UFRRJ

INSTITUTO DE FLORESTAS

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

Fauna do Solo, Fungos Micorrízicos Arbusculares e Bactérias Diazotróficas em Áreas de Mineração de Bauxita no Noroeste do Pará Revegetadas com Dendê.

Priscila Nogueira Matos

2009

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

"FAUNA DO SOLO, FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM ÁREAS DE MINERAÇÃO DE BAUXITA NO NOROESTE DO PARÁ REVEGETADAS COM DENDÊ".

PRISCILA NOGUEIRA MATOS

Sob a Orientação da Professora
Eliane Maria Ribeiro da Silva
e Co-orientação da Professora
Cláudia Pozzi Jantalia

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

Seropédica, RJ
Março de 2009

631.46
M425f
T

Matos, Priscila Nogueira, 1980-
"Fauna do solo, fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas em áreas de mineração de bauxita no Noroeste do Pará revegetadas com dendê" / Priscila Nogueira Matos – 2009.
58 f. : il.

Orientador: Eliane Maria Ribeiro da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais.
Bibliografia: f. 44-56

1. Fauna do solo – Teses. 2. Adubação verde - Teses. 3. Nitrogênio - Fixação – Teses. 4. Revegetação – Teses. I. Silva, Eliane Maria Ribeiro da, 1956-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E FLORESTAIS

PRISCILA NOGUEIRA MATOS

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 31/03/2009

Eliane Maria Ribeiro da Silva. Drª. Embrapa Agrobiologia.
(Orientadora)

Maria Elizabeth Fernandes Correia. Drª. Embrapa Agrobiologia

Luís Mauro Sampaio Magalhães. Prof. Dr. UFRRJ

DEDICATÓRIA

A minha avó Neinha, aos meus pais,
Nanci e Norberto, aos meus irmãos
Patrícia e Betinho e ao meu marido
Elenilton.

Dedico

AGRADECIMENTOS

-A Deus por minha existência, saúde e perseverança.
-Aos meus pais Nanci Nogueira Matos e Norberto Matos Neto pelo amor, dedicação e responsabilidade na condução de meus estudos.
-Aos meus irmãos Patrícia e Betinho pelo incentivo, carinho e amizade de sempre.
-Ao meu marido Elenilton por seu amor, amizade, respeito e por saber dividir o tempo com a dissertação.
-À Dra Eliane Maria Ribeiro da Silva por aceitar ser minha orientadora, pela paciência, pela responsabilidade e contribuição na realização deste trabalho.
-À Dra Cláudia Pozzi Jantalia pela confiança, incentivo, compreensão, amizade, boa vontade, pela responsabilidade e incalculável ajuda.
-À Dra Maria Elizabeth Fernandes Correia por toda ajuda, boa vontade e colaboração.
-Ao Coordenador do Curso de Pós-Graduação Professor Roberto Carlos Lelis pelo apoio e pela maneira responsável com que conduz os trabalhos no curso.
-Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pelos ensinamentos.
-Ao Professor André Felippe por despertar em mim um interesse maior pela pesquisa.
-À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, em particular, ao Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia por toda infra-estrutura.
-À Mineração Rio do Norte – MRN pelo apoio logístico durante a condução dos trabalhos.
-Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica-CNPq pelo apoio financeiro do projeto.
-A todos os colegas de curso, em especial, aos amigos: Eline, Débora, Aline, Fernanda, Flávio, Rolf Bateman, Gustavo, Cristiane e Joana pela amizade e apoio.
-A todos os funcionários da Embrapa Agrobiologia sempre educados e solícitos.
-Aos funcionários dos laboratórios de micorrizas, fauna do solo e leguminosas, em especial, Itamar, Roberto, Adriana, Fernando e Telmo
-Aos funcionários da biblioteca da Embrapa em especial Dorimar e Jorge.
-Aos estagiários dos laboratórios de fauna do solo, leguminosas e micorrizas, Khalil, Anatoly, Cristiane, Emmeris, Guilherme e a todos os outros que me ajudaram de alguma forma.
-Aos estagiários temporários Ariádila e Lineu.
-Aos funcionários da casa de vegetação, laboratório de solos e Nitrogênio.
-A todas as moradoras do alojamento da Pós-Graduação da UFRRJ pela amizade e companhia em especial a Michelle Daniele, Janaína e Renata.
-À Dra Janaína pela imensa ajuda nas estatísticas.

RESUMO

MATOS, Priscila Nogueira. **Fauna do Solo, Fungos Micorrízicos Arbusculares e Bactérias Diazotróficas em Áreas de Mineração de Bauxita no Noroeste do Pará Revegetadas com Dendê.** 2009. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2009.

A mineração é considerada uma atividade econômica que causa um grande impacto ao ambiente, envolvendo a retirada da vegetação e camadas do subsolo. Após a exaustão dos recursos minerais, estas áreas necessitam obrigatoriamente de medidas de recuperação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estabelecimento inicial de três genótipos de dendê: C2501, C2301 e C2528, indicados pela Embrapa Amazônia Ocidental, em áreas de estéril da Mineração de bauxita no noroeste do Pará. Foram avaliados também a fauna do solo, a ocorrência de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares associados à cultura. O estabelecimento da cultura foi avaliado pela sobrevivência, altura, número de folhas e estado nutricional das plantas, e a fertilidade do solo. O impacto na fauna do solo foi avaliado na área experimental e em áreas de floresta primária e reflorestamento adjacentes a este. A presença de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos foram determinadas em amostras de raízes e solo na área do dendê. A quantidade de N na planta derivado da FBN foi determinada pela técnica de abundância natural de 15N. A mortalidade das plantas foi considerada baixa apesar de seu crescimento não ter sido vigoroso podendo este estar relacionado ao baixo teor de P no solo e aos períodos de stress hídrico por falta de água. Neste estágio inicial de implantação a simbiose com bactérias diazotróficas foi pouco eficiente onde apenas os genótipos C2501 e C2528 tiveram 4,5 e 4,8% respectivamente de N derivado da FBN, com grande variabilidade na população de bactérias. Os fungos micorrízicos não apresentaram diferenças nas áreas analisadas, tal resultado pode estar relacionado com a deficiência hídrica e o período de coleta na época seca. A composição da fauna do solo nas áreas de plantio de dendê com e sem adubação não diferiram entre si e em relação ao reflorestamento convencional, não apresentando, entretanto a mesma diversidade da floresta primária.

Palavras chave: Recuperação de áreas degradadas, fixação biológica de N, adubação verde

ABSTRACT

MATOS, Priscila Nogueira. **Soil fauna, arbuscular mycorrhizal fungi and diazotrophic bacteria in Areas of Mining of Bauxite in the Northwest Pará revegetated with palm oil .** 2009. 58 p. Dissertation (Máster Science in Environmental and Forestry Science). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, RJ, 2009.

The Mining is considered the activity can cause a great impact in the environment, involving the vegetation and subsoil layers remove. After the finish of mineral sources, mandatorily these areas require recovery measures. This study aimed to evaluate the initial establishment of three genotypes of palm oil: C2501, C2301 and C2528, indicated by Embrapa Amazônia ocidental, in area of mining in the northwest Pará. Was also evaluated the soil fauna, the occurrence of nitrogen fixing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi associated with culture. The establishment of culture was evaluated for survival, height, number of leaves and nutritional status of plants and soil fertility. The impact on soil fauna was evaluated with samples in the experimental area and in areas of reforestation and forest adjacent to it. To determine the presence of mycorrhizal fungi and diazotrophic bacteria samples were taken from roots and soil in the palm oil. The amount of the plant N derived from BNF was determined with the natural abundance of 15N technique. The mortality of the plants was low, but growth was not strong, this may be related to low P in soil and periods of drought. In this initial stage of establishing the symbiosis with diazotrophic bacteria was inefficient where only the genotypes C2501 and C2528 were 4,5 and 4,8% respectively of N derived from BNF, with great variability in the population of bacteria. The mycorrhizal fungi no showed differences in sampled areas and this result may be related to water deficit and sampling period in the dry season. The composition of soil fauna not differ in the areas of palm oil plantation with and without green manure, and conventional reforestation, however not present the same diversity of the forest.

Key words: recovery land degradation, biological nitrogen fixation, Green manure.

Índice de Figuras

Figura 1: Aptidão agroclimática para a cultura do dendê no estado de Pará (BASTOS et al, 2001) 6
Figura 2: Mapa do Brasil e do Estado do Pará em destaque o município de Oriximiná (seta); fonte: www.guianet.com.br 13
Figura 3: Temperatura média e precipitação mensal durante o período de crescimento das plantas. 14
Figura 4: Croqui do experimento com o plantio do dendê 15
Figura 5: Área com dendê (a) Na ocasião do plantio em janeiro de 2006; (b) Aos seis meses após o plantio 16
Figura 6: Visão superior da armadilha tipo Pittfall Trapping para a análise da fauna do solo 19
Figura 7: Coleta de raízes de dendê 21
Figura 8: Altura (cm) nos diferentes genótipos de dendê em 3 coletas sob as áreas com e sem o plantio de calopogônio em Porto Trombetas (PA). Médias seguidas por diferentes letras, minúscula para plantio de calopogônio e maiúscula para genótipo, diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5%. 23
Figura 9: Número de folhas fotossinteticamente ativas nos diferentes genótipos de dendê em 3 coletas sob as áreas com e sem o plantio de calopogônio em Porto Trombetas (PA). Médias seguidas por diferentes letras, minúscula para plantio de calopogônio e maiúscula para genótipo, diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5%. 24
Figura 10: Abundância total de esporos de FMAs em novembro de 2007 nas 4 áreas estudadas em novembro de 2007. Floresta primária (FL), área de reflorestamento (RF), área de dendê com calopogônio (DC) e área de dendê sem calopogônio (DS). Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. 29
Figura 11: Riqueza média de FMAs em novembro de 2007 nas 4 áreas estudadas. Floresta primária (FL), área de reflorestamento (RF), área de dendê com calopogônio (DC) e área de dendê sem calopogônio (DS). Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade..... 30
Figura 12: Porcentagem de espécies em cada gênero de FMA, em relação ao número total de espécies identificadas no levantamento em novembro de 2007. 32
Figura 13: Abundância total de esporos de FMAs de agosto de 2008 nas áreas estudadas de dendê com calopogônio(DC) e dendê sem calopogônio(DS). Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. 33
Figura 14. Composição percentual do total de indivíduos dos grupos de fauna edáfica nas áreas de floresta primária, reflorestamento e com plantio de dendê em novembro de 2007. 36
Figura 15: Análise de componentes principais (ACP) dos grupos de fauna do solo considerando-se as 4 áreas avaliadas. (FL) floresta primária, (R) área de reflorestamento, (CC) área de dendê com calopogônio e (SC) área de dendê sem calopogônio. 41

Índice de Tabelas

Tabela 1. Cultivares de dendê (*Elaeis guineensis*) melhorados pela Embrapa Amazônia Ocidental e implantados no experimento 17
Tabela 2. Categorias de influência do manejo na fauna de solo, com base no índice de mudança (V) (WARDLE & PARKINSON, 1991, modificado por CORREIA et al. 2003)..... 19
Tabela 3: Variáveis químicas da área de estéril cultivada com dendê (junho de 2007) em Porto Trombetas(PA)..... 22
Tabela 4: Teores de nutrientes presentes na biomassa seca da folha nº 9 dos genótipos de dendê coletados com 17 meses de plantio na áreas com e sem o plantio de calopogônio em Porto Trombetas(PA)..... 25
Tabela 5:Variações dos teores foliares dos nutrientes em dendezeiros no Pará e Amazonas e a faixa de concentração considerada ótima. (RODRIGUES et al, 2002, modificada)..... 25
Tabela 6: População de bactérias diazotróficas em raízes procedentes dos três genótipos de dendê nas áreas com e sem o plantio do calopogônio em Porto Trombetas (PA) 27
Tabela 7: Estimativa da contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio (%) e abundância natural de $\delta^{15}N$ nas folhas dos genótipos de dendê e na espécie utilizada como testemunha em junho de 2007 em Porto Trombetas(PA)..... 27
Tabela 8. Estimativa da contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio (%) e abundância natural de $\delta^{15}N$ no calopogônio utilizado como adubo verde na entrelinha do cultivo de dendê e na espécie utilizada como testemunha em junho de 2007 em Porto Trombetas (PA)..... 28
Tabela 9: Frequência relativa de ocorrência de espécies de FMAs encontradas na rizosfera das quatro áreas estudadas (novembro/ 2007)..... 31
Tabela 10. Porcentagem total das amostras de raízes finas colonizadas por FMAs em plantas de dendê em área de estéril de bauxita após 17 meses em junho de 2007. 33
Tabela 11: Porcentagem total das amostras de raízes finas colonizadas por FMAs em plantas de dendê em área de estéril de bauxita após 31 meses em agosto de 2008 34
Tabela 12.: Fauna do solo epígea em novembro de 2007, representando a atividade, Índice de Shannon-Weaver, pela riqueza total de grupos, pela riqueza média de grupos e pelo índice de Pielou..... 35
Tabela 13: Índice de mudança V para os principais grupos da macrofauna e para o conjunto da comunidade, em relação às áreas amostradas em novembro de 2007 em Porto Trombetas (PA)..... 38
Tabela 14: Número de grupos por categorias de manejo de acordo com o índice de mudança V comparando-se a floresta com as áreas de reflorestamento, dendê com calopogônio e dendê sem calopogônio em novembro de 2007..... 39
Tabela 15: Médias da abundância dos grupos de fauna do solo nas áreas de floresta primária, reflorestamento, dendê com calopogônio e dendê sem calopogônio em novembro de 2007 em Porto Trombetas (PA)..... 40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
2 REVISÃO DE LITERATURA 3
2.1 Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração 3
2.2 A Cultura do Dendê para Fins Energéticos 4
2.3 O Uso de Simbioses com Microrganismos como Insumos Biológicos na Cultura do Dendê 5
2.4 Avaliação da Qualidade do Solo em Áreas de Mineração em Processo de Recuperação 10
3 MATERIAL E MÉTODOS 13
3.1 Caracterização da Área Experimental 13
3.2 Experimento de Consorciação do Dendê e Calopogônio 15
3.3 Avaliação da sobrevivência e desenvolvimento das plantas 17
3.4 Avaliação de Variáveis Químicas e Biológicas do Solo 17
3.5 Análises Microbiológicas 20
3.7 Análises Estatísticas 21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 22
4.1 Variáveis Químicas do Solo 22
4.2 Desenvolvimento das Plantas 22
4.3 Avaliação da População de Bactérias e Fixação Biológica de Nitrogênio 26
4.4 Avaliação de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) 29
4.5 Avaliação do Efeito dos Tratamentos sobre a Comunidade de Fauna do Solo 34
5 CONCLUSÕES 43
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44
7 ANEXO 57

1 INTRODUÇÃO

A mineração é considerada uma das atividades que mais causam impacto ao solo, à vegetação natural, à paisagem, à água e à fauna do solo, no entanto esse tipo de degradação não ocupa grandes extensões territoriais O maior responsável pela degradação mundial é o superpastejo com 34,5 % de contribuição das áreas degradadas. Em seguida estão o desmatamento com 29,4 %, as atividades agrícolas com 28,1 %, a exploração intensa da vegetação para fins domésticos com 6,8 % e as atividades industriais e bioindustriais (incluindo as atividades de mineração) com 1,2% (OLDEMAN, 1994).

No Brasil não existe uma estatística oficial da extensão das áreas degradadas, no entanto, todas as estimativas apontam para o desmatamento e para as atividades pecuárias e agrícolas, como os principais fatores do desmatamento e degradação dos solos ficando as atividades de mineração com uma pequena contribuição. Segundo NEVES & SILVA (2007) as minas brasileiras em 2006 totalizavam 2647 sendo que apenas 4,5 % destas estão presentes na região Norte com destaque para o Pará (41) e Tocantins (29). Para substâncias minerais metálicas comparando-se o ano de 2005 com o de 2006 houve um crescimento de 9,7% no índice de produção física da indústria extrativa mineral no país.

A atividade de mineração de bauxita em Porto Trombetas-Pará envolve a retirada da floresta com a extração das camadas superficiais orgânicas do solo e subsolo, com geração de rejeitos de difícil colonização por plantas, necessitando assim de ações que levem à recuperação dessas áreas degradadas.

A Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6938/81) determina a recuperação de áreas degradadas, a Constituição da República Federativa do Brasil obriga aquele que explorar recursos minerais a recuperar o meio ambiente degradado e o decreto 97.632/89 determina que as áreas degradadas por atividades de mineração sejam recuperadas e que, a recuperação vise a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente.

Uma das estratégias para a recuperação do solo minerado, antes do plantio de qualquer muda, é a reposição da camada superficial orgânica "*top-soil*" sobre o solo que fornece nutrientes para o crescimento da planta e serve como banco de semente, além de ajudar na conservação da biodiversidade dos microrganismos que participam da ciclagem dos nutrientes e dos formadores de associações simbióticas com as plantas.

A tecnologia de recuperação de áreas degradadas, baseada na fixação biológica de nitrogênio, vem sendo usada não somente na reabilitação da área, mas também para torná-la novamente produtiva. Na busca de outras opções para o uso produtivo da área, o plantio de dendê pode ser interessante para esta região. Esta cultura vem despontando como bastante promissora para o projeto brasileiro de bioenergia devido ao potencial de alta produtividade de óleo, estabilidade de produção e um bom retorno econômico.

O uso do óleo de dendê como biodiesel pode representar uma importante fonte de energia renovável (MOREIRA, 2006). A região Amazônica apresenta o potencial para o desenvolvimento e plantio desta cultura, com altas precipitações e temperatura em grande período do ano. Essa cultura também pode ser uma opção de exploração na região, com objetivos sociais, ambientais e econômicos.

Na procura de genótipos de dendê que produzam satisfatoriamente, a condição climática é um fator primordial para que se alcance a produção de cultivares mais resistentes às condições adversas locais e principalmente em área de resíduo de bauxita.

Dentro deste contexto o presente trabalho foi desenvolvido com os seguintes objetivos: avaliar a sobrevivência e o desenvolvimento de três genótipos de dendê sem inoculação em áreas de estéril de mineração de bauxita; avaliar a ocorrência de bactérias fixadoras de nitrogênio e fungos micorrízicos arbusculares associados aos três genótipos; quantificar o N fixado biologicamente nos genótipos de dendê; avaliar e comparar a composição da fauna do solo com outras áreas próximas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração

O maior responsável pela degradação mundial é o superpastejo com 34,5 % de contribuição das áreas degradadas, seguido pelo desmatamento com 29,4 % de contribuição, as atividades agrícolas com 28,1 %, a exploração intensa da vegetação para fins domésticos com 6,8 % e as atividades industriais e bioindustriais (incluindo as atividades de mineração) com 1,2% (OLDEMAN, 1994).

A mineração pode ser considerada uma das atividades que mais causam impacto ambiental embora, não afete grandes extensões territoriais como agricultura e pecuária. Tais impactos apesar de serem de duração e extensão inferiores ao de outras atividades, são considerados graves produzindo um dano ambiental intenso (DIAS & GRIFFITH, 1998), além de causar uma impactante alteração da paisagem devido aos seus processos de exploração. No Brasil não existe uma estatística oficial da extensão das áreas degradadas, no entanto, todas as estimativas apontam para o desmatamento e para as atividades pecuárias e agrícolas, como os principais fatores do desmatamento e degradação de solos (MARGULIS, 2003).

Entre os três grupos de minas as de pequeno porte responderam em média por 71,8% do total das minas brasileiras, seguidas das médias (23,9%) e das grandes (4,3%). Operam na modalidade a céu aberto 2.597 minas, 41 subterrâneas e 3 mistas. Encontram-se nas regiões Sudeste e Sul 72,8% das minas seguidas pelas regiões Nordeste (12,7%), Centro-Oeste (10,1%) e Norte (4,5%) (NEVES & SILVA, 2007).

A atividade mineradora acarreta danos irreversíveis para o ambiente como a perda e alteração dos solos, dispersão a partir das minas de substâncias tóxicas para os cursos d`água, das bacias e pilhas de rejeitos, e a alteração das águas subterrâneas, da flora e da fauna originais (FIGUEIREDO, 2000). As principais fontes de degradação das atividades de mineração são, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM, 1997), a deposição de resíduos ou rejeitos provenientes do processo de beneficiamento e a deposição do material estéril ou inerte que vem do decapeamento superficial.

No Brasil, a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6938/81) objetiva a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental incluindo a recuperação de áreas degradadas. A Constituição da República Federativa do Brasil obriga aquele que explorar recursos minerais a recuperar o meio ambiente degradado conforme a solução técnica exigida pelo órgão competente. Segundo o decreto 97.632/89 é considerada degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente com a perda ou redução de suas propriedades. Esse decreto criou a obrigatoriedade da apresentação do plano de recuperação de áreas degradadas pelos empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) ao órgão ambiental competente. E, acrescenta ainda que a recuperação deverá visar à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente. Esta estabilidade não será alcançada em um plantio homogêneo.

As principais etapas do processo produtivo, na mineração de bauxita em Porto Trombetas que geram a degradação ambiental, são: o desmatamento da vegetação presente no local da lavra, o decapeamento da camada estéril (solo e subsolo com baixa concentração de

bauxita) e a lavagem da bauxita, que produzirá o rejeito ácido da mineração de bauxita (GARRIDO-FILHA et al., 1990).

Dessa forma medidas para a reabilitação de áreas degradadas devem ser aplicadas com a finalidade de acelerar a sucessão natural. Dentre as principais técnicas empregadas em Porto Trombetas para a recuperação dessas áreas são: hidrosemeadura, utilização de leguminosas, aplicação do solo superficial e revegetação em modelos sucessionais (REIS, 2006).

Designa-se o termo "*topsoil"* para a faixa mais superficial do solo com presença de material orgânico e microrganismos sendo estes essenciais para o ciclo de nutrientes e conservação e absorção destes nutrientes pelas plantas (BARTH, 1989). ALMEIDA (2006) em pesquisa realizada como o uso desta camada superficial em depósitos de estéril recomenda que o plantio de espécies arbóreas seja precedido pela aplicação da camada superficial do solo em covas e que para estimular o desenvolvimento da vegetação herbácea a camada de topsoil pode ser espalhada sobre a área a ser revegetada.

A restauração da paisagem florestal em áreas lavradas pela Mineradora Rio do Norte (MRN) apresenta bons resultados em Porto Trombetas, estado do Pará. O reflorestamento heterogêneo que acelera a cobertura do solo junto com à prática de inserção do "*topsoil"* que favorece a regeneração natural e a sucessão natural nas áreas a serem restauradas têm-se mostrado promissores, podendo melhorar desde que sejam feitos alguns ajustes apontados pelo monitoramento, tanto dos reflorestamentos quanto da regeneração natural (SALOMÃO et al, 2007).

Para HOMMA (2005) cerca de 67 milhões de hectares desmatados até 2004 poderiam fazer parte de um processo produtivo, que seria maior do que os 57 milhões cultivados no País e, promover a conservação por meio do seu uso. Este autor acrescenta ainda que as lavouras de biomassa, em substituição à gasolina e ao óleo diesel, colocam a agricultura brasileira como privilegiada no desenvolvimento dessas culturas potenciais. O cultivo em áreas desmatadas na Amazônia adequadas para o dendê pode colocar o Brasil, a médio e a longo prazos, próximo da produção de dendê da Malásia ou da Indonésia.

A introdução da cultura do dendê apresenta grandes perspectivas para sua consolidação, como geradora de empregos e renda e utilização de áreas desmatadas. Sua inserção no ciclo emergente de mercado de serviços ambientais é viável desde que seja entendida como componente integral da atividade econômica regional. Uma parte dos lucros auferidos por essa atividade deve ser investida para garantir a sua estabilidade a longo prazo (HOMMA & FULAN-JÚNIOR, 2001).

O dendezeiro produz um óleo com grande versatilidade industrial e é um grande promissor como fonte de energia, porém é importante o investimento em mais pesquisas, focalizando sua adaptação local além da habilidade de fixar nitrogênio, diretamente pelas plantas do dendê ou indiretamente, através da transferência do nitrogênio derivado de leguminosas plantadas na entrelinha da cultura. Na procura de genótipos de dendê que produzam satisfatoriamente, a condição climática é um fator primordial para que se alcance a produção de cultivares mais resistentes às condições adversas e no futuro a implantação de um campo de produção de dendê.

2.2 A Cultura do Dendê para Fins Energéticos

O óleo extraído da polpa do fruto, o óleo de dendê ou palma, internacionalmente conhecido como "*palm oil*", é o produto principal do dendezeiro cuja produtividade vem crescendo rapidamente há quase dez anos. Sua rentabilidade tem sido boa apesar do investimento alto para a implantação. Na produção e no consumo, o Brasil situa-se no 11º e

no 13º lugares, respectivamente. O estado do Pará é o principal produtor com 70% da produção nacional (CARNEIRO, 2003).

Este óleo deverá aumentar sua produção no período de 2008/ 2012 e ultrapassar os óleos de soja, canola, e girassol. O crescimento deve-se às seguintes características: é uma cultura que apresenta reduzidos níveis de agressão ambiental e expressivos níveis de sequestro de carbono; é versátil, pois dele se obtém algo em torno de 145 produtos industrializados; substitui a gordura animal na culinária com vantagens para a saúde humana; sua produtividade é maior do que a de produtos concorrentes; e a dendeicultura exige pouca mecanização e reduzido emprego de defensivos agrícolas (BRUNCKHORST, 2000; SUFRAMA, 2003).

O país consome cerca de 280 mil toneladas de óleo de dendê e derivados e importa em torno de 180 mil toneladas. O mercado interno é insuficiente tendo que importar 50% do óleo que consome (CARNEIRO, 2003). A cultura do dendê ocupa lugar de destaque entre as oleaginosas pela sua regularidade e elevado potencial de produção, pela geração de empregos e composição química rica em nutrientes como as vitaminas A e E de seu óleo (BARCELOS, et al, 1999; LEIRAS, et al, 2006). Além disso, estudos já mostraram que o óleo de palma é uma fonte de energia alternativa renovável sendo uma opção ao diesel de petróleo apresentando várias vantagens (FREITAS et al, 1998; BARCELOS, et al, 1999, URQUIAGA et al, 2005; LEIRAS et al, 2006; FURLANETTI & SOTOCORNO, 2007).

A Amazônia possui cerca de 70 milhões de hectares com potencial para o cultivo do dendezeiro. Destes, 39 mil hectares são utilizados com a cultura sendo que quase 85% da área cultivada está localizada no Estado do Pará. O Amazonas possui a maior área potencial para o plantio do dendê - cerca de 50 milhões de hectares. Os demais Estados da Amazônia Ocidental como Acre, Amapá, Rondônia e Roraima têm, em conjunto, 9 milhões de hectares do total de área potencialmente aproveitável (SUFRAMA, 2003; LEIRAS et al, 2006). Essas áreas têm condições de produzir dendê para absorver grandes demandas internas e externas o que tornaria o Brasil um dos maiores produtores mundiais.

O balanço energético positivo é utilizado para determinar a viabilidade de programas bioenergéticos e depende do rendimento da cultura e do menor consumo de N-fertilizante, para o caso de culturas de baixa produção de óleo a alternativa é o melhoramento genético e a otimização da contribuição da fixação biológica de N_2 através da adubação verde que permita reduzir ao mínimo a adubação nitrogenada (URQUIAGA et al, 2005).

2.3 O Uso de Simbioses com Microrganismos como Insumos Biológicos na Cultura do Dendê

O cultivo de dendê é indicado para a Amazônia porque nas condições de clima e solo desta região deve-se cultivar espécies perenes, por oferecerem uma maior proteção ao solo e apresentarem menor impacto ao ambiente e por melhor se adaptarem à sua baixa fertilidade natural (BARCELOS et al, 1999; SUFRAMA, 2003).

Em pesquisa realizada por BASTOS et al (2001) com a cultura do dendê no Estado do Pará foi relacionada a aptidão agroclimática para esta cultura apresentando três classes de aptidão (Figura 1), são elas: boa (abrange 0,13%, cerca de 1.600 km^2) com deficiência hídrica anual menor que 100mm, moderada (abrange 72,05%, cerca de 902 mil km^2) deficiência hídrica entre 100mm e 350 mm e restrita (abrange 27,82% 348 mil km^2) com deficiência hídrica acentuada acima de 350mm.

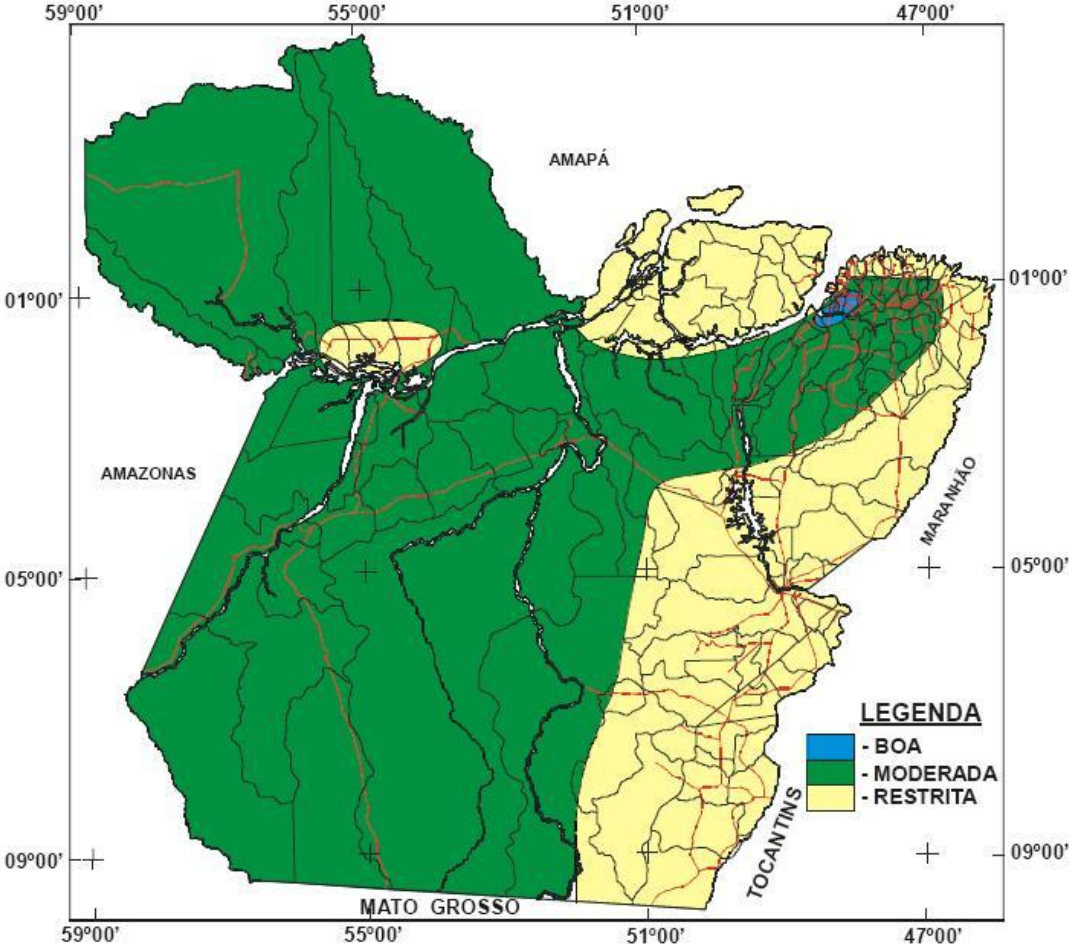


Figura 1: Aptidão agroclimática para a cultura do dendê no estado de Pará (BASTOS et al, 2001)

Na cultura do dendê os níveis críticos de nutrientes na fase jovem (até o terceiro ano após o plantio) são determinados na folha nº 9 e na fase adulta (a partir do quarto ano) na folha nº 17. Vários estudos desenvolvidos sobre a nutrição mineral do dendê se revelaram válidos na maioria dos casos. Considera-se como nível crítico de um dado elemento o valor abaixo do qual a probabilidade de resposta ao uso de fertilizantes é alta. PREVOT & OLLAGNIER (1956) em um desses estudos estabeleceram os seguintes valores em g kg^{-1} para a folha nº 9: 27 de N, 1,6 de P, 12,5 de K, 5 de Ca e 2,3 de Mg e, BACHY (1964 apud RODRIGUES et al, 2002) para a folha de nº 17 em g kg^{-1}: 25 de N, 1,5 de P, 10 de K, 6 de Ca e 2,4 de Mg. Segundo VIEGAS & MULLER (2000) dos nutrientes mais importantes para esta cultura destacam-se o potássio, o nitrogênio e o cálcio.

A escassez de nitrogênio para o dendezeiro influencia de forma negativa o diâmetro do colo, a altura da planta, o teor de nitrogênio nos folíolos, bem como o peso dos cachos. Há também redução na altura das plantas, no número e tamanho das folhas.(CARVALHO, 2002). É relatada a importância da adubação nitrogenada no crescimento e na produtividade das palmeiras. O nitrogênio é vital para o crescimento vegetativo, uma vez que este é utilizado na síntese de proteína e faz parte da estrutura da molécula de clorofila. Na ausência de adubação nitrogenada, a deficiência em nitrogênio é pronunciada, com efeitos significativos sobre o crescimento vegetativo e a produção das palmeiras (TAMPUBOLON et al., 1990; BONNEAU et al., 1993; RODRIGUES et al. 1997; CHEPOTE et al., 1998; BOVI et al., 2002, RAMOS et al, 2004, CARVALHO et al, 2006).

A grande exigência do dendê por nitrogênio acarreta um grande custo financeiro com a utilização de fertilizante nitrogenado, esse valor pode chegar a aproximadamente US$ 9400/hectare; do 1º ao 21º ano de idade, levando em consideração o gasto com fertilizante, transporte e mão de obra. Sendo assim, o produtor terá que produzir, durante estes 20 anos, cerca de 39 toneladas de óleo de palma para conseguir um lastro financeiro suficiente para compensar o gasto que possuiu com a fertilização nitrogenada (Dados: IBGE janeiro 2001 apud CARVALHO, 2002).

VIEGAS (1993) também relatou a grande demanda do dendê por nitrogênio. No 8º ano de vida, por exemplo, 1 hectare da cultura (equivalente a 143 plantas) pode chegar a extrair cerca de 568,6Kg de ureia (aproximadamente 28 sacos de ureia), sendo que se esta demanda for suprida espera-se uma produtividade de 4,8 toneladas de óleo/ha/ano para a variedade Tenera.

Em regiões agrícolas brasileiras, a maioria dos solos não fornece N satisfatório para cobrir as necessidades das culturas, havendo assim a sua complementação com a adição de fertilizantes (ALVES et al., 2000). Uma alternativa para diminuir os custos com esta prática está no emprego de ferramentas auto-sustentáveis como o uso de bactérias diazotróficas e a seleção de genótipos de dendê que possuam a capacidade de sobreviver em solos com baixo teor de nitrogênio. A utilização de organismos capazes de fixar o nitrogênio atmosférico é considerada uma forma natural de fornecer o nitrogênio exigido pelos vegetais, devido ao potencial biotecnológico evidenciado no aumento da produtividade das culturas, possível redução dos custos de produção ao diminuir o volume de adubos nitrogenados, e consequentemente, melhor conservação dos recursos ambientais (KUSS, 2006).

O dendê apresenta grande demanda por nitrogênio sendo este o segundo elemento mais importante, sendo assim os processos que se constituem fontes capazes de fornecer nitrogênio são necessários para a cultura. Para COCHARD et al (2005) esta cultura está sujeita a diversas pragas e doenças e o desenvolvimento de genótipos pode contribuir para sua sustentabilidade. O material desenvolvido deve ser o que exige menos insumos, e dada a extensão dessa cultura em zonas menos favoráveis, o desenvolvimento do material deve consumir menos água.

A adubação verde é utilizada como uma técnica de manejo de solo e de espécies, geralmente da família das leguminosas que são capazes de acumular suficiente quantidade de N derivado da fixação biológica de nitrogênio. Essas plantas aumentam a atividade biológica do solo, melhorando suas propriedades físico-químicas provendo, de forma indireta, as necessidades de N das culturas principais e algumas podem promover a redução da população de nematoides, com reflexos na produtividade agrícola (PRIMAVESI, 1992).

Assim, a adubação verde com leguminosas assume um grande valor, em razão de levar, via fixação biológica de nitrogênio (FBN), grandes quantidades desse macronutriente, minimizar a dependência de insumos externos e tornar possível a auto-suficiência em N na unidade de produção (ESPINDOLA et al., 2005). Em trabalho com adubação verde para a produção orgânica de alface ALMEIDA et al (2008) verificaram que as adubações de cobertura contribuíram para o aumento da produtividade da alface, tendo proporcionado ganhos em matéria fresca, matéria seca, diâmetro médio da parte aérea e de número de folhas por planta.

CARVALHO et al (2007) em avaliação dos teores de macronutrientes em Rondônia afirmaram que a adubação verde é uma alternativa viável para a ciclagem e disponibilização de macronutrientes principalmente o N, que limita o crescimento de plantas nas regiões tropicais. A adubação verde em longo prazo aumentou o nitrogênio mineralizável sob árvores de cupuaçu em solos pouco férteis na Bacia Amazônica (SCHWENDENER, 2007). Para GODOY et al, (2007) o uso da adubação verde promoveu maior desenvolvimento do Jacarandá mimoso podendo transformar-se em uma prática usual para sistemas agroflorestais.

Várias são as culturas onde as bactérias diazotróficas têm sido isoladas de partes aéreas e raízes: além das leguminosas, gramíneas forrageiras e cereais (DÖBEREINER & DAY, 1976), culturas como mandioca (BALOTA et al 1999), cana-de-açúcar (CAVALCANTE & DÖBEREINER, 1988), batata-doce (HILL et al, 1983), cafeeiros (JIMÉNEZ-SALGADO et al., 1998), bananeiras e abacaxizeiros (WEBER et al., 1999).

Em espécies de palmeiras oleaginosas a presença de bactérias diazotróficas foi encontrada em dendê (SHAMSUDDIM et al 1995) onde bactérias do gênero *Azospirillum* sp foram encontradas associadas a vários tipos de solos na Malásia, em raízes e colmo de pupunha, em raízes de açaí (FERREIRA et al 1994) e em raízes e folhas de coqueiro (FERNANDES, et al, 2001).

Bactérias diazotróficas promovem uma melhoria no conteúdo total de nitrogênio nas raízes, isso foi comprovado em cana-de-açúcar (URQUIAGA & DÖBEREINER, 1990), em gramíneas e cereais (BODDEY & DÖBEREINER, 1988) e em dendê (CARVALHO, 1997).

CARVALHO (1997) confirmou a presença de bactérias diazotróficas em raízes, mesocarpo e endosperma das sementes, além do estipe de materiais genéticos de diferentes regiões produtoras do dendê do Brasil, sendo confirmada a presença de *Azospirillum amazonense, Azospirillum brasiliense, Azospirilum lipoferum e Hebarspirillim seropedicae*. Em seus resultados este autor evidenciou um aumento no peso da parte aérea seca, e maior área foliar, além de melhoria no conteúdo de nitrogênio nas raízes, como também maior diâmetro e altura das mudas.

A aplicação de bactérias diazotróficas para o dendê pode ser considerada como uma das alternativas aos adubos minerais que é exigido pelas plantas hospedeiras (VESTBERG et al, 2004). Os resultados de AZLIN et al (2007) em experimentos com dendê na Malásia indicaram que a inoculação com bactérias teve um efeito benéfico e que poderia induzir resistência contra patógenos foliares e de raiz. Os autores mostraram também que a inoculação com rizobactérias promove o crescimento do dendê e a colonização de raízes novas e, na associação os benefícios desta bactéria são a fixação biológica de nitrogênio e produção de fitormônios.

AMIR et al (2003) em estudo sobre a associação de bactérias em mudas de dendê relataram que a inoculação com Azospirillum pode gerar uma contribuição de 20-30 % da fixação biológica de nitrogênio e que esse processo estimulou a acumulação de nutrientes como N, P e K em dendê.

Uma técnica que pode auxiliar na avaliação da contribuição do N derivado da FBN é a técnica de abundância natural de ^{15}N. Esta técnica tem como princípio que o N mineral do solo é normalmente um pouco enriquecido em ^{15}N, como resultado de fracionamento isotópico entre ^{14}N e ^{15}N que ocorre nos processos físicos, químicos e biológicos que envolvem o N da matéria orgânica e do solo (SHEARER & KOHL, 1986).

Quase todas as transformações do N do solo resultam no seu fracionamento isotópico, sendo que o efeito final é um incremento pequeno, porém significativo, comparado com o N atmosférico (0,3663%). Em função desta pequena diferença na concentração de ^{15}N, os dados são comumente expressos em termos de partes por mil, $\delta\ ^{15}N$ ou ‰.

Assim, uma espécie não fixadora do N_2 da atmosfera, crescendo nessas condições, terá sua composição de ^{15}N semelhante a do N disponível do solo. Por outro lado, uma espécie fixadora de N_2 da atmosfera apresentará teores menores de ^{15}N, devido ao efeito de diluição que esse N_2 causará, uma vez que o ^{15}N em excesso da atmosfera é zero. Assim, utilizando-se uma espécie não fixadora como marcadora do ^{15}N do N mineral do solo, a taxa de fixação pode ser determinada pela proporção com que este ^{15}N foi diluído (SHEARER & KOHL, 1986). CARVALHO et al (2008) utilizaram esta técnica e observaram que alguns ecótipos de dendê em viveiro são capazes de obter contribuições da planta fixadora de nitrogênio

associada e em adultos a contribuição variou entre 14 e 57% em experimento no Amazonas e 13 a 76% em experimento na Bahia.

Outro tipo de simbiose é a associação com os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA). As Micorrizas Arbusculares (MAs) são simbioses entre raízes de plantas e fungos do filo Glomeromycota (SCHÜBLER et al., 2001), classe Zygomicotina e os gêneros formadores de FMAs que são os: Acaulospora, Entrophospora, Scutellospora, Gigaspora, Glomus, Archaeospora e Paraglomus (INVAM, 2009). A população natural de FMAs é bem diversificada, podendo ser encontrada em torno de cinco a seis espécies ou isolados convivendo na mesma rizosfera (BRUNDETT, 1991). Para HARLEY (1989) associações simbióticas são universais nos ecossistemas terrestres, pois a condição de raiz não associada é exceção da natureza.

O uso de micorrizas é considerado como uma opção para a redução do uso de insumos como fertilizantes e pesticidas na agricultura, em virtude dos seus efeitos benéficos no crescimento de plantas de interesse agronômico, florestal, hortícola e pastoril (MIRANDA & MIRANDA, 1997).

Segundo GUPTA et al (2000) a planta micorrizada obtém várias vantagens como o alívio do stress hídrico; proteção contra patógenos da raiz como nematoides, fungos, bactérias; tolerância a metais pesados tóxicos; tolerância a condições de altas ou baixas temperaturas; salinidade elevada no solo; pH muito baixo ou muito alto e melhoria ao nível da agregação de partículas do solo. No campo, NEWSHAW et al. (1995) observaram que as associações micorrízicas podem ajudar no estabelecimento das mudas, contribuindo para a absorção de nutrientes e água, além de atuar na proteção contra os patógenos radiculares.

FRANCO & FARIA (1997) relatam que a presença de fungos micorrízicos amplia a habilidade de espécies leguminosas arbóreas fixadoras de N_2 em absorverem nutrientes, principalmente P e água no solo. JESUS et al, (2005) observaram que a presença destes fungos pode ser essencial para uma boa nodulação, a qual é importante para a seleção de estirpes de rizóbios eficientes na FBN.

Segundo BEVER et al (1996), a planta pode regular a composição e a estrutura das comunidades de FMAs, pois cada fase de seu desenvolvimento, como germinação de esporos, crescimento das hifas, colonização radicular e esporulação, é influenciada pelas raízes destas. Sendo assim, as modificações na composição da comunidade e na abundância podem alterar a contribuição dos FMAs (BEVER, 2002).

CAPRONI et al (2003b) encontraram em área revegetada após mineração de bauxita que as áreas em recuperação, que eram as mais perturbadas, produziram mais esporos de FMAs que a mata nativa em clímax menos perturbada e que a produção de esporos e o número de espécies são influenciados pelo tempo de revegetação e pela reposição de solo orgânico. LINS et al (2007) afirmaram que FMA nativos de áreas de caatinga preservadas ou impactadas por mineração de cobre e FMA introduzidos são igualmente capazes de colonizar raízes de leucena.

Os fungos podem diferir na eficiência da absorção de P e favorecer o crescimento da planta. As causas podem estar relacionadas ao tempo de formação da simbiose e quantidade de infecções desenvolvidas por espécie. Deste modo, a eficiência está relacionada com a infectividade, que está associada com o potencial de inóculo próximo à raiz e à habilidade dos fungos de se propagarem na raiz (ABBOTT & ROBSON, 1991).

Um FMA deve ter a habilidade para infectar as plantas de maneira rápida, ser eficaz na exploração do solo, transferir nutrientes para o hospedeiro, difundir-se e multiplicar-se, competir e colonizar plantas sob ampla variação das condições ambientais (DAFT, 1983). SANTOS, J. et al (2008) observaram que os FMA aumentaram a absorção total de N e P em espécies arbóreas plantadas em solos degradados pela mineração.

Sobre a simbiose dos fungos com espécies de palmeiras SILVA JÚNIOR & CARDOSO (2006) em trabalho com pupunha e cupuaçu na Amazônia encontraram nestas espécies a presença de colonização micorrízica arbuscular, no entanto esta é alterada pelo sistema de manejo adotado, com taxas maiores de colonização no monocultivo.

SOUZA & SILVA (1996) discutem os aspectos envolvidos na inoculação de fungos micorrízicos em espécies usadas para a recuperação de áreas degradadas, destacando o efeito benéfico da associação micorrízica na fixação biológica de nitrogênio em espécies de leguminosas arbóreas. Em pesquisa realizada por CAPRONI et al (2005) a inoculação de fungos micorrízicos arbusculares nas mudas utilizadas para revegetação de solos degradados foi importante, pois auxiliou e acelerou os processos de recuperação.

A inoculação com FMAs atua na sucessão vegetal ao favorecer o estabelecimento de espécies de plantas próprias de etapas sucessionais intermediárias e avançadas, acelerando a recuperação para uma cobertura vegetal clímax (GUERRERO et al., 1996). Além disso, o fungo micorrízico também estimula a colonização de raízes pelas bactérias diazotróficas (MIYAUCHI et al, 2008). GONZÁLEZ-CHÁVEZ et al (2008) descreveram, em pesquisa avaliando a associação de fungos com bactérias, que esse tipo de associação tem importantes contribuições ecológicas para a sobrevivência da planta, tolerância a metais e nutrição.

Para CARVALHO et al. (1999) a associação entre raízes de dendezeiro e fungos micorrízicos arbusculares, foi benéfica para a formação de mudas, promovendo principalmente um efeito positivo em altura.

MOREIRA (2006) avaliou o desenvolvimento de 6 cultivares de dendê e dois híbridos originários de cruzamentos do dendê (*Elaeis guineensis*) com o caiauê (*Elaeis oleifera*) em áreas de depósito de resíduo de alumina. Os resultados mostraram uma melhoria considerável nas condições do solo revegetado com leguminosas noduladas e micorrizadas. Dos genótipos de dendê testados todos apresentaram um desenvolvimento satisfatório. Dois genótipos se destacaram em relação à colonização por bactérias diazotróficas, infecção micorrízica, conteúdo de nitrogênio nas folhas, número de folhas, altura das plantas e diâmetro do colo.

2.4 Avaliação da Qualidade do Solo em Áreas de Mineração em Processo de Recuperação

As espécies de leguminosas arbóreas, associadas a bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico e fungos micorrízicos, vêm demonstrando a sua importância como uma técnica viável em diversas situações de degradação de solos (FRANCO & FARIA, 1997). Podem aumentar o conteúdo de N do solo, pela fixação biológica do nitrogênio da atmosfera. REGENSBURGER et al (2008) em trabalho de recuperação de área degradada pela mineração demonstraram que a leguminosa bragatinga (*Mimosa scabrella*) pode ser utilizada como adubação orgânica neste tipo de recuperação.

Para que um adubo verde seja eficaz no fornecimento de nutrientes, deve haver sincronia entre o nutriente liberado pelo resíduo da planta de cobertura e a demanda da cultura de interesse (STUTE & POSNER, 1995). Isso não ocorreu, por exemplo, em trabalho realizado por ESPÍNDOLA et al, (2006a) onde as plantas de cobertura avaliadas apresentaram diferentes padrões de decomposição dos resíduos vegetais e, consequentemente, liberação de nutrientes, o que pode afetar a sua disponibilidade para a cultura principal. Entretanto ESPÍNDOLA et al (2006b) observaram maiores teores de N em folhas de bananeiras consorciadas com leguminosas e também aumento na produtividade, no número de frutos por cacho e de pencas por cacho das bananeiras, em relação ao uso de vegetação espontânea.

Para se conhecer a intensidade dos efeitos do impacto, indicadores de qualidade do solo têm sido muito utilizados em estudos comparativos (MERLIM, 2005; MOÇO, et al,

2005; SANTOS, et al., 2008a), cujos dados produzidos podem contribuir para o emprego de técnicas e estratégias de recuperação ou em atenuar os danos causados.

A matéria orgânica proveniente de leguminosas arbóreas constitui fonte de alimentação e habitat para vários organismos do solo como, por exemplo, a fauna do solo. Estes animais do solo, juntamente com os microrganismos, são os responsáveis pelos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes da matéria orgânica, que por sua vez, são fundamentais para a manutenção da produtividade do ecossistema (CORREIA, 2002b). A relação entre estabilidade do sistema e a diversidade de espécies permite identificar grupos funcionais da fauna edáfica mais sensíveis ao sistema de manejo (SILVA et al, 2006) fazendo com que o grupo seja considerado indicador da qualidade do solo (SAUTTER, 1998).

MANHÃES (2007) trabalhando com sistema solo-serrapilheira encontrou que os grupos de fauna apresentaram maior colonização na serapilheira das duas leguminosas estudadas, ao serem comparadas com capoeira e pasto. Para DIAS et al (2006) em avaliação em pastagem a presença das leguminosas, fixadoras e não fixadoras de nitrogênio, contribui para o aumento da densidade, da riqueza e da diversidade da fauna de solo, principalmente dos grupos Oligochaeta, Coleoptera, Araneae e Formicidae. Ainda segundo esses autores a presença de uma leguminosa arbórea cria condições favoráveis à fauna, pela deposição da serapilheira, diminuindo a relação C/N sob a sua copa, além de estabelecer um microclima mais favorável.

SILESHI et al (2008) em trabalho sobre o sistema de cultivo de milho na África concluíram que a rotação do milho com leguminosa aumentou a riqueza e abundância da macrofauna do solo quando comparado com o plantio contínuo do milho.

Fauna do solo é o termo utilizado para a comunidade de invertebrados que vive permanente ou que passa um ou mais ciclos de vida no solo (ANDERSON, 1988). Segundo CORREIA et al (1997), a fauna é agente de condicionamento, sofre efeito e reflete características do habitat, tanto em nível macro (clima, tipo de solo e fitofisionomia) quanto em nível micro (quantidade/ qualidade da serrapilheira ou matéria orgânica e tipos de manejo). YANG & CHEN (2009) falam da importância de preservar a diversidade da fauna do solo na floresta tropical para o processo de reciclagem de nutrientes.

Dada a estreita associação da comunidade da fauna do solo com os processos que ocorrem no sub-sistema decompositor e a sua grande sensibilidade a interferências no ecossistema, sua abundância e composição refletem o padrão de funcionamento do ecossistema. Assim, alterações na composição de espécies e abundância relativa dos invertebrados do solo constituem-se bons indicadores de mudanças no sistema (STORK & EGGLETON, 1992, LINDEN et al., 1994). CORREIA (2002a) propõe o estudo de toda a comunidade da fauna, ou de apenas grupos chaves, como formas viáveis de utilização da fauna como bioindicador de manejo dos ecossistemas.

A mesofauna do solo abrange organismos dos grupos Collembola, Araneae, Acari e alguns dos grupos Chilopoda e Diplopoda (SOUTO et al., 2008). Esses organismos possuem diferentes estratégias alimentares e funções importantes no solo, como decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (LAVELLE et al, 2006) e constroem galerias (WOLTERS, 2000), sendo deste modo afetados pela maior compactação do solo.

A micro e mesofauna têm função de acelerar a decomposição e a ciclagem de nutrientes (LAVELLE et al, 2006), proporcionar um aumento da atividade biológica (WRIGHT, et al., 1989), mediar processos de transporte no solo (ANDERSON, 1988) e melhorar a agregação do solo (ASSAD, 1997) contribuindo de maneira direta na estruturação do solo (SWIFT et al, 1979).

Além da classificação baseada nas dimensões do corpo, a fauna do solo pode também ser classificada com base em aspectos funcionais. Os saprófagos (Blattodea, Dermaptera, Diplopoda, Diplura, Isopoda, Thysanoptera, Orthoptera, Pscoptera e Symphyla) são

organismos que se alimentam de detritos sendo responsáveis diretos pela fragmentação destes promovendo também a mineralização de compostos mais simples. Os predadores (Aranae, Chilopoda, Pseudoscorpionida e Opilionida) que se alimentam dos saprófagos e micrófagos regulando assim esses grupos; as larvas de insetos (de Coleoptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera e Lepidoptera), os sociais (Formicidae e Isoptera) que são responsáveis por facilitar a infiltração de água, troca de gases e incorporação de nutrientes pela atividade de construção de ninhos e galerias (GASSEN, 1999) e também podem atuar como saprófagos e predadores, os holometábolos (Coleoptera, Diptera, Trichoptera, Coleoptera e Lepidoptera), os parasitoides (Hymenoptera com exceção de Formicidae), micrófagos (Collembola) e fitófagos (Heteroptera e Homoptera) que se alimentam da seiva das plantas (COSTA, 2002).

Segundo CORREIA & ANDRADE (1999), quanto mais diversa for a cobertura vegetal, maior será a diversidade das comunidades de fauna; consequentemente, surgirá uma colonização de várias espécies de fauna do solo com estratégias diferentes de sobrevivência (MOÇO et al., 2005).

A fauna edáfica pode ser considerada um indicador eficiente da influência da presença ou ausência de cobertura vegetal (ROVEDDER et al, 2009). O grupo Acari, por exemplo, tem demonstrado preferência por habitats com grande quantidade de matéria orgânica, além de apresentarem habilidades em serem os primeiros colonizadores de áreas perturbadas (SAUTTER & SANTOS, 1994). O grupo Formicidae para PEREIRA et al (2007) demonstrou ser sensível às variações no ambiente, sofrendo influência da estrutura vegetal. O grupo Collembola apresenta organismos que respondem às modificações do solo, são também considerados a base alimentar de uma variedade de outros organismos (ROVEDDER et al, 2009) e possuem importante papel na ciclagem (SOUTO et al, 2008). O grupo Coleoptera possui uma grande variação de funções, podendo ser predadores, fitófagos e saprófagos, entretanto a maioria das famílias exerce a função de predadores da fauna detritívora (COLEMAN & CROSSLEY, 1996).

Assim, considera-se que as populações de fauna edáfica demonstram, através das características das suas comunidades, sensibilidade às condições ambientais, podendo servir como indicadores da qualidade do solo (SAUTTER, 1998). Esta sensibilidade faz com que a compreensão do comportamento do solo em sistemas naturais ou antrópicos exija o conhecimento da fauna (ASSAD, 1997). Deste modo todos os fatores que afetam negativamente esses organismos, promovendo perda de matéria orgânica, também provocam deterioração das propriedades físicas e químicas do solo (MENDES & VIVALDI, 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área Experimental

O distrito de Porto Trombetas (56° 27’ de longitude Oeste e 1° 42' de latitude Sul) está localizado no município de Oriximiná (PA) (Figura 2), a 10 km a oeste da confluência do Rio Trombetas com o Rio Amazonas, distante 450 km de Manaus a leste e 850 km a oeste de Belém, em linha reta (SALOMÃO & MATOS, 2002 apud REIS, 2006). A sede da Mineradora Rio Norte (MRN), o porto e a vila residencial ficam à margem direita do Rio Trombetas, ao norte da jazida de bauxita, da qual dista 30 Km (LAPA, 2000).

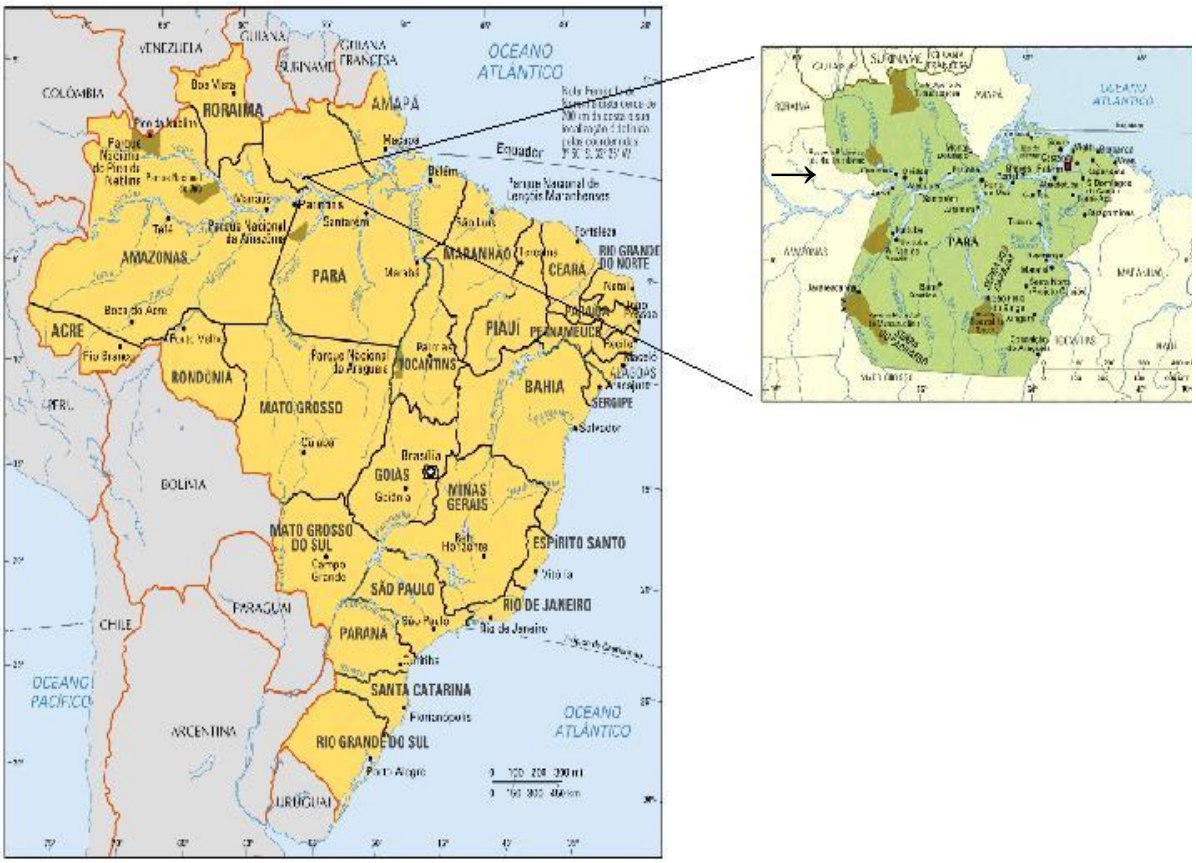


Figura 2: Mapa do Brasil e do Estado do Pará em destaque o município de Oriximiná (seta); fonte: www.guianet.com.br

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw sendo caracterizado como tropical com inverno seco, temperatura mensal superior a 18ºC e em pelo menos um mês do ano tendo a precipitação média inferior a 60mm, sendo assim o clima dessa região é bem definido com estação seca e chuvosa (FERRAZ, 1993 apud CAPRONI et al, 2003a). Do mesmo modo, de acordo com os dados da MRN Estação Meteorológica, de Porto Trombetas pode-se destacar duas épocas do ano com condições climáticas distintas, características da região. Uma delas é o período que ocorre entre os meses de junho a

novembro, onde ocorreram os menores valores de precipitação pluviométrica média entre 8,2 e 95,8 mm (até a última coleta) e as maiores temperaturas médias do ano, variando entre 26,6 e 28,7ºC. Já entre os meses de dezembro a maio, observa-se uma elevação na precipitação pluviométrica média com valores entre 107,0 e 476,2 mm e a temperatura média entre 25,6 e 27,5 ºC, caracterizando o período de chuvas da região. Na Figura 3 encontra-se o histórico da precipitação pluviométrica mensal e temperatura média desde o plantio.

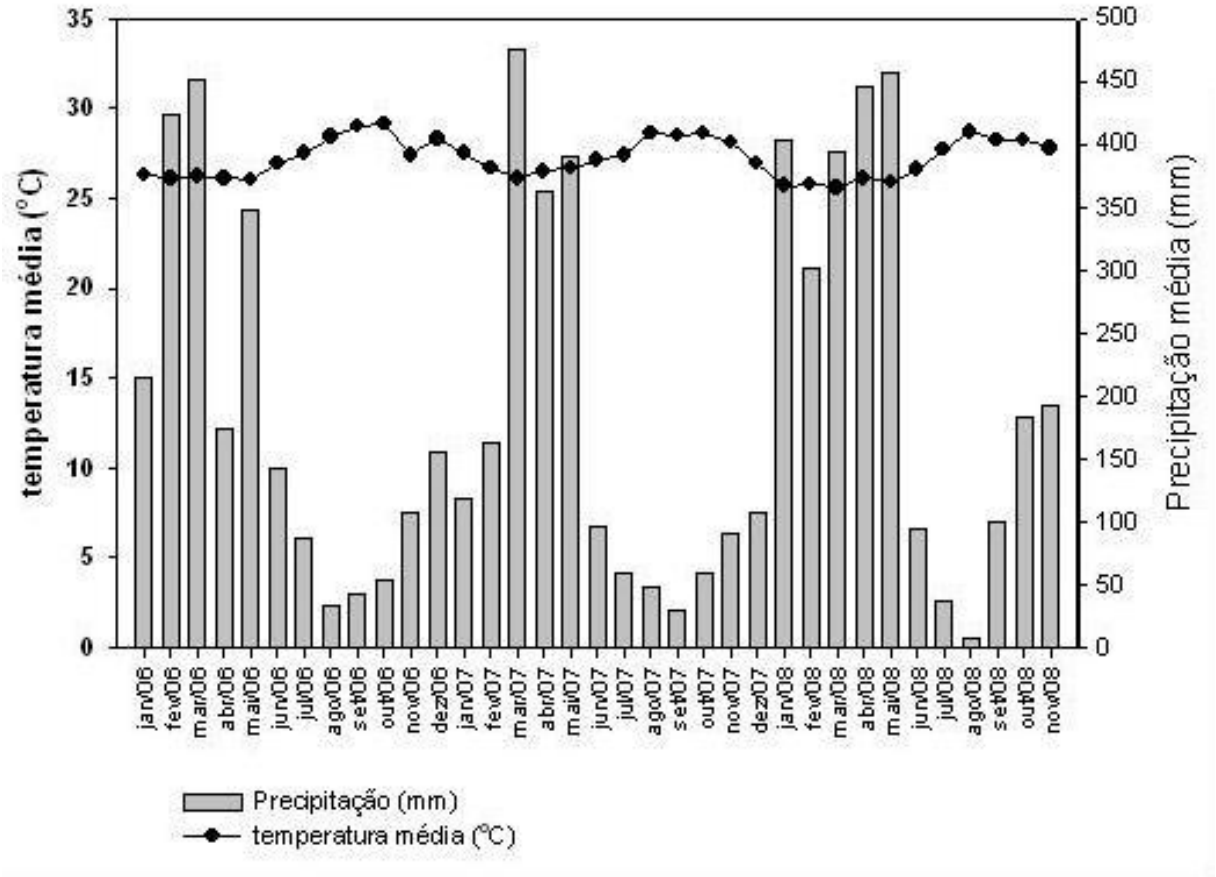


Figura 3: Temperatura média e precipitação mensal durante o período de crescimento das plantas.

Para a cultura do dendê a temperatura média adequada situa-se entre 24 e 28 ºC, com uma temperatura mínima absoluta não inferior a 18° C e, a exigência hídrica é acima de 2.000 mm/ano com no máximo de 3 meses de precipitação inferior a 100 mm. (PANDOLFO, 1981 apud FURLAN JUNIOR, 2006). Tomando como base esses valores médios de temperatura constata-se que nos anos de 2007 e 2008 (até a última coleta) a temperatura ultrapassou 28ºC em 5 dos meses avaliados, entretanto nunca ultrapassando os 29ºC.

A precipitação anual entre os meses de novembro/2005 a novembro/2006 foi de 2.500 mm, entre dezembro/2006 a novembro/2007 foi de 2.153 mm e entre dezembro/2007 e novembro de 2008 foi de 2721 mm. No entanto, entre os 31 meses desde o plantio, a precipitação mensal ficou abaixo de 150 mm em 17 destes, sendo em 13 inferiores a 100 mm, indicando que a planta passou por períodos de maior stress por déficit hídrico.

A região apresenta uma associação de latossolo argissolo e podzol. As unidades pedológicas são Latossolo Amarelo, com textura argilosa; Argissolo Vermelho-Amarelo, com textura média para argilosa, Podzólico concrecionário com concreções de ferro-amarelo, Neossolo quartzorênicos, Neossolos fúlvicos e Gleissolos. Os solos apresentam um horizonte

latossólico B, textura argilosa, e são ácidos, profundos e bem drenados e são plásticos pegajosos. São solos de baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca de cátions e baixos níveis de saturação de bases (FERRAZ, 1993).

O processo de mineração gera dois tipos de substratos que exigem intervenções e esforços de recuperação distintos. Um deles é denominado rejeito o outro que foi o utilizado neste trabalho é o estéril. Este substrato é composto de 80% de argila amarela caulínica, 10% de cascalho bauxítico em matriz argilosa e 10% de laterita ferruginosa (GARRIDO-FILHA, 1990).

Este processo em Porto Trombetas é descrito por LAPA (2000) em etapas: desde o desmatamento, decapeamento onde há a retirada da camada de solo e subsolo até 8m de profundidade denominado estéril, perfuração, desmonte, escavação, carregamento, até o transporte e recuperação das áreas mineradas. Durante a etapa de decapeamento o solo superficial é empilhado por trator para posterior utilização na recuperação das áreas mineradas.

3.2 Experimento de Consorciação do Dendê e Calopogônio

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, consistindo de 4 blocos com 3 tratamentos e 15 plantas por parcela em duas áreas (Figura 4). O experimento foi implantado pelos pesquisadores Avílio A. Franco, Eduardo F.C. Campello e Alexander S. Resende, informação pessoal, com o plantio de genótipos de dendê sobre estéril em janeiro de 2006 com experimento em consórcio com o calopogônio (*Calopogonium mucunoides)* inoculado com a estirpe BR1602 e, sem este consórcio (Figura 5). As covas de dendê foram abertas com dimensões de 0,30 x 0,30 x 0,30 m. O espaçamento entre elas foi de 9 x 9 m, entre linhas e plantas. As covas foram adubadas com 50 g de termofosfato; 45 g de cloreto de potássio; 10 g de FTE BR 12 e 50 g de calcário dolomítico/ cova.

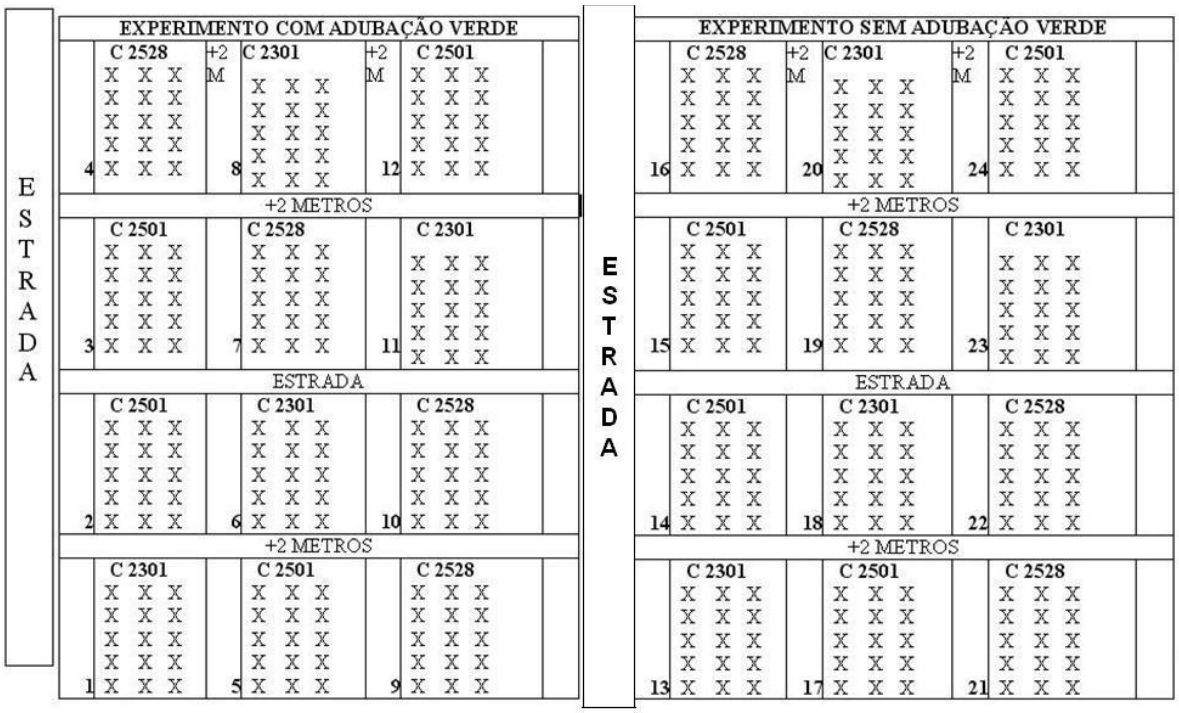
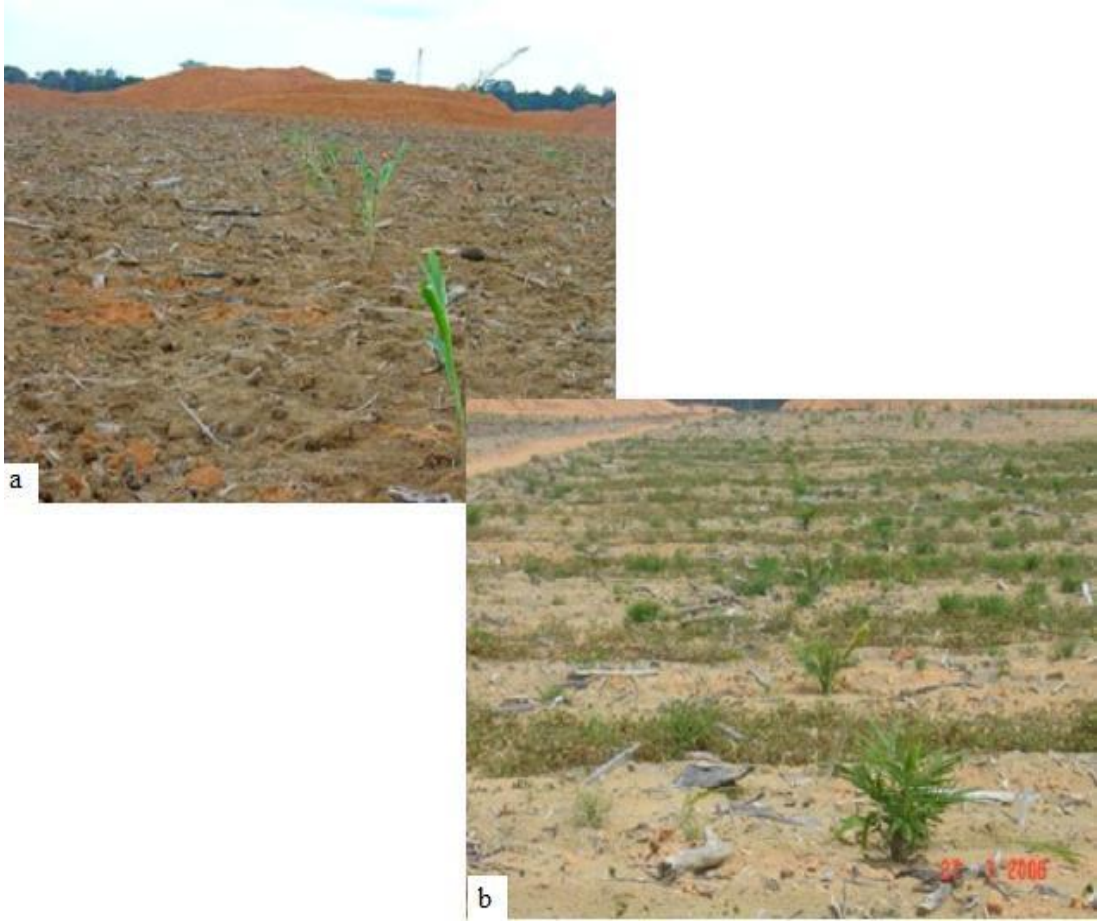


Figura 4: Croqui do experimento com o plantio do dendê

Na área com a adubação verde com o calopogônio manejado em consórcio entre cada linha de dendê, na vertical, foram plantadas 3 linhas de 9 m do calopogônio utilizando-se sementes inoculadas com o equivalente a 27 g/ m^2. Todas foram adubadas com 180 g de termofosfato; 90 g de cloreto de potássio; 45 g de FTE BR 12 e 450 g de calcário dolomítico/ linha. Na área sem a adubação verde, entre cada linha de dendê, na vertical, foram adubadas 3 linhas centrais da parcela de 9 m com 180 g de termofosfato; 90 g de cloreto de potássio; 45 g de FTE BR 12 e 450 g de calcário dolomítico/ linha. A adubação foi realizada para efeito de manter o padrão do experimento com adubação verde (Figura 5).



(Foto: Eduardo Campello).

Figura 5: Área com dendê (a) Na ocasião do plantio em janeiro de 2006; (b) Aos seis meses após o plantio

Os genótipos utilizados neste experimento são resultado da experiência no desenvolvimento de genótipos mais produtivos, bem como do Banco de Germoplasma de Dendê mantido pela Embrapa Amazônia Ocidental. Assim foram utilizados 3 cultivares de dendê (*Elaeis guineensis*): C2501, C2301 e C2528 (Tabela 1).

Tabela 1. Cultivares de dendê (*Elaeis guineensis*) melhorados pela Embrapa Amazônia Ocidental e implantados no experimento

CATEGORIA	LINHAGEM FEMININA	LINHAGEM MASCULINA
C2501	DA5D X DA3D AF	LM 2T AF
C2301	LM269 X DA115D AF	LM 2T AF
C2528	LM269D X DA115D AF	LM 10 T AF

3.3 Avaliação da sobrevivência e desenvolvimento das plantas

Para a análise das plantas foram mensuradas as variáveis biométricas: altura das plantas medindo-se do chão até a base da folha apical, além do número de folhas fotossinteticamente ativas, após 17, 22 e 31 meses do início do experimento. Em junho de 2007 foram retiradas amostras de folha indicadora n° 9 (PREVOT & OLLAGNIER, 1956), para fins de análise de nutrientes na Embrapa Agrobiologia. As amostras de tecidos foram analisadas para P, K, Ca e Mg, conforme metodologia da EMBRAPA (1997) e N conforme o método Kjeldahl descrito por ALVES et al (1994).

Coletou-se também amostras de parte aérea do dendê e calopogônio para a determinação da contribuição da fixação biológica de nitrogênio às plantas de dendê, pela técnica de abundância natural de ^{15}N (SHEARER & KOHL, 1986).

Esta técnica tem como princípio que o N mineral do solo é normalmente um pouco enriquecido em ^{15}N, como resultado de fracionamento isotópico entre ^{14}N e ^{15}N que ocorre nos processos físicos, químicos e biológicos que envolvem o N da matéria orgânica e do solo (SHEARER & KOHL, 1986). Quase todas as transformações do N do solo resultam no seu fracionamento isotópico, sendo que o efeito final é um incremento pequeno, porém significativo, comparado com o N atmosférico (0,3663%).

Assim, uma espécie não fixadora do N_2 da atmosfera, terá sua composição de ^{15}N semelhante a do N disponível do solo. Por outro lado, uma espécie fixadora de N_2 da atmosfera apresentará teores menores de ^{15}N, devido ao efeito de diluição que esse N_2 causará, uma vez que o ^{15}N em excesso da atmosfera é zero. Assim, utilizando-se uma espécie não fixadora como marcadora do ^{15}N do N mineral do solo, a taxa de fixação pode ser determinada pela proporção com que este ^{15}N foi diluído (SHEARER & KOHL, 1986). Neste trabalho as plantas testemunhas não fixadoras utilizadas foram a Embaúba (*Cecropia polystachya*) para o cálculo da contribuição da FBN para os genótipos de dendê e o Capim colonião (*Panicum maximum*) para o calopogônio.

3.4 Avaliação de Variáveis Químicas e Biológicas do Solo

Avaliou-se, em junho de 2007, a situação do solo na área do experimento quanto às propriedades químicas, coletando-se amostras nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm e para análise dos teores de P, K, Al, Ca Mg e pH no Laboratório de Solos da Embrapa Agrobiologia, segundo EMBRAPA (1997).

A fauna do solo foi utilizada como indicador para avaliar a qualidade do solo mantido com dendê em monocultivo ou consorciado com o calopogônio. Como áreas de referência foram amostrados também uma área da floresta amazônica preservada e um reflorestamento, ambos adjacentes ao experimento. A coleta de fauna do solo foi feita em novembro de 2007.

As áreas amostradas foram assim caracterizadas:

1-Dendê com calopogônio- área no estéril de bauxita, plantadas com dendê e em suas entre linhas a leguminosa calopogônio, onde surgiram espécies secundárias provenientes do banco de sementes existente no "top soil", aumentando a diversidade de vegetação nas linhas de plantio de dendê.

2-Dendê sem calopogônio- área no estéril de bauxita, plantadas com dendê sem o plantio do calopogônio, onde também surgiram espécies secundárias provenientes do banco de sementes existente no "top soil", aumentando a diversidade de vegetação nas linhas de plantio de dendê.

3-Reflorestamento- área adjacente sobre o mesmo estéril onde foi realizado o cultivo de algumas espécies arbustivas e arbóreas (Anexo) na mesma época do dendê, mas fora da área utilizada para o plantio deste.

4-Floresta primária- área com alta diversidade, árvores de grande porte. Podem ser encontradas de 40 a 100 espécies por hectare a altura média de 30 m as árvores são altas com troncos retos e copas amplas com formas globosa ou umbrela, algumas com dossel uniforme (WALTER, 1986 apud CAPRONI et al, 2003).

Na área de dendê foram distribuídas três armadilhas em cada um dos quatro blocos na parcela do genótipo 2528 totalizando 12 armadilhas na área com calopogônio e 12 armadilhas na área sem calopogônio. Nas áreas de reflorestamento as 12 armadilhas foram posicionadas aleatoriamente e, na floresta primária também foram distribuídas 12 armadilhas traçando um transecto à aproximadamente 30m para dentro da área, a partir de uma estrada de deslocamento local e a partir daí foram posicionadas as armadilhas a cada 5m.

As armadilhas utilizadas foram do tipo Pittfall Trapping, onde foram adotados recipientes de polietileno de 9,5 cm de diâmetro e de altura, enterrados no solo, ao nível da superfície (MOLDENKE, 1994). Dentro deste foi colocado álcool 50% até a metade do recipiente. Neste tipo de armadilha objetivou-se a captura dos invertebrados edáficos que ficam na camada superficial do solo decompondo a matéria orgânica que ali venha se depositar (Figura 6).

As armadilhas permaneceram no campo durante quatro dias. Ao final desse período, os indivíduos capturados nas armadilhas foram acondicionados em frascos de plástico com tampa e conservados em álcool a 50%, para posterior triagem em laboratório. O conteúdo de cada frasco foi analisado individualmente, em placas de Petri, sob microscópio estereoscópico.

Para cada ponto de coleta, foram registradas as quantidades e identificados os indivíduos presentes ao nível de maior grupo taxonômico. O termo grupo foi utilizado para o estudo da meso e macrofauna, significando por vezes família, classe ou ordem, objetivando agrupar indivíduos com a morfologia externa similar. As comunidades foram caracterizadas com base nos parâmetros de riqueza e densidade de grupos (BROWER et al., 1997).

Figura 6: Visão superior da armadilha tipo Pittfall Trapping para a análise da fauna do solo

3.4.1 Análise dos dados de fauna do solo

Para o estudo da estrutura da comunidade de fauna do solo, foi estimada a atividade (ind.arm.dia^{-1}) e o respectivo erro padrão. Para avaliação da diversidade foram utilizados os índices de Shannon, de acordo com a fórmula: $H= -\sum pi.\log_2 pi$, sendo pi a abundância relativa de cada grupo encontrado determinado por ni/N onde ni é o número de indivíduos de cada grupo e N: soma do número de indivíduos e, o índice de Pielou, que corresponde à Uniformidade (equitabilidade) da fauna do solo em cada área. O índice de Pielou é uma derivação do índice de Shannon, que é calculado pela fórmula: $U= H/ \log_2 S$.

Foi estimada também a riqueza de grupos coletados, que corresponde ao número de grupos que ocorreram nas amostras e a riqueza média de grupos, que representa o número de grupos encontrados por amostra.

Além disso, foi calculado o índice de mudança (V) que foi proposto por WARDLE & PARKINSON (1991), obtido pela seguinte fórmula: V= (2d PC/d PC + d PD)-1 onde d: indivíduos por m^2 do grupo ou tratamento em questão, PC: plantio convencional e PD: plantio direto. Este índice trata de uma relação de abundância entre áreas manejadas e não manejadas, que no caso deste estudo, referem-se ao manejo (dendê com e sem calopogônio) e área de referência (floresta primária) respectivamente. O índice varia de -1 a 1, com o valor 0 indicando abundâncias iguais nas diferentes áreas. WARDLE & PARKINSON (1991) propuseram uma categorização em relação ao tipo de manejo na fauna do solo, sendo ela descrita na Tabela 2.

Tabela 2. Categorias de influência do manejo na fauna de solo, com base no índice de mudança (V) (WARDLE & PARKINSON, 1991, modificado por CORREIA et al. 2003).

	Categoria	Índice
IE	Inibição extrema	V<-0,67
IM	Inibição moderada	-0,33>V>-0,67
IL	Inibição leve	-0,06>V-0,33
SA	Sem alteração significativa	-0,05>V>0,05
EL	Estimulação leve	0,06<V<0,33
EM	Estimulação moderada	0,33<V<0,67
EE	Estimulação extrema	V>0,67

3.5 Análises Microbiológicas

Foram coletadas amostras de raízes de dendê e solo na área do dendê para determinação da presença de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos.

Para cada época de amostragem de raízes, junho de 2007, novembro de 2007 e agosto de 2008, foram coletadas em cada parcela 3 subamostras de três plantas e acondicionadas em sacos plásticos para posterior análise em laboratório. Para a determinação da presença de bactérias diazotróficas em cada amostra foram retirados 10 g de raízes e maceradas na proporção de 10% (peso /volume) em solução salina. A partir desse extrato foram retiradas alíquotas de 0,1mL e inoculadas em frascos contendo os meios de cultivo semi-sólidos e sem a adição de nitrogênio e semi-seletivos NFb para *Azospirillum amazonense* (DÖBEREINER et al., 1995), JNFb para *Herbaspirillum spp* (BALDANI et al, 1992) *e* JMV para *Burkholderia spp* (BALDANI, 1996). Este material foi incubado a 30ºC por 96 horas quando foi feita a avaliação do crescimento da película característica (crescimento positivo) e quantificada a população total de bactérias diazotróficas com base na técnica do número mais provável (NMP), utilizando a tabela de Mc Crady (DÖBEREINER et al., 1995).

Foram coletadas amostras de raízes de dendê (Figura 7) e solo na área do dendê para determinação da presença de fungos micorrízicos. Para a avaliação da ocorrência de fungos micorrízicos nas raízes foi utilizada a metodologia proposta por KOSKE & GEMMA (1989). As amostragens de raízes, em novembro de 2007 e agosto de 2008, foram feitas coletando-se em cada parcela 3 subamostras de três plantas e acondicionadas em sacos plásticos para posterior análise em laboratório. Na amostragem de junho de 2007 foram coletadas nas áreas com e sem calopogônio 3 subamostras de cada totalizando 3 repetições de cada área.

Em novembro de 2007 foram coletadas 6 amostras de solo nas mesmas quatro áreas onde foi feito o levantamento da fauna do solo. Em cada amostra foram retiradas 3 subamostras de solo. As subamostras foram coletadas na profundidade de 0-5 cm, na região da vegetação, e homogeneizadas. Estas amostras foram secas à sombra e acondicionadas em sacos plásticos para posterior quantificação e identificação de espécies micorrízicas no Laboratório de Micorrizas da Embrapa Agrobiologia. Em agosto de 2008 somente coletou-se as amostras nas áreas de dendê com e sem calopogônio.

De cada amostra de solo retirou-se 50 cm^3 de solo para as extrações dos esporos pela técnica do peneiramento úmido (GERDERMANN & NICOLSON, 1963), utilizando peneira de 38 µm. As amostras foram centrifugadas em solução de sacarose a 45%, a 3000 rpm (1000g), para separação de esporos do solo e posterior avaliação do número de esporos do solo em placa com anéis concêntricos.

Após a contagem, os esporos foram transferidos para uma placa de Petri e agrupados pelo tamanho, cor e forma, e separada uma quarta parte do total de esporos. Em seguida, foram colocados em lâmina e quebrados delicadamente, sob lamínula, para a exposição das paredes internas com álcool polivinil em lactoglicerol (PVLG), na mesma lâmina um segundo grupo de esporos foi montado com reagente de Melzer.

A identificação das espécies de FMA foi realizada segundo SCHENCK & PÉREZ (1990) e conforme descrição morfológica disponível na internet na página do International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi (INVAM), mediante observações em microscópio ótico. Os esporos foram identificados de acordo com a análise morfológica clássica, que envolve os caracteres taxonômicos incluindo número e tipo de camadas das paredes dos esporos e a sua reação ao reagente de Melzer; características das paredes internas e a variação da cor e tamanho do esporo.

Figura 7: Coleta de raízes de dendê

3.7 Análises Estatísticas

Foram verificadas as pressuposições para a realização de ANAVA no SAEG, avaliando-se a normalidade e homogeneidade das variâncias pelos testes de Lilliefors e Cochran respectivamente. Os dados não homogêneos foram transformados por log (x+1), a análise de variância foi realizada utilizando-se o software Sisvar e as médias comparadas pelo teste Scott Knott à 5% de probabilidade.

Para a fauna do solo, os dados foram analisados utilizando-se do método multivariado denominado Análise de Componentes Principais (ACP). Na interpretação dos resultados da ACP, além dos escores dos dois primeiros componentes principais (Y_1 e Y_2), também foram utilizados os valores de coeficientes de correlação linear entre as variáveis originais e os dois componentes. Utilizou-se do programa Canoco 4.5 (TER BRAAK & SMILAUER, 2002) para a realização da ACP e as médias comparadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis Químicas do Solo

As variáveis químicas do estéril encontram-se na Tabela 3. Pode-se observar que se trata de um substrato com baixa CTC, que junto com as condições climáticas, influenciam no crescimento das plantas.

Tabela 3: Variáveis químicas da área de estéril cultivada com dendê (junho de 2007) em Porto Trombetas (PA)

Prof	pH	Al	Ca	Mg	P	K
(cm)	(H_2O)	--------- $cmol_c\ dm^{-3}$ ---------			------mg dm^{-3}------	
0-10	4,9	0,1	4,1	0,7	2	175,0
10-20	4,9	0,1	3,3	0,6	1	128,0

A área de estéril da bauxita apresentou pouca disponibilidade de nutrientes, tais como P e K, e pH em torno de 5. Este dado parece ser uma característica do solo desta área, dado semelhante foi encontrado por CAPRONI et al (2007) em outras áreas de plantio também em resíduo de bauxita em Porto Trombetas. Segundo FURLAN JUNIOR et al (2006), o dendê se adapta bem em solos ácidos tendo um bom desenvolvimento na faixa de pH entre 4 e 6 assim, de acordo com os dados observados o pH do solo desta região atendeu bem às necessidades desta cultura.

4.2 Desenvolvimento das Plantas

Em relação ao crescimento em altura das plantas, não houve diferença significativa entre as áreas de adubação verde nas três épocas amostradas (Figura 8). Na avaliação realizada em junho de 2007 (17 meses), a altura média de todo o experimento foi de 65 cm de altura também não havendo diferença entre os três genótipos estudados. As médias para as outras épocas foram 85 e 135 cm respectivamente.

Nas amostragens de novembro de 2007 (22 meses) e agosto de 2008 (31 meses) o genótipo C2528 alcançou 96,5 cm em novembro de 2007 e 139 cm em agosto de 2008 para a área sem calopogônio (Figura 8). O crescimento do dendê nas condições deste experimento ficou abaixo daquele observado por MOREIRA (2006) no Maranhão. Naquela condição avaliada, com 22 meses de plantio no campo, as plantas dos cultivares C2501 e C2301 estavam com 2 m.

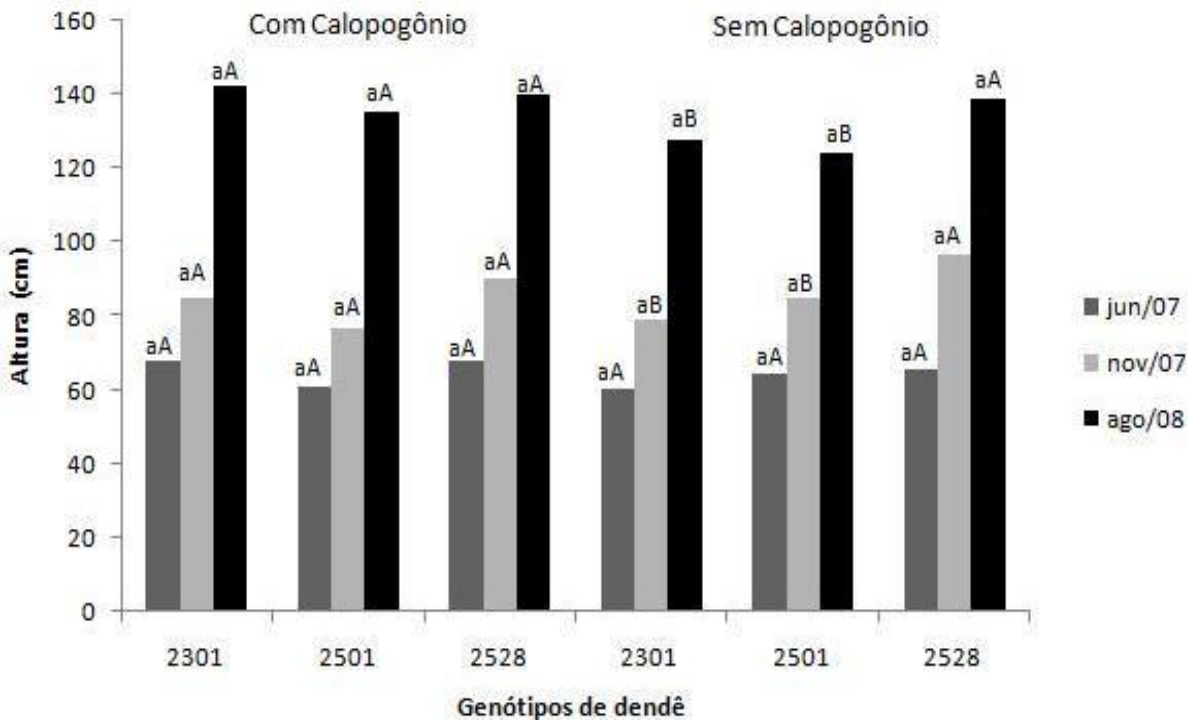


Figura 8: Altura (cm) nos diferentes genótipos de dendê em 3 coletas sob as áreas com e sem o plantio de calopogônio em Porto Trombetas (PA). Médias seguidas por diferentes letras, minúscula para plantio de calopogônio e maiúscula para genótipo, diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5%.

Nos 31 meses desde o plantio, a precipitação mensal ficou abaixo de 150 mm em 17 destes, sendo em 13 inferiores a 100 mm. Este fato pode estar influenciando o crescimento. Na amostragem de novembro de 2007 o crescimento foi menor e o período de estiagem foi superior a 2 meses o que não ocorreu em agosto de 2008 que só teve dois meses .

Este menor crescimento das plantas no mesmo período de crescimento no campo em relação ao observado nas condições do Maranhão pode ser atribuído à ausência de irrigação na área de estéril, pois o clima das duas regiões é muito parecido. No experimento realizado por MOREIRA (2006) a precipitação média foi de 2.000 mm, com somente 5 meses apresentando precipitações abaixo de 150 mm, e a temperatura média foi de 27 ^{o}C. No entanto outra diferença muito grande entre estas áreas são as condições do substrato, o que também pode ter contribuído para a diferença no crescimento. BASTOS et al (2001) e BASTOS (2000) afirmam que dentre os elementos climáticos o que mais interfere no crescimento e na produção da cultura do dendê na Amazônia é a deficiência de chuva associada ao período seco maior que três meses.

Para a avaliação do número de folhas fotossinteticamente ativas quando compara-se os genótipos houve diferença em novembro de 2007 onde apresentaram um maior número de folhas os genótipos C2301 e C2528 na área com calopogônio (Figura 9).

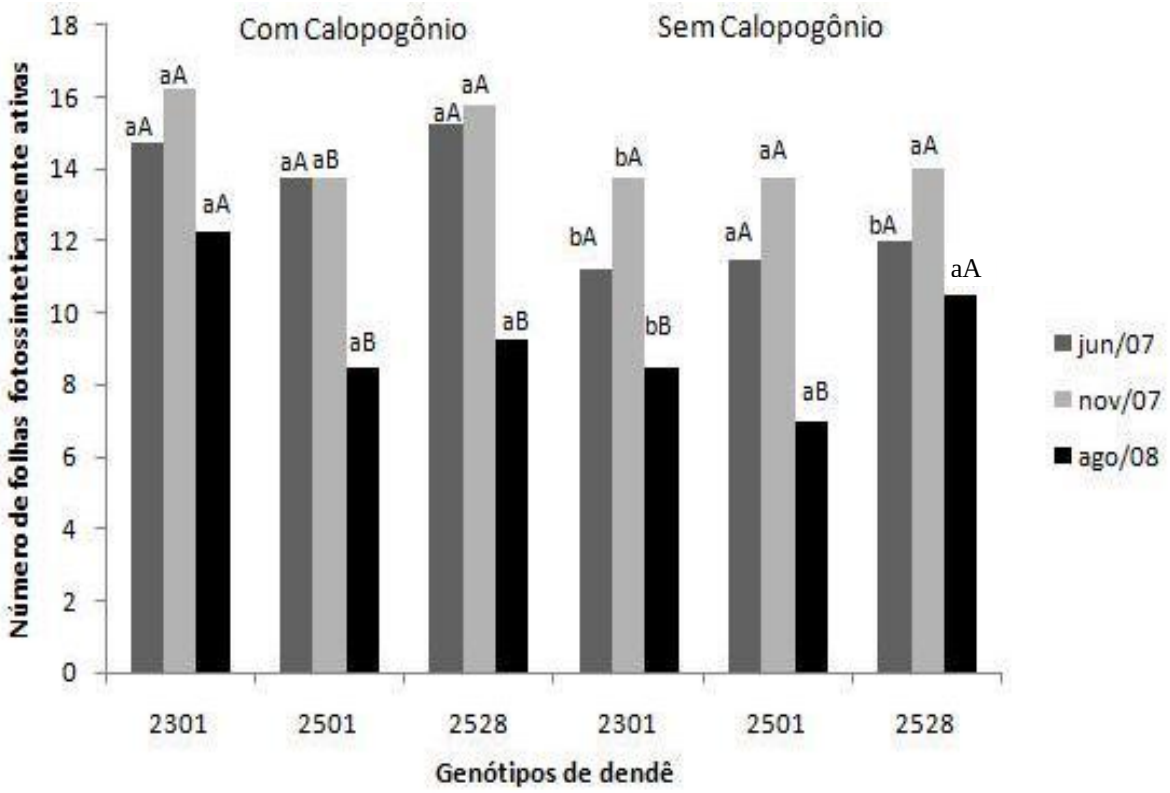


Figura 9: Número de folhas fotossinteticamente ativas nos diferentes genótipos de dendê em 3 coletas sob as áreas com e sem o plantio de calopogônio em Porto Trombetas (PA). Médias seguidas por diferentes letras, minúscula para plantio de calopogônio e maiúscula para genótipo, diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5%.

Em agosto de 2008 houve uma grande redução de folhas fotossinteticamente ativas obtendo uma média geral de 9 folhas contra 14 da avaliação anterior. Cabe destacar a grande presença de gafanhotos principalmente nas parcelas do genótipo C2501, mas também em algumas parcelas do C2528. Este experimento ficou abaixo daquele observado por MOREIRA (2006) também com relação ao número de folhas fotossinteticamente ativas que com 23 meses de plantio no campo encontrou para os cultivares C2501 e C2301 22 folhas. Em trabalhos realizados com o dendê, BASTOS et al (2001) e BARCELOS, et al (1987) observaram que as variações das chuvas, baixas precipitações ou períodos superiores a dois meses sem qualquer precipitação afetam a emissão foliar. De acordo com os resultados apresentados recomenda-se a complementação com irrigação nos meses em que foram encontrados valores de precipitação inferiores a 100 mm.

Embora não tenha sido significativo em todos os genótipos, a área com calopogônio apresentou em média valores superiores no número de folhas. Esta pequena diferença pode ser atribuída ao manejo realizado na entrelinha para o cultivo do calopogônio, enquanto na área sem este manejo as plantas espontâneas cresceram próximas às plantas, competindo por nutrientes e água. É importante destacar que o crescimento do calopogônio ficou restrito a 1,5m da entrelinha, apresentando pequena produção de biomassa, o que não contribuiu para diferenciar significativamente o crescimento dos genótipos avaliados.

O resultado dos teores de nutrientes no tecido foliar, com análise de N, P, K, Ca e Mg encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4: Teores de nutrientes presentes na biomassa seca da folha nº 9 dos genótipos de dendê coletados com 17 meses de plantio na áreas com e sem o plantio de calopogônio em Porto Trombetas (PA).

	Teores de nutrientes (g kg^{-1})									
	N		**P**		**K**		**Ca**		**Mg**	
Genótipo	**Com Calop.**	**Sem Calop.**	**Com Calop.**	**Sem Calop.**	**Com Calop.**	**Sem Calop.**	**Com Calop.**	**Sem Calop.**	**Com Calop.**	**Sem Calop.**
C2301	1,62 aA	1,84 aA	0,66 aA	0,45 aA	14,63aA	10,63bA	6,83aA	5,89aA	3,55aA	2,99aA
C2501	1,77aA	1,52 aA	0,57 aA	0,47aA	11,50aA	11,00aA	5,99aA	5,55aA	3,04aA	2,68aA
C2528	1,69aA	1,64 aA	0,60aA	0,53aA	12,13aA	12,5 aA	5,63aA	5,36aA	2,75aA	2,51aA

Médias seguidas por diferentes letras, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5 %.

Em relação ao aspecto nutricional de folhas RODRIGUES et al (2002) destacaram os vários estudos no Brasil sobre a concentração de nutrientes neste tecido apresentando desta maneira o resultado de experimentos de nutrição com as variações alcançadas por alguns autores e uma faixa de variação considerada ótima (Tabela 5).

Tabela 5:Variações dos teores foliares dos nutrientes em dendezeiros no Pará e Amazonas e a faixa de concentração considerada ótima (RODRIGUES et al, 2002, modificada).

Elemento (g kg^{1})	Local		Faixa Ótima[3]
	Pará [1]	Amazonas[2]	
N	28,8-27,5	22,2-27,0	26,0-29,0
P	1,20-1,60	1,31-1,76	1,60-1,90
K	6,80-16,7	5,25-13,46	11,0-13,0
Ca	5,20-11,9	7,28-10,8	5,0-7,0
Mg	2,10-2,80	2,01-3,69	3,0-4,5

1- VIÉGAS (1993); 2- RODRIGUES, (1993); 3- von UEXKULL & FAIRHURST, (1991)

MALAVOLTA et al (1989) avaliando as exigências nutricionais da cultura do dendê com idade de 12 meses encontraram que os teores mínimos de nutrientes que determinavam uma nutrição adequada para o crescimento das plantas são (em g kg^{-1}): 27 de N; 1,6 de P; 12,5 de K; 5 de Ca e 2,3 de Mg. Com estes valores como referência e os apresentados na Tabela 5, observa-se que os teores de N e o P nas plantas de dendê deste experimento ficaram bem abaixo dos níveis adequados, indicando que estes nutrientes podem estar sendo limitantes ao bom crescimento vegetal. O nitrogênio é componente da molécula de clorofila e sua carência para o dendezeiro influencia de forma negativa a altura da planta reduzindo também o número e tamanho das folhas (TURNER & GILLBANKS, 1988).

O baixo teor de P também pode estar limitando o crescimento das plantas. RODRIGUES et al 2002 afirmam que a deficiência de fósforo (P) nas folhas de dendê pode ocorrer devido à baixa concentração de P disponível no solo; a planta não apresenta sintomas visuais típicos, mas observa-se uma redução do crescimento e da produção. O fósforo é um elemento essencial para o crescimento da planta sendo muito importante para o crescimento da raiz durante o estabelecimento e crescimento de fases iniciais (RANKINE & FAIRHUST, 1999). O resultado de N e P obtido por MOREIRA (2006) também ficou abaixo dos valores de referência, proporcionando, entretanto um valor maior do que o encontrado nesta avaliação.

Não houve diferença significativa quanto aos teores de N, P, Ca e Mg. Observou-se uma diferença nos níveis de K para o genótipo C2301 que foi mais alto na área com calopogônio. De modo geral, pode se afirmar que segundo os dados analisados de teores de nutrientes, as plantas não apresentaram um estabelecimento similar aos observados em solos em regiões semelhantes (MOREIRA, 2006) sendo este um forte indicativo de que recursos como adubação química devem ser manejados a fim de que os nutrientes possuam níveis adequados para um bom desenvolvimento.

4.3 Avaliação da População de Bactérias e Fixação Biológica de Nitrogênio

Observou-se uma grande variação na população de bactérias entre os genótipos e a época de amostragem com a observação de valores entre 0 e 467,83 log n^{o} cél./g raiz fresca (Tabela 6). Embora a maioria dos resultados tenha dado não significativo, em quase todos os tratamentos houve uma redução média de 60% da população de bactérias na amostragem de novembro em relação a de junho de 2007, com exceção do C2301, que apresentou um aumento de 140%. Entretanto de novembro de 2007 para agosto de 2008, em média, o genótipo C2528 se manteve estável, houve um aumento na média do genótipo C2501, e uma redução para o genótipo C2301.

O genótipo C2528 apresentou uma média maior em relação aos demais em junho de 2007. Na amostragem de novembro de 2007 o genótipo C2528 não apresentou um número mínimo de detecção para a área sem calopogônio assim como o C2301 na área com calopogônio, entretanto este último apresentou um valor alto para a área sem calopogônio apesar deste valor não apresentar diferença entre os genótipos nesta época. Na amostragem de Agosto de 2008 não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Estes resultados são distintos dos apresentados por MOREIRA (2006) que encontrou valores entre 1 e 2,11 log n^{o} cél./g raiz fresca em três épocas de coleta em 8 cultivares de dendê, sem variações significativas entre uma amostragem e a outra na maioria dos genótipos. CARVALHO (2002 e 1997) avaliando a simbiose de plantas adultas com bactérias diazotróficas na Bahia, encontrou uma variação entre 3 genótipos entre 0 e 12 log n^{o} cél./g raiz fresca.

Tabela 6: População de bactérias diazotróficas em raízes procedentes dos três genótipos de dendê nas áreas com e sem o plantio do calopogônio em Porto Trombetas (PA)

Bactérias (log x 10^4 número de células /g de raiz fresca)						
	Junho/2007		**Novembro/2007**		**Agosto/2008**	
Genótipo	**Com Calop.**	**Sem Calop.**	**Com Calop.**	**Sem Calop.**	**Com Calop.**	**Sem Calop.**
C2301	0,13 bB	33,6 aA	0,0 bA	467,83 aA	9,33 aA	39,00 aA
C2501	1,20 aB	61,7 aA	0,30 aA	15,10 aA	9,67 aA	39,67 aA
C2528	55,80 aA	1,7 aA	8,33 aA	0,0 aA	4,5 aA	3,8 aA

Médias seguidas por diferentes letras, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5%.

Para quantificar a contribuição desta simbiose na nutrição de N das plantas de dendê em cada genótipo, foi utilizada a estimativa da % do N derivado da FBN pela técnica de abundância natural de $\delta^{15}N$ (Tabela 7).

Tabela 7: Estimativa da contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio (%) e abundância natural de $\delta^{15}N$ nas folhas dos genótipos de dendê e na espécie utilizada como testemunha em junho de 2007 em Porto Trombetas (PA).

Dendê	
	Fixação Biológica de Nitrogênio (%)
Dendê C2528	4,8
Dendê C2301	0,0
Dendê C2501	4,5
Coef.variação (%)	128,9
Analise de variância	
Fator: genótipo	ns
Cultivares	Valores de $\delta^{15}N$ nas plantas
Dendê C2528	+7,27
Dendê C2301	+7,84
Dendê C2501	+7,35
Testemunha	
Embaúba (*Cecropia polystachya*)	+7,64

ns- não significativo pelo teste de Scott Knott à 5 %.

Os resultados foram inferiores aos observados em dendê com 1 ano por CARVALHO et al (2008) que encontraram esta contribuição variando entre 14 e 57% da nutrição de N de 6 genótipos de dendê no Amazonas sendo que o genótipo C2301 apresentou 31,5% utilizando Caiaué (*Elaeis oleifera*) como testemunha. Esses mesmos autores encontraram em experimentos de genótipos da Bahia uma contribuição de 13 a 76% com o genótipo C2501 apresentando 36% e utilizando-se o Yangambhi, um outro ecótipo, como referência.

Os resultados confirmaram que a simbiose com bactéria está pouco eficiente e com grande variabilidade, como foi observado na população de bactérias, onde apenas os genótipos C2501 e C2528 tiveram 4,5 e 4,8% respectivamente de N derivado da FBN. Embora o calopogônio não tenha apresentado um crescimento vegetativo vigoroso, a estimativa da contribuição da fixação biológica de N determinou que as plantas estão conseguindo obter cerca de 72% do N por este processo (Tabela 8). Outra observação é que a inoculação desta leguminosa foi eficiente uma vez que o estéril por suas características (solo de subsuperficie) apresenta reduzido número de espécies de bactérias fixadoras de N.

Tabela 8. Estimativa da contribuição da Fixação Biológica de Nitrogênio (%) e abundância natural de $\delta^{15}N$ no calopogônio utilizado como adubo verde na entrelinha do cultivo de dendê e na espécie utilizada como testemunha em junho de 2007 em Porto Trombetas (PA).

Calopogônio	
Fixação Biológica de Nitrogênio (%)	
	71,9%
Valores de $\delta^{15}N$ nas plantas	
Calopogônio	+2,57
Testemunha Colonião (*Panicum maximum*)	+11,71

Embora a pesquisa ainda esteja iniciando, a inoculação do dendê com bactérias eficientes poderia ajudar na contribuição da fixação biológica de nitrogênio. Contudo esta associação simbiótica necessita ser melhor investigada visando entender a sua real contribuição nas cultivares e em seus diferentes estágios de crescimento.

CARVALHO et al (2006) não encontraram diferenças significativas na população de bactérias diazotróficas isoladas de folhas e raízes de dendê crescendo em solo com e sem adição de nitrogênio, entretanto, o desenvolvimento de plantas com a adição de nitrogênio foi muito melhor do que os sem, sugerindo que a fixação biológica de nitrogênio não conseguiu fornecer todas as necessidades para um bom crescimento da planta. AMIR et al (2003) relataram que a inoculação com *Azospirillum* pode gerar uma contribuição de 20-30 % da fixação biológica de nitrogênio e que esse processo estimulou a acumulação de nutrientes como N, P e K em dendê. Vários estudos com plantas não leguminosas também comprovaram o benefício da inoculação com bactérias (SALA et al, 2007; GUIMARÃES et al, 2003).

4.4 Avaliação de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs)

4.4.1 Abundância de esporos e riqueza de espécies

A abundância de esporos em novembro de 2007 nas 4 áreas estudadas variou pouco, com 504,66 (DC) a 571 (DS) esporos por 50 cm^3 de solo. As médias dos valores de abundância de esporos observados nas áreas avaliadas não diferiram estatisticamente (Figura 10). CAPRONI et al (2003b) encontraram valores para a floresta primária inferiores a 1000 esporos/ 100ml de solo.

A riqueza média também não apresentou diferença estatística sendo a área de dendê com calopogônio junto com a área de reflorestamento as que possuíram a maior riqueza média 3,2 e o menor valor foi observado na área de dendê com calopogônio (Figura 11). Este valor foi semelhante ao encontrado por CAPRONI et al (2003b), com amostras contendo 100 ml de solo, em áreas de estéril sem plantio onde os autores encontraram valores menores que 4, no entanto, quando comparado as áreas de reflorestamento de 2 anos (entre 8 e 16) ou mais e com a floresta primária (entre 8 e 15) estes valores são diferentes.

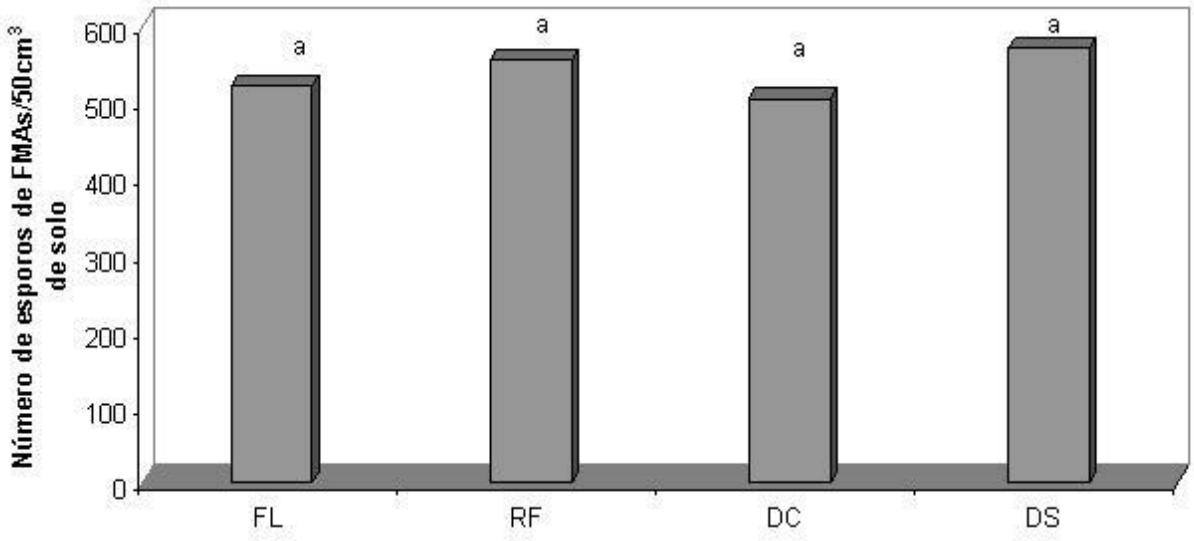


Figura 10: Abundância total de esporos de FMAs em novembro de 2007 nas 4 áreas estudadas em novembro de 2007. Floresta primária (FL), área de reflorestamento (RF), área de dendê com calopogônio (DC) e área de dendê sem calopogônio (DS). Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

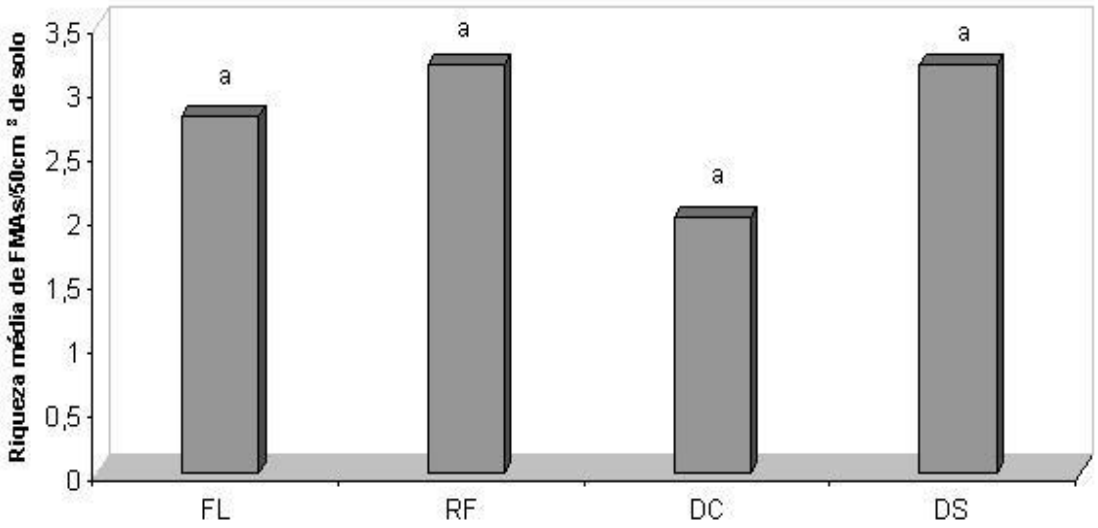


Figura 11: Riqueza média de FMAs em novembro de 2007 nas 4 áreas estudadas. Floresta primária (FL), área de reflorestamento (RF), área de dendê com calopogônio (DC) e área de dendê sem calopogônio (DS). Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

As áreas amostradas apresentaram um total de 16 espécies de fungos micorrízicos arbusculares, pertencentes a cinco gêneros (Tabela 9).

Tabela 9: Frequência relativa de ocorrência de espécies de FMAs encontradas na rizosfera das quatro áreas estudadas (novembro/ 2007)

Gênero/Espécie	Floresta Primária	Dendê com calopogônio	Dendê sem calopogônio	Reflorestamento
Acaulospora				
Acaulospora sp.	0,00	0,00	16,67	0,00
Acaulospora bireticulata	16,67	0,00	0,00	0,00
Acaulospora foveata	33,33	0,00	0,00	33,33
Acaulospora laevis	0,00	16,67	16,67	33,33
Acaulospora mellea	0,00	0,00	0,00	50,00
Acaulospora rugosa	16,67	0,00	0,00	0,00
Acaulospora scrobiculata	33,33	0,00	16,67	66,67
Acaulospora tuberculata	0,00	50,00	33,33	16,67
Entrophospora				
Entrophospora sp.	0,00	0,00	16,67	0,00
Glomus				
Glomus sp.	16,67	0,00	16,67	33,33
Glomus clarum	0,00	50,00	50,00	0,00
Glomus formosanum	16,67	0,00	0,00	0,00
Glomus macrocarpum	100,00	16,67	66,67	83,33
Gigaspora				
Gigaspora sp.	0,00	50,00	33,33	0,00
Scutellospora				
Scutellospora sp.	0,00	0,00	33,33	0,00
Scutellospora scutata	50,00	33,33	16,67	0,00

Frequência relativa é o número de amostras em que ocorre a espécie dividido pelo número total de amostras (n=6) e multiplicado por 100

O maior número de espécies identificadas pertenceu ao gênero Acaulospora *(Acaulospora sp., A. bireticulata, A. foveata, A. laevis, A. mellea ,A. rugosa, A. scrobiculata* e *A. tuberculata)*, seguido pelo gênero Glomus *(Glomus sp.,G. clarum,G. formosanum* e *G. macrocarpum)*, também foram encontrados os gêneros Scutellospora *(Scutellospora* sp. e *S. scutata*), Entrophospora *(Entrophospora sp.)* e Gigaspora *(Gigaspora sp.)*, representando os gêneros respectivamente 50, 25, 13, 6 e 6% do total das espécies encontradas no levantamento (Figura 12).

Do total de espécies encontradas 8 estavam presentes na área de floresta primária, 6 na área com calopogônio, 11 na área sem calopogônio e 8 na área de reflorestamento. As espécies que ocorrerem exclusivamente na área da floresta primária foram: *A. bireticulata, A. rugosa* e *G. formosanum,* as que só ocorreram na área de dendê sem calopogônio foram:

*Entrophospora sp, Acaulospora sp.*e *Scutellospora sp,* e a que só ocorreu na área de reflorestamento foi a *A. mellea*.

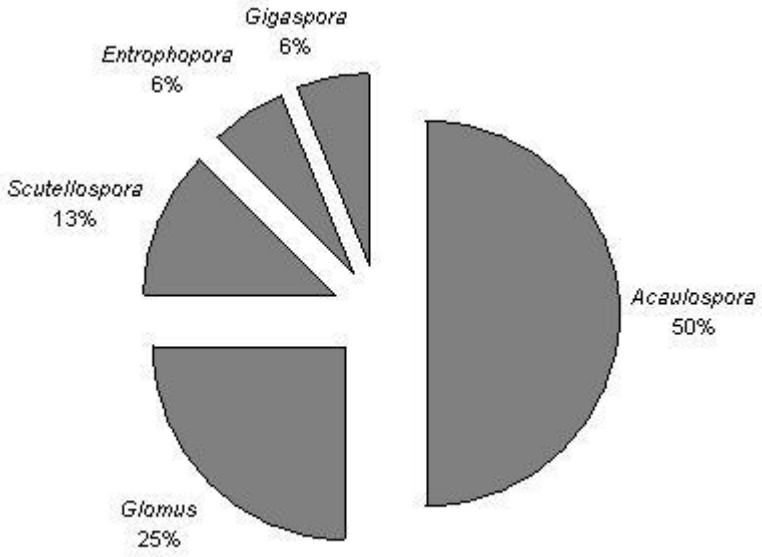


Figura 12: Porcentagem de espécies em cada gênero de FMA, em relação ao número total de espécies identificadas no levantamento em novembro de 2007.

Os gêneros Glomus e Acaulospora foram os mais encontrados. CARRENHO (1998) afirmou que esses gêneros apresentam maior capacidade de adaptação a solos submetidos a diferentes variações nos teores de matéria orgânica, calagem, textura, entre outros fatores, demonstrando assim que essas espécies são resistentes a perturbações ambientais. Diversos estudos têm demonstrado que espécies do gênero Acaulospora são predominantes em solos de baixa fertilidade (SIEVERDING, 1991), de pH ácido (SILVA et al, 2008), e em áreas degradadas (SANTOS, et al, 2008b). A fertilidade do solo quando reduzida por práticas agrícolas favorece a proliferação de espécies desse gênero (SOUZA et al. 1999).

A abundância de esporos em agosto de 2008 nas áreas de dendê sem e com calopogônio variou de 256,67 a 507,67 esporos por 50 cm^3 de solo respectivamente (Figura 13). Estes valores foram inferiores ao encontrado por CAPRONI et al (2003b) em áreas de estéril reflorestadas com 2 anos sendo estes valores entre 2000 e 3000 esporos por 100 ml de solo.

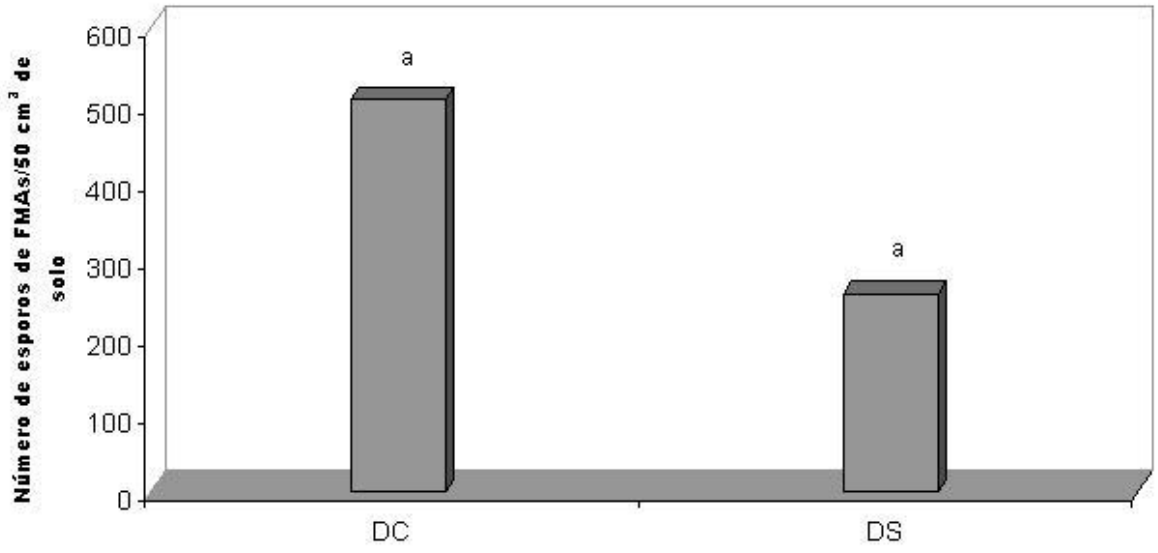


Figura 13: Abundância total de esporos de FMAs de agosto de 2008 nas áreas estudadas de dendê com calopogônio(DC) e dendê sem calopogônio(DS). Não houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

4.4.2 Colonização micorrízica

Na avaliação de junho de 2007 para colonização micorrízica das raízes de dendê só foi possível realizar a comparação de médias entre as áreas com e sem calopogônio devido a pouca quantidade de raízes finas amostradas não havendo diferença significativa entre essas áreas (Tabela 10).

Tabela 10. Porcentagem total das amostras de raízes finas colonizadas por FMAs em plantas de dendê em área de estéril de bauxita após 17 meses em junho de 2007

Com Calopogônio	Sem Calopogônio
69,00 a	48,67 a

Média seguida pela mesma letra não difere entre si pelo teste de Scott Knott à 5%

Na amostragem de novembro de 2007 encontrou-se dificuldade para a avaliação da colonização micorrízica, embora existisse um número de esporos presentes com a média de 504,66 a 571 em 50cm^3 de solo rizosférico nas áreas de dendê com e sem calopogônio respectivamente, a ausência de uma maior quantidade de raízes finas prejudicou esse tipo de avaliação.

Na última avaliação, agosto de 2008 a colonização micorrízica não apresentou, diferenças significativas entre os genótipos. O genótipo C2528 apresentou maior colonização micorrízica na área sem calopogônio (Tabela 11). Em média o resultado diferiu do encontrado por CARVALHO (1997) em genótipos adultos de dendê onde a porcentagem de raízes colonizadas por FMAs ficou entre 4,41 e 3,49, entretanto para o genótipo C2301 foi semelhante ao encontrado por MOREIRA (2006) aos 23 meses de implantação indicando que a planta pode estar investindo em estabelecer a simbiose para conseguir absorver uma maior

quantidade de P, escasso no substrato avaliado, uma vez que já foi observado que os níveis nas folhas encontram-se abaixo do mínimo necessário para um bom estado nutricional.

Tabela 11: Porcentagem total das amostras de raízes finas colonizadas por FMAs em plantas de dendê em área de estéril de bauxita após 31 meses em agosto de 2008

Genótipo	Com Calopogônio	Sem Calopogônio
C2301	32,66 aA	39,66 aA
C2501	26,00 aA	23,33 aA
C2528	15,00 bA	32,67 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott Knott à 5%

A baixa colonização encontrada neste trabalho também foi observado por SUDO et al (1996) em mudas de pupunheira inoculadas com fungos micorrízicos e CARVALHO et al (1999) em mudas de dendezeiro. Sendo a colonização baixa para a determinação por outros métodos realizou-se somente a verificação da presença de colonização micorrízica em todas as amostras.

Por outro lado, a presença de esporos no solo rizosférico não significa a efetiva infecção de plantas. O tempo necessário para cada espécie de FMAs infectar raízes de plantas e os efeitos sobre o seu crescimento ainda não são bem conhecidos. Algumas espécies infectam mais rápido que outras e seus níveis de infecção finais variam (ABBOTT et al, 1995). CAPRONI et al (2003a) afirmaram que a capacidade infectiva dos fungos micorrízicos arbusculares não está relacionada com a densidade de propágulo ou número de esporos.

Embora a amostragem de junho de 2007 tenha sido considerada pequena para uma avaliação dos cultivares, a média de raízes colonizadas para as áreas foi considerada maior que as dos outros dois períodos de amostragem, isto pode ser devido à média dos períodos de chuvas dos três meses anteriores ao mês de junho de 2007 (409,9mm) diferente do que ocorreu em novembro de 2007 (45mm) e agosto de 2008 (196,4mm) (Figura 3) . A água e sua disponibilidade apresentam um grande efeito na infecção de raízes pelos FMAs, sendo que as plantas e os fungos têm um nível ótimo de água para proporcionar o peso máximo da planta e o número abundante de esporos no solo (CAPRONI, et al 2007). Para SIEVERDING (1991), as variações climáticas, caracterizadas pelo excesso de chuvas ou falta delas, ao longo do ano podem afetar a infectividade, o comprimento da raiz e o número de esporos.

4.5 Avaliação do Efeito dos Tratamentos sobre a Comunidade de Fauna do Solo

A atividade da fauna do solo variou de 52 ± 14 indivíduos.armadilha.dia^{-1} na área de reflorestamento a 68 ± 23 indivíduos.armadilha.dia^{-1} na área de dendê com calopogônio (Tabela 12).

Na identificação dos organismos foram feitas distinções entre larvas e adultos, no caso dos insetos holometábolos; os indivíduos pertencentes à ordem Hymenoptera foram separados em duas categorias: família Formicidae e demais Hymenoptera (COSTA, 2002). Foram feitas distinções entre os indivíduos no estágio de larva dos adultos nas ordens Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, e Trichoptera. Assim sendo, foram obtidos 24 grupos taxonômicos, e com a

distinção feita entre adultos e larvas encontraram-se 28 grupos (24 grupos de organismos adultos e 4 grupos de larvas). As larvas foram consideradas separadamente devido às diferenças entre estas e os indivíduos adultos, seja em relação aos habitats que colonizam, ou ao regime alimentar e, consequentemente, aos papéis que exercem no processo de decomposição (CORREIA, 1994).

No índice de Shannon-Weaver, que relaciona grupos ou ordens com a uniformidade da amostra (WALKER, 1989), houve uma variação de 1,37 na área de dendê sem calopogônio e 2,35 na área da floresta primária (Tabela 12). Na área sem calopogônio, o baixo valor de riqueza e de equabilidade resultaram no menor valor para o índice de Shannon. Embora na área com calopogônio, a riqueza total não tenha diferido muito, a diferença na equabilidade, resultou em um maior valor do índice de Shannon para área com adubação verde.

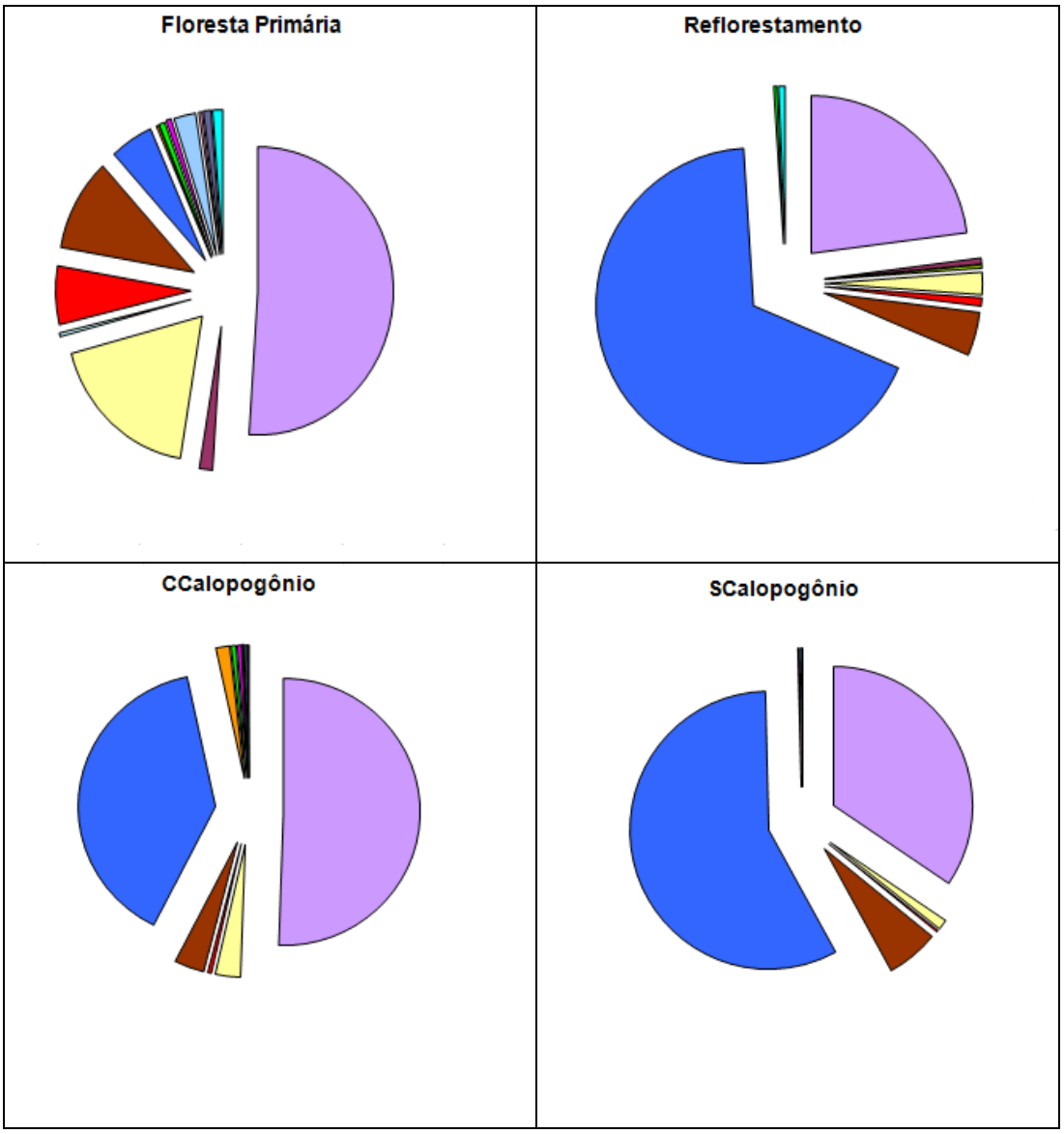
Tabela 12.: Fauna do solo epígea em novembro de 2007, representando a atividade, Índice de Shannon-Weaver, pela riqueza total de grupos, pela riqueza média de grupos e pelo índice de Pielou.

Áreas	**Atividade** Ind. arm. dia $^{-1}$ (± Erro padrão)	**Shannon-Weaver**	**Riqueza Total**	**Riqueza Média**	**Pielou**
Floresta Primária	66 ± 12a	2,35	28	9,75 a	0,49
Reflorestamento	52 ± 14a	1,42	15	6,16 b	0,36
Com Calopogônio	68 ± 23a	1,62	13	7,33 ab	0,44
Sem Calopogônio	58 ± 20 a	1,37	12	4,50 c	0,38

Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal Wallis. ($p<0,05$) Não houve diferença significativa para atividade do solo.

A atividade da área sem calopogônio mostrou-se com uma maior variabilidade espacial apesar de não apresentar diferença significativa. Em relação à riqueza total, houve um número acentuado de grupos na Floresta Primária apresentando a maior riqueza. A área de reflorestamento e as áreas de dendê com e sem calopogônio não se apresentaram diferentes.
Com relação à riqueza média, a área da floresta primária diferenciou-se estatisticamente das demais, sendo igual à área com calopogônio. A riqueza média da área com calopogônio se mostrou maior quando comparada à área sem calopogônio é mais semelhante a floresta primária. Assim sendo, a presença desta leguminosa colaborou para este aumento. Dados semelhantes foram encontrados por DIAS et al (2006) em avaliação em pastagem, onde estes encontraram que a presença das leguminosas contribui para o aumento da densidade, da riqueza e da diversidade da fauna de solo.

O grupo da fauna mais abundante nas quatro áreas estudadas foi Acari (Figura 14) sendo a área com calopogônio semelhante à área da floresta primária (Tabela 13). Segundo SAUTTER & SANTOS (1994), de maneira geral, a mesofauna edáfica é formada em sua maioria por ácaros demonstrando preferência por habitats com grande quantidade de matéria orgânica, além de apresentarem habilidades em serem os primeiros colonizadores de áreas perturbadas. MUSSURY et al (2008) encontraram os maiores percentuais de indivíduos, sendo os ácaros os que apresentaram maiores números populacionais, em matas estudadas.



Legenda:

- Acari
- Araneae
- Auchenorrhyncha
- Coleoptera
- Dermaptera
- Diptera
- Entomobryomorpha
- Formicidae
- Heteroptera
- Hymenoptera
- Orthoptera
- Poduromorpha
- Pseudoscorpionida
- Thysanoptera
- Outros

Figura 14. Composição percentual do total de indivíduos dos grupos de fauna edáfica nas áreas de floresta primária, reflorestamento e com plantio de dendê em novembro de 2007.

Nesta avaliação percebe-se que a diversidade na área da floresta primária está diferente das encontradas nas demais. Nas áreas de reflorestamento, dendê sem e com calopogônio houve também a dominância da família Formicidae com 68%, 59% e 39% respectivamente. A predominância deste grupo em trabalhos com revegetação em áreas de resíduo de bauxita também foi encontrado por REIS (2006) e MOREIRA (2006) indicando assim a importância deste grupo como ferramenta de monitoramento (PEREIRA et al, 2007). Para tal é necessário um maior estudo taxonômico do grupo para corroborar com os dados de VASCONCELOS, (1998) em que níveis mais elevados de perturbação resultaram em uma diminuição na riqueza de espécies e num aumento na abundância de formigas. ANDERSEN et al (2002) já indicaram o grande potencial das formigas como bioindicadores principalmente durante o processo de recuperação de áreas degradadas.

Na Floresta Primária, além dos já referidos, aparecem em destaque os grupos Coleoptera, Diptera e Enthomobryomorpha, correspondendo a 35% do total da área. No reflorestamento esses grupos também se destacaram, porém em menor intensidade totalizando 7% da área.

Os indivíduos do grupo Enthomobryomorpha pertencem a ordem Collembola que são indivíduos com grande sensibilidade, o que permite que manifestem rapidamente as consequências das variações ambientais em suas populações (COLEMAN & HENDRIX, 2000). ROVEDDER et al (2004) encontraram um menor número de Collembola em áreas degradadas. ROVEDDER et al (2009) também destacaram a importância deste grupo como bioindicador dos efeitos dos processos de degradação e recuperação, principalmente quando este apresentou diferença entre os tratamentos com cobertura vegetal e o tratamento com solo arenizado com uma drástica redução do grupo neste último.

De acordo com a aplicação do índice “V”, que mede a susceptibilidade dos grupos da fauna do solo às perturbações dos sistemas, e tendo-se como referência a floresta primária, as demais áreas obtiveram a seguinte denominação: a área de dendê com calopogônio apresentou-se sem alteração e as áreas de reflorestamento e dendê sem calopogônio levemente inibidas (Tabela 13).

O grupo Formicidae em todos os casos apresentou estimulação extrema corroborando o que já foi citado sobre seu efeito como bioindicador e, desta mesma forma apresentou-se o grupo Heteroptera nas áreas de dendê. O grupo fitófago Auchenorrhyncha, que nesta avaliação foi separado dos demais Homoptera, apresentou estimulação leve somente na área de reflorestamento refletindo uma perturbação neste sistema provavelmente por seus hábitos alimentares. O grupo Isoptera na área de reflorestamento apresentou-se estimulado ao contrário das áreas de dendê com calopogônio e sem calopogônio que apresentaram-se com inibição extrema e sem alteração respectivamente. Os demais grupos apresentaram algum tipo de inibição.

Tabela 13: Índice de mudança V para os principais grupos da macrofauna e para o conjunto da comunidade, em relação às áreas amostradas em novembro de 2007 em Porto Trombetas (PA).

Grupos	Floresta_Reflo	Floresta_Ccalo	Floresta_Scalo
Acari	IM	SA	IL
Araneae	IM	IE	IE
Archenorrhyncha	EL	IE	IM
Blattodea	IE	IE	IE
Chilopoda	IE	IE	IE
Coleoptera	IE	IE	IE
Dermaptera	IE	IE	IE
Diplopoda	IE	IE	SA
Diplura	IE	IE	IE
Diptera	IE	IE	IE
Entomobryomorpha	IM	IM	IL
Formicidae	EE	EE	EE
Heteroptera	IE	EE	EE
Homoptera	IE	IE	IE
Hymenoptera	IM	IL	IE
Isoptera	EM	IE	SA
Larvas Coleoptera	IE	IE	IE
Larvas Diptera	IE	IE	IE
Orthoptera	IM	IL	IM
Poduromorpha	IE	IE	IE
Pseudoscorpionida	IE	IE	IE
Pscoptera	IL	IE	IE
Symphypleona	IE	IE	IE
Thysanoptera	IE	IM	IE
Uropygui	IE	IE	IE
Larvas de Trichoptera	IE	IE	IE

IE: Inibição extrema; IM: Inibição moderada; IL: Inibição leve; SA: Sem alteração significativa; EL: Estimulação leve; EM: Estimulação moderada e EE: Estimulação extrema.

Quando comparada com a floresta primária a área de reflorestamento apresentou 24 grupos inibidos sendo 17 com inibição extrema e 3 estimulados. As áreas de dendê com e sem calopogônio apresentaram 25 grupos com inibição e 2 com estimulação (Tabela 14).

Tabela 14: Número de grupos por categorias de manejo de acordo com o índice de mudança V comparando-se a floresta com as áreas de reflorestamento, dendê com calopogônio e dendê sem calopogônio em novembro de 2007

Categoria	Reflorestamento	Dendê com calopogônio	Dendê sem calopogônio
IE	17	21	20
IM	5	2	2
IL	2	2	3
SA	0	2	2
EL	1	0	0
EM	1	0	0
EE	1	2	2

IE: Inibição extrema; IM: Inibição moderada; IL: Inibição leve; SA: Sem alteração significativa; EL: Estimulação leve; EM: Estimulação moderada e EE: Estimulação extrema.

O teste de Kruskal Wallis para os valores médios de abundância de fauna do solo, identificou diferença significativa entre a área de floresta primária e as demais para os grupos Formicidae, Coleoptera e Diptera (Tabela 15)

O grupo Coleoptera possui uma grande variação de funções, podendo ser predadores, fitófagos e saprófagos, entretanto muitas famílias desta ordem de insetos estão associadas ao processo de decomposição, exercendo a função de predadores da fauna detritívora (COLEMAN & CROSSLEY, 1996). REIS (2006) encontrou maior atividade deste grupo em área de floresta primária e em reflorestamentos mais antigos (1984, 1992 e 1994) indicando a importância deste grupo como indicador de sistemas florestais.

O grupo Diptera apresentou significativa composição. SOUTO et al (2008) encontraram o predomínio deste grupo em solo sob caatinga e, destacaram que é provável que esses insetos alados tenham grande influência na manutenção do equilíbrio ecológico, podendo ser predadores de alguns organismos do solo dos grupos Acari, Colembola e ainda larvas de Coleoptera.

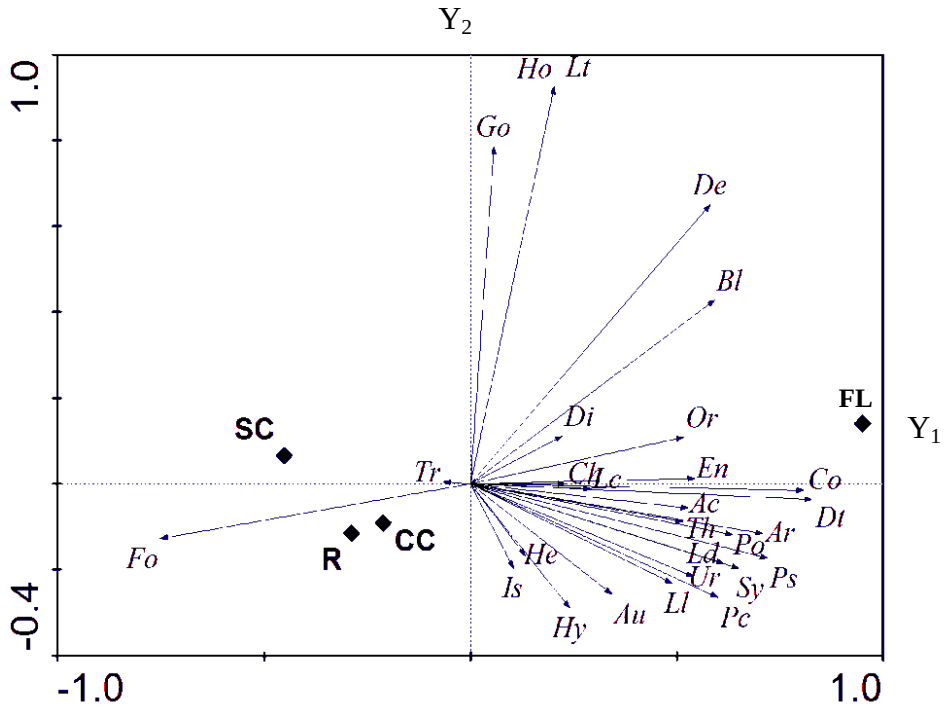
Tabela 15: Médias da abundância dos grupos de fauna do solo nas áreas de floresta primária, reflorestamento, dendê com calopogônio e dendê sem calopogônio em novembro de 2007 em Porto Trombetas (PA).

Grupos\Área	Floresta Primária	Reflorestamento	Dendê com calopogônio	Dendê sem calopogônio
Acari	135,58 ab	47,67 b	138,58 a	80,42 b
Araneae	4,17 a	1,25 ab	0,33 b	0,08 b
Auchenorryncha	0,50 a	0,75 a	0,08 a	0,17 a
Coleoptera	48,42 a	4,75 b	8,17 b	2,75 b
Diplopoda	0,08 a	0,00 a	0,00 a	0,08 a
Diptera	17,42 a	1,75 b	1,17 b	0,50 b
Entobryomorpha	27,67 a	9,33 a	9,67 a	14,33 a
Formicidae	13,67 b	140,67 a	107,42 a	134,33 a
Heteroptera	0,75 a	0,00 a	4,42 a	0,08 a
Hymenoptera	1,83 a	0,67 a	1,42 a	0,08 a
Isoptera	0,08 a	0,33 a	0,00 a	0,08 a
Larva lepidoptera	0,25 a	0,08 a	0,00 a	0,00 a
Orthoptera	1,58 a	0,33 a	1,33 a	0,33 a
Poduromorpha	6,92 a	0,00 b	0,42 ab	0,00 b
Pscoptera	0,33 a	0,17 a	0,00 a	0,00 a
Thysanoptera	2,42 a	0,08 ab	1,08 ab	0,00 b

Médias seguidas de letras distintas, na linha, diferem entre si pelo teste não paramétrico de Kruskal Wallis. ($P<0.05$)

Pela análise de componentes principais (Figura 15) a variabilidade dos dados foi explicada em 26,1% pela componente Y_1 e 12,5 % pela componente Y_2 totalizando 38,6% da variabilidade total dos atributos da fauna analisados. O terceiro eixo explicou menos de 10% da variabilidade total e foi desconsiderado.

Nota-se, interpretando-se o primeiro eixo, referente ao componente Y_1, que a floresta primária separou-se das demais áreas. Verifica-se também que exceto Formicidae e Trichoptera, os demais grupos da fauna situaram-se à direita do gráfico associando-se a floresta primária, indicando haver uma maior diversidade nesta área. Complementa-se que os grupos Diptera (Dt), Coleoptera (Co), Pseudoscorpionida (Ps), Araneae (Ar) e Formicidae (Fo) são os que apresentaram maiores valores de coeficientes de correlação com o primeiro componente principal (Y_1), de 0,83; 0,81; 0,72; 0,71 e -0,75, respectivamente.



Legenda:

Ac	Acari	**Hy**	Hymenoptera
Ar	Araneae	**Is**	Isoptera
Au	Auchenorrhyncha	**Lc**	Larvas Coleoptera
Bl	Blattodea	**Ld**	Larvas Diptera
Ch	Chilopoda	**Ll**	Larvas Lepidoptera
Co	Coleoptera	**Or**	Orthoptera
De	Dermaptera	**Po**	Poduromorpha
Go	Diplopoda	**Ps**	Pseudoscorpionida
Di	Diplura	**Pc**	Pscoptera
Dt	Diptera	**Sy**	Symphypleona
En	Entomobryomorpha	**Tr**	Trichoptera
Fo	Formicidae	**Th**	Thysanoptera
He	Heteroptera	**Ur**	Uropygy
Ho	Homoptera	**Lt**	Larvas de Trichoptera

Figura 15: Análise de componentes principais (ACP) dos grupos de fauna do solo considerando-se as 4 áreas avaliadas. (FL) floresta primária, (R) área de reflorestamento, (CC) área de dendê com calopogônio e (SC) área de dendê sem calopogônio.

Estes grupos tiveram contribuição importante para os valores de Y_1 e o maior valor deste eixo foi apresentado pela floresta primária com maiores valores de Diptera (Dt), Coleoptera (Co), Pseudoscorpionida (Ps), Araneae (Ar) pela correlação positiva com este eixo e Formicidae (Fo) pela correlação negativa.

Pelo segundo eixo Y_2 é possível destacar que a maioria dos grupos apresentam correlação negativa destacando-se os grupos Hymenoptera (Hy), Auchenorrhyncha (Au), e Pscoptera (Pc) com valores de -0,29, -0,26 e -0,26 respectivamente. Verificou-se a correlação positiva com os maiores valores em Homoptera (Ho), Larvas de Trichoptera (Lt) e Diplopoda (Go) com os valores de 0,93, 0,93, e 0,79.

Os resultados apresentados na fauna do solo demonstram que as áreas com plantio de dendê com e sem adubação não diferiram entre si e em relação ao reflorestamento convencional, e que ainda não apresentam a mesma diversidade que a floresta primária, que foi utilizada como referência de um ambiente estável.

5 CONCLUSÕES

-Os três genótipos de dendê apresentaram baixa mortalidade nas três avaliações;
-A baixa concentração de P no solo pode estar causando a deficiência do mesmo nas folhas de dendê e também limitando o crescimento destas plantas;
-A abundância e a riqueza média de esporos dos fungos micorrízicos não diferiram entre os tratamentos;
-A fauna do solo apresentou-se como um bom indicador da qualidade do solo;
-O grupo Acari apresentou maior composição percentual nas quatro áreas estudadas e o grupo Formicidae nas três áreas de reflorestamento indicando sua eficiência como bioindicador.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ABBOTT, L. K.; ROBSON, A.D.;SCHELTEMA,M.A. Managing soils to enhance mycorrhizal benefits in Mediterranean agriculture. **Critical Reviews in Biotechnology,** Boca Raton, v15, n. 3/4, p. 213-228, 1995.

ALMEIDA, A.D`A. de; **Uso da camada superficial do solo na revegetação do estéril da extração de granito**. Tese de doutorado, Pós-graduação em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa. 2006. 57p.

ALMEIDA, M.M.T.B.; LIXA, A.T.; SILVA, E.E.; AZEVEDO, P.H.S. de, DE-POLLI, H.; RIBEIRO, R. de L.D. Fertilizantes de leguminosas como fontes alternativas de nitrogênio para produção orgânica de alface. **Pesq. agropec. bras**., Brasília, v.43, n.6, p.675-682, jun. 2008.

ALVES, B. J. R., ZOTARELLI, L. BODDEU, R. M. URQUIAGA, S. Transformações do nitrogênio em rotações de culturas sob sistema plantio direto. **In: Workshop Nitrogênio na sustentabilidade de sistemas intensivos de produção agropecuária**. Dourados, MS. p.9-31, 2000.

ALVES, B.J.R.; SANTOS, J.C.F. dos; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Métodos de determinação do nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M.; ARAUJO, R.S., (Ed). **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.449-409.(EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 46)

AMIR, H.G.; SHAMSUDDIN, Z.H.; HALIMI, M.S. RAMLAN, M.F.; MARZIAH, M. N_2 fixation, nutrient accumulation and plant growth promotion by Rhizobacteria in association with oil palm seedlings. **Pakistan journal of biological sciences** 6(14): 1269-1272, 2003.

ANDERSEN, A.; BENJAMIN, D.H.; MÜLLER, W. Using ants as bioindicator in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied ecology,** v.39, p.8-17, 2002.

ANDERSON, J.M. Invertebate-mediated transport process in soils. **Agriculture Ecosystems and Environment,** Amsterdam, v. 25, p.5-14, 1988.

ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA,M.(Ed). Biologia dos solos dos cerrados. Brasília, CPAC, 1997, p.363-443.

AZLIN, C.O.; AMIR, H.G.; CHAN LAI KENG; ZAMZURI, I.; Effect of plant growth-promoting *Rhizobacteria* on root formation and growth of tissue cultured oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq). **Biotechnology** 6(4): 549-554. 2007

BALDANI, V.L.D. **Efeito da inoculação de *Herbaspirillum* spp no processo de colonização e infecção de plantas de arroz e ocorrência e caracterização parcial de uma nova bactéria diazotrófica.** Tese de doutorado, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 1996.234p.

BALDANI,V.L.D.; ALVAREZ, M.A.B.; BALDANI, J.I.; DÖBEREINER, J. Identification and ecology of *Herbaspirillum rubrisulbacaens* and the closely related *Pseudomas rubrisulbacaens* **. Simbioses,** Rehovot: v.13, p. 65-73, 1992.

BALOTA, E.L.; LOPES, E.S.; HUNGRIA, M. ; DÖBEREINER, J. Ocorrência de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesq. agropec. bras**., Brasília, v.34, n.7, p.1265-1276, jul. 1999.

BARCELOS, E.; PACHECO, A.R.; MÜLLER, A.A.; VIEGAS, I.J.M. **Dendê, Informações Básicas para o seu cultivo.** Brasília, 1987. p. 1-10.

BARCELOS, E.; RODRIGUES, F. M.; MORALES, E. A. V. Dendeicultura: alternativa para o desenvolvimento sustentável no Amazonas. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 1999.

BARTH, R.C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Viçosa: SIF, Departamento de engenharia Florestal/UFV, Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM, Comissão Técnica de meio Ambiente, 1989, 41p. (Boletim Técnico).

BASTOS, T.X. Aspectos agroclimáticos do dendezeiro na Amazônia Oriental. In: **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000.p. 48-60.

BASTOS, T.X.; MÜLLER, A.A.; PACHECO, N.A.; SAMPAIO, S.M.N.; ASSAD, E.D.; MARQUES, A.F.S. Zoneamento de risco climático para a cultura do dendê no estado do Pará: resultados Preliminares**. Rev. Bras. Agrometeorologia**, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.564-570, 2001

BEVER, J.D. Host-specificity of AM fungal populations growth rates can generate feedback on plant growth. **Plant and Soil**, v.244, p.281-290, 2002.

BEVER, J.D.; MORTON, J.B.; ANTONOVICS, J.; SCHULTZ, P.A. Host-dependent sporulation and species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in a mown grassland. **Journal of Ecology**, v.84, p.71-82, 1996.

BODDEY, R.M.; DÖBEREINER, J.; Nitrogen fixation association with grass and cereal. Recent results and perspectives for future research. **Plant and soil** 108: 53-65 1988.

BONNEAU, X.; OCHS, R.; QUSAIRI, L.; LUBIS, L.N. Nutrition minérale dês cocotier hybrides sur tourbe de la pépinière à l'entrée em production. **Oléagineux**, v.48, p.9-26, 1993.

BOVI, M.L.A., GODOY JR., G.; SPIERING, S.H. Resposta de crescimento da pupunheira à adubação NPK. **Scientia Agricola**, v.59, n.1, p.161-166, 2002.

BRASIL. **Decreto n. 97.632** - 10 abr. 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei 6938**- 31 ago. 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; ENDLE, C.N**. Field and Laboratory Methods for General Ecology.** 4a ed, Estados Unidos: McGraw-Hill Companies, Inc, 1997**.**

BRUNCKHORST, H**. O mercado mundial do óleo de palma e seus derivados numa economia globalizada**. São Paulo: Grupo Agropalma, 2000.

BRUNDETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in ecological research**, New York, v.21, p. 171-313, 1991.

CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; BERBERA, R.L.L.; GRANHA, J.R.D. de O.; MARINHO, N.F. Fungos micorrízicos arbusculares em estéril revegetado com *Acacia mangium*, após mineração de bauxita. **Revista Árvore**, v. 29, n.3, p. 373-381, 2005.

CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; BERBERA, R.L.L.; GRANHA, J.R.D. de O.; SILVA, E.M.R.da .; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no Pará. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.38, n.8, p. 937-945, ago. 2003a.

CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; BERBERA, R.L.L.; TRUFEM, S.B. GRANHA, J.R.D. de O.; MONTEIRO, A.B. Ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em áreas revegetadas após mineração de bauxita em Porto Trombetas, Pará. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.38, n.12, p. 1409-1418, dez. 2003b.

CAPRONI, A.L.; FRANCO, A.A.; GRANHA, J.R.D.de O.; SOUCHIE, E.L. Ocorrência de Fungos Micorrízicos Arbusculares em resíduo da mineração de bauxita revegetado com espécies arbóreas.**Acta bot. Bras,** 21(1): 99-106, 2007

CARNEIRO, R.A.F. A produção de biodiesel na Bahia. **Conj & Planej**; Salvador: SEI, n112,p.35-43, Set 2003.

CARRENHO, R. **Influência de diferentes espécies de plantas hospedeiras e fatores edáficos no desenvolvimento de fungos micorrízicos arbusculares(FMA).** Tese de doutorado. Rio Claro, UNESP, 1998, 227.

CARVALHO, A.L.V.; ALVES, B.J.; BALDANI, V.L.D.; REIS, V.M. Application of ^{15}N natural abundance technique for evaluating biological nitrogen fixation in oil palm ecotypes at nusery stage in pot experiments and at mature plantation sites. **Plant Soil**, 302: 71-78, 2008.

CARVALHO, J.O.M.; BARROSO, G.R.P.; SANTOS, M.R.A.; FERREIRA, M.G.R.; RODRIGUES, C.D.S. Teor de macronutrientes e produção de biomassa de adubos verdes em Rondônia, Brasil. **Rev. Brás. de Agroecologia** out 2007. v.2 n.2.

CARVALHO, A.R. de; V; SILVA; E.M.R.; BALDANI, V.L.D.; DÖBEREINER, J. Associação simbiótica de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jaquim.). **Agrotrópica**, Ilhéus, v.11, n.3, p. 169-176, 1999.

CARVALHO, A.R.V de **Contribuição da fixação biológica de nitrogênio na cultura do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jaquim) e o impacto do N-fertilizante sobre esta associação.** Tese de doutorado, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2002.72p.

CARVALHO, A.R.V. de **Associação de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* H.B.K.) e dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jaquim.)** Dissertação de mestrado, Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 1997. 262 p.

CARVALHO, A.V.; ALVES, B.J.R.; REIS, V.M. Resposta do dendezeiro à adição de nitrogênio e sua influência na população de bactérias diazotróficas. **Pesq. Agropec. Brás.** Brasília, v.41, n.2, p.293-300, fev 2006.

CARVALHO, E. A. **Avaliação agronômica da disponibilização de feijão sob sistema de semeadura direta.** Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2002

CAVALCANTE, V.A.; DÖBEREINER, J. A new acid-tolerant nitrogen-fixing bacterium associated with sugar-cane. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.108, n.1, p.23-31, 1988.

CHEPOTE, R.E.; VALLE, R.R.; SANTANA, C.J.L. Resposta do dendezeiro à adubação mineral. *Re***vista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.12, p.257-262, 1998.

COCHARD, B.; AMBLARD, D.; DURAND-GASSELIN, T. Oil palm genetic improvement and sustainable development. **Oléagineux, Corps Gras, Lipides** VOL. 12 N° 2 2005.

COLEMAN, D.C. CROSSLEY, D.A. **Fundamentals of soil ecology**. London: Academic Press, 1996. 205 p.

COLEMAN, D.C.; HENDRIX,P.F. **Invertebrates as webmastess in ecosystems.** London, CABI Publishing, 2000. 336 p.

CORREIA, M.E.F. & ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Gênesis, 1999. p.197-226.

CORREIA, M.E.F. **Potencial de utilização dos tributos das comunidades de fauna do solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo se ecossistemas**. EMBRAPA-CNPAB. Série documentos 157. 2002a.

CORREIA, M.E.F. Relação entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. EMBRAPA-CNPAB. Séries documentos 156.2002b.

CORREIA, M.E.F., ANDRADE, A.G., FARIA, S.M. Sucessão das comunidades de macroartrópodos edáficos em plantações de três leguminosas arbóreas, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO**,** 26. 1997, Rio de Janeiro, RJ. **Resumos**..., Rio de Janeiro, RJ, 1997. Seção trabalhos voluntários. 1 CD-ROM.

CORREIA, M.E.F.; **Organização da comunidade de macroartópodos edáficos em um ecossistema de Mata Atlântica de Tabuleiros, Linhares(ES)**. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Ecologia, Rio de Janeiro, UFRJ. 1994. 76p.

CORREIA, M.E.F.; REIS, L.L.; CAMPELLO, E.F.C.; FRANCO, A.A. Populações da macrofauna do solo em agricultura itinerante na região da Mata Atlântica, RJ. In: **O uso da macrofauna edáfica na agricultura do século XXI.** Londrina: Embrapa soja, p. 200-224, 2003 (Série documentos, 224).

COSTA, P. **Fauna do solo em plantios experimentais de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pseudosamanea guachapele* Dugand e *Acácia mandium* Willd.** Dissertação de mestrado. Instituto de Agronomia, Seropédica, UFRRJ. 2002, 93p.

DAFT, M.J., The influence of mixed inocula on endomycorrhizal development. **Plant and soil**, Hague, v. 71, p. 331-337, 1983.

DIAS, L.E. & GRIFFITH, J.J. **Conceituação e caracterização de áreas de degradadas.** *In*: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). Recuperação de Áreas Degradadas. Viçosa: UFV/DS/SOBRADE, 1998, p.1-7.

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; CORREIA, M.E.F.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.; RODRIGUES, K de M; FRANCO, A.A.; Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de *Digitaria.* **Pesq. agropec. bras**., Brasília, v.41, n.6, p.1015-1021, jun. 2006

DÖBEREINER, J.; BALDANI, V.L.D.; BALDANI, J.I. **Como isolar e identificar bactérias diazotróficas de plantas não-leguminosas.** Itaguaí: Embrapa- CNPAB, 1995, 60p.

DÖBEREINER, J.; DAY, J.M. Associative symbioses in tropical grasses: characterization of microorganisms and nitrogen-fixing sites. In: NEWTON, W.E.; NYMAN, C.J., ed. **Nitrogen fixation; proceedings of the 1st International Symposium on Nitrogen Fixation**. Pullman: Washington State University, 1976. v.2. p. 518-538.

EMBRAPA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, (Rio de Janeiro, RJ**). Manual de Métodos de Análise de Solos**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1997.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S.; Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **R. Bras. Ci. Solo**, 30:321-328, 2006a.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L. de; ABBOUD, A.C. de S. **Adubação verde com leguminosas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 52p.

ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PERIN, A.; TEIXEIRA, M.G.;ALMEIDA, D.L. de; URQUIAGA, S.; BRUSQUET, R.N.B. Bananeiras consorciadas com leguminosas herbáceas perenes utilizadas como coberturas vivas**. Pesq. agropec. bras**., Brasília, v.41, n.3, p.415-420, mar. 2006b.

FERNANDES, M.F.; FERNANDES, R.P.M.; RODRIGUES, L. da S.; Bactérias diazotróficas associadas a coqueiros na região de baixada litorânea em Sergipe. **Pesq. agropec. bras**., Brasília, v. 36, n. 12, p. 1509-1517, dez. 2001.

FERRAZ, J.B. Soil factors influencing the reflorestation on mining sites in amazônia, LIETH, H.; LOHMANN, M. (Eds), **Restoration of Tropical Forest Ecosystem,** v.47, p.52, 1993.

FERREIRA, A.C.; COZZOLINO, K.; DOBEREINER, J. Ocorrência de bactérias fixadoras de nitrogênio em palmeiras oleaginosas. **Resumos do Simpósio Brasileiro sobre Microbiologia do Solo,** Londrina, PR, 1994 p.76.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In. 45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000. p.255-258.

FIGUEIREDO, B.R. **Minérios e Ambiente**. Campinas, UNICAMP, 2000, 401p.

FRANCO, A.A.; FARIA S.M. de. The contribution of nitrogen fixing tree legumes to land reclamation and sustainability in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, Orlando, v. 29, n5-6, p. 897-904, 1997.

FREITAS, S.M. de; FERREIRA, C.R.R.P.T. & BARBOSA, M. Z. Oportunidade e entraves à expansão da dendeicultura brasileira. **Agricultura em São Paulo**, S.P., 45(2): 1-16, 1998.

FURLAN JUNIOR, J.; KALTNER, F.J.; AZEVEDO, G.F.P.; CAMPOS, I. A. **Biodiesel: Porque tem que ser dendê.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 205 p.

FURLANETTI, A.C. & SOTOCORNO, T. Biodiesel: alternativa promissora para o Brasil. **Revista Multidisciplinar**, nº 3, jun 2007.

GARRIDO-FILHA, I; RIBEIRO, G. V.; COSTA, I. B.; AZEVEDO, J. & NEVES, V. A mineração da bauxita no vale do Trombetas: Estudo de meio ambiente e uso do solo. **R. Bras. Geogr.,** Rio de Janeiro, v. 52, n. 3, p. 41-82, 1990.

GASSEN, D.N. Os insetos e a fertilidade de solos. In: Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo sob plantio direto. **Resumos e palestras**, Cruz Alta: Aldeia Norte, 1999. p.70-89.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decating. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 46, p. 235-246, 1963.

GODOY, A.P.B.; MENUZZO, M.M.; AMBROSANO, E.J.; ROSSETTO, R.; ARCARO JUNIOR, I.; GUIRADO, N.; ARÉVALO, R.A.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G.M.B.; MENDES, P.C.D.; ROSSI, F.; SILVA, A.M.C.; MOTA, B.; FARIAS, G.B.; SAKAI, R.H.; SILVA, P.H.; Desenvolvimento do Jacarandá-Mimoso em consórcio com leguminosas adubos verdes. **Rev. Bras. Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M.C.A.; NEWSAM, R., LINDERMAN, R.; DODD, J.; VALDEZ-CARRASCO, J.M. Bacteria associated with the extraradical mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus in an As/Cu polluted soil. **Agrociencia** 42: 1-10. 2008

GUERRERO, E.; RIVILLAS, C.; RIVERA, E.L. Perspectivas de manejo de la micorriza arbusculares en ecosistemas tropicales**.** In: GUERRERO, E**. Micorrizas, recurso biológico del suelo.** Bogotá: Fondo Fen Colômbia, p. 181-206, 1996.

GUIA INTERNET BRASIL. Disponível no site: <http://www.guianet.com.br/>.Acesso em janeiro de 2009.

GUIMARÃES, S.L.; BALDANI, J.I.; BALDANI, V.L.D.; Efeito da inoculação de bactérias diazotróficas endofíticas em arroz se sequeiro. **Agronomia**, vol. 37, nº 2, p. 25 - 30, 2003

GUPTA, V., SATYANARAYANA, T. & GARG, S. General aspects of mycorrhiza. *In* MUKERJI; K.G., CHAMOLA; B.P., & SINGH J. (eds) **Mycorrhizal Biology**, pp 27-44. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. 2000.

HARLEY, J.L. The significance of mycorrhiza. **Mycologia**, New York, v.92, p. 129-139, 1989.

HILL, W.A.; BACON-HILL, P.; CROSSMAN, S.M.; STENVENS, C. Characterization of N_2-fixing bacteria associated with sweet potato roots. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v.28, p.860-862, 1983

HOMMA, A.K.O. Amazônia: como aproveitar os benefícios da destruição? **Estudos Avançados** 19 (54), 2005

HOMMA, A.K.O.; FURLAN-JÚNIOR, J. Desenvolvimento da dendeicultura na Amazônia: Cronologia. In: MÜLLER, A.A. & FURLAN JUNIOR, J.;(eds) **Agronegócio do dendê: uma alternativa social, econômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável da Amazônia.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2001. Cap XV, p.193-207

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **Mineração e Meio Ambiente.** Belo Horizonte: IBRAM, 1987, 56 p.

INVAM (International Culture Collection of Arbuscular and Vesicular Mycorrhizal Fungi). Disponível no Site: <http://invam.caf.wvu.edu/methods/cultures/monospecific.htm>.Acesso em janeiro de 2009

JESUS, E. da C.; SCHIAVO, J.A.; FARIA S de M; Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. **Revista Árvore** v. 29 n. 4, Viçosa jul/ago. 2005

JIMÉNEZ-SALGADO, T.; FUENTES-RAMIRES, L.E.; TAPIA-HERNANDES, A.; MASCARÚAESPERZA, M.A.; MARTINEZ-ROMERO, E.; CABALLERO- MELLADO, O. *Coffea arabica* L.: a new host plant for *Acetobacter diazotrophicus* and isolation of the nitrogen-fixing-acetobacteria. **Applied of Environmental of Microbiology**, Washington, v.63, p.3676-3683, 1998

KOSKE, R.E.; GEMMA, J.N. A modified procedure for staining roots to detect VA mycorrhyzas. **Mycological Research**, Cambridge, v.92, n.4, p. 486-488, June 1989.

KUSS, A. V.; **Fixação de nitrogênio por bactérias diazotróficas em cultivares de arroz irrigado**. Tese de doutorado, UFSM. Santa Maria, 2006 100p.

LAPA, R.P. A bauxita e o rejeito da bauxita. In: BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A; ROLAND, F. (esd). **Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico**. IB-UFRJ/SBL. Rio de Janeiro: R.L. Bozelli, 2000. 27-35p.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T. AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Biology,** New Jersey, v.42, p. S3-S15, 2006.

LEIRAS, A.; HAMACHER, S.; SCAVARDA, L.F. Avaliação econômica da cadeia de suprimentos do biodiesel: estudo de caso da dendeicultura na Bahia. **Bahia análise & dados.** Salvador, V.16, n1, p. 119-131. jun 2006

LINDEN, D.R.; HENNDRIX, P.F. COLEMEN, D.C. VA VLIET, P.C.J. Faunal indicators of soils quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (Ed) **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison: Soil Society of America, 1994. p. 91-106 (SSSA. Special Publication, 35).

LINS, C.E. de L. ; MAIA, L.C.; CAVALCANTE, U.M.T.; SAMPAIO, E.V.de S.B. Efeito de fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT. em solos de caatinga sob impacto de mineração de cobre**. R. Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.355-363, 2007

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. **Princípios e Aplicações;** Piracicaba. SP: Associação Brasileira para a pesquisa do potássio e do fosfato, 1989, 201p.

MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasília- Banco Mundial. 2003.100p.

MANHÃES, C.M.C. Caracterização da fauna do solo e da serapilheira de leguminosas florestais em pastagem na região norte fluminense. **Rev. Bras. de Agroecologia**/out. 2007 Vol.2 No.2

MENDES, I. de C. & VIVALDI, L.A. Dinâmica da biomassa e atividade midrobiana em uma área sob Mata de Galeria na região do Distrito Federal. In: RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L. da & SOUZA-SILVA, J.C. **Cerrado : caracterização e recuperação de Matas de Galeria. Planaltina-DF, 2001. p.665-687.**

MERLIM, A. de O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de araucária no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP.** Dissertação de Mestrado**.** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. 89p.

MIRANDA, J.C.C. de; MIRANDA, L.N. de. Micorriza arbuscular. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M.; (Ed). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1997. P. 67-111.

MIYAUCHI, M.Y.H.; LIMA, D.S.; NOGUEIRA, M.A.; LOVATO, G.M.; MURATE, L.S.; CRUZ, M.F.; FERREIRA, J.M.; ZANGARO, W.; ANDRADE, G.; Interactions between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. **Sci. Agric.** (Piracicaba, Braz.), v.65, n.5, p.525-531, September/October 2008.

MOÇO, M.K. da S.; GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES A. C. da ; CORREIA, M.E.F.; Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 20:555-564, 2005.

MOLDENKE, A.R. Arthropods. In: WEAVER, R.W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A., eds. **Methods of soil analysis**: microbiological and biochemical properties. Madison: SSSA, 1994. Part 2. p.517-542

MOREIRA, J F; **Avaliação do resíduo alcalino do refino de bauxita como condicionador de solos e do estabelecimento de dendê nos tanques de estocagem.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Agronomia, Univ. Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2006. 65p

MUSSURY,R.M.; SACALON, S. De P. Q.; GOMES, A.A.; BATISTA, M.R.; SCALON-FILHO, H. Flutuação populacional da mesofauna em fragmentos de mata na região de Dourados MS. **Ciênc. agrotec.,** Lavras, v. 32, n. 2, p. 645-650, mar./abr., 2008

NEVES, C.A.R. & SILVA, L.R. da; **Universo da Mineração Brasileira.** DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral). Brasília, 2007. 80p.

NEWSHAW, K.K.; FITTER, A.H.; WATKINSON, A.R. Multifuncionality and biodiversity in arbuscular mycorrhizae. **Trends in Ecology & Evolution**, v.10, n10, p. 407-411, 1995.

OLDEMAM, L.R. **The Global extrend of soil degradation**. *In:* GREENLAND, D. J. & SZABOCLS, I. (Eds.). Soil Resilience and Sustainable Land Use. Cab. International, Wallinford, UK, p. 99-118. 1994.

PANDOLFO, C. **A cultura do dendê na Amazônia.** Belém, Sudam, 1981. 35p.

PEREIRA, M. P. dos S.; QUEIROZ, J.M.; VALCARCEL, R.; MAYHÉ-NUNES, A.J.; Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 197-204, jul-set, 2007.

PREVOT, P. & OLLAGNIER, M. Peanut and oil palm foliar diagnosisinterrelations of N, P K Ca and Mg. **Plant Physiology,** Rockville, v. 29, p. 26-28. 1954.

PRIMAVESI, A. 1992. **Agricultura Sustentável**. São Paulo: Nobel, 142p.

RAMOS, A.; BOVI, M.L.A.; FOLEGATTI, M.V.; DIOTTO, A.V. Efeitos da fertirrigação sobre a produção de palmito da pupunheira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.734-739, out-dez 2004.

RANKINE, I., FAIRHURST, T.H. Management of phosphorus, potassium and magnesium in mature oil palm **Better Crops International**, Vol. 13, No. 1, 1999.

REGENSBURGER, B. COMIN, J.J.; AUMOND J.J.; Integração de técnicas de solo, plantas e animais para recuperar áreas degradadas**. Ciência Rural,** Santa Maria, v.38, n.6, p.1773-1776, set, 2008

REIS, L.L. **Monitoramento da recuperação ambiental de áreas de mineração de bauxita na floresta nacional de Saracá-Taquera, Porto Trombetas (PA).** Tese de Doutorado, Instituto de Agronomia, Univ. Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2006. 159p.

RODRIGUES, M. do R. L. **Resposta do dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq) à aplicação de fertilizantes nas condições do médio Amazonas.** Dissertação de mestrado em Agronomia, Escola Superior de Agricultura"Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.81p.

RODRIGUES, M. do R. L.; AMBLAD, P; BARCELOS, E. MACÊDO, J.L.V de; CUNHA, R.N.V. da; TAVARES, A.M. Avaliação do estado nutricional do dendezeiro: análise foliar. Circular técnica 11. Embrapa Amazônia Oriental. 2002.

RODRIGUES, M.R.L.; MALAVOLTA, E.; CHAILLARD, H. La fumure du palmier à huile em amazonie centrale brésilienne. **Plantations, Recherche, Développement**, v.4, p.392-400.1997.

ROVEDDER, A.P.; ANTONIOLLI, Z.I.; SPAGNOLLO, E.; VENTURINI, S.F.; Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias,** Lages, v.3, n.2, p. 87-96, 2004.

ROVEDDER, A.P.M.; ELTZ, F.L.F.; DRESHER, M.S.; SCHENATO, R.B.; ANTONIOLLI, Z.I. Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. **Cienc. Rural,** ahead of print Epub **13-Fev-2009.**

SALA, V.M.R.; CARDOSO, E.J.B.N.; FREITAS, J.G. de; SILVEIRA, A.P.D. da Resposta de genótipos de trigo à inoculação de bactérias diazotróficas em condições de campo. **Pesq. agropec. bras**., Brasília, v.42, n.6, p.833-842, jun. 2007.

SALOMÃO, R. P.; MATOS, A. H. de M. **Plano de Exploração Florestal em 160 Hectares de Floresta Tropical primária Densa, Platô Aviso, Floresta Nacional Araçá – Taquera / IBAMA, Porto trombetas, Oriximiná, Pará.** Porto Trombetas: MRN, 2002, 75 p

SALOMÃO, R.P.; ROSA, N.A.; MORAIS, K.A.C.; Dinâmica da regeneração natural de árvores em áreas mineradas na Amazônia. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**. Ciências Naturais, Belém, v. 2, n. 2, p. 85-139, mai-ago. 2007

SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P.M. da; MARCHÃO, R.L.; BECQUER, T.; BALBINO, L.C.. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.115-122, 2008a

SANTOS, J.G.D.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, M. de S. Eficiência de fungos micorrízicos arbusculares isolados de solos de áreas de mineração de bauxita no crescimento inicial de espécies nativas.**R. Bras. Ci. Solo,** 32:141-150, 2008b.

SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R. dos. Avaliação da estrutura da população da mesofauna edáfica, em diferentes regimes de reabilitação de um solo degradado pela mineração do xisto. **Revista de Ciências Agrárias,** Curitiba, v. 13, n. 1/2, p. 31-34, 1994**.**

SAUTTER, K.D. Meso(Acari e Collembola) e macrofauna(Oligochaeta) na recuperação de solos degradados. In:DIAS, L.E. ; & MELLO, J. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de áreas degradadas, 1998.Cap 2, p.110-170.

SCHENCK, N.C.; PÉREZ, Y. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Gainesville. **Synergistic Publications**, 1990. 245 p

SCHÜßLER, A.; SCHWARZOTT, D.; WALKER, A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. **Mycological Research**, Cambridge, v. 105, p. 1413-1421, 2001.

SCHWENDENER, C.M.; LEHMANN, J.; RONDON, M. ; WANDELL, E. & FERNANDES, E.; Soil mineral N dynamics beneath mixtures of leaves from legume and fruit trees in Central Amazonian multi-strata agroforests. **Acta Amazonica.** vol. 37(3) 2007: 313 – 320.

SHAMSUDDIN, Z.H.; MARZIAH, M.; ROHANI, O.; ROSLINA, A.W.; HO, C.N.; NORAZA, H.; CHALK, P.M. Nitrogen fixation by *Azospirillum* in association with oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE AGRICULTURE FOR THE TROPICS, [1.], 1995, Angra dos Reis, RJ. **Anais**. Angra dos Reis, RJ: Embrapa-Cnpab, 1995. p. 232-233.

SHEARER, G.; KOHL, D. H.; N_2 fixation in fields setting: estimations based on natural ^{15}N abundance. **Aust. J. Plant Phisiol**, 13, 699-756, 1986

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystem.** Federal Republic of Germany, Eschborn. Friedland Bremer, 1991. 371p.

SILESHI, G.; MANGOYA, P.L.; CHINTU, R.; AKINNIFESI, F.K. Mixed-species legume fallows affect faunal abundance and richness and N cycling compared to single species in maize-fallow rotations. **Soil Biology & Biochemistry (**40) 2008.

SILVA JÚNIOR, 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**., Brasília, v.41, n.5, p.819-825, maio 2006

SILVA, R. F..da; ANTONIOLLI, Z. I.; ANDREAZZA, R. KAMISNKI, Comunidade de Fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com eucalipto, pinus e campo nativo em solo arenoso, São Francisco de Assis, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 353-361, jul.-set., 2008.

SILVA, R.F. da; AQUINO, A.M. de; MERCADANTE, F.M.; GUIMARÃES, M. de F.; Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.4, p.697-704, abr. 2006

SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS-SAEG. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes, 2005. Cd Rom. Versão 9.0.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P. de; SANTOS, R. V. dos; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob Caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, pp. 151-160, 2008.

SOUZA, F. A. de; TRUFEM, S. F. B.; ALMEIDA, D. L. de; SILVA, E. M. R. da; GUERRA, J. G. M. Efeito de pré-cultivo sobre o potencial de inóculo de fungos micorrízicos arbusculares e produção da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1913-1923, 1999.

SOUZA, F.A.; SILVA, E.M.R. Micorrizas arbusculares na revegetação de áreas degradadas. In: SIQUEIRA, J.O., (Ed.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas.** Larvas: Universidade Federal de Lavras, 1996. P.175-201

STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture,** Greenbelt, v.7, p. 38-47, 1992.

STUTE, J.K. & POSNER, J.L. Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the Upper Midwest. **Agron. J**., 87:1063-1069, 1995.

SUDO, A,; SILVA, E.M.S. da; BOVI, M.L.A.; ALMEIDA, D.L.; KOZZOLINO, K. Produção de mudas de pupunheira colonizadas por fungos micorrízicos arbusculares. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** Campinas SP: v.20, p.529-532, 1996.

SUFRAMA-Superintendência **da Zona Franca de Manaus. Potencialidades Regionais**-Estudos de viabilidade econômica-dendê vol.5. 2003.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems.** Oxford: Blackwell, 1979. 372p.(Studies in Ecology, 5).

TAMPUBOLON, F.H.; DANIEL, C.; OCHS, R. Résponses du palmier à huile aux fumures azotées et phosphorées à Sumatra. **Oléagineux**, v.45, p.475-484, 1990.

TER BRAAK, C,J,F,; SMILAUER, P, **Canoco for Windows** v, 4,5, CPRO-DLO, Wageningen, Netherlands, 2002.

TURNER, P.D. & GILLBANKS,R.A. **Nutrition of oil palm.** Kuala Lumpur Incorporated Society of Planters. 1988. 672p.

URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. e BODDEY, R.M. Produção de bio-combustíveis: a questão do balanço energético. **Revista Política Agrícola.** Ano XIV - Nº 1 - Jan./Fev./Mar. 2005

URQUIAGA, S.; DÖBEREINER, J. Fijación biológica de nitrogeno com gramíneas forrageras cereales y caña de azúcar. In: OLIVARES J.; BAREA J. M. eds. **Fijacion y movilizacion biological de nutrientes.** Madrid, Consejo Superior de Investigacion Científica. V 2 pp 71-89. 1990

VASCONCELOS, H.L. Respostas das formigas à fragmentação florestal. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.12, p.95-98, 1998.

VESTBERG,M.S.; KUKKONEN, K.; SAARI, P.; PARIKKA, J.; HUTTUNEN, L.; TAINIO, N.; DEVOS, F.; WEEKERS, C.; KEVERS, P.; THONART, M. C.; LEMOINE, C.; CORDIER, C. ALABOUVETTE, C.; GIANINAZZI, S. Microbial inoculation for improving the growth and heath of micropropagated. **Applied Soil Ecol**. 27:243-250. 2004.

VIEGAS, I. de J.M. **Crescimento do dendezeiro (Elaeis guineensis Jacq.); concentração, conteúdo e exportação de nutrientes nas diferentes partes de plantas com 2 a 8 anos de**

idade, cultivadas em Latossolo Amarelo Distrófico, Tailândia, Pará, Dissertação de Mestrado Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993. 217p.

VIEGAS, I. de J.M.; MULLER, A.A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa-Cpatu; Manaus: Embrapa- CPAA, 2000. 374p.

von UEXKÜLL, H.R. & FAIRHURST, T.H.; Ferilizing for high yield and quality. **The oil palm**. IPI, Bern, 79 p.1991.

WALKER, D. Diversity and stability. In: CHERRETT, J.M., ed. **Ecological concepts**. Oxford: Blackwell, 1989.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global.** EPU: São Paulo, 1986

WARDLE, D.A.; PARKINSON, D. Analysis of co-ocurrence in a fungal community. **Mycological Research,** Cambridge, v.95, p.504-507, 1991.

WEBER, O.B.; BALDANI, V.L.D.; TEIXEIRA, K.R.S.; KIRCHHOF, G.; BALDANI, J.I.; DÖBEREINER, J. Isolation and characterization of diazotrophic bacteria from banana and pineapple plants. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.210, p.103-113, 1999

WOLTERS, V. Invertebrate control of soil organic matter stability. **Biology and Fertility of Soils**, v.31, p.1-19, 2000.

WRIGHT, D.H.; HUHTA, V. & COLEMAN, D.C. Caracteristic do defauned soil. Effects of reinoculation and the role of the mineral component.**Pedobiologia** 33:427-435. 1989.

YANG, X.; CHEN, J. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forests, southwestern China. **Soil Biology & Biochemistry**. 2009

7 ANEXO

Espécies utilizadas na área de reflorestamento adjacente ao plantio do dendê
Anexo 01. Relatório do plantio de mudas, em Porto Trombetas (PA).

Mineração Rio do Norte
Assessoria de Controle Ambiental - PPA

Item	Nome Vulgar	Nome Científico	Família	Quant. (Kg)
1	**Açaí**	*Euterpe oleracea Mart.*	Arecaceae	1.912
2	**Andirá-uxí**	*Andira retusa*	Fabaceae	880
3	**Azeitona**	*Eugenia cumini (L) Druce*	Myrtaceae	1.752
4	**Bacaba**	*Oenocarpus bacaba Mart.*	Arecaceae	760
5	**Bacuri**	*Rheedia benthamiana Pl et Tr.*	Guttiferae	2.212
6	**Buriti**	*Mauritia flexuosa*	Palmaceae	58
7	**Cajú**	*Anacardium occidentale L*	Anacardiaceae	142
8	**Cajurana**	*Simaba guianensis*	Simarubaceae	412
9	**Calliandra Aquática**			56
10	**Camo-camo**	*Campomanesia sp*	Myrtaceae	1.952
11	**Capitarí**	*Tabebuia barbata (E.Mey.)Sandw*	Bignoniaceae	1.272
12	**Cumarú Verdadeiro**	*Dipterex odorata*	Fabaceae	200
13	**Envira tucunaré**	*Dalbergia spruceana Spruce ex Benth*	Fabaceae	980
14	**Fava bolota Igapó**	*Parkia discolor Spruce Ex Benth*	Mimosaceae	452
15	**Fava Tamboril**	*Henterolobium maximun Ducke*	Mimosaceae	200
16	**Genipapo**	*Genipa americana L.*	Rubiaceae	300
17	**Ingá de sapo**	*Zygia cauliflora*	Mimosaceae	1.260
18	**Ingá macaco**	*Inga falcistipula Ducke*	Mimosaceae	1.702
19	**Jacarandá do Pará**	*Dalbergia spruceana Benth*	Fabaceae	424
20	**Jenipaporana**	*Genipa spruceana*	Rubiaceae	828
21	**Jutairana**	*Cynometra spruceana var. spruceana*	Caesalpiniaceae	200
22	**Lacre**	*Vismia guianensis (Aubl.) Choisy*	Guttiferae	860
23	**Louro faia**	*Panopsis rubescens var. rubescens*	Proteaceae	1.160
24	**Mamãorana**	*Bombacopsis macrophylla*	Bombacaceae	1.180
25	**Mamãorana 2**	*Bombacopsis sp*	Bombacaceae	860
26	**Marí-marí**	*Cassia sp*	Caesalpiniaceae	85
27	**Mata pasto**	*Senna reticulata*	Caesalpiniaceae	212
28	**Matá-matá**	*Eschweilera blanchetiana*	Lecythidaceae	100
29	**Oití**	*Licania tomentosa*	Chrysobalanaceae	1.320
30	**Palheteira**	*Clitória*		21
31	**Parirí**	*Pouteria pariry (Ducke)Baehni*	Sapotaceae	1.100
32	**Patauá**	*Jessenia bataua (Mart.) Burret*	Arecaceae	200
33	**Tachí dos Campos**	*Sclerolobium paniculatum Vog*	Caesalpiniaceae	520
34	**Taquarí**	*Alchornea schomburgkiana*	Euphorbiaceae	860
35	**Tatapiririca**	*Tapirira guianensis*	Anacardiaceae	964
36	**Taxí da Várzea**			900
37	**Umarí do Igapó**	*Poraqueiba sericea*	Icacinaceae	1.060
38	**Uxirana**	*Couepia paraensis(Mart.Et.Zucc.)Benth.*	Chrysobalanaceae	826
		TOTAL		**30.182**

Anexo 02. Relatório de lançamento manual sementes, em Porto Trombetas (PA).

Mineração Rio do Norte
PPA - Assessoria de Controle Ambiental
Sementes Lançadas à Mão
Quantitativo por Espécie

Item	Espécies	Quantidade (kg)
01	**Abiu**	1,0
02	**Acapurana**	100,0
03	**Arachis pintoi**	130,0
04	**Araparí**	52,3
05	**Arroz bravo**	10,0
06	**Camu-camu**	11,2
07	**Capitarí**	6,4
08	**Careperena**	6,4
09	**Catauarí**	13,0
10	**Cuiarana do igapó**	19,3
11	**Curuminzeiro/trema**	1,7
12	**Envira tucunaré**	13,3
13	**Fava bolota do igapó**	1,4
14	**Fava orelha de cachorro**	82,8
15	**Feijão guandú**	1,2
16	**Genipaporana**	4,7
17	**Gombeira candeeira**	8,0
18	**Ingá de sapo**	18,9
19	**Ipê rôxo**	2,3
20	**Jacarandá**	0,8
21	**Jutairana**	39,5
22	**Leucena**	3,0
23	**Louro do Igapó**	14,9
24	**Louro faia**	50,0
25	**Mamãorana**	0,3
26	**Matá-matá**	45,5
27	**Mata-pasto**	4,0
28	**Muruci**	10,0
29	**Pajamarioba**	2,0
30	**Pajurá**	30,0
31	**Palheteira**	29,7
32	**Pará-pará**	4,0
33	**Paricazinho**	7,0
34	**Patinha**	4,0
35	**Pau rôxo**	10,0
36	**Pitombeira do campo**	0,2
37	**Senna 02**	3,3
38	**Seringa**	12,0
39	**Sesbânia exasperata**	5,0
40	**Taquarí**	4,1
41	**Taxí da várzea**	12,0
42	**Tento do igapó**	2,0
43	**Uxirana**	50,0
44	**Zygia**	3,7
	TOTAL	**830,7**

Livros Grátis

(http://www.livrosgratis.com.br)

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

Baixar livros de Literatura
Baixar livros de Literatura de Cordel
Baixar livros de Literatura Infantil
Baixar livros de Matemática
Baixar livros de Medicina
Baixar livros de Medicina Veterinária
Baixar livros de Meio Ambiente
Baixar livros de Meteorologia
Baixar Monografias e TCC
Baixar livros Multidisciplinar
Baixar livros de Música
Baixar livros de Psicologia
Baixar livros de Química
Baixar livros de Saúde Coletiva
Baixar livros de Serviço Social
Baixar livros de Sociologia
Baixar livros de Teologia
Baixar livros de Trabalho
Baixar livros de Turismo