, através da sua mineralização e liberação de nutrientes ou uma população maior de microrganismos antagônicos aos FMAs. Matos *et al.* (2002) observaram que a adição de matéria orgânica ao substrato de mudas de bananeira acarretou diminuição acentuada na colonização das raízes por *Glomus clarum*.

5.2.8.5 – Regressões lineares entre os teores de Fe, Zn e Mn na rizosfera e as estruturas micorrízicas arbusculares.

Na Tabela 34 são apresentadas as equações de regressões relacionando Fe, Zn e Mn rizosférico e as variáveis micorrízicas.

O alto teor de ferro (183 mg/kg) nas rizosferas das espécies do SAF (Tabela 23) influenciou positivamente e negativamente as variáveis micorrízicas. Nos cupuaçuzeiros houve correlação negativa com a esporulação ($R^2 = - 79\%$, $p < 0,01$) e positiva com a colonização total ($R^2 = 79 \%$, $p < 0,01$) e hifas ($R^2 = 80 \%$, $p < 0,01$). Nos pequiazeiros, o Fe rizosférico correlacionou-se positivamente com a colonização total ($R^2 = 75 \%$, $p < 0,05$) e hifas ($R^2 = 74 \%$, $p < 0,05$).

Observa-se uma influencia diferenciada do Fe sobre as variáveis micorrízicas, os esporos no solo, que estão em contato direto com o elemento foram influenciados negativamente, enquanto as estruturas presentes nas raízes foram influenciadas positivamente. No SAF do Brasileirinho, também com alto nível de Fe rizosférico (Tabela 2) ocorreram apenas correlações negativas com as estruturas nas raízes.

A influência negativa do Fe sobre as micorrizas arbusculares é relatada por Siqueira & Franco (1988), em que altos teores de Zn, Cu, Mn e Fe e outros elementos, como Al e metais pesados, atuam diretamente nos propágulos, podendo causar fitotoxidez por esses íons. Entretanto, a possível explicação para a influencia positiva do elevado teor de Fe rizosférico sobre as estruturas presentes nas raízes é a tolerância do fungo e planta a esse nível tóxico de Fe. De acordo com Siqueira *et al.* (1999), plantas

micorrizadas apresentam maior tolerância e há diminuição da toxidez e de modo compensatório conferem ao fungo meio de sobreviver em locais com excesso de metais.

Tabela 34 Equações de regressão relacionando as interações entre Fe, Zn e Mn no solo e variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado em uma propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	Equações Fe	r ² (%)	Equações Zn	r ² (%)	Equações Mn	r ² (%)	Variações
Abacaba	ES = 86 + 0,2Fe	-20 ns	ES = 24 + 14Zn	32 ns	ES = 38 + 0,4Mn	6,7 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45 % H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1,2 a 17 %
	CT = -17 + 0,22Fe	25 ns	CT = 37 - 4,5Zn	-12 ns	CT = 38 - 0,99Mn	-19 ns	
	H = -59 + 0,38Fe	53 ns	H = 22 + 0,81Zn	2,6 ns	H = 21 + 0,28Mn	6,7 ns	
	V = 0,94 + 0,04Fe	19 ns	V = 9,3 + 0,57Zn	6,1 ns	V = 10 - 0,04Mn	-3,6 ns	
	ER = 54 - 0,18Fe	-48 ns	ER = 16 - 1,9Zn	-12 ns	ER = 21 - 0,93Mn	-41 ns	
Fe = 188 a 240 mg/kg			Zn = 1,1 a 1,4 mg/kg		Mn = 6,8 a 9,0 mg/kg		
Açaí	ES = 42 + 0,28Fe	18 ns	ES = 102 - 9,5Zn	-18 ns	ES = 138 - 18Mn	-45 ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0,4 a 12 % H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	CT = 29 - 0,11Fe	-28 ns	CT = 8,6 + 1,6Zn	17 ns	CT = 6,1 + 2,0Mn	26 ns	
	H = 23 - 0,08Fe	-26 ns	H = 6,5 + 2,3Zn	23 ns	H = 5,7 + 1,9Mn	24 ns	
	V = 10 - 0,02Fe	-17 ns	V = 5,0 + 0,86Zn	21 ns	V = 3,1 + 1,2Mn	38 ns	
	ER = 1,8 + 0,01Fe	39 ns	ER = 6,1 - 0,71Zn	-44 ns	ER = 4 + 0,09Mn	7,2 ns	
Fe = 126 a 150 mg/kg			Zn = 1,9 a 2,5 mg/kg		Mn = 3,5 a 7,1 mg/kg		
Cupuaçu	ES = 411 - 1,5Fe	-79**	ES = 155 - 39Zn	-30 ns	ES = 157 - 10Mn	-37 ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1,2 a 1,6 %
	CT = -69 + 0,50Fe	79**	CT = 29 - 1,8Zn	-4,5ns	CT = 35 - 2,0Mn	-21 ns	
	H = -79 + 0,54Fe	80**	H = 25 + 0,16Zn	0,0 ns	H = 22 + 0,57Mn	6,0 ns	
	V = -37 + 0,27Fe	68*	V = 14 + 1,8Zn	7,1 ns	V = 8,8 + 1,6Mn	28 ns	
	ER = 2,5 + 0,02Fe	20 ns	ER = 8,5 - 1,4Zn	-19 ns	ER = 8 - 0,23Mn	-15 ns	
Fe = 162 a 224 mg/kg			Zn = 1,2 a 3,4 mg/kg		Mn = 5,0 a 8,9 mg/kg		
Piquiá	ES = 39 - 0,08Fe	14 ns	ES = 41 + 7,6Zn	25 ns	ES = 39 + 1,1Mn	33 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3,6 a 30 % H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = -19 + 0,22Fe	75*	CT = 24 - 1,5Zn	-10 ns	CT = 18 + 0,44Mn	16 ns	
	H = -24 + 0,24Fe	74*	H = 22 - 0,92Zn	-5,4ns	H = 16 + 0,52Mn	17 ns	
	V = -6,8 + 0,08Fe	59 ns	V = 11 - 1,4Zn	-23 ns	V = 9,1 - 0,08Mn	-7,5 ns	
	ER = 13 - 0,03Fe	-48 ns	ER = 8,6 - 1,4Zn	-33 ns	ER = 7,6 - 0,2Mn	-24 ns	
Fe = 143 a 223 mg/kg			Zn = 1,6 a 1,7 mg/kg		Mn = 7,1 a 8,8 mg/kg		
Rambutã	ES = 288 - 0,76Fe	-49 ns	ES = 182 - 24Zn	-15 ns	ES = 156 - 1,5Mn	-13	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2,4 a 29 % H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	CT = 6,9 + 0,04Fe	14 ns	CT = -4,1 + 15Zn	52 ns	CT = 15 + 0,83Mn	38 ns	
	H = 5,6 + 0,07Fe	22 ns	H = -11 + 18Zn	55 ns	H = 10 + 1,0Mn	44 ns	
	V = 16 - 0,03Fe	-22 ns	V = -14 + 14,5Zn	79**	V = 2,1 + 0,8Mn	64*	
	ER = 8,7 - 0,00Fe	-7,4ns	ER = 13 - 3,3Zn	-34 ns	ER = 8,5 - 0,19Mn	-25 ns	
Fe = 166 a 212 mg/kg			Zn = 1,4 a 1,8 mg/kg		Mn = 6,5 a 10,1 mg/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

Os teores de Zn rizosférico correlacionaram-se positivamente apenas com as vesículas nos rambutazeiros ($R^2 = 79 \%$, $p < 0,01$) e estavam entre 1,4 e 1,8 mg/kg, nível considerado médio por Cochrane *et al.* (1985). No SAF do Brasileirinho, num nível entre baixo e médio (Tabela 2), o Zn rizosférico influenciou positivamente a esporulação e negativamente as hifas e vesículas, nos cedros (Tabela 14). A possível explicação é a necessidade crescente desse elemento para formação de vesículas, nessa espécie exótica introduzida na região.

Os teores de Mn apresentaram uma correlação positiva com os arbúsculos nos rambutazeiros ($R^2 = 64 \%$, $p < 0,05$) e variaram entre 6,5 e 10,1 mg/kg, níveis considerados entre baixo e médio por Cochrane *et al.* (1985). Nas demais espécies não houve correlações. O resultado está de acordo com o SAF do Brasileirinho, onde o baixo nível de Mn rizosférico (2,0 a 4,4 mg/kg) influenciou positivamente os arbúsculos nos coqueiros (Tabela 14).

O Mn e sua absorção são geralmente menores nas plantas micorrizadas e contribui para aumentar a tolerância das plantas ao seu excesso (Bethlenfalvay & Franson, 1989; Cardoso, 1996). A proteção contra o excesso de Mn é atribuída a um efeito indireto dos fungos micorrízicos, os quais podem causar mudanças na composição das comunidades de microrganismos oxidantes e redutores de Mn na rizosfera (Kothari *et al.*, 1991; Arines *et al.*, 1992; Posta *et al.*, 1994).

5.2.9 – Equações de regressões entre os FMAs e os nutrientes foliares

5.2.9.1 – Concentrações de nutrientes foliares

Na Tabela 35 são apresentadas as concentrações de nutrientes foliares das espécies componentes do SAF em diferentes datas de coletas. Houve variação no teor foliar de cálcio, fósforo, potássio e manganês, nos pequiazeiros. Nas demais espécies não houve diferenças significativas.

Os teores de Ca foliar na abacaba variaram entre 6,1 e 6,5 g/kg, dentro da faixa encontrada por Haag *et al.* (1992) e Viégas *et al.* (2009), com 5,4g e 6,8 g/kg, em açazeiro, espécie da mesma família *Arecaceae* (*Palmaceae*). Nos açazeiros, os teores foliares de Ca variaram entre 6,8 e 9,4 mg/kg valores superiores aos encontrados pelos autores anteriores. Os teores rizosféricos do Ca nas abacabeiras estavam no nível considerado baixo e no açazeiro estava entre médio e alto, segundo Moreira *et al.*

(2002). Os altos teores de Ca foliares nos açazeiros, certamente foram favorecidos pelos teores de Ca rizosféricos (Tabela 23).

Tabela 35 Características foliares de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel, Presidente Figueiredo, AM.

Espécies	Data da coleta	Ca	Mg	N	P	K	Fe	Zn	Mn
		-----g/kg-----						-----mg/kg-----	
Abacaba	Seca (15.8.09)	6,5 a	1,0 a	3,8 a	0,09 a	3,3 a	131 a	16,4 a	54 a
	Chuva (10.2.10)	6,1 a	1,1 a	4,0 a	0,10 a	3,8 a	164 a	18,0 a	56 a
Açaí	Seca (15.8.09)	6,8 a	1,3 a	3,6 a	0,14 a	5,4 a	124 a	14,8 a	82 a
	Chuva (10.2.10)	9,4 a	1,2 a	3,0 a	0,15 a	5,7 a	119 a	18,4 a	121 a
Cupuaçu	Seca (15.8.09)	10,1 a	2,0 a	3,3 a	0,13 a	3,4 a	95 a	21,2 a	144 a
	Chuva (10.2.10)	12,0 a	2,4 a	3,5 a	0,14 a	3,8 a	103 a	27,2 a	160 a
Piquiá	Seca (15.8.09)	7,6 b	2,1 a	3,7 a	0,21 a	7,2 a	167 a	24,4 a	122 b
	Chuva (10.2.10)	12,1 a	2,1 a	3,4 a	0,10 b	4,4 b	201 a	13,4 a	175 a
Rambutam	Seca (15.8.09)	25,1 a	2,9 a	3,2 a	0,21 a	4,7 a	127 a	25,0 a	53,8 a
	Chuva (10.2.10)	21,9 a	3,0 a	3,5 a	0,24 a	5,4 a	56 a	11,4 a	89,8 a

⁽¹⁾ Médias por espécies, seguidas com a mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Nos cupuaçuzeiros, pequiazeiros e rambutazeiros (Tabela 35), os teores foliares de Ca estavam acima dos valores encontrados por Locatelli *et al.* (2001), Oliveira & Oliveira (2004) e Dias *et al.* (2010) no cupuaçu, Ribeiro (1983) e Naves (1999), no pequiheiro (*Caryocar brasiliense* Camb.), espécie do mesmo gênero do piquiá e Reuter & Robinson (1997) em lichia (*Litchi chinensis* Sonn), espécie da família Sapindaceae, a mesma do rambutazeiro Os teores de Ca rizosférico estavam no nível considerado baixo por Moreira *et al.* (2002) nas três espécies. A possível explicação para esse fato é a adaptação dessas culturas esse baixo nível de Ca ou favorecido pela simbiose micorrízica.

Os teores foliares de Mg nas abacabeiras e açazeiros estavam abaixo dos valores encontrados Haag *et al.* (1992) e Viégas *et al.* (2009) em açazeiros e no cupuaçuzeiros abaixo dos encontrados por Locatelli *et al.* (2001) e Oliveira & Oliveira (2004) e acima dos encontrados por Dias *et al.* (2010). Nos pequiazeiros e rambutazeiros, os teores de foliares de Mg, estavam no nível adequado, segundo Ribeiro (1983) e Naves (1999), no pequiheiro, espécie do mesmo gênero do piquiheiro e Reuter & Robinson (1997), em lichia, mesma família do rambutazeiro. Os teores rizosféricos

de Mg (Tabela 23), em todas as espécies do Sistema Agroflorestal, estavam no nível considerado baixo, segundo Moreira *et al.* (2002).

Os teores foliares de N nas abacabeiras, açazeiros, piquazeiros e rambutazeiros (Tabela 35) estavam abaixo dos valores encontrados por Haag *et al.* (1992) e Viégas *et al.* (2009) em açazeiro, Ribeiro (1983) e Naves (1999), no pequizeiro, espécie do mesmo gênero do piquazeiro e Reuter & Robinson (1997) em lichia, mesma família do rambutazeiro. Nos cupuaçuzeiros, os teores foliares estavam abaixo do encontrado por Locatelli *et al.* (2001) e acima do encontrado por Dias *et al.* (2010). O teor rizosférico de N (Tabela 23), em todas as espécies do Sistema Agroflorestal, encontra-se alto conforme Cochrane *et al.* (1985).

Os teores foliares de P em todas as espécies (Tabela 35) estavam abaixo do nível encontrado por Haag *et al.* (1992), Viégas *et al.* (2009), Ribeiro (1983), Naves (1999), Locatelli *et al.* (2001), Oliveira & Oliveira (2004), Dias *et al.* (2010) e Reuter & Robinson (1997). Segundo Moreira *et al.* (2002) os níveis de P rizosférico são baixos, o que ajuda a explicar o baixo nível foliar do elemento encontrado em todas as espécies.

Os teores foliares de K nas abacabeiras e açazeiros (Tabela 35) são semelhantes aos encontrados por Viégas *et al.* (2009) e abaixo dos encontrados por Haag *et al.* (1992) e Gonçalves (2004). Nos cupuaçuzeiros e rambutazeiros os teores foliares estavam abaixo do nível encontrado por Locatelli *et al.* (2001), Oliveira & Oliveira (2004) e Reuter & Robinson (1997). Nos piquazeiros, o K foliar estava acima dos encontrados por Ribeiro (1983) e Naves (1999), no pequizeiro, espécie do mesmo gênero. Os altos teores de K rizosféricos nas abacabeiras e açazeiros devem ter influenciado os teores foliares mais elevados, enquanto os baixos níveis de K rizosférico nos cupuaçuzeiros e rambutazeiros pode ter induzidos os níveis de deficiências foliares.

Os teores foliares de Fe e Zn, na abacaba e açai (Tabela 35), estavam semelhantes a faixa adequada para pupunha (*Bactris gasipaes* H.B.K), espécie da mesma família Arecacea (Palmaceae), segundo Molina (1997).

Os micronutrientes Fe, Zn e Mn (Tabela 35) nos cupuaçuzeiros estavam semelhantes aos encontrados por Oliveira & Oliveira (2004). Nos piquazeiros, o Fe, Zn e Mn foliares estavam acima dos valores encontrados por Ribeiro (1983) e Naves (1999), no pequizeiro, espécies do mesmo gênero do piquiá e no rambutã, Fe e Zn estavam no nível adequado e Mn abaixo do nível (Reuter & Robinson, 1997). Os teores rizosféricos do Fe eram altos e do Zn e Mn médio, segundo Cochrane *et al.* (1985).

Os teores de macronutrientes nas abacabeiras apresentaram a seguinte ordem decrescente: $Ca > N > K > Mg > P$ e nos açazeiros foi a seguinte ordem: $Ca > K > N > Mg > P$ (Tabela 35). Estes resultados diferem dos encontrados por Viégas *et al.* (2009), nos quais o açazeiro apresentou os nutrientes na ordem: $N > C > K > Mg > P$ e segundo o mesmo autor, os macronutrientes mais limitantes para o crescimento do açaí em um latossolo amarelo foram o P, N, K e Mg. Os micronutrientes nas abacabeiras e açazeiros obedeceram a seguinte ordem: $Fe > Mn > Zn$, resultado semelhante ao encontrado em pupunheiras (*Bactris gasipaes* Kunth) por Silva & Falcão (2002).

No cupuaçuzeiro, os macronutrientes apresentaram a seguinte ordem: $Ca > K > N > Mg > P$ (Tabela 35), resultado semelhante aos obtidos por Oliveira & Oliveira (2004). Entretanto diferente dos encontrados por Figueiredo *et al.* (2000), Sousa (2000) e Salvador *et al.* (2002), nos quais o cupuaçuzeiro apresentou teores de nutrientes na ordem: $K > Ca > Mg > P$. Cravo & Souza (1996) observaram que o K é o elemento mais exigido pela cultura do cupuaçuzeiro, seguido de Mg, P e Ca. Com relação aos micronutrientes nos cupuaçuzeiros, a ordem foi a seguinte: $Mn > Fe > Zn$, e estão de acordo com Cravo & Souza (1996), Benchimol *et al.* (1998), Sousa (2000) e Oliveira & Oliveira (2004).

Nos piquiazeiros a seqüência de macronutrientes obedeceu a seguinte ordem $Ca > K > N > Mg > P$ (Tabela 35), resultado diferente aos encontrados por Ribeiro (1983) e Naves (1999) em pequizeiro (*C. brasiliense* Camb.), espécie do mesmo gênero do piquiazeiro, que encontrou a seguinte ordem: $N > Ca > K > Mg > P$, em vegetação natural do cerrado. Os micronutrientes obedeceram a seguinte ordem: $Fe > Mn > Zn$, resultado de acordo com Ribeiro (1983) e Naves (1999), encontrado em pequi.

Nos rambutazeiros (Tabela 35), a ordem dos macronutrientes foi a seguinte: $Ca > K > N > Mg > P$. Em licha, espécie da mesma família do rambutazeiro, Reuter & Robinson (1997) encontraram a seguinte seqüência: $N > K > Ca > Mg > P$. Os macronutrientes apresentaram a seguinte seqüência: $Fe > Mn > Zn$, resultado diferente dos autores anteriores que encontrou a seqüência: $Mn > Fe > Zn$.

5.2.9.2 – Regressões lineares entre os componentes micorrízicos arbusculares e teores foliares de Ca e Mg.

Na Tabela 36 são apresentadas as equações de regressões entre os componentes micorrízicos e Ca e Mg. Os teores foliares de Ca, nos piquiazeiros, foram influenciados positivamente pela colonização total ($R^2 = 88 \%$, $p < 0,01$), hifas ($R^2 = 89 \%$, $p < 0,01$)

e vesículas ($R^2 = 82 \%$, $p < 0,01$). Nas demais espécies não houve correlações. O teor de Ca foliar nos piquizeiros (12,6 a 18,6 g/kg) estava dentro da faixa encontrada por Ribeiro (1983) e Naves (1999) em piquizeiro (*C. brasiliense* Camb.), espécie do mesmo gênero do piquizeiro. Na rizosfera o teor de Ca (Tabela 23), estava entre (0,60 a 0,69 cmolc/kg), nível considerado baixo (Moreira *et al.*, 2002).

Tabela 36 Equações de regressão relacionando as interações entre variáveis micorrízicas e os foliares de Ca e Mg em espécies componentes num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	Equações de Ca	r^2 (%)	Equações de Mg	r^2 (%)	variações
Abacaba	Ca = 6,2 + 0,00ES	8,1ns	Mg = 1,1 – 0,00ES	-5,0 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45 % H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1,2 a 17 %
	Ca = 6,7 – 0,01CT	-20 ns	Mg = 1,0 + 0,00CT	1,8 ns	
	Ca = 6,5 – 0,00H	-7,7 ns	Mg = 1,0 + 0,00H	2,0 ns	
	Ca = 5,9 + 0,04V	16 ns	Mg = 1,6 – 0,00V	-19 ns	
	Ca = 6,9 – 0,04ER	-29 ns	Mg = 1,0 + 0,00ER	3,0 ns	
	Ca = 6,1 a 6,5 g/kg		Mg = 1,0 a 1,1 g/kg		
Açaí	Ca = 10 – 0,03ES	-57 ns	Mg = 1,1 + 0,00ES	19 ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0,4 a 12 % H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	Ca = 7,1 + 0,08CT	29 ns	Mg = 1,4 – 0,01CT	-34 ns	
	Ca = 7,3 + 0,07H	26 ns	Mg = 1,4 – 0,01H	-43 ns	
	Ca = 6,0 + 0,29V	44 ns	Mg = 1,3 – 0,01V	-15 ns	
	Ca = 6,6 + 0,33ER	19 ns	Mg = 0,7 + 0,12ER	72*	
	Ca = 6,8 a 9,4 g/kg		Mg = 1,2 a 1,3 g/kg		
Cupuaçu	Ca = 13 – 0,01ES	-50 ns	Mg = 2,3 – 0,00ES	-12 ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1,2 a 1,6 %
	Ca = 9,8 + 0,04CT	37 ns	Mg = 2,2 + 0,00CT	9,5 ns	
	Ca = 9,8 + 0,04H	42 ns	Mg = 2,0 – 0,00H	-0,0 ns	
	Ca = 9,4 + 0,10V	54 ns	Mg = 2,2 + 0,00V	1,7 ns	
	Ca = 7,5 + 0,33ER	30 ns	Mg = 1,7 + 0,03ER	18 ns	
	Ca = 10,1 a 12,0 g/kg		Mg = 2,0 a 2,4 g/kg		
Piquiá	Ca = 11 – 0,01ES	-16 ns	Mg = 2,3 – 0,00ES	-15 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3,6 a 30 % H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	Ca = 5,6 + 0,19CT	88**	Mg = 2,2 – 0,00CT	-9,1 ns	
	Ca = 6,1 + 0,18H	89**	Mg = 2,2 – 0,00H	-12 ns	
	Ca = 5,9 + 0,46V	82**	Mg = 2,2 – 0,00V	-11 ns	
	Ca = 11,8 – 0,31ER	-39 ns	Mg = 2,1 – 0,00ER	-0,0 ns	
	Ca = 7,6 a 12,1 g/kg		Mg = 2,1 a 2,1 g/kg		
Rambutã	Ca = 19 + 0,03ES	16 ns	Mg = 2,9 + 0,00ES	3,2 ns	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2,4 a 29 % H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	Ca = 29 – 0,81CT	-26 ns	Mg = 2,9 – 0,00CT	-0,0 ns	
	Ca = 25 – 0,08H	-8,7 ns	Mg = 2,9 + 0,00H	6,2 ns	
	Ca = 22 + 0,13V	7,8 ns	Mg = 2,5 + 0,04V	38 ns	
	Ca = 29 – 0,76ER	-24 ns	Mg = 3,4 – 0,05ER	-26 ns	
	Ca = 21,9 a 25,1 g/kg		Mg = 2,9 a 3,0 g/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

Como ocorreu nos jatobás, no SAF do Brasileirinho (Tabela 16), observa-se novamente o a relação positiva entre hifas e Ca foliar em uma rizosfera com baixo teor de Ca. Esse fato é um indicativo importante do efeito das hifas na absorção desse elemento. As hifas externas têm papel preponderante na maior absorção de nutrientes em plantas micorrizadas, pois podem estender por vários centímetros através do solo, aumentando a superfície de contato das raízes (Silveira 1992).

Apesar desses efeitos positivos em duas essências florestais em ambos os SAF, diversos autores observaram a diminuição da concentração de cálcio nos tecidos de plantas frutíferas quando da inoculação de micorrizas arbusculares (Souza, 2000; Silveira *et al.*, 2002; Agostini, 2002; Carniel, 2004; e Nunes, 2009).

Os esporos nas raízes, dos açazeiros, correlacionaram positivamente com os teores foliar de Mg ($R^2 = 72\%$, $p < 0,05$), que variaram entre 1,2 a 1,3 g/kg, abaixo dos observados por Haag *et al.* (1992) e Viégas *et al.* (2009). Nas demais espécies não houve correlações. Na rizosfera o teor de Mg (Tabela 23), estava entre (0,50 a 0,85 cmolc/kg), nível considerado médio (Moreira *et al.*, 2002). Apesar dessa correlação positiva, o efeito dessa estrutura micorrízica na absorção do Mg não é possível, tendo em vista que os esporos são estruturas de propagação e não responsáveis pela absorção e os teores foliares estavam abaixo dos níveis observados pelos autores anteriores.

5.2.9.3 – Regressões lineares entre os componentes micorrízicos arbusculares e teores foliares de N, P, K.

Na Tabela 37 são apresentadas as equações de regressões entre as variáveis micorrízicas e teores foliares de N, P e K. Os teores de N e K não correlacionaram com nenhuma variável micorrízica nas espécies do SAF.

Os teores de P foliares, nas abacabeiras, foram influenciados positivamente pela colonização total ($R^2 = 73\%$, $p < 0,05$) e hifas ($R^2 = 67\%$, $p < 0,05$) e negativamente, nos piquazeiros, pela colonização total ($R^2 = 67\%$, $p < 0,05$) e hifas ($R^2 = 67\%$, $p < 0,05$).

O P foliar nas abacabeiras (0,09 a 0,10 g/kg) estava abaixo dos obtidos por Haag *et al.* (1992), Gonçalves (2004) e Viégas *et al.* (2009), em açazeiros, espécie da mesma família Arecacea (Palmaceae), enquanto o teor de P na rizosfera (4,0 – 8,9 mg/kg) estava entre baixo a alto (Tabela 23; Moreira *et al.*, 2002). A porcentagem de hifas (10 a

45 %) estava acima dos valores encontrado em juçara (*Euterpe edulis* Martius) por Zangaro *et al.* (2002) e no açazeiro (Moreira, 2006).

Tabela 37 Equações de regressão relacionando as interações entre as variáveis micorrízicas e os teores foliares de N, P, K em espécies componentes de um Sistema Agroflorestal na Comunidade do Brasileirinho. Manaus, AM. 2010.

Espécies	Equações de N	r ² (%)	Equações de P	r ² (%)	Equações de K	r ² (%)	Variações
Abacaba	N = 3,9 - 0,00ES	-5,0ns	P = 0,10 + 0,00ES	-9,0	K = 3,6 - 0,00ES	-2 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45% H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1 a 17%
	N = 3,7 + 0,0CT	38 ns	P = 0,09 + 0,00CT	73*	K = 3,2 + 0,01CT	32 ns	
	N = 3,7 + 0,00H	34 ns	P = 0,09 + 0,00H	67*	K = 3,2 + 0,01H	33 ns	
	N = 3,8 + 0,00V	7,9 ns	P = 0,09 + 0,00V	55 ns	K = 3,5 + 0,00V	1 ns	
	N = 3,8 + 0,0ER	12 ns	P = 0,10 + 0,00ER	3,6 ns	K = 3,5 - 0,00ER	-1 ns	
	N = 3,8 a 4,0 g/kg		P = 0,09 a 0,10 g/kg		K = 3,3 a 3,8 g/kg		
Açaí	N = 2,9 + 0,00ES	35 ns	P = 0,15 + 0,00ES	-4 ns	K = 5,3 + 0,00ES	4,4ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0,4 a 12% H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	N = 3,7 - 0,0CT	-44 ns	P = 0,15 - 0,00CT	-6 ns	K = 7,3 - 0,05CT	-51ns	
	N = 3,6 - 0,02H	-41 ns	P = 0,15 + 0,00H	-1 ns	K = 5,2 + 0,02H	11 ns	
	N = 3,5 - 0,03V	-19 ns	P = 0,14 + 0,00V	14 ns	K = 5,0 + 0,07V	12 ns	
	N = 3,5 - 0,0ER	-8,0ns	P = 0,16 - 0,0ER	-29 ns	K = 5,2 + 0,02ER	11 ns	
	N = 3,0 a 3,6 g/kg		P = 0,14 a 0,15 g/kg		K = 5,4 a 5,7 g/kg		
Cupuaçu	N = 3,6 - 0,00ES	-42 ns	P = 0,14 + 0,00ES	2,8ns	K = 4,3 - 0,01ES	-23ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1,2 a 1,6 %
	N = 3,4 + 0,0CT	12 ns	P = 0,11 + 0,00CT	36 ns	K = 3,2 + 0,01CT	28 ns	
	N = 3,4 + 0,0H	19 ns	P = 0,11 + 0,00H	41 ns	K = 3,2 + 0,01H	29 ns	
	N = 3,4 + 0,0V	1,6 ns	P = 0,10 + 0,00V	61 ns	K = 3,1 + 0,03V	37 ns	
	N = 3,5 - 0,01ER	-23 ns	P = 0,16 - 0,00ER	-27 ns	K = 4,2 - 0,08ER	-28 ns	
	N = 3,3 a 3,5 g/kg		P = 0,13 a 0,14 g/kg		K = 3,4 a 3,8 g/kg		
Piquiá	N = 3,3 + 0,0ES	25 ns	P = 0,23 - 0,00ES	-37 ns	K = 5,8 + 0,00ES	0,0 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3,6 a 30% H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	N = 2,7 + 0,0CT	32 ns	P = 0,25 - 0,00CT	-67*	K = 7,5 - 0,07CT	-48ns	
	N = 3,8 - 0,0H	-24 ns	P = 0,24 - 0,00H	-67*	K = 7,4 - 0,07H	-48 ns	
	N = 3,3 + 0,02V	44 ns	P = 0,20 - 0,00V	-33 ns	K = 6,2 - 0,04V	-10 ns	
	N = 3,2 + 0,0ER	44 ns	P = 0,12 + 0,00ER	27 ns	K = 4,5 + 0,21ER	35 ns	
	N = 3,4 a 3,7 g/kg		P = 0,10 a 0,21 g/kg		K = 4,4 a 7,2 g/kg		
Rambutã	N = 3,6 - 0,0ES	-13 ns	P = 0,28 - 0,00ES	-28 ns	K = 6,4 - 0,00ES	-32 ns	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2,4 a 29% H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	N = 2,9 + 0,0CT	50 ns	P = 0,21 + 0,00CT	12 ns	K = 5,0 + 0,00CT	5,2 ns	
	N = 3,0 + 0,01H	45 ns	P = 0,20 + 0,00H	16 ns	K = 4,8 + 0,01H	14 ns	
	N = 3,2 + 0,02V	35 ns	P = 0,20 + 0,00V	22 ns	K = 5,3 - 0,02V	-17 ns	
	N = 3,2 + 0,0ER	14 ns	P = 0,21 + 0,04ER	12 ns	K = 5,8 - 0,10ER	-32 ns	
	N = 3,2 a 3,5 g/kg		P = 0,21 a 0,24 g/kg		K = 4,7 a 5,4 g/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporos no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporos na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

A possível explicação para o baixo teor de P foliar pode ser devido a diluição no tecido pelo bom desenvolvimento da planta. Silveira *et al.* (2002) verificaram que a menor concentração de Ca e Mg em plantas micorrizadas podem ser devido à sua diluição nos tecidos, em função do incremento no crescimento vegetativo de plantas colonizadas,

O P foliar nos piquizeiros (0,10 a 0,21 g/kg) foi inferior aos encontrados por Ribeiro (1993) e Naves (1999), em pequizeiros, mesmo gênero do piquizeiro. A possível explicação pelo baixo teor é a influência negativa da colonização total e hifas sobre o P foliar e o teor de P na rizosfera (2,7 – 3,9 mg/kg), que estava no nível considerado baixo (Tabela 23; Moreira *et al.*, 2002). Siqueira & Colozzi-Filho (1986), trabalhando com mudas de cafeeiro e fosfato solúvel, encontraram que, no solo com menos que 10 mg/kg de P disponível, a simbiose exibiu natureza parasítica ou neutra.

O teor de P rizosférico interfere na colonização e na esporulação dos FMA, sendo os efeitos deste nutriente na colonização diferente entre espécies, pois atuam via nutrição de plantas e, por isto, a quantidade de nutriente requerida para inibir a colonização depende da capacidade de absorção e translocação da espécie vegetal (Siqueira *et al.* 1989; Paula & Siqueira, 1987; Fernandes *et al.*, 1987).

5.2.9.4 – Regressões lineares entre os componentes micorrízicos arbusculares e teores foliares de Fe, Zn e Mn.

Na Tabela 38 são apresentadas as equações de regressões relacionando as variáveis micorrízicas e os teores foliares de Fe, Zn e Mn nas espécies presentes no SAF. O Fe e Mn foliares apresentaram correlações, enquanto o Zn não foi influenciado por nenhuma estrutura micorrízica.

Os teores foliares de Fe correlacionaram positivamente com a esporulação nas abacabeiras ($R^2 = 63 \%$, $p < 0,05$) e nos rambutazeiros ($R^2 = 64 \%$, $p < 0,05$) e negativamente com esporos nas raízes, no cupuaçuzeiros ($R^2 = -75 \%$, $p < 0,05$). Os teores foliares de Fe foliar em todas as espécies do SAF estavam com os níveis acima dos encontrados por Silva & Falcão (2002) nas pupunheiras, espécies da família *Arecaceae* (*Palmaceae*), Reuter & Robinson (1997) na lechia, espécie da mesma família do rambutazeiro, Locatelli *et al.* (2001), Oliveira & Oliveira (2004) e Dias *et al.* (2010) no cupuaçu e Ribeiro (1993) e Naves (1999) no pequizeiro, mesmo gênero do piquizeiro. O teor rizosférico em todo o Sistema Agroflorestral estava no nível

considerado alto (Cochrane *et al.*, 1985), o que pode ter influenciado os altos teores foliares.

Tabela 38 Equações de regressão relacionando as interações entre as variáveis micorrízicas e os teores foliares de Fe, Zn, Mn em espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado em uma propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	Equações de Fe	r ² (%)	Equações de Zn	r ² (%)	Equações de Mn	r ² (%)	Variação
Abacaba	Fe = 180 - 0,7ES	63*	Zn = 20 - 0,08ES	-32 ns	Mn = 56 - 0,03ES	-5,6 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45% H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1 a 17%
	Fe = 125 + 0,7CT	51ns	Zn = 19 - 0,06CT	-23 ns	Mn = 50 + 1,4CT	20 ns	
	Fe = 126 + 0,9H	52 ns	Zn = 17 - 0,00H	2,2 ns	Mn = 49 + 0,25H	28 ns	
	Fe = 137 + 1,0V	17 ns	Zn = 20 - 0,33V	-27 ns	Mn = 42 + 1,29V	44 ns	
	Fe = 156 - 0,8ER	-24 ns	Zn = 22 - 0,35ER	-52 ns	Mn = 62 - 0,49ER	-29	
	Fe = 131 a 164 mg/kg		Zn = 16,4 a 18,0 mg/kg		Mn = 54 a 56 mg/kg		
Açaí	Fe = 115 + 0,07ES	11 ns	Zn = 20 - 0,04ES	-55 ns	Mn = 118 - 0,2ES	-15 ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0 a 12% H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	Fe = 52 + 18CT	34 ns	Zn = 13 + 0,2CT	51 ns	Mn = 100 + 0,0CT	0,0 ns	
	Fe = 118 + 0,23H	6,8 ns	Zn = 14 + 0,2H	48 ns	Mn = 97 + 0,36H	5,2 ns	
	Fe = 119 + 0,21V	2,5 ns	Zn = 12 + 0,66	60 ns	Mn = 56 + 6,5V	37 ns	
	Fe = 155 - 7,3ER	-33 ns	Zn = 17 + 0,4ER	14 ns	Mn = 151 + 10ER	-24 ns	
	Fe = 119 a 124 mg/kg		Zn = 14,8 a 18,4 mg/kg		Mn = 82 a 121 mg/kg		
Cupuaçu	Fe = 102 - 0,02ES	-19 ns	Zn = 30 - 0,05ES	-47 ns	Mn = 194 - 0,3ES	-46 ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1 a 1,6%
	Fe = 98 + 0,03CT	7,3 ns	Zn = 19 + 0,17CT	46 ns	Mn = 136 + 0,5CT	22 ns	
	Fe = 97 + 0,07H	17 ns	Zn = 20 + 0,15H	43 ns	Mn = 140 + 0,49H	21 ns	
	Fe = 98 + 0,07V	10 ns	Zn = 21 + 0,17V	29 ns	Mn = 131 + 1,33V	34 ns	
	Fe = 113 - 2,04R	-75*	Zn = 17 + 0,92ER	42 ns	Mn = 116 + 4,8ER	32 ns	
	Fe = 95 a 103 mg/kg		Zn = 21,2 a 27,2 mg/kg		Mn = 144 a 160 mg/kg		
Piquiá	Fe = 151 + 0,6ES	45 ns	Zn = 23 - 0,08ES	-17 ns	Mn = 134 + 0,26ES	17 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3 a 30% H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	Fe = 150 + 1,5CT	60 ns	Zn = 29 - 0,48CT	-54 ns	Mn = 104 + 2,0CT	70*	
	Fe = 156 + 1,3H	55 ns	Zn = 27 - 0,43H	-52 ns	Mn = 108 + 1,9H	73*	
	Fe = 169 + 1,7V	27 ns	Zn = 28 - 1,14V	-51 ns	Mn = 112 + 4,27V	59 ns	
	Fe = 186 - 0,4ER	-4,4 ns	Zn = 16 + 0,33ER	10 ns	Mn = 171 - 3,71ER	-35 ns	
	Fe = 167 a 201 mg/kg		Zn = 13,4 a 24,4 mg/kg		Mn = 122 a 175 mg/kg		
Rambutã	Fe = 16 + 0,52ES	64*	Zn = 5,0 + 0,09ES	39 ns	Mn = 104 - 0,23ES	-49 ns	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2 a 29% H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	Fe = 133 - 2,0CT	-45 ns	Zn = 23 - 0,26CT	-20 ns	Mn = 51 + 0,99CT	39 ns	
	Fe = 126 - 1,8H	-46 ns	Zn = 23 - 0,26H	-23 ns	Mn = 51 + 1,08H	47 ns	
	Fe = 115 - 2,5V	-35	Zn = 18 - 0,02V	-1,3 ns	Mn = 66 + 0,57V	14 ns	
	Fe = 94 - 0,38ER	-2,9 ns	Zn = 5 + 0,09ER	39 ns	Mn = 86 - 1,85ER	-25 ns	
	Fe = 56 a 127 mg/kg		Zn = 11,4 a 25,0 mg/kg		Mn = 53,8 a 89,8 mg/kg		

⁽¹⁾ ES = Esporo no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporo na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

A colonização total ($R^2 = 70 \%$, $p < 0,05$) e hifas ($R^2 = 73 \%$, $p < 0,05$) influenciaram positivamente o Mn foliar nos piquiazeiros. O teor foliar de Mn estava acima dos encontrados por Ribeiro (1993) e Naves (1999), em pequiheiro, mesmo gênero do piquiazeiro e o Mn rizosférico estava no nível considerado baixo (Cochrane et al., 1985). Há uma forte evidência da influência positiva das hifas na absorção de Mn para as plantas, ou seja, baixo nível rizosférico, alto nível foliar e correlação positiva com as hifas.

5.2.10 – Equações de regressões entre os FMAs e a textura do solo rizosférico

5.2.10.1 – Textura dos solos rizosféricos nas espécies do Sistema Agroflorestal

Na Tabela 39 são apresentadas as texturas dos solos rizosféricos das espécies do SAF. A porcentagem de areia foi abaixo de 5 %, silte de 12 % e argila de 83,6 %.

A textura do solo é definida pela proporção relativa das classes de tamanho de partículas de um solo e é uma característica importante de um solo porque varia muito pouco ao longo do tempo (Reinert & Reichert, 2006).

Tabela 39 Características físicas do solo (textura) da rizosfera de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado na comunidade de São Miguel, Presidente Figueiredo. AM.

Espécies	Data da coleta	areia	silte	argila
		2.00 - 0.05 mm	0.05 - 0.002 mm	< 0.002 mm
		-----%		
Abacaba	Seca (15.8.09)	3,9 a	12,4 a	83,7 a
	Chuva (10.2.10)	3,9 a	10,0 a	86,1 a
Açaí	Seca (15.8.09)	5,3 a	14,8 a	79,9 a
	Chuva (10.2.10)	6,9 a	12,1 a	80,9 a
Cupuaçu	Seca (15.8.09)	4,9 a	14,6 a	80,5 a
	Chuva (10.2.10)	3,8 a	9,7 a	86,5 a
Piquiá	Seca (15.8.09)	3,3 a	11,8 a	84,9 a
	Chuva (10.2.10)	3,7 a	12,8 a	83,5 a
Rambutã	Seca (15.8.09)	4,2 a	11,1 a	84,7 a
	Chuva (10.2.10)	4,2 a	10,3 a	85,5 a
Média geral do SAF		4,4	11,9	83,6

⁽¹⁾ Médias seguidas com a mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Segundo Embrapa (2006), o solo rizosférico é classificado como muito argiloso (acima de 60 % de argila). Os teores de areia, silte e argilas não variaram significativamente entre as espécies e datas de coletas, concordando com os autores anteriores.

5.2.10.2 – Equações de regressões entre a textura da rizosfera e as variáveis micorrízicas arbusculares.

Na Tabela 40 são apresentadas as equações de regressões entre a textura do solo e variáveis micorrízicas. Os teores de areia e argila não correlacionaram com as micorrizas arbusculares e apenas o teor de silte correlacionou negativamente com a colonização total ($R^2 = - 70 \%$, $p < 0,05$) e hifas ($R^2 = - 78 \%$, $p < 0,01$) nas abacabeiras.

No SAF do Brasileirinho, numa rizosfera de textura menos argilosa, os resultados foram contrários, ocorreram correlações positivas com a areia, negativas com a argila e positivas e negativas com o silte (Tabela 20).

A elevada porcentagem de argila neste SAF (acima de 80 %) pode ser a explicação pelos resultados contrários nos SAF. Solos argilosos têm menor abundância de FMAs, devido à sua maior compactação e menor aeração. Já os solos arenosos, desde que não muito lixiviados, apresentam maior quantidade de associações micorrízicas, havendo uma maior concentração de esporos, principalmente, numa profundidade acima de 5 cm da rizosfera (Sieverding 1991). Segundo Arcos (2003) e Peña-Venegas *et al.* (2006), a argila pode afetar a permanência dos esporos dos fungos micorrízicos no solo, uma vez que tendem a ter poros mais finos, mais sujeitos a compactação.

Tabela 40 Equações de regressão relacionando as interações entre areia (AR), argila (AG) e silte (ST) e variáveis micorrízicas num Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel. Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	Equações da areia	r ² (%)	Equações do silte	r ² (%)	Equações da argila	r ² (%)	Variações
Abacaba	ES = -184 + 59AR	54 ns	ES = 34 + 0,7ST	3,5 ns	ES = 598 - 6,5AG	-39 ns	ES = 36 a 48 esporos/50g solo CT = 17 a 45 % H = 10 a 45 % V = 1,6 a 6 % ER = 1,2 a 17 %
	CT = 160 - 33AR	-35 ns	CT = 125 - 8,4ST	-70*	CT = -343 + 4AG	28 ns	
	H = 149 - 32AR	-42 ns	H = 145 - 11ST	-78**	H = -197 + 2,6AG	22 ns	
	V = 50 - 10AR	-45 ns	V = 32 - 1,9ST	-47 ns	V = 54 - 0,52AG	-14 ns	
	ER = -17 + 8,3AR	20 ns	ER = -9,8 + 2,1ST	29 ns	ER = 102 - 1,4AG	-16 ns	
	Areia = 3,9 a 3,9 %		Silte = 10,0 a 12,4 %		Argila = 83,7 a 86,1 %		
Açaí	ES = 72 + 1,9AR	7,3 ns	ES = 63 + 1,5ST	20 ns	ES = -31 + 1,4AG	27 ns	ES = 44 a 118 esporos/50g solo CT = 0,4 a 12 % H = 0 a 12 % V = 0 a 3 % ER = 0 a 0,4 %
	CT = 21 - 1,8AR	-37 ns	CT = 19 - 0,6ST	-43 ns	CT = 3,8 + 0,10AG	11 ns	
	H = 19 - 1,6AR	-32 ns	H = 19 - 0,57ST	-40 ns	H = 19 - 1,6AG	-32 ns	
	V = 9,3 - 0,51AR	-25 ns	V = 9,4 - 0,21ST	-36 ns	V = 9,3 - 0,51AG	-25 ns	
	ER = 5,4 - 0,18AR	-23 ns	ER = 4,8 - 0,2ST	-10 ns	ER = 0,9 + 0,04AG	28 ns	
	Areia = 5,3 a 6,9 %		Silte = 12,1 a 14,8 %		Argila = 79,0 a 80,9 %		
Cupuaçu	ES = 40 + 16AR	44 ns	ES = 4,8 + 8,7ST	51 ns	ES = 651 - 6,4AG	-52 ns	ES = 56 a 167 esporos/50g solo CT = 2 a 52 % H = 0 a 52 % V = 0,4 a 22 % ER = 1,2 a 1,6 %
	CT = 42 - 3,7AR	-30 ns	CT = 66 - 3,2ST	-58 ns	CT = -148 + 2AG	53 ns	
	H = 40 - 3,4AR	-27 ns	H = 65 - 3,3ST	-56 ns	H = -153 + 2,1AG	50 ns	
	V = 24 - 1,9AR	-26 ns	V = 35 - 1,5ST	-45 ns	V = -72 + 1,0AG	41 ns	
	ER = 9 - 0,6AR	-28 ns	ER = 6,0 + 0,07ST	7,5 ns	ER = 4,6 + 0,02AG	4,0 ns	
	Areia = 3,8 a 4,9 %		Silte = 9,7 a 14,6 %		Argila = 80,5 a 86,5 %		
Piquiá	ES = 129 - 20AR	-19 ns	ES = 52 + 0,11ST	0,0 ns	ES = 200 - 1,7AG	-14 ns	ES = 51 a 57 esporos/50g solo CT = 3,6 a 30 % H = 2,4 a 30 % V = 1 a 4 % ER = 0 a 2 %
	CT = 61 - 11AR	-19 ns	CT = 31 - 0,78ST	-11 ns	CT = -32 + 0,6AG	10 ns	
	H = 48 - 7,7AR	-13 ns	H = 30 - 0,77ST	-10 ns	H = -26 + 0,56AG	8,2 ns	
	V = 9,8 - 0,38AR	-1,7ns	V = 19 - 0,87ST	-32 ns	V = -57 + 0,78AG	31 ns	
	ER = 14 - 2,4AR	-15 ns	ER = 6,5 - 0,03ST	-1,6ns	ER = -3,9 + 0,1AG	7,1 ns	
	Areia = 3,3 a 3,7 %		Silte = 11,8 a 12,8 %		Argila = 83,5 a 84,9 %		
Rambutã	ES = 184 - 9,7AR	-6,8ns	ES = -7,2 + 14ST	38 ns	ES = 705 - 6,6AG	-19 ns	ES = 76 a 211 esporos/50g solo CT = 2,4 a 29 % H = 0,4 a 30 % V = 0 a 8 % ER = 1,6 a 2 %
	CT = 7,6 + 3,1R	12 ns	CT = 22 - 0,12ST	-1,8ns	CT = 104 - 0,9AG	-15 ns	
	H = 9,4 + 2,3AR	7,8 ns	H = 15 + 0,32ST	4,2 ns	H = 146 - 1,5AG	-21 ns	
	V = -12 + 5,3AR	32 ns	V = 0,89 + 0,8ST	19 ns	V = 157 - 1,7AG	-44 ns	
	ER = 16 - 2,2AR	-23 ns	ER = 22 - 0,12ST	-1,8ns	ER = -39 + 0,5AG	26 ns	
	Areia = 4,2 a 4,2 %		Silte = 10,3 a 11,1 %		Argila = 84,7 a 85,5 %		

⁽¹⁾ ES = Esporo no solo; CT = Colonização micorrízica arbuscular total; H = Hifas; V = Vesículas; ER = Esporo na raiz; ns: não-significativo; * e ** significativos a 5 e 1 %, respectivamente, pelo teste t.

5.2.13 – Análise do conjunto das correlações envolvendo as características químicas, físicas, foliares e micorrízicas no Sistema Agroflorestal.

Na Tabela 41 são apresentadas todas as correlações entre variáveis química e física do solo e foliares com as estruturas micorrízicas.

As vesículas foi a estrutura micorrízica mais influenciada pelos componentes químicos da rizosfera, correlacionando positivamente com pH, Mg, Fe, Zn e Mn, seguida das hifas, que correlacionaram positivamente com pH, Mg e Fe. A esporulação correlacionou-se positivamente com Mg e negativamente com pH, Ca e Fe.

Os resultados foram contrários aos do SAF do Brasileirinho (Tabela 21 e 22), onde se observou mais correlações positivas com a esporulação e negativas com os componentes presentes nas raízes, como as hifas e vesículas.

Na Tabela 42 são apresentadas todas as correlações entre variáveis químicas e físicas do solo e foliares com as estruturas micorrízicas, nas espécies componentes do Sistema Agroflorestal. O rambutazeiro foi a espécie do sistema que mais apresentou correlações, tanto positivamente (pH, Mg, Zn, e Mn rizosféricos; Fe foliar), como negativamente (pH e K rizosféricos). O açaizeiro e o cupuaçuzeiro foram as espécies do sistema que menos sofreram influência das interações entre rizosfera, planta e fungo. No açaizeiro ocorreram correlações positivas com Mg foliar e negativas com Ca rizosférico, enquanto no cupuaçuzeiro ocorreram correlações positivas com Fe rizosférico e negativas com Fe rizosféricos e foliar.

Tabela 41

Correlações entre as características químicas e físicas das rizosferas e composição dos nutrientes foliares com os componentes micorrízicos arbusculares na rizosfera de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade São Miguel, Presidente Figueiredo AM. 2010.

Variáveis micorrízicas ¹⁾	-----Características químicas das rizosferas ⁽³⁾ -----											----- Componentes químicos foliares -----						Características físicas ⁽³⁾				
	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	K	P	N	C	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	N	P	K	Fe	Zn	Mn	AR	ST	AG
ES ⁽²⁾	(-) *	Ns	(-) *	(+) *	ns	ns	ns	ns	(-) **	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	(+) *	ns	ns	ns	ns	ns
CT (%)	(+) *	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	(+) **	ns	ns	(+) **	ns	ns	(+/-) *	ns	ns	ns	(+) *	ns	(-) *	ns
H (%)	(+) *	Ns	ns	(+) *	ns	ns	ns	ns	(+) **	ns	ns	(+) **	ns	ns	(+/-) *	ns	ns	ns	(+) *	ns	(-) **	ns
V (%)	(+) *	Ns	ns	(+) *	ns	ns	ns	ns	(+) *	(+) **	(+) **	(+) **	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A (%)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ER (%)	ns	Ns	ns	ns	(-) **	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	(+) *	ns	ns	ns	(-) *	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ ES = esporulação; CT = Colonização total; H= hifas; V= vesículas; A= arbúsculos; ER= Esporo nas raízes; AR= areia; ST= Silte; AG= argila; ns= não significativo, * e ** significativos a 5 e 1 % pelo teste t.

⁽²⁾ ES = 42 - 143 esporos/50g solo; CT = 6,4 - 31,0 %; H = 6,2 - 26 %; V = 1,4 - 4,2 %; A = 0 % e ER = 0,2 - 9,0 %.

⁽¹⁾ pH = 3,6 - 5,0; Al = 0,04 - 0,22 cmolckg, Ca = 0,27 - 2,76 cmolckg; Mg = 0,13 - 0,85 cmolckg; K = 0,07 - 0,61 cmolckg; P = 2,7 - 8,9 mg/kg; Fe = 126 - 240 mg/kg; Zn = 1,1 - 3,4 mg/kg; Mn = 3,5 - 10,1 mg/kg; N = 2,3 - 3,3 g/kg; C = 14,2 - 23,7 g/kg.

⁽²⁾ Areia = 3,3 - 6,9 %; silte = 9,7 - 14,8 % e argila = 79,9 - 86,5 %.

Tabela 42 Correlações entre as características químicas e físicas e composição dos nutrientes foliares com as variáveis micorrízicas na rizosfera de espécies componentes de um Sistema Agroflorestal localizado numa propriedade rural na comunidade de São Miguel, Presidente Figueiredo, AM. 2010.

Espécies	----- Características químicas das rizosferas -----											----- Características químicas foliares -----						Características físicas ⁽²⁾				
	pH _{H2O}	Al	Ca	Mg	K	P	N	C	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	N	P	K	Fe	Zn	Mn	AR	ST	AG
Abacaba	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	(+)*	ns	(+)*	ns	ns	ns	(-)*	ns
Açaí	ns	ns	(-)*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	(+)*	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Cupuaçu	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	(+/-)*	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	(-)*	ns	ns	ns	ns	ns
Piquiá	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	(+)*	ns	ns	(+)**	ns	Ns	(-)*	ns	ns	ns	(+)*	ns	ns	ns
Rambutã	(+/-)*	ns	ns	(+)*	(-)**	ns	ns	ns	ns	(+)*	(+)*	ns	ns	ns	ns	ns	(+)*	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ pH = 3,6 - 5,0; Al = 0,04 - 0,22 cmolckg, Ca = 0,27 - 2,76 cmolckg; Mg = 0,13 - 0,85 cmolckg; K = 0,07 - 0,61 cmolckg; P = 2,7 - 8,9 mg/kg; Fe = 126 - 240 mg/kg; Zn = 1,1 - 3,4 mg/kg; Mn = 3,5 - 10,1 mg/kg; N = 2,3 - 3,3 g/kg; C = 14,2 - 23,7 g/kg.

⁽²⁾ Areia = 3,3 - 6,9 %; silte = 9,7 - 14,8 % e argila = 79,9 - 86,5 %.

6. CONCLUSÕES:

- No SAF do Brasileirinho, os esporos encontrados nos solos foram elevados, entre 166 (bananeiras) e 202 (cedros) esporos/50 g de solo e não variaram significativamente entre espécies e datas de coletas;
- No SAF de São Miguel, os solos continham entre 42 (abacabeiras) e 143 (rambutazeiros) esporos de fungos MA/50 g de solo e variaram significativamente entre espécies e datas de coletas;
- Na SAF do Brasileirinho, a colonização total média foi alta (acima de 60 %) nas bananeiras, cedros e jatobás e houve variação entre as espécies e datas coletadas;
- No SAF de São Miguel, a colonização total média foi baixa em todas as espécies (abaixo de 40 %) e houve variação entre as espécies e datas coletadas;
- Houve alta concentração de hifas (62 %) e vesículas (54 %) no período seco (junho e agosto) no SAF do Brasileirinho, enquanto no SAF de São Miguel, a ocorrência de hifas (33,6 %) e vesículas (8,6 %) foi maior no período chuvoso;
- As hifas predominaram nas raízes de todas as espécies, respondendo entre 80 a 100 % das estruturas fúngicas observadas, em ambos os SAFs;
- Houve baixa incidência de arbúsculos (abaixo de 8 %) e esporos nas raízes (abaixo de 23 %) em todas as espécies, em ambos os SAFs;
- No SAF do Brasileirinho, as hifas relacionaram-se positivamente com o Ca e K foliares, e os teores de Mg, N e silte rizosféricos, e negativamente com o Mg foliar e os teores de pH, Al, P, Fe, Zn e M.O. rizosféricos;
- No SAF de São Miguel, as hifas relacionaram-se positivamente com Ca, P e Mn foliares, com os teores de pH, Mg, Fe rizosféricos e negativamente com P foliar e silte;

- Os arbúsculos, no SAF do Brasileirinho, foi a estrutura micorrízica que mais se correlacionou, tanto positivamente com Ca, N, P e K foliares e os teores de Mg, Mn, areia e argila rizosféricos, como negativamente (Mg, Fe e Zn foliares) e os teores de pH, Al, P, Fe, M.O. e silte;
- O pH rizosférico, em ambos os SAFs, foi o componente do solo que mais influenciou as variáveis micorrízicas, correlacionando tanto positivamente como negativamente com a estruturas micorrízicas;
- O Fe presente no solo rizosférico, em ambos os SAF, foi o elemento que mais influenciou as relações nutrientes-micorrizas em todas as espécies;
- Os elementos presentes nos solos rizosféricos, em ambos os SAFs, que menos influenciaram a relação nutrientes-micorrizas em todas as espécies foram os teores de Ca, K e Mn;
- Os nutrientes foliares que mais se relacionaram com os FMA foram os teores de Mg e K no SAF do Brasileirinho e P e Ca no SAF de São Miguel;
- O Zn foi o elemento que menos correlacionou com os FMA em ambos os SAF;
- O silte foi a característica física do solo que mais influenciou as variáveis micorrízicas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que foram realizadas as amostragens, não era esperado grande número de correlações significativas entre os fungos micorrízicos arbusculares e os teores de macro e micronutrientes nos solos rizosféricos e foliares, tampouco valores altos de r , visto que são muitos os fatores que influenciam nutrientes do solo e sua absorção, principalmente em um levantamento de campo com material genético desconhecido. Valores de r altos e significativos só ocorreriam se houvesse homogeneidade genética das plantas e dos fungos micorrízicos, bem como condições edafoclimáticas mais controladas. Altas variações genéticas são comumente encontradas em plantas da Amazônia que não passaram por processos de seleção (Lima *et al.*, 1986). Além disso, encontra-se elevada diversidade de fungos micorrízicos que também diferem quanto à eficiência na absorção de nutrientes, quando associados às plantas (Bever *et al.*, 2001). As plantas apresentavam variabilidade genética e o solo continha esporos de diversos gêneros de fungos micorrízicos, não identificados. Assim, os baixos valores de r indicam que outros fatores não relacionados com a colonização dos fungos micorrízicos nas raízes estão atuando mais intensamente na eficiência da absorção dos nutrientes. As correlações significativas somente indicam que as micorrizas contribuíram, pelo menos em parte, para maior absorção de nutrientes pelas plantas.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFIA

ABBOTT, L.K. & ROBSON, A.D. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 35:121-150, 1991.

ADAMS, F.; PEARSON, R.W. Differential response of cotton and peanuts to subsoil acidity. **Agronomy Journal**, v.62, p.9-12, 1970.

AFEK, U.; RINALDELLI, E.; MENGE, J. A.; JOHNSON, E. L. V.; POND, E. Mycorrhizal inoculum influence colonization of cotton, onion and pepper seedlings. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 115 (1): 938-942. 1990.

AGOSTINI, S. **Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de videira**. 63f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.

ALMEIDA, R.T., FREIRE, V.F., VASCONCELOS, I. Efeito da baixa dosagem de fósforo e da inoculação, com rizóbio e fungo micorrízico VA sobre o desenvolvimento do feijão-de-corda, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Ciência. Agron.** Fortaleza, v.19. n.1, p.19-22. 1988.

ALMEIDA, R.T., VASCONCELOS, I., FREIRE, V.F. Efeito de níveis de fosfatos de rocha e da inoculação, de *Rhizobium* sp. e *Glomus macrocarpum* Tul. & Tul. sobre o desenvolvimento da jurema-preta *Mimosa acutistipula* Benth. **Ciência. Agron.** Fortaleza, v.22, n.12, p.15-18. 1991.

ALMEIDA, M.V. C et al. **Sistemas Agroflorestais como Alternativa Auto-Sustentável para o estado de Rondônia**. Porto Velho: Planaflo; PNUD, p. 14. 1995.

ALMEYDA, N.; MAB, S. E.; MARTIN, F. W. The rambutan. **Citrus and Subtropical Fruit Journal**. v. 54, p 10 - 12, 1979.

ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils**. New York, John Wiley, 339p.1993.

ANGELI, A. **Identificação de espécies florestais. *Cedrella fissilis* (Cedro).** Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais/IPEF. Piracicaba. São Paulo. 2005. Artigo eletrônico.

ANJUM, T.; JAVAID, A.; M.; SHAH, B. M. Correlation between plant growth and arbuscular mycorrhizal colonization in some rainy season grasses. **Pak. J. Bot.**, 38(3): 843-849, 2006.

ANTUNES, V., SILVEIRA, A.P., CARDOSO, E.I.B.N. Interação entre diferentes tipo de solo e fungos micorrízicos vesiculo-arbuscular na produção de mudas de café (*Coffea arabica* l.) **Turrialba**. v.38, n.2, p.117-122.1988.

ARCOS, A.L. Distribuição da associação micorrízica arbuscular em ecossistemas naturais e intervindos. Aspectos ambientais para o ordenamento territorial do Trapézio Amazônico. **Instituto Geográfico Agustín** – Colômbia. IGAC. 2003

ARINES, J.; PORTO, M. E.; VILARIÑO, A. Effect of manganese on vesicular-arbuscular mycorrhizal development in red clover plants and on soil Mn-oxidizing bacteria. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 1, p. 127-131, 1992.

ARNON, D.I. Criteria of essentiality of inorganic micronutrients for plants with special reference to molybdenum. In: WALLACE, T. **Trace elements in plant physiology**. Waltham: Chronica Botanica, 1950. p.31-39. (Biological Miscellany, 3).

AZCON, R., OCAMPO, I.A. Factors affecting the vesicular-arbuscular infection and mycorrhizal dependency of thirteen wheat cultivars. **New Phytol.** v.87, p.677-685. 1981.

AZEVEDO, L.C.B. **Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares no solo e raízes de cana-de-açúcar.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. (Tese de Doutorado). 110p. 2008.

BARBOSA, L.M.; BONONI, V.L.R.; SANTOS, M.R.O.; et al. Interação micorrízicas com amendoimzeiro (*Arachis hypogea* L.) e comunidade infestante. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. São Paulo. **Anais...**, Universidade de São Paulo, p.45.1988.

BASTOS, T.X.; DINIZ, T.D. de A.S. **Avaliação do clima do estado de Rondônia para o desenvolvimento agrícola**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 28p. (EMBRAPA. CPATU. Boletim de Pesquisa, 44). 1982.

BENCHIMOL, R.L.; VIÉGAS, I.J.M. & CARVALHO, J.G. Concentração de micronutrientes em tecidos de cupuaçuzeiros sadios e infectados por *Crinipellis perniciosa*. In: FERTBIO, 5, Caxambú, 1998. **Resumos**. Caxambú, SBM, p.577. 1998.

BETHLENFALVAY, G. J.; FRANSON, R. L. Manganese toxicity alleviated by mycorrhizae in soybean. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 12, n. 8, p. 953-970, 1989.

BEVER, J.D.; SCHULTZ, P.A.; PRINGLE, A. & MORTON, J.B. Arbuscular mycorrhizal fungi: more diverse than meets the eye, and the ecological tale of why. **Bioscience**, 51:923-931, 2001.

BUWALDA, J.G.; GOH, K.M. Host – fungus competition for carbon as a cause of growth depressions in vesicular – arbuscular mycorrhizal regrass. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmford, v.14, n.1, p.103-106, 1982.

BOWEN, G.D. Mycorrhizal roles in tropical plants and ecosystems. In: MIKOLA, P., ed. Tropical mycorrhiza research. Oxford, **Oxford University Press**, p.165-190. 1980.

BUCKMAN, H.O.; BRADY, N.C. **Natureza e Propriedades dos Solos**: Compêndio Universitário Sobre Edafologia. 4º ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos S.A. 594p. 1976.

BURITY, H.A.; LYRA, M.C.C.P.; SOUZA, E.S.; MERGULHÃO, A.C.E.S.; SILVA, M.L.R.B. Efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesq. agropec. bras.** vol.35, p. 801-807, no.4, p. 2000.

BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v.21, p.171-313, 1991.

CABRERA, L.T. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em ecossistemas de florestas secundárias sobre solos antrópicos e solos não-antrópicos (adjacentes) na Amazônia Central.** Manaus: INPA/UFAM, 78p. 2009. (Tese de Doutorado). 2009.

CALDEIRA, S.F. **Observações sobre a associação de endomicorrizas com café, capim-gordura, limão-rosa e soja.** Viçosa: UFV, 40p. 1981. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1981.

CAMARGO, F.A.O. **Fracionamento e dinâmica do nitrogênio orgânico em solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 151p. (Tese de Doutorado). 1996.

CAMARGO, F.A.O.; GIANELLO, C. & VIDOR, C. Comparative study of five hydrolytic methods in the determination of soil organic nitrogen compounds. **Comm. Soil Sci. Plant Anal.**, 28:1303-1309, 1997.

CAPRONI, A.L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas/PA.** 2001. 186f. (Tese Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; CARVALHO, D.; BOTELHO, S.A.; SAGGIN-JUNIOR, O.J.S. Micorriza arbuscular em espécies arbóreas e arbustivas nativas de ocorrência no sudeste do Brasil. **CERNE**, v.4, n.1, p.129-145, 1998.

CARNIEL, E. **Uso de fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de porta-enxertos de videira e no controle biológico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *herbemontis*.** 73 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.

CARDOSO, E.I.B.N. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em soja com *Rhizobium japonicum* e fosfato de rocha, em função, o do tipo de solo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.10, p.17-23. 1986.

CARDOSO, E. J. B. N. Interaction of mycorrhiza, phosphate and manganese in soybean. In: AZCÓN-AGUILAR, C.; BAREA, J. M. (Ed.). Mycorrhizas in integrated systems: from genes to plant development. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON MYCORRHIZAS, 4., 1994, Granada. **Proceedings...** Luxembourg: European Commission Report. p. 304-306.1996.

CALVET, C.; ESTAÚN, V.; CAMPRIBÍ, A.; HERNÁNDEZ-DORREGO, A.; PINOCHET, J.; MORENO, M. A. Aptitude for mycorrhizal root colonization in *Prunus* rootstocks. **Scientia Horticulturae**, v. 09, p.1–10, 2003.

CHU, E. Y. The effects of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) seedlings. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.34, n.6, p.1019-1024, 1999.

CIDIN, A.C.M.; CORRÊA, F.L.O.; PEQUENO, P.L.L.; ALMEIDA, C.M.V.C.; MULLER, M.W.; MACEDO, R.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. Avaliação da fertilidade do solo em Sistema Agroflorestal com cacaueiros e coqueiros em Ji-Paraná, Rondônia, Brasil. **Agrotropica**. 21(1): 65 - 72. 2009.

CLAPP, J.P.; YOUNG, J.P.W.; MERRYWEATHER, J.W.; FITTER, A.H. Diversity of fungal symbionts in arbuscular mycorrhizas from a natural community. **New Phytologist**, Lancaster, v.130, p259-269, 1995.

COCHRANE, T.T.; SANCHEZ, L.G.; AZEVEDO, L.G.; PORRAS, J.A.; GARVER, C.L. **Land in Tropical América. A teoria na América Tropical**. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali. Colômbia. Embrapa Cerrados (CPAC), Planaltina. D.F., Brasil. 444p. 1985.

COELHO, C.F. Caracterização e incidência de fungos micorrízicos em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* nos municípios de Paraopeba, Bocaiúva e João Pinheiro, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.21, n.3, p.393-404, 1997.

COLOZZI-FILHO, A. & BALOTA, E.L. Potencial de inóculo de fungos micorrizicos arbusculares em solo cultivado com cafeeiro e leguminosas de verão. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZA, 5., Florianópolis, 1994. **Resumos**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994. P.17.

COLOZZI-FILHO, A. **Dinâmica populacional de fungos micorrízicos arbusculares no agrossistema cafeeiro e adubação verde com leguminosas**. Piracicaba: ESALQ, 106p. 1999 (Tese de Doutorado).

CORDEIRO, M.A.S.; CARNEIRO, M.A.C.; PAULINO, H.B.; SAGGIN JUNIOR. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 35 (3): 147-153. 2005.

COSTA, R.S.C. da. **Seleção de plantas daninhas multiplicadoras de fungos MA e sua influencia sobre a população micorrízica arbuscular em um solo com diferentes níveis de fósforo**. Fortaleza, 1994. 55p. Universidade Federal do Ceará (Dissertação de Mestrado).

COSTA, R.S.C.; CAMPELO, K.O.; MENDES, A.M.; RIBEIRO, G.D.; COSTA, N.L. Ocorrência de micorrizas arbusculares em cupuaçuzeiro em Rondônia. In. FRUTAL 2002. Fortaleza – CE. **Anais**, Embrapa/Instituto Frutal . v.1, p. 210-212. 2002

COSTA, R.S.C. da; COSTA, N.L.; MENDES, A.M; RODRIGUES, V.G.S. **Ocorrência de fungos MA em diferentes sistemas de uso da terra em Rondônia e Acre, Brasil**. Porto Velho: EMBRAPA-UEPAE de Porto Velho, 11p. (EMBRAPA. UEPAE de Porto Velho. Documentos, 42). 1999.

COSTA, R.S.C.; CARMO, L.A.; MENDES, A.M.; RODRIGUES, V.G.S.; COSTA, N.L. Ocorrência de micorrizas arbusculares em cafezal solteiro e arborizado em Ouro Preto do Oeste, Rondônia. In. IV CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2002, **Anais...**, Ilhéus – BA. Embrapa/Ceplac/UESC. v.1 p. 7-004. 2002

- CRAVO, M.S. & SOUZA, A.G.C. Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, Manaus, 1996. **Resumos**. Manaus, SBCS, p.632-633, 1996.
- DAFT, M.J. & EL-GIAHMI, A.A. Effects of *Glomus* infections on three legumes. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B. & TINKER, P.B., eds. Endomycorrhizas. London, **Academic Press**. p.470-484. 1975
- DANIELS-HETRICK, B. A.; BLOOM J. The influence of host plant on production and colonization ability of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. **Mycologia**, 78 (1): 32-36, 1986.
- DECLERCK, S.; DEVOS, B.; DELVAUX, B.; PLENCHETTE, C. Growth response of micropropagated banana plants to VAM inoculation. **Fruits**, v.49, n.2, p.103-109, 1994.
- DECLERCK, S.; PLENCHETTE, C.; STRULLU, D. G. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. **Plant and Soil**, v.176, p.183-187, 1995.
- DIAS, J.R.M.; WADT, P.G.S.; LEMOS, C.O.; DELARMELINDA, E.A., SOLINO, J.S. TAVELLA, L.B. Relações nutricionais log-transformadas para avaliação nutricional de cupuaçuzeiros comerciais. **Acta Amazônica**. v.40(1) p.37 - 42, 2010.
- DIEHL, P.; FONTENLA, S. B. Arbuscular mycorrhizal infection in two morphological root types of *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch. **Revista Argentina de Microbiologia**, v.42, 133-137, 2010.
- DOUDS Jr, D. D. Relationship between hyphal and arbuscular colonization and sporulation in mycorrhiza of *Paspalum notatum* Flugge. **New Phytologist**, 126 (2):233-237. 1994.
- DURAZZINI, A.M.S. **Fungos micorrízicos arbusculares em solos sob diferentes cultivos na fazenda experimental da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes - MG**. Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes. (Monografia em Gestão Ambiental). 2008.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**: 2 ed. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. EMBRAPA, Rio de Janeiro – RJ, 220p. 1979.

EMBRAPA. **Análise Foliar**: Laboratório de Análises de Solo e Planta. Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê. Manaus-AM. 8p. 1988.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas do solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação e Transferência de Tecnologia. 370p. 1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, M.G.R.; RIBEIRO, G.D. **Coleção de fruteiras tropicais da Embrapa Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 5p. (Embrapa Rondônia – Comunicado Técnico 306). 2006.

FERREIRA, R.S.; COSTA, F.A.; MARQUES, R.A.; CAMILE, E.C.; BUENO, P.G.A.; MIRANDA, C.H.B. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares sob diferentes sistemas de manejos em cultivares de bananeira (*Musa* sp). In: FERTIBIO, 6, Londrina. **Anais...**, Embrapa Soja/IAPAR/SBCS, Londrina, 2008. CD.

FERNANDES, A.B.; SIQUEIRA, J.O.; MENEZES, M.A.L.; GUEDES, G.A.A. Efeito diferenciado do fósforo sobre o estabelecimento e efetividade da simbiose endomicorrízica em milho e soja. **Rev. bras. Ci. Solo**, v.11, p.101-108, 1987.

FIGUEIREDO, N.N.; MACÊDO, J.L.V.; CRAVO, M.S. Avaliação do estado nutricional do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Wild. ex Spreng.) Schum) em um Sistema Agroflorestal na Amazônia Central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., Manaus, 2000. **Resumos**. Manaus, Embrapa Amazônia Ocidental, p.48-50. 2000.

FOY, C.D. Manganese and plants. In: Manganese: Washington, **National Academy of Sciences**, p.51-76. 1973.

FOY, C.D.; CHANEY, R.L.; WHITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. **Ann. Rev. Plant. Physiol.**, v.29, p.511-566. 1978

FOY, C.D. Physiological effects of hydrogen, aluminum and manganese toxicities in acid soil. In: ADAMS, F., ed. Soil acidity and liming. Madison, **American Society of Agronomy**. p.57-97. 1984.

FONTES, R.L.F. & COX, R. Iron deficiency and zinc toxicity in soybean grown in nutrient solution with different levels of sulfur. **J. Plant Nutr.**, 21:1715-1722, 1998.

FRANÇA, S.C. **Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares nos manejos convencional e orgânico de citros e suas interações com *Phytophthora parasítica***. Piracicaba, 107p. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. (Tese de Doutorado). 2004.

GASPAROTTO, L.; IDCZAK, E.; NUNES, C.D.M.; MACEDO, J.L.V.; LIMA, M.I.P.M. Fruteiras em sistemas agroflorestais no Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, Salvador. **Resumos...** Salvador: SBF. p.1181-1182. 1994.

GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, v. 46, p.235-246, 1963.

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

GONÇALVES, A.A.S. **Crescimento, composição mineral e sintoma visuais de deficiências de macronutrientes e boro em plantas de açaizero (*Euterpe oleracea* Mart.)** 2004. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2004.

GUADARRAMA, P.; ÁLVAREZ-SÁNCHEZ, F.J. Abundance of arbuscular mycorrhizal fungi spores in different environments in a tropical rain forest. Veracruz, Mexico. **Mycorrhiza**, n.8, p.267-270, 1999.

GUITTON, T.L. **Micorrizas vesículo-arbusculares em oito espécies florestais da Amazônia: Efeitos de fatores sazonais e edáficos em plantios experimentais de terra firme na região de Manaus – AM.** 81p. (Dissertação de mestrado). 1996.

GURGEL FILHO, O.A.; MORAIS, J.L.; GARRIDO, L. M. A.G. **Silvicultura de essências indígenas sob povoamentos homóclitos coetâneos experimentais IV – Jatobá (*Hymenaea stilbocarpa* Hayne).** *Silvicultura em São Paulo*, 16: 957-861. 1982.

HAAS, J.H.; MENGE, J.A. V.A mycorrhizal fungi and soil characteristics in avocado (*Persea americana* Mill.) orchard soil. **Plant and Soil**, v.127, p.207-212, 1990.

HABTE, M. Soil acidity as a constraint to the application of vesicular-arbuscular mycorrhizal technology. In: VARMA, A.; HOCK, B. (Ed.). **Mycorrhiza - structure, function, molecular biology and biotechnology**, Berlin:Heidelberg: Springer-Verlag, p.593-605. 1995.

HAAG, H. P.; SILVA FILHO, N.L; CARMELO, Q.A.C. Carência de macronutrientes e de boro em plantas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) **In: CONGRESSO NACIONAL DE ESSÊNCIAS NATIVAS,2.,1992, São Paulo. Anais.** São Paulo, v. 1. p.477-479. 1992.

HARLEY, J.L.; SMITH, S.E. **Mycorrhizal symbiosis.** London: Academic Press Inc., 1983. 483p.

HUNGRIA, M.; & ARAÚJO, R.S. **Manual de Métodos Empregados em Estudos de Microbiologia agrícola.** Brasília: Embrapa – SPI, 1994.

INVAM. **International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi.** Disponível em: <http://www.invam>. Acesso em agosto 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>. Acessado em setembro de 2010.

JANOS, D.P. Mycorrhizae influence tropical succession. **Biotropica**, v.12, supl.2, p.56-64, 1980. v. 12, 56-64 p., 1980.

JANOS, D.P.; SAHLEY, C.T.; EMMONS, L.H. Rodent dispersal of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in Amazonian Peru. **Ecology**, v. 76, p.1852-1858, 1995.

JANSE, J.M. Les endophytes radicaux de quelques plantes javanaises. **Annual Jard. Bot.**, Buitenzorg, 24:53-201, 1897.

JASPER, D.A.; ABBOT, L.K.; ROBSON, A.D. The survival of infective hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in dry soil: an interaction with sporulation. **New Phytologist**, Cambridge, v. 124, n. 3, p. 473-479, 1993.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report** 48(9): 692, 1964.

JOHNSON, N.C.; GRAHAM, J.H.; SMITH, F.A. Functioning of mycorrhizal associations along the mutualism-parasitism continuum. **New Phytologist**, v.135, p.575-585, 1997.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo, SP: Ceres, 1985. 482p.

KOCHIAN, L.V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.46, p.237-260, 1995

KOSKE, R.E. *Gigaspora gigantea*: observations on spore germination of a VA mycorrhizal fungus. **Mycologia**, v.73, p.288-300. 1981.

KOTHARI, S. K.; MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V. Effect of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and rhizosphere micro-organisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentrations in maize (*Zea mays* L.). **New Phytologist**, Cambridge, Inglaterra, v. 117, p. 649-655, 1991.

LAMBAIS, M.S. **Aspectos bioquímicos e moleculares da relação fungo-planta em micorrizas arbusculares**. In: SIQUEIRA, J.O. (editor). Avanço em Fundamentos e Aplicações de Micorrizas. Lavras: Universidade Federal de Lavras/DCS e DCF, 1996. 290p.

LAMBAIS, M. R.; CARDOSO, E. J. B. N. Avaliação da germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. **R. bras. Ci. Solo**, Viçosa, v. 12, p. 249-255, 1988.

LACA-BUENDIA, J.P.; BRANDÃO, M. Usos pouco conhecidos de plantas daninhas como companheiras, repelentes, inseticidas, iscas, moluscolicidas e nematicidas. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, V.13, n.150, p.30-33, 1988.

LEITE, J.B.V. Banana. **Jornal CEPLAC. Notícias**. Itabuna. 2001

LIMA, R.R.; ALENCAR, S.A.; FREADE JÚNIOR, J.M. & BRANDÃO, G.R. Coleta e avaliação de plantas amazônicas de cultura ou de exploração pré-colombiana: Recursos genéticos da região do Solimões. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém, 1986. Anais. Belém, Embrapa Amazônia Ocidental, p.39-49. 1986.

LOCATELLI, L.M.; LOVATO, P.E. Inoculação micorrízica e aclimatização de dois porta-enxertos de macieira micropropagados. **Pesq. agropec. bras.**, v.37, p.177-184, 2002.

LOCATELLI, M.; SOUZA, V.F.; VIEIRA, A.B.; QUISEN, R.C. **Nutrientes e biomassa em sistemas agroflorestais com ênfase no cupuaçuzeiro, em solo de baixa fertilidade**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 20p. (Embrapa Rondônia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1). 2001.

LOPES, E.S.; DIAS, R.; FREITAS, S.S. Influência dos microrganismos na nutrição dos cultivos nos trópicos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16, Ilhéus. **Anais...**, CEPLAC-SBCS, Ilhéus, 341p., p.78-95. 1985.

LOPES, E. S.; FERNANDES, F. A. Endomicorrizas: produção de inóculo e inoculação. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 1., Lavras, 1986. **Anais...** Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, p.125-135. 1986.

LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.; ZAMBOLIM, L. Características das Micorrizas Vesículo-Arbusculares e seus Efeitos no Crescimento das Plantas. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 1983.

- LORENZI, H.. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, Editora Plantarum, 352 p. 1992
- MACHADO, R.M. Utilidade das plantas daninhas no manejo integrado das pragas. **Inf. Agropec.**, Belo Horizonte, V.13, n.150, p.33-35, 1988.
- MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 5^a ed. São Paulo. Agronômicas Ceres, ed. 292p. 1989.
- MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solos e folhas: amostragens, interpretação e sugestão de adubação**. 1 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 124 p. 1992.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba, POTAFÓS, 319p. 1997.
- MALUF, A. M., 1984. **Avaliação da variabilidade intra e interpopulacional para tolerância ao alumínio em leucena (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit.)**. Piracicaba, ESALQ. 110p. (Dissertação de Mestrado).
- MARSCHNER, H.; DELL, B. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. In: ROBSON, A.D.; ABBOT, L.K.; MALAJCZUK, N. (Ed.). **Management of mycorrhizas in agriculture, horticulture and forestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. p.89-102.
- MATOS, E. da S.; MENDONÇA, E. de Sá; VILLANI, E. M. de A; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, J. C. C. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** v.30, p.625-632, 2006.
- MATOS, R.M.B.; SILVA, E.M.R.; BRASIL, F.C. Micorriza arbuscular e matéria orgânica na aclimação de mudas de bananeira, cultivar Nanicão. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 3, 277-283, 2002
- MELO, I.S. de; Azevedo,J.L.de. **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: Embrapa – CNPMA, 488p. 1998

MENGE, J. A.; LEMBRIGHT, H.; JOHNSON, E.L.V. Utilization of mycorrhizal fungi in Citrus nurseries. **Proc. Int. Soc. Citricult.**, California, 1:129-132, 1977.

MENGE, I.A.; IARRELL, W.M.; LABANAUSKAS, C.K. et al. Predicting mycorrhizal dependency of troyear citrange on *Glomus fasciculatus* in California citrus soils and nursesey mixes. **Soil. Sci. Soc. Am. I.** v.46, p.762-768. 1982.

MINHONI, M.T.A.; AULER, P.A.M. Efeito do fósforo, fumigação do substrato e fungo micorrízico arbuscular sobre o crescimento de plantas de mamoeiro. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.27, p.841–847, 2003.

MIRANDA, J.C.C. Ocorrência de fungos endomicorrízicos nativos em um solo de cerrado do Distrito Federal e sua influência na absorção de fósforo por *Brachiaria decumbens* Stapf. **Rev. bras. Ciênc. Solo.** v.5: 102-105. 1981.

MOLINA, E. Fertilización y nutrición de pejobaye para palmito. **Research report**, Centro de Investigaciones Agronómicas.Universidade de Costa Rica, San José. 26p. 1997.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Variação das propriedades químicas e físicas do solo e na matéria orgânica em agroecossistemas da Amazônia Ocidental (Amazonas)**. Piracicaba: CENA/USP, 79p. 2002

MOREIRA, F.W. **Características químicas dos solos e colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares em plantas introduzidas em clareiras de Província Petrolífera de Urucu, Amazonas**. Manaus: INPA. Dissertação de Mestrado. 66 p. 2006.

MOREIRA, F.W.; OLIVEIRA, L.A.; MEDEIROS, G.S. Colonização por fungos micorrízicos arbusculares em essências florestais cultivadas em clareiras na Província petrolífera de Urucu, Amazonas. **In: FERTIBIO**, 7. Guarapari, INCAPER/SBCS. p.34. 2010.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA. 625p. 2002.

MOSSE, B. Specificity in VA mycorrhizas. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B., eds. *Endomycorrhizas*. London, **Academic Press**, p.469-484. 1975.

MUNYANZIZA, E.; KEHRI, H.K.; BAGYARAJ, D.J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: a role of mycorrhiza and crops e trees. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 77-85. 1997.

NOGUEIRA, M.A.; CARDOSO, E.J.B.N. Interações microbianas na disponibilidade e absorção de manganês por soja. **Pesq. agropec. Bras.** v.37 n. 11. 2002.

NICHOLAIDES, J. J. I.; SANCHEZ, P. A.; BANDY D. E.; VILLACHIA, J. H., COUTU, A. J.; VALVERDE, C. S. Crop production systems in the Amazon Basin. In: E. Moran (ed.) **The Dilemma of Amazonian Development**, Westview. p. 101-153. 1983.

NUNES, M.S. **Fungos micorrízicos arbusculares em porta-enxertos de citros. Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.** (Dissertação de Mestrado). 79p. 2004.

NUNES, J.L.S.; SOUZA P.V.D.; MARODIN, G.A. B.; FACHINELLO, J.C. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o crescimento do porta-enxerto de pessegueiro ‘Aldrighi’. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.931-940, 2009

OLIVEIRA, A.A.R.; COELHO, Y.S. & MATTOS, C.R.R. Infecção micorrízica em pomares de citros no Estado da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8, Brasília, v.1, Anais. p.195-198. 1986,

OLIVEIRA, A.A.R.; COELHO, Y.S. Infecção micorrízica em pomares de citros no Estado de Sergipe. **Rev. Bras. Frutic.**, v.17, n.3, p.77-84, 1995.

OLIVEIRA, L. A. Ocupação racional da Amazônia: o caminho para preservar. In: Val, A. L.; Fligliuolo, R.; Feldberger, E. (Eds) **Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia: Fatos Perspectivas**. p. 47-52. 1991

OLIVEIRA, L.A.; GUITTON, L.T.; MOREIRA, F.W. Relações entre as colonizações por fungos micorrízicos arbusculares e teores de nutrientes foliares em oito espécies florestais da Amazônia. **Acta Amazonica**, 29:183-193. 1999.

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.** INPA/UFAM. (Dissertação de Mestrado). 150p. 2001.

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. **Rev. bras. Ciênc. Solo**, v.28, p.1063-1068, 2004.

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. **Rev. bras. Ciênc. Solo**, v.29, p.481-488, 2005.

OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A. Influence of edapho-climatic factors on the sporulation and colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in two Amazonian native fruit species. **Braz. Arch. Biol. Technol.** v.53, n.3: pp.653-661. 2010.

OLIVEIRA, A.N.; OLIVEIRA, L.A.; FIGUEIREDO, A. F. Colonização micorrízica e concentração de nutrientes em três cultivares de bananeiras em um latossolo amarelo da Amazônia Central. **Acta Amazonica**. 33(3). p. 345-352. 2003.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. 2. ed. California: Academic Press, 340 p. 1996

PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeito de micorrizas vesicular-arbusculares no crescimento, nodulação e acúmulo de N pela soja. **Pesq. agropec. bras.**, v.22, p.171-178, 1987.

PAULINO, V.T., PICCINI, D.F., BAREA, I.M. Influência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e fosfatos em leguminosas forrageiras tropicais. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v.10, p.103-108. 1986.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of aluminium to coffee in Ultisols and Oxisols amended with CaCO₃, MgCO₃ and CaSO₄. **Soil Science Society of America Journal**, v.46, p.1201-1207, 1982.

PEÑA-VENEGAS, C.P.; CARDONA, G.; MAZORRA, V. Micorrizas arbusculares da Amazônia Colombiana. Catalago Ilustrado. **Instituto Amazônico de InvestigaçãO Científica-SINCHI**. 90. 2006.

PENG, S.; EISSENSTAT, D.M.; GRAHAM, J.H.; WILLIAMS, K.; HODGE, N. Growth depression in mycorrhizal citrus at high-phosphorus supply. **Plant Physiology**. v. 101, p. 1063-1071, 1993.

PHILLIPS, I.M., HAMAN, D.S. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Trans. Br. Mycol. Soc.**, V.55, p.158 - 161. 1970.

PORTO, A.L.; MIRANDA, C.H.B.; MACEDO, M.C.M. **Distribuição de Esporos de Fungos Micorrízicos em Solo dos Cerrados sob Diferentes Sistemas de Produção Agropecuária**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte. 23 p. 2003 (Documentos 138).

POSTA, K.; MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V. Manganese reduction in the rhizosphere of mycorrhizal and non-mycorrhizal maize. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 5, p. 119-124, 1994.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 111p. 2000.

QUAGGIO, J.A., SOBRINHO, J.T.; A.R. DECHEN, A.R. Response to liming of 'Valencia' orange tree on Rangpur lime: Effects of soil acidity on plant growth and yield. **Proceeding Introduction Society Citriculture** 2:628-632. 1992.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; PIZA Jr., C. T. *In*: van RAIJ, B., CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2nd ed. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundação. Frutíferas. IAC. p.121-153. 1997

RAIJ, B.van; **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba: CERES, POTAFOS. 343p. 1991.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAMÍREZ-GERARDO, M.; ÁLVAREZSÁNCHEZ, J.; GUADARRAMA, P.; SÁNCHEZ-GALLÉN. Estudio de hongos micorrizógenos arbusculares bajo árboles remanentes em um pastizal tropical. **Boletín de la Sociedad Botánica de México**, n.61, p.15-20, 1997.

RAMOS, J. D.; PIO, R.; RUFINI, J.C.M.; VALE, M.R. do. **Recomendações básicas para o cultivo da lima ácida “Tahiti”**. 29p. [http:// www.editora.ufla.br/BolExtensao](http://www.editora.ufla.br/BolExtensao). Acessado em 08.07.10, às 22:00 h.

RATNAAKE, M., LEONARD, R.T., MENGE, I.A. Root exudation in relation to supply of phosphorus and its possible relevance to mycorrhizal formation. **New Phytol.**, v.81, p.543-552. 1978.

REGO, I.A.C. **Efeito de diferentes práticas culturais adotadas em pomar de laranja ‘Pêra’(Citrus sinensis L. Osbeck) sobre a eficiência de fungos micorrízicos arbusculares nativos e ocorrência de espécies**. Cruz das Almas, 2000. 54p. Universidade Federal da Bahia. (Dissertação de Mestrado). 200.

REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. **Plant Analysis an Interpretation Manual**. Second Edition. **CSIRO** Austrália, 365p., 1997.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. 18p. 2006.

ROPERO, C.A.L. **Micorrizas arbusculares e assimilação de nutrientes em uma meso-escala na região Amazônica**. Manaus, 2007. 49p. Universidade Federal do Amazonas/Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. (Dissertação de Mestrado). 2007

ROSENDHAL, S.; STUKENBROCK, E. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi in undisturbed vegetation revealed by analyses of LSU rDNA sequences. **Molecular Ecology**. Oxford, v.13, p.3179-3186. 2004.

RUFYIKIRI, G.; DECLERCK, S.; DUFEY, J.E.; DELVAUX, B. Arbuscular mycorrhizal fungi might alleviate aluminium toxicity in banana plants. **New Phytol.**, v.148, p.343-352, 2000.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SIQUEIRA, J.O.; GUIMARÃES, P.T.G. & OLIVEIRA, E. Interação fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efeitos no crescimento e teores de nutrientes do cafeeiro em solo não fumigado. **R. bras. Ci. Solo**, 18:27-36, 1994.

SALVADOR, J.O.; ROSSETO, R.; MURAOKA, T.; MALAVOLTA, E. Nutrição mineral do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). I. Composição mineral das folhas. II. Acumulação de nutrientes pelos diversos órgãos da planta. **Científica**, 26:95-112, 1998.

SANCHEZ, P. A.; SALINAS, J. G. Low input technology for managing Oxisols and Udisols in tropical América. **Advances in Agronomy**, New York, v. 34, p. 280-406, 1981.

SANCHEZ, P. A.; BANDY, D. E.; VILLACHIA, J. H.; NICHOLAIDES, J. J. Amazon basin soils: management for continuous crop production. **Science**, 216: 821-827. 1982.

SANDERS, F. E. & TINKER, P. B. Mechanism of absorption of phosphate from soil by *Endogone* mycorrhizas. **Nature**, 233: 278 - 279. 1971.

SCHWAN, K.R.F. **Caracterização, incidência e ecologia de micorrizas em viveiros e florestas de *Eucalyptus* spp. na região de Viçosa, MG.** Viçosa, MG, UFV, p.55 p., 1984 (Dissertação Mestrado).

SEAGRI. **Cultura – COQUEIRO.** Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. Salvador. BA. 2010. Artigo eletrônico. <http://www.seagriba.br>. Acessado em 08.07.10, às 23:10h.

SILVA, L.F.C.; SIQUEIRA, J.O. Crescimento e teores de nutrientes de mudas de abacateiro, mangueira e mamoeiro sob influência de diferentes espécies de fungos micorrízicos vesículo arbusculares. **Rev. bras. Ciênc. Solo**, v.15, p.283-288, 1991.

SILVA JÚNIOR, J.P. da. **Comunidades de fungos micorrízicos arbusculares associadas à pupunha e ao cupuaçu cultivado em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central.** 2004. 95p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2004

SILVA JUNIOR, J.P.; CARDOSO, E.J.B.N. Micorriza arbuscular em cupuaçu e pupunha cultivados em sistema agroflorestal e em monocultivo na Amazônia Central. **Pesq. agropec. bras.**, v.41, n.5, p.819-825. 2006

SILVEIRA, A. P. D., **Micorrizas.** In: CARDOSO, E.I.B.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. eds. Microbiologia do Solo. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, P. 257-282, 1992.

SILVEIRA, S.V.; SOUZA, P.V.D.; KOLLER, O. C. Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de abacateiro. **Pesq. agropec. bras.**, v.37, p.303–309, 2002.

SINGÜENZA, C. ESPEJEL, I.; ALLEN, E.B. Seasonality of mycorrhizae in coastal sand dunes of Baja California. **Mycorrhiza**, n.6, p.151-157, 1996.

SIQUEIRA, I.O., HUBBEL, D.H., SCHENCK, N.C. Spore germination and germ tube growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus in vitro. **Mycologia**, v.74, p.952-959. 1982

SIQUEIRA, J.O. (editor). **Avanço em Fundamentos e Aplicações de Micorrizas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/DCS e DCF, 290p. 1996.

SIQUEIRA, J.O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R.S.; HUNGRIA, M. eds. **Microrganismo de importância agrícola**. Brasília, EMBRAPA - SPI, 155 - 194, 1994.

SIQUEIRA, J.O.; ANDRADE, A.T.; FAQUIN, V. **O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pelas plantas**. Departamento de Ciência do Solo. UFLA. (Palestra proferida em São Pedro, SP). 2003.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de micorrizas vesicular arbuscular em agro e ecossistemas naturais do estado de Minas Gerais. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.24, p.1499-1506, 1989.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI-FILHO, A.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; GUIMARÃES, P.T.G.; OLIVEIRA, E. Crescimento de mudas e produção do cafeeiro sob influência de fungos micorrizicos e superfosfato. **Rev. bras. Ciênc. Solo**, Campinas, 19 (1):53-60, 1993.

SIQUEIRA, J.O.; FERNANDES, A.B.; OLIVEIRA, E. COLOZZI-FILHO, A.; FLORENCE, M.L.D. Influência de cultivar e adubação fosfatada de plantio sobre a ocorrência de micorrizas-arbusculares em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciênc. Prát.**, Lavras, 10(3):325:335, 1986.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras, ESAL/FAEPE, 236p. 1988.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; GRISI, B.M.; HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. **Microrganismos e processos biológicos do solo**. Brasília, EMBRAPA – SPI. 142 p. 1994.

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. **Microbiologia do solo e sustentabilidade agrícola: enfoque em fertilidade do solo e nutrição vegetal**. In: Reunião Brasileira em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 22, 1996.

SIQUEIRA, J.O.; POUYÚ, E.; MOREIRA, F.M.S. Micorrizas arbusculares no crescimento pós-transplante de mudas de árvores em solo com excesso de metais pesados. **Rev. bras. Ciênc. Solo**, Campinas, v.23, p.569-580, 1999.

SIQUEIRA, J.O.; SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; FLORES-AYLAS, W.W.; GUIMARÃES, P.T.G. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application on plant development and yield of coffee in Brazil. **Mycorrhiza**, 1996.

SILVEIRA, A.P.D. **Micorrizas**. In: Cardoso, E.I.B., TSAI, S.M. & Neves, M.C.P.eds. Microbiologia do solo. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1992.

SIEVERDING, E. Vesicular-arbuscular mycorrhizae management in tropical agrosystems. Technical cooperation. Federal Republic Germany, **Eschborn**. 371p. 1991.

SISTEMA de produção do açaí. Brasília: **Embrapa SPI**; Belém: Embrapa CPATU; Versão Eletrônica. 20 p. (Sistema de Produção n°. 04 - 2ª Edição). 2006.

SISTEMA de produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais. Brasília: **Embrapa SPI**; Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão; Versão Eletrônica. (Sistema de Produção n°. 04). 2004.

SISTEMA de produção para a cultura do coqueiro. Brasília: **Embrapa SPI**; Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 63p. (Sistemas de Produção, 01). 2002

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal Symbiosis**. London: Academic Press, p.453-469. 1997.

SOARES, C.R.F.S.; SIQUEIRA, J.O.; CARVALHO, J.G.; GUILHERME, L.R.G. Micorriza arbuscular e nutrição fosfática na toxidez de zinco para a trema [*Trema micrantha* (L.) BLUM.]. **R. bras. Ci. Solo**, 30:665-675, 2006

SOUZA, C.A.S.; OLIVEIRA, E. de; CARVALHO, M.M. de. Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) micorrizadas nas condições de viveiro comercial, em substrato com e sem matéria orgânica e diferentes doses de superfosfato simples. *Ciência e Prática*, Lavras, v.13, n.3, p.269-278, 1989.

SOUZA, G.F. **Manejo do solo e seu efeito no crescimento e produção do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Spreng) Schumann), na composição florística e biomassa de plantas invasoras em Sistemas Agroflorestais no Município de Presidente Figueiredo, Amazonas.** Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade do Amazonas, 161p. (Tese de Doutorado), 2000.

SOUZA, P.V.D. Interação entre micorrizas arbusculares e ácido giberélico no desenvolvimento vegetativo de plantas de Citrange Carrizo. *Ciência Rural*, v.30, p.783–787, 2000.

SOUZA, P.V.D.; CARNIEL, E.; SCHIMITZ, J.A.K.; SILVEIRA, S.V. Influência de substratos e fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento do porta-enxerto Flying Dragon (*Poncirus trifoliata*, var. monstruosa Swing.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.27, p.285–287, 2005.

SOUZA, I.F. de; MELLES, C. do C.A.; GUIMARAES, P.T.G. Plantas daninhas e seu controle. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.126, p.59-64. 1985.

SOUZA, J.L. **Agricultura orgânica: Tecnologias para produção de alimentos saudáveis.** v.1, Vitória, ES: EMCAPA, 190p. 1998.

SOUZA, N.R.; FIALHO, J. de F.; LIMA, H.C. de. Potencial do rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) na produção de frutos do Estado do Amazonas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13., 1994, Salvador. **Resumos.** Salvador: SBF, 1994. v. 3, p.1149.

SOUZA, N.R.; FIALHO, J.F.; LIMA, H.C. de. **Caracterização do fruto e comportamento produtivo do rambutanzeiro (*Nephelium lappaceum* L.) na região de Manaus.** Manaus: EMBRAPA-CPAA, 1998. 10 p. (EMBRAPA-CPAA. Boletim de Pesquisa, 4).

SYLVIA, D. Activity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology and Biochemistry**, v.20, p.39-43, 1988.

SYLVERSTEN, J.P.; GRAHAM, J.H. Phosphorus supply and arbuscular mycorrhizas increase growth and net gas exchange responses of two *Citrus* spp. grown at elevated (CO₂). **Plant and Soil**. v.208. p.209-219, 1999.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**. New York, Jonh Wiley & Sons,. 496p. 1994

TARCISIO, F. **Conhecendo a Madeira** / O Portal de tecnologia da madeira. Pesquisado em 06.07.10. 2008.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS/ Departamento de solos, 174p. (Boletim Técnico, 5). 1995.

TORO-GARCIA, M. & HERRERA, R. **Existence of mycorrhizal spores in two different coffee plantations**. In: NORTH AMERICAN CONFERENCE ON MYCORRHIZAE, 7, Gainesville, 1987. Proceedings. Gainesville, Institute of Food and Agricultural Sciencies, p.60. 1987.

TORO-GARCIA, M. **Efectividad Del hongo Gigaspora margarita como micorriza de cafetos a exposición solar**. Caracas, Universidade Central de Venezuela, 108p. (Tese de Licenciatura). 1987.

TUCCI, C. A. F.. **Disponibilidade de fósforo em solos da Amazônia**. Viçosa: UFV, 142 p. (Tese de Doutorado). 1991

VALENTINE, A.J.; OSBORNE, B.A.; MITCHELL, D.T. Interactions between phosphorus supply and total nutrient availability on mycorrhizal colonization, growth and photosynthesis of cucumber. **Scientia Horticulturae**, v. 88, p.177-189, 2000.

VENTURIERI, G.A. **Cupuaçu**: a espécie, sua cultura, usos e processamentos. Belém: Clube do Cupu, 108 p. 1993.

VERHEIJ, E. W. M.; CORONEL, R. E., eds. **Plant Resources of South-East 2. Edible fruits and nuts**. Bogor. PROSEA, 446p. 1992

VIÉGAS, I.J.M.; MEIRELES, R.O.; FRAZÃO, D.A.C.; CONCEIÇÃO, H.E.O. Avaliação da fertilidade de um latossolo amarelo textura média para o cultivo do açaizeiro no estado do Pará. **Rev. ciênc. agrár.**, Belém, n. 52, p. 23-36. 2009

WEBER, O.B., OLIVEIRA, E. Ocorrência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em citros nos Estados da Bahia e Sergipe. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.29, n.12, p.1905-1914, 1994.

WOOLHOUSE, H.W. Membrane structure and transport problems considered in relation to phosphorus and carbon movements and the regulation of endotrophic mycorrhizal associations. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. eds. Endomycorrhizas, **Academic Press**, London, p.209-240. 1975.

YOST, R.S., FOX, R.L. Contribution of mycorrhizal to the P nutrition of crops growing on an Oxisol. **Agr. I., Zl.**: 903-908. 1979.

ZANGARO, W.; NISIZAKI, S.M.A.; 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.077-087, 2002.

ANEXO:

1 - A Técnica de Centrifugação em Gradiente de Sacarose (20% e 60%), segundo Jenkins (1964).

Materiais utilizados: Sacarose 20% e 60%, centrífuga, tubos tipo Falcon, placa de Petri, espátula de silicone, água destilada, peneira 45 μm , pipetas graduadas, Becker, fita adesiva e etiquetas.

Procedimento:

- 1 – Identificação dos tubos tipo Falcon;
- 2 - Com uma pipeta foi aliqotado 15 mL de sacarose 20% no tubo Falcon;
- 3 - Com outra pipeta foi aliqotado 15 ml de sacarose 60% (a sacarose 60% foi colocado abaixo da sacarose 20% de maneira que forme um anel);
- 4 – O material retido das peneiras, com esporos, foi homogeneizado e despejado dentro do tubo Falcon, com auxílio de um jato de água (pisseta) e centrifugado a 2000 rpm por 1 minuto;
- 5 - O sobrenadante foi vertido suavemente dentro da peneira de 45 μm , cuidando para que o fluxo seja constante, evitando remexer o sedimento do fundo;
- 6 – Foi lavado suave e abundantemente o que restou de sedimento na peneira de 45 μm , reunindo tudo em um lado da peneira;
- 7 - Com auxílio de um pisseta com água foi recolhido o sedimento resultante em uma placa de Petri devidamente identificada e com água destilada para evitar dessecação do material. O material foi examinado na placa, sob lente esteroscópica, para contagem de esporos e seleção dos mesmos.

2 - PREPARO DE LÂMINAS PERMANENTES

Foram utilizados os seguintes materiais: Lâminas e lamínula para microscopia, pipeta Pasteur, reagente PVLG, reagente PVLG + Melzer (1:1), bastão com agulha e etiquetas.

Procedimento:

- 1 - Identificação das lâminas;
- 2 - Foi coletado com uma pipeta Pasteur cerca de 20 esporos para cada preparado, com o mínimo possível de água;
- 3 - Foi colocada uma gota de PVLG em uma das extremidades da lâmina e outra gota de Melzer na outra;
- 4 - Os esporos foram dispersos ao lado dos reagentes, primeiro no PVLG depois no Melzer, que apresenta propriedade corante;
- 5 - Foi homogeneizado com auxílio do bastão com agulha, trazendo os esporos sempre para o centro da lâmina;
- 6 - Com uma lamínula foram cobertos os esporos e pressionada suavemente com o bastão para quebrar os esporos;
- 8 - As laminas preparadas foram deixadas em para secar em ar ambiente.

