



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MARABÁ
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

Lauro de Jesus Silva Filho

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO IMPACTADO PELA
EXTRAÇÃO DE ARGILA APÓS A INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES
VEGETAIS INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS**

Marabá PA
2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MARABÁ
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

Lauro de Jesus Silva Filho

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO IMPACTADO PELA
EXTRAÇÃO DE ARGILA APÓS A INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES
VEGETAIS INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS**

.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Ciências Naturais do
Campus Universitário de Marabá, como requisito
para obtenção do grau de Licenciado em Ciências
Naturais.

Orientadora: Prof^ª Dra Andréa Hentz de Mello

Marabá PA
2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca II da UFPA. CAMAR, Marabá, PA

Silva Filho, Lauro de Jesus

Avaliação da qualidade do solo impactado pela extração de argila após a introdução de espécies vegetais inoculadas com fungos micorrízicos / Lauro de Jesus Silva Filho; orientadora, Andréa Hentz de Mello. — 2012.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Marabá, Faculdade de Ciências Exatas e Naturais, Curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais, Marabá, 2012.

1. Solos - Análise. 2. Cerâmica - Indústria - Aspectos ambientais - Marabá (PA). 3. Revegetação. 4. Micorriza vesículo-arbuscular. 5. Conservação do solo. I. Mello, Andréa Hentz de, orient. II. Título.

CDD: 22. ed.: 631.41



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MARABÁ
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS

Lauro de Jesus Silva Filho

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO IMPACTADO PELA
EXTRAÇÃO DE ARGILA APÓS A INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES
VEGETAIS INOCULADAS COM FUNGOS MICORRÍZICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Naturais do Campus Universitário de Marabá, como requisito para obtenção do grau de Licenciado em Ciências Naturais.

Orientadora: Prof^ª Dra Andréa Hentz de Mello

Data da defesa: 14/11/2012

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof^ª Dra Andréa Hentz de Mello
(UFPA-Campus de Marabá)
Orientadora

Prof^ª Dra Alessandra Resende Ramos
(UFPA – Campus de Marabá)
Examinador I

Prof^ª. MSc. Clarissa Mendes Knochelmann
(UFPA– Campus de Marabá)
Examinador II

Marabá-PA
2012

DEDICATÓRIA

À minha mãe, pela dedicação e incentivo. Ela que sofreu as dores de estar sozinha, de ter que trabalhar nas piores condições e enfrentar as durezas dia após dia sob o sol escaldante tentando amenizar as dificuldades dos filhos e, sentindo em sua frente, escorrer, com muita garra e determinação, o suor por ser Mãe. A Ela que se manteve forte, dedico-lhe esse trabalho porque ninguém mais o merece senão Ela.

Sei que às vezes chorou por saber da distância que nos separava sem poder rompê-la, por não saber se eu já havia comido, se eu estava bem de saúde, se eu estava protegido... Sei que chorou também quando querendo me ajudar, estava sem condições.

Apesar de não estar mais sobre a terra, sinto sua força me encorajando nos momentos difíceis de minha vida, no entanto, sinto sua falta. Mãe, se Deus, me desse a oportunidade de uma nova vida, com certeza queria estar ao seu lado e de novo chamá-la de minha mãe querida. Amei-te, amo e amarei enquanto viver.

Dedico também a determinadas pessoas que de certa forma fazem parte da minha vida, sejam pelos laços consangüíneos ou fraternos, não podem ser esquecidas: Sr. Francisco Lopes da Silva, o padrasto que contribuiu para minha empreitada; minha irmã, Marinalva Conceição Silva, pela pessoa maravilhosa que é, e pelo carinho em mim depositado e, meu irmão, que a minha mãe tanto esperou ver, pois, mora muito distante, mas, não conseguiu. Raimundo Conceição Silva.

Quero dedicar especialmente aos meus filhos queridos, Carlos Eduardo, Marcos Paulo e, Luís Gustavo, aos quais me dedico e sempre tento mostrar para eles, que podemos conseguir tudo que quisermos se, buscarmos com inteligência e honestidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por mais uma oportunidade.

À minha orientadora, Professora Andréa Hentz de Mello por ter aceitado a tarefa de me orientar. Sem ela esse trabalho seria outro. Obrigado pelos ensinamentos, pela paciência, pela dedicação, pela educação com que me dispensou e pelo carinho. Obrigado mesmo.

O jeito com que lida com seus alunos, a torna especial, pois, nós sentimos o respeito e a dedicação, com isso, impõe o respeito o qual todo mestre merece. Seguirei seus exemplos, para que de longe possa contribuir com sua filosofia de vida e poder ajudar quem me “buscar”. Mais uma vez, obrigado.

Agradeço a Instituição UFPA, por proporcionar a oportunidade de cursar Ciências Naturais, o que me orgulha mais ainda, ser um dos pioneiros nesse tão conceituado Curso em Marabá.

Agradeço também aos Professores do Colegiado de Ciências Naturais, pela ajuda nessa fase da minha vida e por me guiar nos primeiros passos rumo à produção científica.

Aos alunos Halyne Rosa da silva, Verônica Danielle Nascimento Pereira e, Gustavo Ferreira de Oliveira, do curso de Agronomia 2009, por terem colaborado nas coletas e análises do solo da área em estudo.

A todos os meus companheiros e companheiras de turma (Ciências Naturais 2008) pela boa convivência que passamos na vida acadêmica.

Muito obrigado também aos que de uma forma direta ou indireta contribuíram para que esse momento se realizasse e, em especial quero agradecer à minha família pelo apoio lembrando aqui o nome da minha esposa, Claudiane Monteiro da Silva, sem o apoio dela eu não teria chegado à conclusão desse curso.

SUMÁRIO

RESUMO

1 - INTRODUÇÃO	11
2 - OBJETIVOS	12
2.1 - GERAL	12
2.2 - ESPECÍFICO	12
3 - REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 - SOLO	12
3.2 - COMPONENTES DO SOLO	14
3.2.1 - Componentes sólidos	14
3.2.1.1 - Matéria Mineral	14
3.2.1.2 - Matéria Orgânica	15
3.2.2 - Componente líquido	15
3.2.3 - Componente gasoso	15
3.3 - FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO	16
3.3.1 - Material de origem	16
3.3.2 - O clima	17
3.3.3 - Organismos	17
3.3.4 - Relevo	18
3.3.5 - Tempo	19
3.4 - PROCESSOS DE FORMAÇÃO DO SOLO	19
3.4.1 - Adição	20
3.4.2 - Perda	20
3.4.3 - Transporte	21
3.4.4 - Transformação -	21
3.5 - PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DO SOLO	21
3.6 - PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DO SOLO	24
3.6.1 - Recuperação	25
3.6.2 - Restauração	25
3.6.3 - Reabilitação	25
3.6.4 - Remediação	26

3.7 - EXTRAÇÃO MINERAL NA AMAZONIA	26
3.7.1 - A Importância Sócio-Econômica da Mineração.....	27
3.7.2 - Impactos Ambientais Causados pela Mineração	28
3.8 - ATIVIDADE CERAMISTA.....	30
3.8.1 - Normas para extração de areia, argila e saibro	32
3.8.1.1 - Normas Gerais.....	32
3.8.2 - Medidas Genéricas de Controle Ambiental	33
3.9 - IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA EXTRAÇÃO DE ARGILA EM MARABÁ.....	34
3.10 - INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO.....	37
3.10.1 - Indicadores Biológicos de qualidade do Solo.....	38
3.11 - BIOTA EDÁFICA COMO INDICADORA DE QUALIDADE DO SOLO	39
4 - MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1 - CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO.....	47
4.1.1 - Clima	48
4.1.2 - Pedologia	48
4.1.3 - Hidrografia	49
4.1.4 - Vegetação	49
4.1.5 - Geologia local.....	50
4.2 - AMOSTRAGEM DO SOLO	52
5 - RESULTADO E DISCUSSÕES	55
6 - CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS	60

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Processo de formação de solos	20
FIGURA 2: Arbúsculos de fungos micorrízicos Arbusculares	43
FIGURA 3: Minhocas <i>Eisenia foetida</i>	44
FIGURA 4: Collêmbolos do solo	45
FIGURA 5: Ácaros Edáficos	46
FIGURA 6: Nematóide	46
FIGURA 7: Localização e acesso da área de extração de argila – Cerâmica Barro Bom – Marabá. PA.....	47
FIGURA 8: Mapa hidrográfico da região de exploração de argila – Marabá-PA	49
FIGURA 9: Mapa geológico destacando as Litologias Aflorantes na área de estudo	50
FIGURA 10: Desmatamento em áreas de extração de argila localizadas no Bairro Jardim União: Cerâmica Barro Bom.....	52
FIGURA 11: Coletas de amostras de solo, da área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom, armazenamento e identificação das mesmas	53
FIGURA 12: Preparação das amostras de solo da área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom para peneiramento úmido e centrifugação	53
FIGURA 13: Desenho esquemático da extração de esporos.....	54

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1:** Organismos indicadores da qualidade do solo, encontrados nas amostras de solo da área impactada pela extração de argila antes da implantação de espécies florestais inoculadas com os fungos micorrízicos. Área de Extração da Cerâmica Barro Bom. Marabá-PA. 55
- TABELA 2:** Organismos indicadores da qualidade do solo, encontrados nas amostras de solo da área impactada pela extração de argila após a implantação de espécies florestais inoculadas com os fungos micorrízicos. Área de Extração da Cerâmica Barro Bom. Marabá-PA. 55
- TABELA 3:** Densidade de indivíduos da biota do solo encontrados na área estudada. 56

RESUMO

O solo é um recurso natural vivo e dinâmico, além de ser um dos mais complexos habitats, pois, condiciona e sustenta a produção de alimentos além, de regular o ecossistema. Apesar de tudo isso seus indicadores biológicos ainda são pouco conhecidos. A diversidade de organismos presentes na biota do solo tem servido de avaliação de sua qualidade, pois proporciona respostas mais rápidas a mudanças no ambiente, tendo em vista que são promotores da ciclagem de nutrientes e regulação de certos processos microbianos. Impactos causados ao solo, como a extração de argila tem causado uma série de danos ao meio físico, provocando a remoção dos horizontes superficiais do solo, o que acarreta problemas na estrutura e na atividade biológica do mesmo. Nesse sentido, este trabalho avaliou a qualidade biológica do solo da área impactada pela atividade de extração de argila no município de Marabá-PA. Este estudo foi realizado em uma área de mineração da Cerâmica Barro Bom, localizada no bairro Jardim União. A população de microrganismos foi quantificada e classificada através de análise comparativa entre os dados biológicos da biota do solo de uma área degradada por extração de argila, obtidos por Oliveira (2010) antes da implantação das mudas florestais inoculadas com Fungos Micorrízicos e os resultados encontrados após a introdução de espécies arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos. Foram coletadas 10 amostras de solo, nas profundidades de 10 a 20 cm, obtidas aleatoriamente andando em ziguezague. Para a avaliação dos organismos presentes nas amostras de solo foi empregada a técnica de peneiramento úmido e centrifugação em água e sacarose a 40%. Foi verificada nas amostras a presença de Fungos Micorrízicos Arbusculares, Nematóides, Ácaros e, Collêmbolos. Dentre os organismos, os Fungos Micorrízicos foram os mais encontrados. Os gêneros e as espécies predominantes respectivamente foram: *Glomus*; *Gigaspora*; *Scutelospora* e *Acaulospora*; *Glomus clarum*; *Glomus etunicatum*; *Scutelospora heterogama*; *Acaulospora scrobiculata* e, *Gigaspora margarita*. Comprovando assim, o início da reabilitação da área impactada pela extração de argila, tendo em vista que os organismos encontrados são indicadores da qualidade do solo. Assim, o solo da área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom encontra-se em processo de reabilitação biológica com base nos resultados encontrados.

Palavras-chave: fauna edáfica; biota do solo; recuperação; fungos micorrízicos Arbusculares; exploração de argila.

1 INTRODUÇÃO

A comunidade de organismos que vivem no solo, composta predominantemente de microorganismos (fungos e bactérias) e invertebrados, atua através de interações sinérgicas e antagônicas (LAVELLE, 1996), visando garantir a decomposição dos detritos que chegam ao solo. Esta fauna edáfica do solo está distribuída em diferentes habitats, com variados hábitos alimentares e ciclos de vida, sendo capazes de responder rapidamente às alterações ambientais. As atividades destes organismos, escavação e/ou ingestão e transporte de material mineral e orgânico no solo, conduzem à criação de estruturas biogênicas (galerias, ninhos, câmaras e bolotas fecais) as quais influenciam em outros processos básicos do solo como: humificação, propriedades hidráulicas, agregação, estruturação, abundância e diversidade de outros organismos do solo, operando muitas vezes em diferentes escalas de tempo e espaço (LAVELLE, 1996; LAVELLE; SPAIN, 2001). Além disso, através de sua ação mecânica no solo, também contribuem para a formação de agregados estáveis, que permitem proteger uma parte da matéria orgânica (M.O.) de rápida mineralização (SÁNCHEZ; REINÉS, 2001). GASSEN (1999) ainda destaca a sua importância na mobilidade vertical de nutrientes assimiláveis favorecendo, assim, o sistema radicular das plantas.

Com base nesta estreita associação, vários trabalhos têm levantado a hipótese de que a composição de espécies e abundância relativa dos invertebrados do solo, assim como a presença de determinados grupos em um sistema, pode ser usada como indicador da qualidade dos mesmos (PAOLETTI, 1999; DORAN; ZEISS, 2000), pois estes organismos são muito sensíveis à modificação da cobertura vegetal existente (LAVELLE et al., 1993).

Atualmente, com o crescente interesse por práticas conservacionistas, tem sido dada muita ênfase ao estudo da estrutura da comunidade invertebrada do solo, visando identificar as opções de manejo que possam aperfeiçoar as atividades desta classe de animais, para o funcionamento do ecossistema.

Este trabalho teve o objetivo de realizar uma análise comparativa entre os dados biológicos da biota do solo de uma área degradada por extração de argila, obtidos por Oliveira (2010) antes da implantação das mudas florestais inoculadas com Fungos Micorrízicos e os resultados encontrados após a introdução de espécies arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos e selecionar os indicadores de qualidade do solo para subsidiar o plano de recuperação de áreas degradadas pela extração de argila em Marabá- PA.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Realizar análise comparativa entre os dados biológicos da biota do solo de uma área degradada por extração de argila, obtidos por Oliveira (2010) antes da implantação das mudas florestais inoculadas com Fungos Micorrízicos e os resultados encontrados após a implantação de espécies arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos e, selecionar os indicadores de qualidade do solo.

2.2 ESPECÍFICO

- Classificar os organismos bioindicadores da qualidade do solo;
- Avaliar a qualidade biológica da área depois da introdução de espécies arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos.
- Identificar os principais gêneros e espécies de fungos presentes nas amostras de solo antes e depois do plantio sobre sistema de extração de argila.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O SOLO

O solo é um componente crítico na biosfera terrestre, funcionando não somente no sistema de produção agrícola, mas também na manutenção da qualidade ambiental com efeito local e regional. Além disso, pode ser caracterizado como um corpo natural organizado, vivo e dinâmico que desempenha inúmeras funções no ecossistema terrestre (REINERT, 1993). Segundo Doran e Liebig (1996) o solo como um sistema natural, regula a produção de alimentos, fibras e, o balanço global do ecossistema, além, de servir como meio para o crescimento vegetal, através do suporte físico, disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio para as raízes.

O solo pode ser considerado a base de sustentação dos sistemas agrícolas. Assim, perdas nas suas propriedades, que reduzam a capacidade de sustentar o crescimento vegetal ou que impliquem riscos ambientais causam impactos negativos de grande significação para as comunidades rurais. Por outro lado, a melhoria do ambiente edáfico tem efeitos positivos sobre todo o ambiente, revestido de grande importância o conhecimento da qualidade do solo e sua quantificação via indicadores físicos, químicos e biológicos. A agregação e a compactação são dois processos importantes que também ocorrem nos solos agrícolas e que tem grande relação com a qualidade. Sua avaliação, por meio de indicadores associada a informações sobre o crescimento vegetal e aspectos ambientais, especialmente àqueles relacionados à erosão dos solos, podem ser úteis para o estabelecimento de uma agricultura sustentável (DORAN; PARKIN, 1994).

O conhecimento das características do solo é de grande importância para o planejamento das atividades humanas. Do ponto de vista ecológico, o solo representa o substrato que fornece os nutrientes e água que são essenciais para o desenvolvimento das plantas e animais que habitam o solo ou dependem diretamente dele. É no interior do solo e sobre ele que se desenvolve a maior parte da vida encontrada nos ecossistemas terrestres (LARSON; PIERCE, 1994).

O solo é ainda o suporte essencial da maioria das atividades humanas, como por exemplo, agricultura, indústria, urbanização e circulação, além de servir como matéria prima para a construção civil, como aterros, estradas, edificações e barragens. Assim, o solo é um recurso natural de relevante importância (CASTRO; CAMPOS, 2010).

No caso das atividades relacionadas à agricultura e meio ambiente, as principais funções do solo são: prover um meio para o crescimento vegetal e habitat para animais e microrganismos; regular o fluxo de água no ambiente; e, servir como um “tampão ambiental” na atenuação e degradação de compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente (LARSON; PIERCE, 1994).

O solo é um recurso finito, limitado e não renovável, face às suas taxas de degradação potencialmente rápidas, que têm aumentado nas últimas décadas (pela pressão crescente das atividades humanas) em relação às suas taxas de formação e regeneração extremamente lentas. A formação de uma camada de solo de 30 cm leva de 1.000 a 10.000 anos para se completar (HABERLI et al., 1991).

Devido ao crescimento populacional, o manejo intensivo do solo, a monocultura e o uso de pesticidas e fertilizantes tornaram-se práticas comuns para o aumento da produção agrícola. A utilização destas práticas tem ocasionado perda de matéria orgânica do solo,

erosão, contaminação das águas subterrâneas, além dos prejuízos a microbiota e seus processos bioquímicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

3.2 COMPONENTES DO SOLO

O solo é um corpo natural composto por sólidos, líquidos e gases e que se origina das transformações das rochas e de materiais orgânicos (ZIMBACK, 2003). Entre os principais componentes do solo, Araújo e Monteiro (2007) citam que estão inclusos os minerais inorgânicos e partículas de areia, silte e argila, formas estáveis de matéria orgânica derivadas da decomposição pela biota do solo, e a própria biota, composta por minhocas, fungos, bactérias, algas e nematóides.

3.2.1 Componentes sólidos

Segundo Zimback (2003) os componentes sólidos do solo são representados pela Matéria Mineral e pela Matéria Orgânica.

3.2.1.1 Matéria Mineral

A matéria mineral do solo é representada pelos minerais constituintes do material de origem do solo, e pelos minerais formados como resultado do seu intemperismo. Tais minerais possuem dimensões variadas, sendo classificados em função desse tamanho. Os minerais que constituíam o material de origem e que passam para o solo sem sofrer alterações são denominados minerais primários, enquanto que os minerais neoformados, produtos do intemperismo, são denominados minerais secundários. Dentre os minerais secundários destacam-se os minerais de argila, os quais, por apresentarem cargas elétricas na superfície, assumem uma importância muito grande no que se refere ao armazenamento de cátions e ânions, nutrientes das plantas. Estes minerais não estão dispostos no solo uns sobre os outros, mas encontram-se agregados por agentes cimentantes, gerando, desta forma, um volume bastante grande de poros.

3.2.1.2 Matéria Orgânica

A matéria orgânica é representada pelos restos animais (excrementos e carcaças) e restos vegetais (folhas, galhos, raízes mortas e restos de cultura) em todos seus estágios de decomposição, sendo que os restos vegetais têm um significado muito maior como fonte de matéria orgânica para o solo. A matéria orgânica encontra-se principalmente na camada superficial do solo, e seu teor pode sofrer um acréscimo em função da adição feita pelo homem. A matéria orgânica decompõe-se até constituir o húmus, que é a matéria orgânica na forma coloidal, com características benéficas, que atribui ao solo uma coloração mais escura. No clima tropical, a matéria orgânica decompõe-se rapidamente, porém, de uma maneira geral, seu teor não sofre muita alteração, uma vez que, enquanto ela sofre decomposição, mais matéria orgânica é adicionada ao solo. Em solos agrícolas o teor de matéria orgânica varia de 2 a 3% em peso, porém quando os valores são muito altos (acima de 30%), o solo é considerado solo orgânico. A matéria orgânica coloidal (húmus) possui propriedades físicas e químicas próprias, e propiciam ao solo uma melhoria em suas propriedades físicas (estruturação, porosidade e, retenção de água.) e químicas (aumenta a retenção de nutrientes e fornece nutrientes ao solo.).

3.2.2 Componente líquido

O componente líquido do solo é a água do solo que fica retida nos microporos e é drenada para as camadas mais profundas, pela ação da gravidade, porém na realidade trata-se de uma solução, uma vez que a água contém minerais (cátions e ânions) dissolvidos, e essa água juntamente com os minerais serão absorvidos pelas plantas. A água do solo esta retida a tensões variáveis, porém, quando os valores de tensão são muito elevados, mesmo existindo água no solo a mesma não pode ser absorvida pelas plantas, que murcham, às vezes de maneira irreversível (ZIMBACK, 2003).

3.2.3 Componente gasoso

O componente gasoso do solo é o ar, que possui a mesma composição qualitativa do ar atmosférico (possui os mesmos componentes), porém difere quantitativamente, possuindo teores mais elevados de dióxido de carbono (CO_2) e teores mais baixos de oxigênio (O_2), visto que os organismos do solo respiram, consumindo oxigênio e liberando dióxido de carbono.

Processos naturais, como variações na pressão barométrica e de temperatura, chuvas, etc., promovem a renovação do ar do solo, propiciando sempre um bom suprimento de oxigênio para as raízes das plantas (ZIMBACK, 2003).

3.3 FATORES DE FORMAÇÃO DO SOLO

O solo é uma superfície inconsolidada que recebe as rochas e mantém a vida animal e vegetal da terra. É constituído de camadas que diferem pela natureza física, química, mineralógica e biológica, que se desenvolvem com o tempo sob influências do clima e da própria atividade biológica (VIEIRA, 1988). Ou seja, o processo de formação do solo está intimamente ligado à presença biológica de modo que esta pode influenciar as características químicas e físicas do solo.

Se um determinado volume de solo for avaliado, será observado que o mesmo é constituído de partículas sólidas, em íntimo contato entre si, e de espaços entre estas partículas. Estes espaços, denominados poros ou vazios, permitem a constatação de que o solo é um corpo poroso constituído de material sólido e de poros com dimensões variadas (ZIMBACK, 2003).

Um solo agrícola ideal, na sua camada arável, deve ser constituído de 50% de material sólido e 50% de poros. O material sólido deve ser constituído de 45% de material mineral e 5% de matéria orgânica, e os poros devem ser constituídos de 25% para armazenamento de água e 25% para aeração. (ZIMBACK, 2003).

Os fatores de formação de solos se combinam em tipos e intensidade diferentes para compor os diversos processos de formação de solos. Estes fatores de formação de solos são: material de origem (rocha matriz), clima, organismos, relevo e tempo. Portanto, o solo é função do clima, biosfera, rocha matriz, relevo e tempo. Podendo ser expresso pela equação: **Solo** = f (clima, biosfera, rocha matriz, relevo e tempo).

3.3.1 Material de origem

Vem a ser o material que dá origem ao solo, podendo ser constituído de rochas (magmáticas, metamórficas e sedimentares), sedimentos e material de decomposição de rochas transportada. Vários minerais constituintes do material de origem permanecem inalterados, enquanto outros sofrem decomposição, por ação química, transformando-se em

minerais extremamente úteis no solo, e liberando cátions e ânions que poderão ser absorvidos pelas plantas. Materiais de origem diferentes darão origem a solos diferentes, e mesmo material de origem podem dar origem a solos iguais ou a solos diferentes, de acordo com os outros fatores de formação de solos (ZIMBACK, 2003).

A natureza do solo está diretamente relacionada ao clima e a topografia, mas também é ditada pelas características da rocha matriz. É ela que pela decomposição e desintegração de seus elementos, fornece a matéria-prima à formação do solo e por isso deve constituir um fator importante na determinação de suas qualidades (VIEIRA, 1988).

A rocha matriz não é somente considerada a fornecedora de material. Além de sua influencia sobre o teor de elementos químicos capazes de ser usada pelas plantas, ela possui o papel de, através de seus fragmentos minerais não decompostos, servir de reserva, constituir, por conseguinte, uma riqueza potencial em elementos nutritivos. Esse fato é de grande importância para os solos da Amazônia, pois as condições climáticas brasileiras agem de modo bastante intenso na intemperização das rochas. Por esta razão, as reservas minerais do solo são rapidamente mobilizadas, tornando-se em curto espaço de tempo, capazes de serem assimiladas ou lixiviadas (VIEIRA, 1988).

3.3.2 - O clima

O clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos (temperatura, precipitação pluviométrica, ventos, déficit de saturação – água excedente ou gravitacional). A temperatura exerce sua influencia sobre a evolução do solo. Sua ação se inicia com a alteração das rochas, continua com a transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, afeta a dinâmica da formação do meio e ademais influencia sobre as reações químicas, seja acelerando-as ou retardando-as (ANDRADE, 1995).

3.3.3 Organismos

Compreendem os vegetais, animais, bactérias, fungos, líquens, os quais têm influencias dinâmicas nos processos de formação do solo. Estes organismos exercem ações físicas e químicas sobre o material de origem, e continuam a atuar no perfil do solo. Estas ações podem ser classificadas como conservadoras e transformadoras. Ações conservadoras são, por exemplo, a interceptação da chuva pela parte aérea dos vegetais, o sombreamento da superfície (diminuindo a amplitude térmica), assim como a retenção de solo pelas raízes das

plantas. Entre as ações transformadoras se destacam a ação dos organismos no intemperismo físico e químico das rochas, a mobilização de sólidos (minerais e orgânicos) por animais, e a reciclagem de nutrientes e incorporação de matéria orgânica pelos vegetais (MUGGLER et al., 2005).

Os organismos influenciam na formação do solo, considerando-se que são fornecedores de matéria orgânica, bem como contribuem com determinados compostos orgânicos que podem promover diferenciação entre alguns solos (ZIMBACK, 2003)

3.3.4 Relevô

O relevô é o fator de formação que controla a distribuição de massa e energia, tornando possível diferenciar na paisagem superfícies de erosão, de deposição e, ainda, superfícies que resultam da ação combinadas de tais processos. Dessa forma, admite-se a existência de uma associação regular entre os diferentes tipos de solos e as posições que ocupam na paisagem, caracterizando topossequências (GUERRA; BOTELHO, 1996).

A inclinação, comprimento, orientação das encostas e posição topográfica são as características do relevô que influenciam diretamente na formação do perfil do solo. Assim, por exemplo, solos desenvolvidos em áreas planas tendem a ser mais profundos do que aqueles desenvolvidos em encostas íngremes (GUERRA; BOTELHO, 1996).

O relevô influencia o solo resultante condicionando a penetração de água no solo, e com isso interferindo na intensidade de intemperismo. Em áreas planas, na parte alta do relevô ocorre penetração de grande quantidade de água, com pequena formação de enxurrada, ocasionando uma lixiviação interna bastante grande, com a formação de solos profundos, altamente intemperizados, bastante ácidos e pobres em nutrientes. Em áreas declivosas, a penetração de água é menor, com formação de mais enxurrada, ocasionando uma lixiviação menos intensa, e formando solos mais rasos, menos intemperizados, menos ácidos e com mais nutrientes. Nas áreas de baixada, ocorre ganho de material, seja por meio da enxurrada, seja através do lençol freático, sem ocorrência de lixiviação, formando solos rasos, não muito intemperizados, porém não muito ácidos e normalmente ricos em nutrientes (ZIMBACK, 2003).

3.3.5 Tempo

Dentre os fatores de formação do solo, o tempo é o mais passivo, pois não adiciona material e nem gera energia. Contudo, o estado de sistema no solo não é estático, varia com o tempo (ANDRADE, 1995).

O tempo é um fator determinante na formação de solo, uma vez que essa formação é resultado de reações químicas, bem como da ação das forças físicas de atração de partículas, que demandam tempo para se manifestarem. Certas reações demandam mais tempo que outras, fazendo com que haja solos que demoram mais tempo para atingirem seu ponto de equilíbrio. (ZIMBACK, 2003).

3.4 PROCESSOS DE FORMAÇÃO DO SOLO

São processos que produzem as modificações que ocorrem no solo devido à atuação dos fatores de formação do solo. Ele é dividido em: adição ou remoção; perda; transformação e, translocação. A ação mais ou menos pronunciada de um ou mais desses processos gerais conduz aos chamados processos específicos de formação do solo. O processo de formação do solo é chamado de intemperismo, ou seja, são fenômenos físicos, químicos e biológicos que agem sobre a rocha e conduzem à formação de partículas não consolidadas (MORAES et al., 2006).

O intemperismo físico segundo Moraes et al. (2006) promove a modificação das propriedades físicas das rochas (morfologia, resistência e textura) através da desagregação ou separação dos grãos minerais antes coesos, acarretando o aumento da superfície das partículas, mas não modificando sua estrutura. Sua atuação é acentuada em virtude de mudanças bruscas de temperatura. Ciclos de aquecimento e resfriamento dão origem a tensões que conduzem a formação de fissuras nas rochas assim desagregando-as. A mudança cíclica de umidade também pode causar expansão e contração. Espécies vegetais de raízes profundas, ao penetrarem nos vazios existentes, também provocam aumento das fendas, deslocamento de blocos de rochas e desagregação.

O intemperismo químico ocorre quando estratos geológicos são expostos à águas correntes providas de compostos que reagem com os componentes minerais das rochas e alteram significativamente sua constituição, que provoca o acréscimo de hidrogênio (hidratação), oxigênio (oxigenação) ou carbono e oxigênio (carbonatação) em minerais que

antes não continham nenhum desses elementos. Este tipo de intemperismo é mais comum em climas tropicais úmidos. O intemperismo biológico é caracterizado por rochas que perdem alguns de seus nutrientes essenciais para organismos vivos e plantas que crescem em sua superfície (MORAES et al., 2006).

Os processos de formação de solos (Figura 1) são o resultado da combinação dos fatores de formação, e são os seguintes: Adição, Perda, Transporte e, Transformação (MUGGLER et al., 2005).

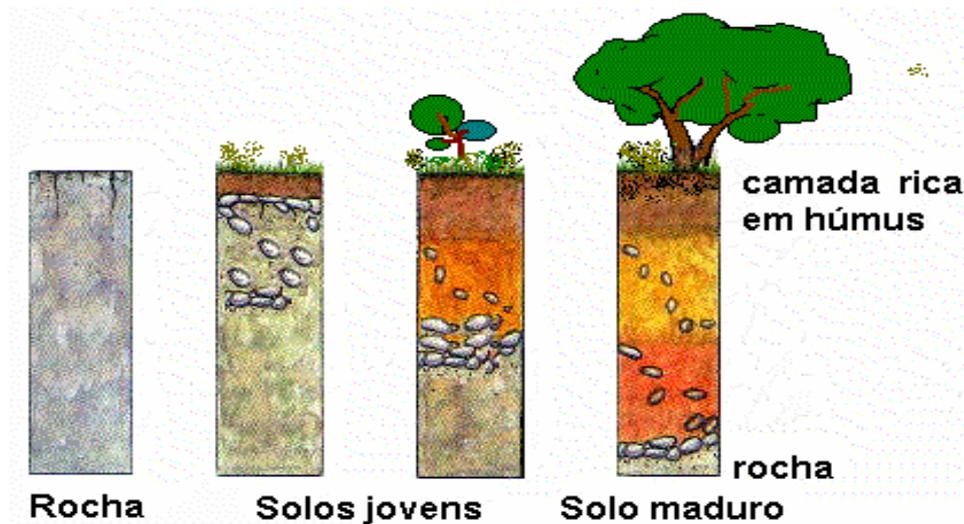


Figura 1. Processo de formação de solos
Fonte. Moraes et al. (2006).

3.4.1 Adição

Compreende qualquer contribuição externa ao perfil do solo. Entre estas se consideram a adição de matéria orgânica (restos orgânicos de animais e vegetais), poeiras e cinzas trazidas pelo vento, materiais depositados tanto por enchentes como por movimentos de massa nas encostas, gases que entram por difusão nos poros do solo (CO_2 , O_2 , N_2), adubos, corretivos, agrotóxicos e, adição de solutos pela chuva (MUGGLER et al., 2005).

3.4.2 Perda

Diz respeito a tudo o que sai do corpo do solo, seja pela erosão, pelas queimadas (pela superfície) ou pela lixiviação (em profundidade) (MUGGLER et al., 2005).

3.4.3 - Transporte

Diz respeito a tudo o que é transportado dentro do corpo do solo, por processos seletivos (migração de argila.), ou por processos não seletivos (transporte por formigas e cupins.) (MUGGLER et al., 2005).

3.4.4 - Transformação

Segundo Muggler et al. (2005) são processos que consistem na transformação física, química ou biológica dos constituintes do solo, envolvendo síntese e decomposição são:

Transformações físicas incluem quebras de minerais e rochas, umedecimento e secagem do solo com quebra de agregados, com pressão provocada pelo crescimento de raízes.

Transformações químicas consistem dos processos de intemperismo químico já conhecido, assim como a neoformação de minerais da fração argila do solo

3.5 PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO DO SOLO

Áreas degradadas são tipicamente caracterizadas por solos pobres, erodidos, com instabilidade hidrológica, produtividade reduzida, pouca diversidade biológica e alteração das características físicas e químicas (DORAN; PARKIN, 1994).

A degradação de ambientes naturais é visto como um dos grandes problemas na atualidade, este ocorre devido à caminhada predatória para o desenvolvimento, facilitando em grandes perdas da diversidade natural do meio (MANTOVONI et al., 1998).

Uma área pode ser considerada degradada quando a vegetação, a fauna e a camada fértil do solo são destruídas, ou seja, quando houver alterações físicas, químicas e biológicas de forma a prejudicar o meio ambiente e o potencial sócio econômico da área (IBAMA, 1990).

A remoção dos horizontes superficiais do solo é considerada um dos pontos mais críticos da degradação de áreas, devido aos problemas causados na estrutura e na atividade biológica do solo (HENTZ, 2007).

Segundo Oldeman (1994) e IBAMA (1990), os fatores de degradação do solo são: Atividade agrícola, incluindo ampla variedade de práticas agrícolas, como o uso insuficiente

ou excessivo de fertilizantes, e o uso de água de irrigação de baixa qualidade; uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo; exploração intensa de vegetação para fins domésticos, como combustíveis, cercas, etc., expondo o solo à ação dos agentes de erosão; atividades industriais ou bioindustriais que causam a poluição do solo; desmatamento ou remoção da vegetação para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e, urbanismo; pecuária.

Nesse contexto, a agricultura e, as atividades extrativistas e, a mineração mexe com grandes extensões territoriais, influenciando sobre complexos nichos ecológicos e na cadeia alimentar de diversos indivíduos, em razão da retirada da vegetação natural e consequente quebra do equilíbrio para estabelecimento de um novo sistema. É possível então perceber, que somente o uso de práticas conservacionistas por si só não serão suficientes para saber se há otimização ou não na utilização do solo. É essencial que se disponha de parâmetros de sustentabilidade, e que esses parâmetros funcionem paralelamente e sejam termômetros de avaliação, quantificando e indicando o grau de conservação de dado sistema (OLIVEIRA, 2010).

No solo brasileiro os principais processos de degradação segundo o IBAMA (1990) são: desmatamento e atividades agrícolas. Outras atividades com impactos significativos são as obras de engenharia e a extração mineral. Fatores decisivos para o estabelecimento da degradação são: manejo inadequado dos solos agrícolas; desconhecimento de práticas conservacionistas; falta de recursos para aquisição de insumos; ausência de planejamento a médio e longo prazo e; maior pressão pelo uso do solo, aliado a maior demanda de alimentos.

Segundo Blum (1988), a degradação do solo é a deterioração da qualidade desse compartimento ambiental, ou em outras palavras, a perda parcial ou completa de uma ou mais funções do solo. De acordo com Van Lynden (2000), essas funções podem ser separadas em dois grupos, sendo eles: funções ecológicas e; funções mais relacionadas às atividades humanas.

Funções ecológicas:

1 – Produção de biomassa: solo como agente supridor de nutrientes, ar e água, meio de suporte para raízes, produtor de matéria vegetal e energia renovável, depósito de materiais em decomposição e características naturais (exemplo: florestas representam um importante habitat para muitas espécies).

2 – Funções de filtragem, tamponamento (proteção), armazenamento e transformação: por exemplo, como tampão e armazenador da água da chuva, além de proteção contra contaminantes (tamponamento, filtragem e retenção).

3 – Habitat biológico e reserva genética: flora e fauna no solo nem sempre são tão aparentes e espetaculares como a vida no topo dele (superfície), mas elas são também certamente ricas e indispensáveis para as “espécies superficiais”.

Funções mais relacionadas às atividades humanas:

1 – Meio físico: as funções do solo como base espacial para estruturas técnicas e industriais e atividades sócio-econômicas: edificações, rodovias e estradas de ferro, campos esportivos, áreas de recreação e, depósitos de lixo.

2 – Fonte de materiais naturais: água, cascalho, areia e minerais.

3 – Herança geogênica e cultural: solos formam parte da paisagem e então possuem importantes informações geológicas e geomorfológicas. Eles também preservam informações históricas na forma de materiais arqueológicos e paleontológicos.

A degradação pode-se dar segundo Guedes (2008) devido à presença de uma larga gama de atividades humanas. A atividade industrial, mineradora e agropecuária (irrigação e inundação com águas poluídas, tratamento de solos com fertilizantes artificiais e agrotóxicos), transporte (via deposição do material particulado originado da queima de combustíveis fósseis), queimadas, impermeabilização (asfaltamento e aplicação de cimento), movimentos de terra (escavações e aterros), lançamento de resíduos sólidos (lixo), disposição de esgotos no solo (fossas negras) e disposição de biossólidos também constituem importantes fontes de degradação. Essas atividades constituem fontes de degradação, mas nem todas constituem fontes de poluição e/ou contaminação dos solos.

Existem fontes de degradação física e química. De modo geral, as fontes de degradação física alteram aspectos como a estrutura e todas as características a ela associada. O resultado mais comum é o aumento da erosão dos solos com conseqüente perda da camada de fertilidade e aumento da perda de C orgânico do solo, além de redução da capacidade de infiltração de água no solo. Já a degradação química está ligada a alterações nas características químicas do solo, nesse ponto a perda de fertilidade dos solos pode acontecer devido a processos físicos como anteriormente citados. Porém, o aspecto mais discutido nos dias de hoje estão relacionados à alterações químicas provocados pela entrada de contaminantes e/ou poluentes nos solos (GUEDES, 2008).

3.6 PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DO SOLO

A recuperação de áreas degradadas segundo Braga et al. (1996) pode ser conceituado como um conjunto de ações idealizadas e executadas por especialistas das mais diferentes áreas do conhecimento humano, que visam restabelecer condições de equilíbrio e sustentabilidade existentes anteriormente em um sistema natural. Na natureza as exigências de recuperação variam de acordo com o impacto sofrido na área, sempre compreendendo a revegetação e a proteção dos recursos hídricos.

Do ponto de vista legal, a necessidade de recuperação ambiental de áreas degradadas é contemplada e disciplinada por uma série de dispositivos federais, estaduais e municipais (MURGEL et al., 1992).

Um solo saudável pode sofrer degradação devido a ação do homem e /ou ações naturais (clima), e aparentemente ser algo irreversível. No entanto, muitas formas de degradação podem ser remediadas através da reconstrução cuidadosa da saúde do solo (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005).

A degradação da condição natural do solo é demasiadamente séria, as medidas de recuperação, e os processos de formação e regeneração do solo são muito lentos, existindo chances das técnicas não contemplarem as expectativas (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005).

As áreas degradadas podem ser reabilitadas ou restauradas. A reabilitação do ambiente degradado visa à recuperação de uma ou mais funções do ambiente, tanto econômica quanto ambiental. A restauração se refere à recuperação da estrutura, da dinâmica e das interações biológicas originais do ambiente. Antes da reabilitação, é necessário detectar o nível de degradação do local e definir o nível de recuperação a ser alcançado (ENGEL; PARROTA, 2003). As relações entre os componentes: solo (substrato), espécies vegetais a serem implantadas, a microbiota, a meso e a macro fauna devem ser avaliadas, considerando-se a íntima relação entre eles em uma visão holística.

A recuperação de áreas degradadas pode ser definida como um processo de reversão dessas áreas em terras produtivas e auto-sustentáveis, de acordo com uma proposta preestabelecida de uso do solo (IBAMA, 1990), podendo chegar ao nível de uma recuperação de processos biológicos – sendo assim chamada "reabilitação" –, ou mesmo aproximar-se muito da estrutura ecológica original – "restauração".

3.6.1 Recuperação

A recuperação se dá através da definição de um plano que considera os aspectos ambientais, estéticos e sociais, de acordo com a destinação que se pretende dar a área, permitindo um novo equilíbrio ecológico.

Para o IBAMA (1990), a recuperação significa que o sítio degradado será retornado a uma forma e utilização de acordo com o plano pré-estabelecido para o uso do solo. Significa que o sítio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

A regeneração natural constitui a forma de recuperação menos onerosa, e pode resultar tanto num regime de sucessão vegetacional adequado, como acentuar o estado de degradação, de acordo com os condicionantes do meio físico (SANCHEZ, 2003).

3.6.2 Restauração

Restaurar um ambiente degradado é repor exatamente ao que era antes da alteração. A restauração de um ecossistema é extremamente difícil, especialmente, devido aos gastos. Além disso, a restauração é algo inatingível e ou improvável, principalmente quando o ambiente foi degradado por atividades intensamente impactantes (CORRÊA, 2005).

As metas da restauração podem ser alcançadas a curto, médio e longo prazo. Em curto prazo referem-se aos estudos ambientais para controle da erosão, melhoria da fertilidade e qualidade do solo, estabilização do ciclo hidrológico, benefícios ao homem e melhoria na qualidade de vida. Em médio prazo proporciona o aumento da biodiversidade e o restabelecimento de algumas espécies. No entanto, os melhores resultados da sustentabilidade só podem ser alcançados em longo prazo (ENGEL; PARROTA, 2003).

3.6.3 Reabilitação

Segundo Corrêa (2005) reabilitar uma área degradada significa torná-la produtiva, proporcionando um retorno biológico adequado. Para Primack; Rodrigues (2002) reabilitação é recuperar algumas espécies e o equilíbrio da área, por exemplo, o solo torna-se novamente capaz de realizar processo de infiltração de águas pluviais.

Conforme Castro (1998), reabilitar uma área degradada não é somente uma formalidade legal, mas uma obrigação do responsável pela degradação. Algumas atividades,

permitidas por lei, como por exemplo, as minerações de argila são obrigadas a realizar a reposição da área, não necessariamente restituir a área ao seu estado original, mas, reverter o estado de degradação para uma situação de normalidade e equilíbrio.

3.6.4 Remediação

Quanto à remediação, esta se refere a ações e tecnologias que visam eliminar, neutralizar ou transformar, contaminantes presentes em subsuperfície (solo e águas subterrâneas).

A importância da revegetação na área degradada será evitar o surgimento de processos erosivos e a redução da biodiversidade das espécies, além da instabilidade do solo, principalmente nas saias de talude, e promover a ampliação da cobertura florestal na propriedade, com o enriquecimento de espécies nativas, combatendo os efeitos antrópicos do desmatamento que vem ocorrendo com o passar do tempo das frações florestais (HENTZ, 2007).

A recuperação destas áreas degradadas deve ser fundamentada em três preocupações principais (ALMEIDA et al., 2009):

- 1- Estabelecer as ações de recuperação, sempre atentando para o potencial de auto-recuperação ainda existente nas próprias áreas degradadas, ou que possam ser fornecidas pelos ecossistemas do entorno, aspectos definidos pelo histórico de degradação da área e pelas características do local.
- 2- Deve resultar na formação da cobertura vegetal recompondo uma área com elevada diversidade florestal, garantindo assim a perpetuação dessas iniciativas e, portanto, a restauração da diversidade local.
- 3- Todas as ações devem ser planejadas de forma a se constituir numa recuperação espontânea após o enriquecimento da área, incorporando o componente ambiental na estrutura de decisão desse empreendimento, inibindo assim que outras ações de degradação venham a surgir.

3.7 EXTRAÇÃO MINERAL NA AMAZÔNIA

Segundo Marini (2007), é importante distinguir mineração empresarial de garimpagem. A primeira é oficial, autorizada pelo governo, têm endereço e responsabilidades jurídicas e financeiras, paga os impostos, contrata oficialmente seus funcionários, obedece à

legislação ambiental, assume responsabilidades com a saúde e educação, cria infra-estrutura viária, energética e de comunicação obedecendo às legislações e normas dos governos Federal, estadual e municipal, e assume compromisso ambiental durante a lavra, a restauração ambiental e indenizações por ocasião do fechamento da mina. A garimpagem, salvo raras exceções, é atividade ilegal, sem dono, sem endereço, sem responsabilidade jurídica ou financeira, não paga impostos, não assina carteiras de trabalho, não assume compromisso com a saúde e educação dos garimpeiros, é disseminadora de doenças (dengue, malária) cria infraestrutura de baixa qualidade fora dos padrões oficiais, não obedece à legislação ou norma oficial alguma, não assume compromisso algum com o meio ambiente, provoca fortes danos ambientais físicos e químicos durante e após a exploração mineral, e não assume compromisso com a reparação ambiental após o abandono do garimpo.

3.7.1 A importância sócio-econômica da mineração

A mineração é uma atividade de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social do país. Por outro lado, é considerada como uma das maiores responsáveis pela degradação ao meio ambiente, sendo as pequenas minerações apontadas como as responsáveis pela maioria dos danos ambientais. Isso tudo porque utiliza tecnologias rudimentares de exploração (SOUZA, 2009).

O perfil do setor de mineração brasileiro é composto por 95% de pequenas e médias atividades de mineração. A extração de minerais utilizados na construção civil está distribuída regionalmente com 4% no norte, 8% no centro-oeste, 13% no nordeste, 21% no sul e 54% no sudeste. Estima-se que em 1992 existiam em torno de 16.528 pequenas empresas, com produção mineral de U\$\$ 1,98 bilhões, em geral atuando em regiões metropolitanas na extração de material para a construção civil (BARRETO, 2001). Entretanto, o cálculo do número de empreendimentos de pequeno porte é uma empreitada complexa devido ao grande número de empresas que produzem na informalidade, aliada as paralisações frequentes das atividades, que distorcem as estatísticas (REIS et al., 2005).

Segundo Santos (2002) a Amazônia corresponde a uma das maiores regiões da Terra - ainda desconhecida- com potencialidade para a descoberta de bens minerais. Os primeiros empreendimentos, na década de 1960, tinham como diretriz básica a busca do desconhecido. Apesar das limitações ainda existentes ao conhecimento do seu subsolo, as pesquisas geológicas das últimas décadas revelaram uma considerável variedade de ambientes

geológicos, com potencialidade para depósitos minerais, desde os utilizados intensivamente pela indústria moderna até os mais valiosos.

3.7.2 Impactos ambientais causados pela mineração

Os impactos provocados pela mineração têm sido classificados segundo Brum (2000), como: a) Impacto Visual; b) Impacto pela Poluição das Águas; c) Impacto pela Poluição do Ar; d) Impacto Relativo aos Ruídos e, e) Impacto Relativo às Vibrações.

a) Impacto Visual

Geralmente, em virtude da extração do minério e disposição dos resíduos, há um impacto visual que pode ser suavizado com adoção de certas técnicas disponíveis, tais como:

- Cortina arbórea: sistema de vegetação que, se plantado adequadamente, confina a região minerada e protege o meio ambiente dos fatores poluentes relativos a poeiras e ruídos;
- Bancos: anteparos artificiais. Na sua construção, são utilizados materiais provenientes da mina, como o próprio estéril que, disposto adequadamente, atenua a agressividade da paisagem da área em mineração;
- Perfil topográfico: adequação da linha do horizonte da cumieira da terra de onde foi extraído o minério a fim de harmonizá-la com a parte não minerada.

b) Impacto pela Poluição das Águas

A atividade de mineração é potencialmente poluidora e contribui para a poluição dos seguintes parâmetros de qualidade das águas:

- Orgânico: proveniente dos esgotos do sistema de apoio das atividades, tais como vilas, residências e, escritórios.
- Óleos/detergentes: proveniente das oficinas, máquinas e, caminhões.
- Cianeto/mercúrio: provindos do beneficiamento dos minérios de ouro;
- Águas ácidas e/ou alcalinas: os efluentes ácidos são comuns em certos tipos de minerações, como no caso dos minerais sulfetados, e é possível encontrá-los nas redes de drenagem água com pH variando de 2 a 6,5. Quanto aos efluentes alcalinos, mais raros, são encontrados nas minas de calcário, fábricas de cimentos, usinas de concreto;

- Metais pesados: essa categoria abrange cobre, chumbo, zinco, cádmio, cromo, arsênio, mercúrio, vanádio, berilo, bário e manganês. As águas que contêm esses elementos são provenientes, quase sempre, de sistemas de beneficiamento e concentração de minerais metálicos e apresentam um agravante quando contaminadas com efluentes de drenagem ácida, como as águas das minas de carvão;
- Sólidos dissolvidos: são comuns os efluentes das minerações conterem altos níveis de sólidos dissolvidos, tais como cloretos, nitratos, fosfatos ou sulfatos de sódio, calcário, magnésio, ferro e manganês. As maiores fontes de dissolução são as próprias rochas; mas os nitratos podem ser provenientes de explosivos inativos;
- Reagentes orgânicos: encontrados nos efluentes do beneficiamento, quando a concentração emprega processos como a flotação, que utiliza coletores, modificadores e espumantes;
- Cor: certos elementos têm a característica de alterar a cor da água, o hidróxido de ferro, por exemplo, que empresta coloração vermelha aos efluentes das minerações de ferro;
- Sólidos em suspensão: materiais inertes proveniente das minerações, e sólidos orgânicos provenientes, por exemplo, das minerações de carvão;
- Turbidez: está diretamente relacionada à quantidade de sólidos em suspensão, colóides e partículas finas em suspensão na água;
- Radioatividade: a ocorrência de radioatividade é verificada principalmente nas barragens de rejeitos das minas de urânio;
- Eutrofização: é o processo de enriquecimento artificial de nutrientes, contidos nos efluentes, fosfatos e nitratos, provenientes de determinadas minas. Esses efluentes permitem a reprodução de certos organismos que podem se tornar nocivos, como as algas, por exemplo;
- Desoxigenação: os organismos vivos e aquáticos requerem oxigênio, dissolvido na água, para sua respiração e sobrevivência. São eles: OD - Oxigênio dissolvido na água; DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio, isto é, restos orgânicos consomem o oxigênio dissolvido (OD) durante sua decomposição e, DQO - Demanda química de oxigênio, é outro processo de consumo de oxigênio por causa da oxidação química, ocorrência comum quando envolve minerais sulfetados.

c) Impacto pela Poluição do Ar

Na mineração, existem duas fontes principais de poluição do ar: São elas:

- Poluição por particulados: produzidos em virtude da detonação de rochas, movimentação de caminhões e máquinas, ação de ventos nas frentes de lavra, britagem e moagem por ocasião da etapa de beneficiamento dos minérios;
- Poluentes gasosos: os principais poluentes gasosos são: CO, NOx, SOx, geralmente provenientes da combustão de óleos combustíveis.

d) Impacto Relativo aos Ruídos

As fontes de ruídos existentes nas minerações são várias: detonações, compressores, britadores, moinhos, bombas, locomotivas, tratores, caminhões, ventiladores e, exaustores.

e) Impacto Relativo às Vibrações

As principais fontes de vibração são as detonações para desmonte de rochas. Outras fontes de menor intensidade são os britadores, máquinas pesadas de terraplanagem e, peneiras vibratórias.

3.8 ATIVIDADE CERAMISTA

O termo argila permite vários conceitos subjetivos e interpretativos, tornando-o, de certa forma, indefinível e com vários sentidos. Os vários conceitos de argila são função da formação profissional, técnica ou científica dos que por ela se interessam (geólogos, pedólogos, agrônomos, químicos e, ceramistas). O termo argila representa para um ceramista um material natural que quando misturado com água se converte numa pasta plástica, que pode ser moldado e transformado em utensílios (MEIRA, 2001).

Segundo Meira (2001) o conceito de argila que reúne aceitação mais geral, considera a argila como sendo um produto natural, terroso, constituído por componentes de grão muito fino, entre os quais se destacam, por serem fundamentais, os minerais argilosos. Este produto natural desenvolve quase sempre, plasticidade em meio úmido e endurece depois de seco e, mais ainda, depois de assado.

No Brasil, há mais de 2000 anos, antes mesmo da sua “descoberta” pelos portugueses, já existia a atividade de fabricação de cerâmicas, representada por potes, baixelas e outros artefatos cerâmicos (SEBRAE, 2008).

A cerâmica mais elaborada foi encontrada na Ilha de Marajó; do tipo marajoara, tem sua origem na avançada cultura indígena da Ilha. Entretanto, estudos arqueológicos indicam que a presença de uma cerâmica mais simples ocorreu na região amazônica há mais de 5000 anos (SEBRAE, 2008).

No que se refere à cerâmica vermelha, as escassas e imprecisas informações referem-se à utilização no período Colonial, a partir de técnicas de produção rudimentares introduzidas pelos jesuítas, que necessitavam de tijolos para construção de colégios e conventos. A partir de 1549, com a chegada de Tomé de Sousa ao país, é estimulada a produção material de construção para o desenvolvimento de cidades mais bem planejadas e elaboradas.

Em 1575 há indícios do uso de telhas na formação da vila que viria a ser a cidade de São Paulo-SP. A partir desse estímulo que começa a se desenvolver a atividade ceramista de forma mais intensa, sendo as olarias o marco inicial da indústria em São Paulo. Com maior concentração nas últimas décadas do século XIX, a produção nas olarias se dava por meio de processos manuais, e em pequenos estabelecimentos, e tinham como produto final tijolos, telhas, tubos, manilhas, vasos, potes e moringas, os quais eram comercializados localmente (SEBRAE, 2008).

No que se refere à matéria-prima, o setor de cerâmica vermelha utiliza basicamente argila comum, em que a massa é tipo mono componente (só argila), e pode ser denominada de simples ou natural. A obtenção da massa é obtida, em geral, com base na experiência acumulada, visando uma composição ideal de plasticidade e fusibilidade, facilitando o manuseio e propiciando resistência mecânica na queima (SEBRAE, 2008).

As argilas de queima vermelha ou argilas comuns são as que mais se destacam entre as substâncias minerais, em função do volume de produção e do maior consumo, sendo especialmente utilizadas na produção de cerâmica vermelha e de revestimento. Por se tratar de matérias-primas de baixo valor unitário, os produtores consideram inviável o transporte a grandes distâncias, condicionando a instalação de unidades industriais cerâmicas o mais próximo possível das jazidas (SEBRAE, 2008).

As reservas de argila para cerâmica vermelha são de grande porte e distribuem-se por praticamente todas as regiões do país, sendo que essa matéria-prima representa entre 40 a 50% das substâncias minerais produzidas no país.

De forma geral, a localização das cerâmicas é determinada por dois fatores principais: a proximidade das jazidas (em função do volume de matéria-prima processada e da necessidade de transporte desse grande volume e peso) e a proximidade dos mercados consumidores.

Conforme Bustamante e Bressiani (2000), assim é descrita a atividade e seus limitadores geográficos: Movimenta ao redor de 60.000.000 de toneladas de matérias primas ao ano, com reflexos nas vias de transportes, e no meio ambiente de lavra de argila. Seu raio médio de ação quanto ao envio dos produtos está nos 250 km, a partir do qual o transporte inviabiliza. Para as telhas o alcance é maior podendo alcançar 500 km havendo casos de 700 km para telhas especiais.

3.8.1 Normas para extração de areia, argila e saibro

Ficam estabelecidas as normas que disciplinam as atividades de extração, beneficiamento e transporte nos empreendimentos de mineração de areia em leito de rio, mineração de areia em cava, mineração de argila ou saibro em encostas (SOUZA 2009).

3.8.1.1 Normas Gerais

Deverá atender:

- Ao disposto no artigo 225, parágrafo 2º, da Constituição Federal de 1988, obrigando o minerador a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com as soluções técnicas constantes no presente termo;
- A lei de uso e ocupação do solo no município respectivo, no que diz respeito à localização do empreendimento minerário, nos termos disposto nos artigos 30 (VII) e 182 da Constituição Federal;
- As atividades de mineração deverão ocorrer durante o período diurno, entre 06 e 19 horas, salvo norma mais restritiva prevista em Lei Municipal;
- A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA 001/90, que dispõe sobre a poluição sonora;
- A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA 003, de 28 de junho de 1990, que dispõe sobre a poluição do ar;
- A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA 357/05 que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições padrões de lançamento de efluentes;

3.8.2 Medidas Genéricas de Controle Ambiental

- Proceder à umectação das vias de acesso (particulares ou públicas) durante o período de exploração;
- Impedir a dispersão de resíduos carregados por caminhões ao longo das vias públicas;
- No caso do minério ficar estocado, deverá o minerador fazê-lo fora da Área de Preservação Permanente (APP) adotando técnicas eficientes para impedir o escoamento do material para os rios ou outros corpos d'água;
- A área de transbordo definido como aquela que receberá o material oriundo do processo de drenagem, deverá situar-se a uma distância nunca inferior a 15 metros do corpo d'água, bem como não poderá servir como porto de estocagem de material, sendo que o minério ali depositado deverá ser imediatamente retirado após sua secagem e depositado no porto de estocagem localizado fora da área de APP do referido corpo d'água;
- Possuir sistema de contenção e separação de óleos e graxas da água quando este procedimento for realizado na área de extração, observando a Resolução CONAMA 357/05;
- Possuir bacia de decantação (caixa de coleta) de sedimentos espaçados ao longo das canaletas de águas pluviais, realizando limpezas periódicas. A bacia de decantação de finos deverá ser dimensionada de acordo com a granulometria e volume de material gerado;
- Priorizar a manutenção preventiva de máquinas e equipamentos;
- A troca de óleo lubrificante das dragas e embarcações de apoio deverá ser efetuada a margem do corpo d'água, se adotada as devidas precauções que impeçam seu derramamento e consequente poluição do local;
- Somente será permitido o transporte de combustível para abastecimento das dragas e embarcações de apoio, devendo realizar-se dentro de recipientes fechados impedindo-se o seu derramamento no corpo hídrico.

3.9 IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA EXTRAÇÃO DE ARGILA EM MARABÁ

A extração e o uso de minérios se destacam como uma das mais antigas interações do homem moderno com seu meio ambiente. Neste contexto, destacam-se os depósitos de argilo-minerais empregados, por exemplo, na construção civil e na confecção de uma infinidade de utensílios domésticos. A formação desses depósitos está relacionada, principalmente, a ambientes sedimentares aquáticos como rios, lagos, estuários e oceanos (SILVA; PEREIRA; COSTA, 2009).

Segundo Braga et al. (2007) a argila é considerada a parcela ativa da fração mineral por sediar os fenômenos de troca de íons.

Em zonas de alta pluviosidade, como é o caso da região de Marabá, os solos tendem a apresentar valores mais baixos do pH em consequência do processo de lixiviação das bases dos horizontes superiores, pela infiltração e percolação das águas, o que significa uma disponibilidade maior para ocorrência de elementos químicos (BRAGA, 2007), fator este que pode prover ou não o acontecimento de metais pesados na área de estudo.

O pólo cerâmico de Marabá é tido como o segundo maior centro de extração de argilas vermelhas do estado do Pará, sendo superado somente pelo pólo cerâmico de São Miguel do Guamá, na região nordeste do Pará. Os depósitos de argila estão todos localizados em regiões aluvionares recentes (Quaternário Holoceno) que margeiam os rios locais, em especial o Itacaiúnas, onde se encontram os maiores depósitos de argila do município. O volume de argila extraído anualmente no pólo cerâmico de Marabá é de 190.000 toneladas (OLIVEIRA, 2010).

Estes depósitos são constituídos de uma argila amarela esbranquiçada variando até um tom de cinza escura. São depósitos de grande extensão, cobertos por uma vegetação típica de planícies de inundações no período chuvoso, possuem boa localização, isto é, próximo ao mercado consumidor. O material encontrado nestes depósitos pode ser usado principalmente em cerâmica vermelha (tijolos e telhas) e cerâmica branca (ladrilhos e pisos) (OLIVEIRA, 2010).

Dentre todos os depósitos encontrados no Município de Marabá, os mais importantes foram estudados, destacando-se dois ao longo do rio Tocantins, oito ao longo do rio Itacaiúnas, um no rio Sororó. Todos fazem parte das faixas alongadas, do Quaternário Holoceno, que acompanham essas drenagens (OLIVEIRA, 2010).

A grande maioria dos depósitos de argila está localizada ao longo dos rios e pequenos córregos. Os depósitos em exploração são usados na fabricação da cerâmica vermelha (tijolos e telhas). Apesar dos processos rudimentares ainda empregados por inúmeras olarias locais, três delas se sobressaem nos processos mais modernos de fabricação de cerâmica vermelha, e a produção chega a suprir os mercados das cidades próximas (OLIVEIRA, 2010).

A maior parte das áreas onde são desempenhadas atividades de extração de argila em Marabá – PA encontra-se degradada. Fator este que não se difere da área de pesquisa, a qual também mostra um expressivo aspecto degradado com efetivo processo de erosão, arrancando partículas sólidas que são transportadas em suspensão através de escoamento superficial rápido para os rios. Vindo a comprometer diretamente tanto o solo, que possui função vital na ciclagem de nutrientes, quanto às bacias hidrográficas como, por exemplo, na área estudada: o rio Itacaiúnas (SOUZA, 2009).

A exploração de argila na cidade de Marabá tem causado uma série de impactos negativos ao meio físico. A descaracterização da paisagem que se dá com a abertura da frente de lavra configura impacto de monta, quase sempre o primeiro a ser notado nos empreendimentos de extração de argila. Não se trata apenas de um impacto visual, mas também de uma alteração de ordem geomorfológica expressa por modificações na morfologia e nos fluxos de matéria e energia vigentes no sistema topográficas locais, o que pode resultar em uma série de outras alterações indiretas, ocasionando modificações nos processos morfológicos vigentes, como mudanças de direções de fluxos das águas de escoamento superficial, determinando que áreas sob o domínio dos efeitos erosivos se convertam em ambientes de deposição e vice-versa (HENTZ, 2009).

Os materiais desprendidos durante o processo de extração tendem a se deslocarem pelas vertentes coletoras até atingirem o canal fluvial, causando assoreamento destes (exemplo que vem ocorrendo no Rio Itacaiúnas). O aumento da carga de fundo, em geral, repercute em um aumento da erosão marginal, uma vez que a drenagem tende a buscar seu perfil de equilíbrio através do alargamento do talvegue, num padrão geométrico mais apropriado para dar conta do transporte da massa imputada no sistema, por vezes incompatível com a sua competência (HENTZ, 2009).

Outro problema premente a ser levado em conta no planejamento de minas se refere ao transporte eólicos a que os materiais de pequeno tamanho são submetidos, propriedade esta intrínseca ao estéril da argila quando descompactado. As partículas podem, por vezes, ser transportadas a distâncias consideráveis, além da área de influência da mineração, ampliando assim a abrangência espacial dos impactos (HENTZ, 2009).

De acordo com Bauer (1989) a mineração como oportunidade de se cristalizar formas de paisagem, por vezes mais interessantes e produtivas que as originais, com possibilidade de trabalhar o solo para a habitação humana, o que pode ser obtido mediante ação junto às companhias de mineração.

As Cerâmicas Vermelhas instaladas no município de Marabá - PA, cujas atividades representam impactos para o meio ambiente, são pressionadas pelo governo, pela legislação e pela opinião pública a adotar medidas concretas de preservação e controle ambiental. Diante dessa realidade, a minimização dos impactos ambientais depende inicialmente da identificação dos principais problemas: causas, evolução, conseqüências e outros aspectos relacionados em um programa contínuo de monitoramento ambiental. Assim, pelo conhecimento da lógica e das especificidades dos problemas ambientais, torna-se possível definir ações verdadeiramente viáveis para reduzir os seus efeitos de modo significativo.

Áreas degradadas são tipicamente caracterizadas por solos pobres, erodidos, com instabilidade hidrológica, produtividade reduzida, pouca diversidade biológica e alteração das características físicas e químicas (SANCHES, 2001).

A remoção dos horizontes superficiais do solo é considerada um dos pontos mais críticos da degradação de áreas, devido aos problemas causados na estrutura e na atividade biológica do solo. A atividade de extração de argila implica na retirada da vegetação natural e intensa movimentação de solo, gerando em alguns casos buracos que contribuem para o distúrbio da área, além de promover com a retirada dos nutrientes, alta toxidez de metais no solo (SOUZA, 2009).

Devido à proximidade com os recursos hídricos, essas áreas são atingidas pela cheia dos rios, caracterizando a área como sendo Área de Preservação Permanente (APP), segundo a Resolução nº303/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Conseqüentemente, as atividades acarretam alguns impactos ambientais como: desmatamento e degradação de áreas pela retirada da argila gerando problemas como erosão e assoreamento dos recursos hídricos próximos da área de extração. Entretanto, geram vantagens para a sociedade Marabaense em indicadores sociais com a geração de emprego e distribuição de renda, além de contribuir para o Município no pagamento de impostos e fortalecimento da economia local (SOUZA, 2009).

3.10 INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO

De maneira geral pesquisadores e a sociedade, possuem maior embasamento sobre os conceitos de qualidade do ar e da água, além disso, sabem como o uso inadequado destes recursos pode afetar a saúde humana e ao meio ambiente. Entretanto sobre a importância do solo para a humanidade é recente o interesse pela qualidade do mesmo, datando o final da década de 1980 e início da década de 1990 (MENDES; JUNIOR, 2010).

A qualidade do solo pode ser definida como a capacidade contínua do solo de aceitar, estocar, e reciclar água, nutrientes e energia, bem como reter e transformar materiais químicos e biológicos, funcionando como filtro ambiental (JAHNEL et al., 2007).

O entendimento atual do conceito de qualidade do solo compreende o equilíbrio entre os condicionantes geológicos, hidrológicos, químicos, físicos e biológicos do solo (BRUGGEN; SEMENOV, 2000). Esse termo, muitas vezes utilizado como sinônimo de saúde do solo refere-se à capacidade do solo sustentar a produtividade biológica dentro das fronteiras do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde de plantas, animais e do próprio ser humano (DORAN et al., 1996; SPOSITO; ZABEL, 2003).

Para Doran e Parkin (1994), a qualidade do solo envolve sua capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema, sustentando a produtividade, mantendo a qualidade do ambiente e promovendo a saúde das plantas e dos animais. A medida da qualidade é um valor atribuído ao solo em relação à sua capacidade de cumprir uma função específica. Definindo a função do solo como ambiente para a produção agrícola, a qualidade do solo pode ser avaliada por meio de atributos relacionados à sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas, em dar suporte ao crescimento e desenvolvimento de raízes e em propiciar uma adequada estabilidade estrutural para resistir à erosão e reter água para as plantas. Para avaliar a qualidade do solo, um conjunto mínimo de indicadores – que apresentem características como facilidade de avaliação, aplicabilidade em diferentes escalas, utilização abrangente e sensibilidade a variações de manejo – é fundamental (DORAN et al., 1996).

A degradação da qualidade do solo pelo cultivo é manifestada por processos erosivos, redução de matéria orgânica, perda de nutrientes, compactação do solo, redução de populações microbianas de atividades enzimáticas e pH ácido (MELLONI, 2007).

Conforme Jahnel et al. (2007) a qualidade de qualquer solo depende da sua natureza, que é função dos fatores de formação e da interferência do homem, relacionada ao uso e manejo. Devido a essas características, os microrganismos do solo são considerados como

indicadores sensíveis para avaliar o impacto antropogênicos sobre os processos biológicos do solo.

Dessa forma, a qualidade do solo influencia o potencial de uso, a produtividade e a sustentabilidade global do agroecossistema, sendo seu estudo necessário para fornecer informações sobre o manejo do solo e assegurar a tomada de decisões para uma melhor utilização desse recurso (SPOSITO; ZABEL, 2003).

A qualidade do solo é medida através do uso de indicadores. Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos químicos e biológicos. Assim, a qualidade do solo, segundo Doran; Parkin (1994) deverá levar em consideração, indicadores físicos (de textura, profundidade do solo e do horizonte superficial e das raízes, densidade do solo, taxa de infiltração, capacidade de retenção de água); químicos (carbono orgânico total, matéria orgânica do solo, nitrogênio total, pH, condutividade elétrica e N, P e K disponíveis) e, biológico (C e N contidos na biomassa microbiana, N potencialmente mineralizável e taxa de respiração do solo).

3.10.1 Indicadores biológicos de qualidade do solo

Um indicador biológico é frequentemente definido como a presença ou ausência de certa espécie (planta ou animal) em dada área, associada a determinada condição ambiental. Em muitos casos, uma espécie representativa é selecionada e as alterações observadas na população são indicativas das condições dos outros componentes biológicos do ecossistema (TURCO; BLUME, 1999). Essa estratégia é bastante útil, uma vez que eliminam a necessidade de se estudar todos os indivíduos da comunidade biológica. Desta forma, tem sido estabelecido que as características ideais de um bom indicador ecológico segundo VISSER; PARKINSON (1992) sejam: Ser capaz de responder, de forma rápida e precisa, a um distúrbio no solo; refletir os aspectos do funcionamento do ecossistema; possuir processo de avaliação; ser economicamente viável e, ter distribuição universal e independente de sazonalidade.

Os organismos invertebrados do solo, como minhocas, térmitas e protozoários têm sido utilizados como bioindicadores e, com menor ou maior sensibilidade, demonstram o estado da qualidade do solo ante as ações antrópicas (TURCO; BLUME, 1999). Esses organismos, de certa forma, são fáceis de serem avaliados, pois os métodos de avaliação são baseados na identificação e contagem dos indivíduos. Entretanto, são parâmetros muitas vezes

“frágeis”, à medida que as populações da fauna do solo sofrem grande influência sazonal e sua sobrevivência é extremamente dependente da presença de habitats específicos (DORAN et al., 1996).

A atividade biológica é altamente concentrada nas primeiras camadas do solo, na profundidade entre 1 a 30 cm. Nestas camadas, o componente biológico ocupa uma fração de menos que 0,5 % do volume total do solo e representa menos que 10 % da matéria orgânica. Este componente biológico consiste principalmente de microrganismos que realizam diversas funções essenciais para o funcionamento do solo. Os microrganismos decompõem a matéria orgânica, liberam nutrientes em formas disponíveis às plantas e degradam substâncias tóxicas (KENNEDY; DORAN, 2002). Além disso, formam associações simbióticas com as raízes das plantas, atuam no controle biológico de patógenos, influenciam na solubilização de minerais e contribuem para a estruturação e agregação do solo. Segundo Powlson; Brookes; Christensen (1997) a função dos microrganismos é mediar processos no solo, relacionados com o manejo. Desta forma, podem ser bons indicadores de mudanças na qualidade do solo. Os microrganismos possuem a capacidade de dar respostas rápidas a mudanças na qualidade do solo, característica que não é observada nos indicadores químicos ou físicos. Em alguns casos, alterações na população e na atividade microbiana podem preceder mudanças nas propriedades químicas e físicas, refletindo um claro sinal na melhoria ou na degradação do solo.

Os critérios para a seleção de indicadores relacionam-se, principalmente, com a sua utilidade em definir os processos do ecossistema. Stenberg (1999) enfatiza que nenhum indicador individualmente conseguirá descrever e quantificar todos os aspectos da qualidade do solo, existindo uma relação entre todos os organismos e os atributos do solo.

3.11 BIOTA EDÁFICA COMO INDICADORA DE QUALIDADE DO SOLO

A diversidade microbiana, por estarem na base da cadeia trófica e intrinsecamente associados aos diversos processos ecológicos do solo, é um importante indicador da qualidade do solo.

DARWIN (1881) foi um dos primeiros a estudar o papel dos macro organismos do solo, investigando a ação dos anelídeos na construção de galerias e na movimentação de pedomateriais. Mas, somente a partir de 1940, aumentou o interesse de pedólogos pela fauna edáfica, particularmente no que se refere ao seu papel dinâmico no solo. Nessa época

começou a se evidenciar que a fauna edáfica não se restringia aos anelídeos e existiam inúmeros grupos de animais, que com biomassa variável, contribuíam em diferentes processos químicos, mecânicos e físico-químicos que ocorriam nos solos.

Segundo Beare et al. (1992), uma flora variada de bactérias e fungos pode realizar a degradação completa de material orgânico de restos de plantas e animais; mas na prática eles raramente agem sozinhos. É a diversidade microbiana e de espécies da fauna edáfica envolvidas nesse processo, que permite decompor estruturalmente e quimicamente os tecidos complexos de uma planta ou restos de animais.

A diversidade biológica é definida como a variabilidade entre os organismos vivos e geralmente está atribuída a diversidade de espécies que ocupam os diversos nichos ecológicos. Com base em seu tamanho a biota do solo pode ser dividida em microorganismos, microfauna, mesofauna e macrofauna (HOFFMANN et al., 2009).

Segundo Ehrnsberger (1993), existem várias maneiras de se classificar a fauna edáfica, principalmente pelo tamanho dos seres vivos.

A microfauna (até 0,2 mm de comprimento) é constituída por organismos pequenos que somente podem ser vistos ao microscópio. São por exemplos os Protozoa. A mesofauna (0,2 a 4,0 mm) é constituída por organismos visíveis a olho nú, mas ainda de tamanho reduzido que somente podem ser vistos com observação muito atenta. O exemplo são os Nematóides, Acari e Collêmbola.

A macrofauna (4,0 a 80,0 mm) compõe organismos de tamanho maior, como as minhocas, centopéias e inúmeros insetos. Os exemplos são os Diplópodes, Isopoda, Coleóptera, Díptera e Oligochaeta. A megafauna (acima de 80,0mm) é representada pelos vertebrados.

Bactérias, fungos e protozoários, povoam o solo com bilhões de indivíduos por decímetro cúbico e exercem um papel fundamental na decomposição de restos orgânicos e na formação de compostos organo-minerais. Térmitas, formigas e minhocas, embora presentes em quantidades bem menores e variáveis conforme a região e o pedoclima local participam da decomposição e incorporação de restos orgânicos, bem como da movimentação de material, mantendo estreitas relações com os demais organismos do solo. Essa comunidade variada, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, está relacionada com diversos processos pedológicos que caracterizam a evolução do solo (LOPES ASSAD, 1998).

Todo ser vivo tem alguma função no ciclo da vida, que reside basicamente na formação de substâncias pelas plantas superiores e na distribuição dessas substâncias por micro e meso animais.

A fauna edáfica é considerada um bioindicador, pois o seu monitoramento é um instrumento que permite avaliar não somente a qualidade de um solo, como também o próprio funcionamento de um sistema de produção, já que se encontra intimamente associada aos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, na interface solo-planta (CORRÊIA et al., 1995).

São as características do habitat que determinam quais os grupos da fauna do solo que estarão presentes e em que quantidades. Dessa forma, mudanças na abundância relativa e diversidade das espécies de invertebrados constituem-se num bom indicador das características do meio (CURRY; GOOD, 1992). No entanto, a associação entre a fauna de solo e microrganismos é que promovem uma eficiente decomposição e ciclagem (DAMÉ, 1995).

As bactérias são organismos unicelulares, sendo a maioria apresentada sobre a forma esférica ou cilíndrica, ou ainda, em espiral. São considerados os menores e mais simples seres vivos independentes (TROEH; THOMPSON, 2007).

As maiores concentrações ocorrem nos horizontes superficiais decorrente das condições favoráveis de calor e umidade, aeração e disponibilidade de nutrientes. Em regiões subtropicais, em condições adequadas de umidade, as populações atingem o nível máximo no início do verão ou no outono (BRADY, 1983). Para Moreira et al. (2002) a população bacteriana é estimada em aproximadamente 10^8 e 10^9 unidades de g^{-1} de solo, que pode variar segundo a técnica de contagem empregada e o tipo do solo. No solo estima-se que existam mais de 800 espécies de bactérias, sendo que a maior parte pertence a ordem Eubacteriales, que habitam as camadas superficiais, principalmente em partículas orgânicas por ocasião de degradação da serrapilheira e na rizosfera.

As bactérias de maior ocorrência no solo pertencem aos gêneros: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Xanthomonas* e *Micrococcus*, além dos menos representativos, mas de grande importância ao ecossistema: *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Ferrobacillus*, *Thiobacillus*, *Hidrogenomas*, *Dessulfovibrio*, *Methanoobacillus*, *Carboxidomonas*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Prospania*, *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Azotomonas*, *Derxia* e outros gêneros de vida livre no solo (BRANDÃO, 1992).

Segundo Brady (1983) as diversas condições do solo influem no crescimento das bactérias, sendo uma das mais importantes o suprimento de oxigênio e de umidade, temperatura, quantidade e natureza do substrato.

Os fungos variam em tamanho, desde os microscópicos até os grandes e visíveis a olho nu, tais como os cogumelos. Especialmente em solos ácidos, os fungos contribuem com

maior peso a matéria orgânica do solo, se comparado a outros microrganismos (GRANT; LONG, 1989).

Os fungos podem suportar melhor as condições de baixo pH quando comparados as bactérias. Além disso, acredita-se que os fungos são mais eficientes na utilização do substrato do carbono, sendo os decompositores dominantes dos estágios iniciais da degradação da serrapilheira (BALDANI et al., 2000).

O habitat preferencial dos fungos é o de solos ácidos, onde há menor competição, já que bactérias e actinomicetos são favorecidos por pH neutro e alcalino. Podem ocorrer em solos com pH 2,0 e 9,0 ,dependendo da espécie (PRIMAVESI, 2002).

Segundo Garassini (1967) os fungos se encontram nos solos muito difundidos, muitos deles vivendo de forma temporária ou permanente. São abundantes na época de maior temperatura e é possível que a fermentação espontânea, dessa forma que vivem nos solos e logo são transportados pelo vento e terra. Sua função no solo é desempenhar um papel muito importante na transformação da matéria orgânica.

Os fungos também são encontrados no solo, em geral, em densidades populacionais abaixo das bactérias e actinomicetos, variando de 10^4 e 10^6 unidades de g^{-1} do solo, contribuindo em geral com a maior parcela da biomassa microbiana (DIONISIO, 1996).

Segundo Fraga et al. (2010), seus estudos afirmam que o gênero *Apergillus* é encontrado com maior frequência em ambientes agrícolas de ciclo curto.

Para Brandão (1992) a umidade ideal para a população de fungos encontra-se na faixa de 60% e 70% da capacidade de campo, são aeróbios e resistentes a elevadas pressões de CO_2 . Para Sales et al. (2007), a pluviosidade tem grande papel para o solo, pois, a mesma tem participação fundamental no desenvolvimento bacteriano no solo, uma vez que gera um micro-ambiente favorável a esses microrganismos.

As micorrizas são associações mutualísticas (figura 2) que ocorrem entre raízes de aproximadamente 85% das plantas superiores e fungos da ordem Glomales (SIEVERDING, 1991). Elas auxiliam as plantas na absorção de água e de nutrientes, principalmente em solos pobres e sob condições de estresse biótico e abiótico (SIQUEIRA; FRANCO, 1988).



Figura 2: Arbúsculos de fungos micorrízicos Arbusculares
Fonte: HENTZ; ANTONIOLLI (2006)

Esses fungos são seres biotróficos obrigatórios, ou seja, sua propagação só é possível quando estão associados às raízes de uma planta viva (BAREA et al., 1984). Uma vez estabelecida a simbiose, ocorre a troca de nutrientes entre o fungo e planta hospedeira, visto que as hifas fúngicas funcionam como extensão das raízes das plantas, pois devido a sua grande capacidade de ramificação, exploram o solo, realizando absorção de água e nutrientes minerais, os quais são transferidos às plantas por meio de estruturas intracelulares efêmeras, denominadas arbúsculos (REIS, 2008).

Os principais benefícios dessa relação para as plantas são a ocorrência de alterações metabólicas diversas, com reflexos positivos sobre seu desenvolvimento e estado nutricional. Plantas micorrizadas apresentam maior atividade fotossintética, maiores atividade enzimática e de produção de substâncias reguladoras de crescimento. Essas alterações metabólicas conferem às plantas maior resistência aos efeitos provocados por estresses de natureza biótica (pragas e doenças) ou abiótica (déficits hídricos e nutricionais ou estresses térmicos). Ecologicamente, a micorrização possibilita melhor utilização e conservação dos nutrientes disponíveis no sistema solo-planta, por possibilitar às plantas melhor adaptação ao ecossistema, bem como a maior capacidade de adaptação de mudas transplantadas.

A planta hospedeira, em contrapartida, fornece o substrato energético para o fungo na forma de hexoses (MILLER et al., 1986). A micorriza caracteriza-se pela troca de nutrientes entre os envolvidos: a planta fornece ao fungo carboidratos (em geral, sacarose), enquanto o fungo fornece à planta água e compostos nitrogenados ou fosfatados, além de outros nutrientes essenciais como cálcio e potássio (REIS, 2008).

Quanto às minhocas (figura 3) são os maiores decompositores secundários no sistema edáfico, elas se alimentam de material vegetal que já foi degradado parcialmente por microrganismos, que são ingeridos e misturados na moela com quantidades variáveis de terra.



Figura 3: Minhocas *Eisenia foetida*
Fonte: HENTZ; ANTONIOLLI (2006)

Na estação seca, as minhocas, tendem a buscar abrigo nas camadas mais úmida do solo. Caso a seca persista ou se o lençol freático seja muito profundo, várias espécies cavam câmaras individuais, arredondadas, revestidas por um muco espesso e se enrolam de modo a deixar a boca e o ânus protegidos. Nessa fase, denominada estivação, as minhocas diminuem o metabolismo, deixam de se alimentar e podem regenerar partes perdidas do corpo (RIGHI, 1990).

Segundo Tisdall (1985), as galerias formadas pelas minhocas são de grande importância para a drenagem rápida de grandes quantidades de água e para prevenir o escoamento superficial e a erosão do solo sob condições de campo. O número de galerias é proporcional à densidade de minhocas.

As minhocas não são apenas indicadoras da qualidade do solo. Os seus resíduos quando comparados ao próprio solo, contém maiores quantidades de matéria orgânica, nitrogênio sobre a forma de nitrato, de cálcio e de magnésio permutáveis, de fósforo e de potássio assimiláveis, de pH e de porcentagem de saturação de base, assim como a capacidade de troca de cátions. Além da fertilidade, as minhocas assim como as formigas e cupins melhoram consideravelmente a física do solo através da abertura de canais criando um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das raízes e circulação da água e nutrientes (REIS, 2008).

Os Collêmbolos constituem a maior parte da mesofauna edáfica (figura 4). São animais de tamanho pequeno (até 5 mm), coloridos ou de cor branca. Possuem peças bucais mastigadoras dobradas para dentro e abdômen com seis segmentos, parcialmente fundidos. Vivem na liteira ou no interior do solo e apresentam uma morfologia característica (LOPES ASSAD, 1998).



Figura 4: Collêmbolos do solo
Fonte: HENTZ; ANTONIOLLI (2006)

São artrópodes ápteros e frequentemente apresentam uma fúrcula que lhes permite dar saltos. As espécies que se desenvolvem na liteira possuem em geral fúrcula, pernas alongadas, e corpo aproximadamente arredondado, fortemente pigmentado e coberto por pequenos pêlos. Os Collêmbolos que vivem no solo não apresentam fúrcula, as pernas são curtas e são despigmentados, no entanto, possuem geralmente órgãos sensoriais e pós-antenas bem desenvolvidos (BACHELIER, 1978).

Como todos os artrópodes, os Collêmbolos passam por estágios de muda à medida que crescem. No entanto, ao contrário dos insetos hemimetabólicos (que adquirem as características adultas progressivamente), a morfologia dos Collêmbolos é fixa desde o nascimento, não apresentando metamorfose (LOPES ASSAD, 1998).

Segundo Bachelier (1978), os Collêmbolos do solo podem consumir fungos e tecidos vegetais vivos (fitófagos) ao passo que outros se alimentam de folhas em decomposição (saprófagos). Uma ação bacteriana prévia de folhas favorece o ataque de Collêmbolos uma vez que estes não digerem celulose, hemicelulose e lignina.

A alta população dos Collêmbolos no solo os torna biologicamente importantes, contribuindo para a formação do solo de duas maneiras: primeiro, alimentando-se de material orgânico grosseiro, que vai ser desdobrado em seus intestinos; e segundo, produzindo fezes que vão ser adicionadas ao solo, podendo ser aproveitadas pelos demais organismos edáficos (HALE, 1971). Ainda, exercem influência indireta na fertilidade do solo, criando um balanço favorável entre fungo e bactéria, reduzindo detritos vegetais, produzindo enzimas e, fragmentando a matéria orgânica (EISENBEIS; WICHARD, 1985).

Ácaros são organismos que apresentam quatro pares de pernas nas fases pós-larvais, corpo não segmentado, apêndices articulados e esqueleto externo (figura 5). Os membros da Subclasse Acari apresentam uma considerável diversidade em relação ao comportamento e habitats que ocupam. As formas mais primitivas são predadoras, como ocorre com todos os membros de outras Subclasses da Classe Arachnida, exceto os Opilionida, formas

progressivamente mais evoluídas que se alimentam de microrganismos, matéria orgânica em decomposição, diferentes partes vegetais, ou parasitam vertebrados e invertebrados (REIS, 2008).



Figura 5: Ácaros Edáficos.
Fonte: HENTZ; ANTONIOLLI (2006).

Segundo Eisenbeis e Wichard (1985), das mais de 10.000 espécies de ácaros conhecidas, aproximadamente a metade são habitantes do solo. Esses animais, como os protozoários alimentam-se de outros organismos como fungos e bactérias, além de restos vegetais, exercendo um importante papel no equilíbrio biológico do solo (REIS, 2008).

Os Nematóides ou Nemátodos (figura 6) (também chamados de vermes cilíndricos) são considerados o grupo de metazoários mais abundantes na biosfera, com estimativa de constituírem até 80% de todos os metazoários (BOUCHER; LAMBSHEAD, 1995). Apenas os Artrópodes apresentam maior diversidade. O nome vem da palavra grega *nema*, que significa fio.

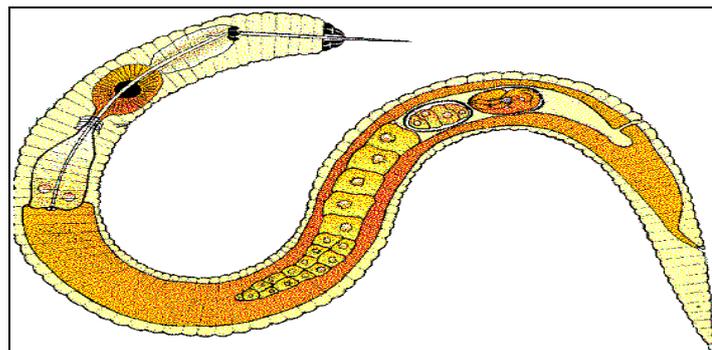


Figura 6: Nematóides
Fonte: HENTZ; ANTONIOLLI (2006)

Os nematóides de vida livre são pequenos, geralmente menores do que 2,5 mm de comprimento e tem o corpo construído no mesmo plano fundamental, um cilindro quase perfeito, nu, delgado e alongado, com aspecto filiforme, em sua maioria, ou fusiforme. O animal é essencialmente um tubo dentro de outro tubo: o tubo externo é a parede corpórea, constituída, externamente, por uma cutícula complexa e, internamente, por uma camada de

músculos longitudinais. O tubo interno é o trato digestivo, que é terminal na extremidade anterior, mas subterminal posteriormente. Entre a parede e o tubo digestivo há a cavidade corpórea ou pseudoceloma, preenchida por líquido, que funciona como um "esqueleto hidrostático", além de favorecer a distribuição de nutrientes e recolher excretas, e na qual se encontram os órgãos reprodutores (REIS, 2008).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÕES DA ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado na área de extração de argila, da Cerâmica Barro Bom, que fica localizada à margem esquerda da planície do Rio Itacaíunas, no Bairro Jardim União, no município de Marabá – PA. “Latitude: 05° 23’ 26, 052” (S) e Longitude: 49° 09’ 12, 696” (W) (Figura 7).

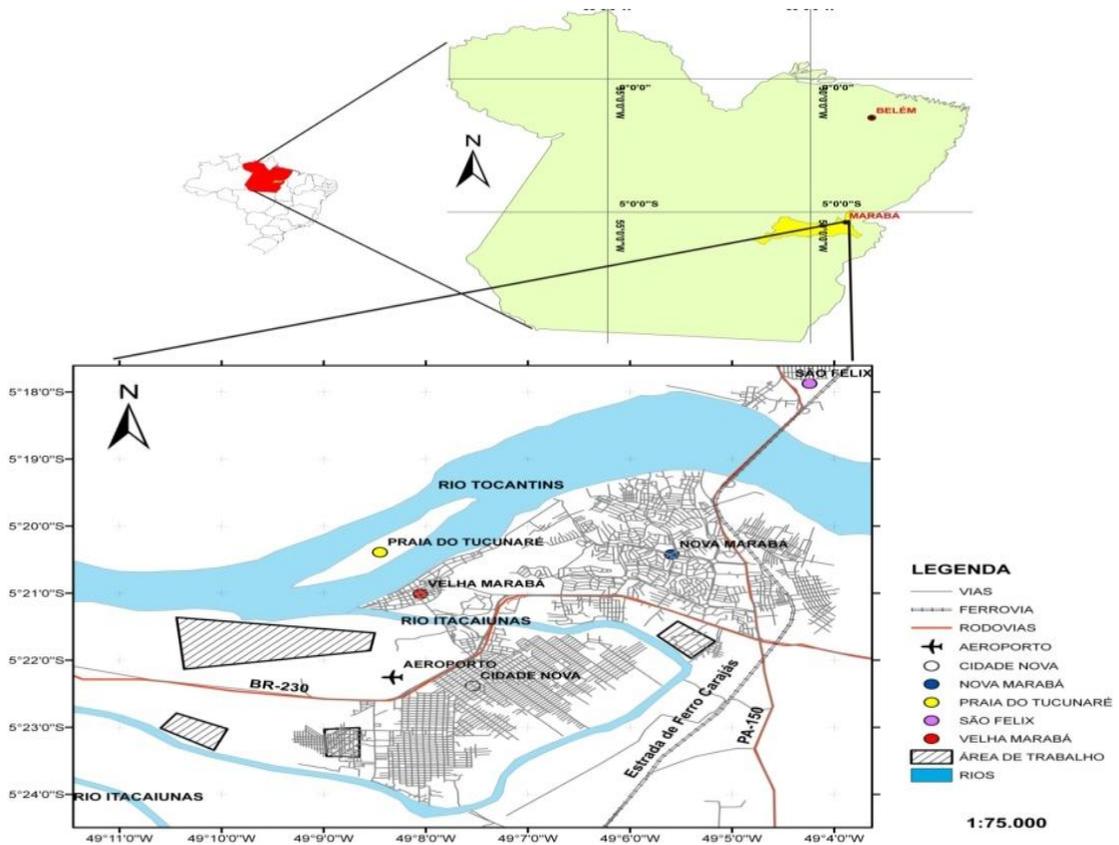


Figura 7: Localização e acesso da área de extração de argila–Cerâmica Barro Bom–Marabá. PA. Fonte: Oliveira (2010).

4.1.1 Clima

A área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom está inserida na região que apresenta clima dos tipos Am (tropical úmido e monção) e Aw (tropical úmido), segundo a classificação de Köppen, com base, principalmente, nas precipitações pluviométricas e nas temperaturas. O período chuvoso é notório de dezembro a maio e o mais seco, de junho a novembro, estando o índice pluviométrico em torno de 2.000 mm/ano. A umidade relativa do ar é elevada, oscilando entre as estações mais chuvosas a mais seca. Segundo a classificação climática de Thorntwaite – que considera os índices representativos de umidade, aridez e eficiência térmica, diretamente derivados da precipitação pluviométrica e da temperatura – a cidade de Marabá enquadra-se em uma região de clima úmido e subúmido, com pequena ou nenhuma deficiência de água, anualmente. A área apresenta temperatura média mínima, anual, de 10°C a 26°C e média máxima de 25°C a 35°C, com a umidade média anual de 85% (ALMEIDA, 2007).

4.1.2 Pedologia

Segundo Rosatelli et al. (1974) a área apresenta os tipos de solos ocorrentes na região. As observações de campo permitiram relacionar os tipos pedológicos com as principais unidades geológicas como discriminado a seguir:

Latossolo Vermelho Amarelo – solos de textura argilosa, profundos, bem drenados, estrutura maciça e fertilidade natural baixa. Ocorre na parte norte da cidade, em área de domínio da Formação Itapecuru e das coberturas Tércio-quadernárias.

Podzólico Vermelho-Amarelo – solos de textura argilosa e arenosa, rasos, bem drenados, estrutura maciça e fertilidade natural muito baixa. Tem sua origem a partir da alteração de rochas dos cinturões Itacaiúnas e Araguaia, e de uma pequena área pertencente a unidades da Bacia do Parnaíba.

Solos Aluviais e Hidromórficos - Aluviões Eutróficos– essa unidade é constituída de solos com textura indiscriminada, medianamente profunda, moderadamente drenada, estrutura também indiscriminada e maciça, e de fertilidade natural, variando de média a alta. Ocorrem nos flats aluviais dos principais rios como Tocantins e Itacaiúnas.

4.1.3 Hidrografia

O principal acidente hidrográfico é a bacia do rio Itacaiúnas, afluente pela margem esquerda do rio Tocantins (Figura 8). Cortando o seu território com direção geral Oeste/Leste, o rio Itacaiúnas apresenta como principais tributários, pela margem direita os rios: Madeira, Parauapebas, da Onça e Vermelho. Pela margem esquerda, destacam-se os rios Aquiri, Tapirapé, Preto e os igarapés Cinzeiro e Grota do Café. Importante, ainda, é a presença do rio Tocantins, em um pequeno trecho do seu médio curso, com seus afluentes rio Taurizinho, limite natural Leste, com o município de São João do Araguaia, a Flecheira, que limita ainda a leste, com o município de Bom Jesus do Tocantins.

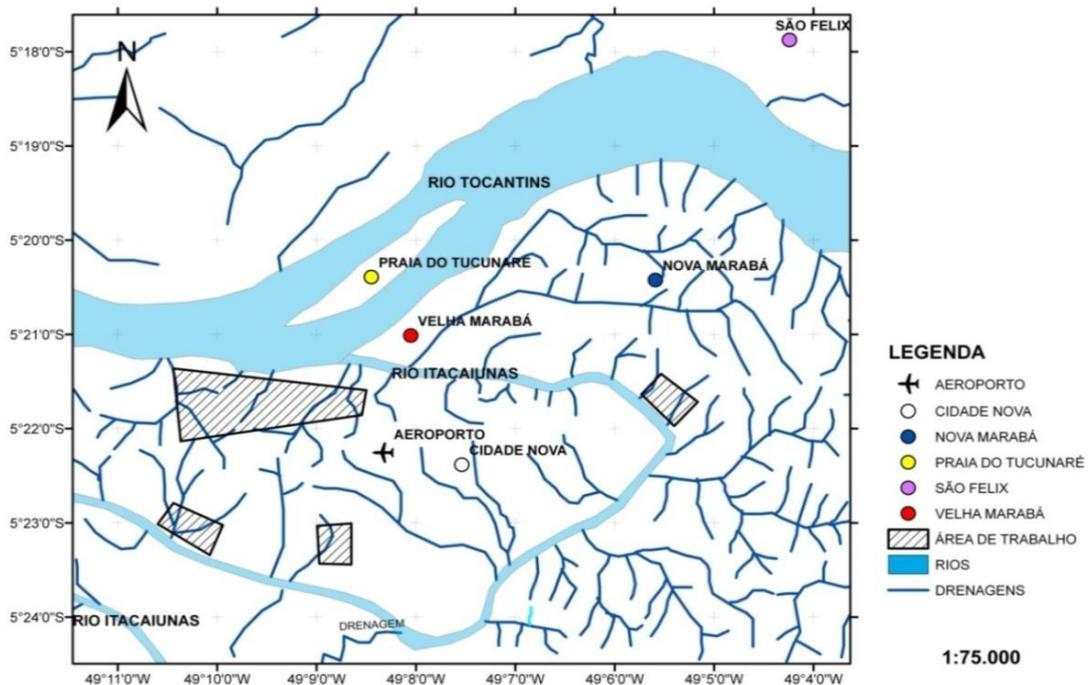


Figura 8: Mapa hidrográfico da região de exploração de argila – Marabá=PA
Fonte: Oliveira (2010)

4.1.4 Vegetação

A vegetação da área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom acompanha de certa forma variações relativas ao relevo, à fertilidade dos solos e à disponibilidade de água. Na região de Marabá, a vegetação predominante é a Floresta Tropical Úmida que assume uma grande variedade de sua composição em decorrência da sua posição fisiográfica onde ocorre. Assim, nas margens dos rios encontra-se a Floresta de Galeria e Floresta de Diques, composta

de espécies dicotiledôneas de porte arbóreo como a Sumaúma, intercalada com palmáceas típicas de lugares úmidos com eventuais inundações, como é o caso das espécies do gênero *Euterpe* e *Mauritia*.

De um modo geral, a estrutura da flora na área estudada, já não preserva suas características ecológicas naturais, predominando a vegetação secundária, áreas onde ocorreram desmatamentos, hoje se encontram Campos Artificiais destinados à atividade pecuária.

4.1.5 Geologia local

Na área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom foram individualizadas três unidades litológicas, geologicamente distintas (Figura.9). De acordo com o posicionamento estratigráfico tem-se da base para o topo a seguinte ordem: A primeira é a Formação Couto Magalhães de idade Proterozóico Médio a Superior, representa o embasamento da área e aflora em diversos pontos da cidade de Marabá, sendo mais expressivos, aqueles que afloram no núcleo Nova Marabá e ao longo das rodovias Transamazônica no sentido Leste e PA 150 sentido Sul.

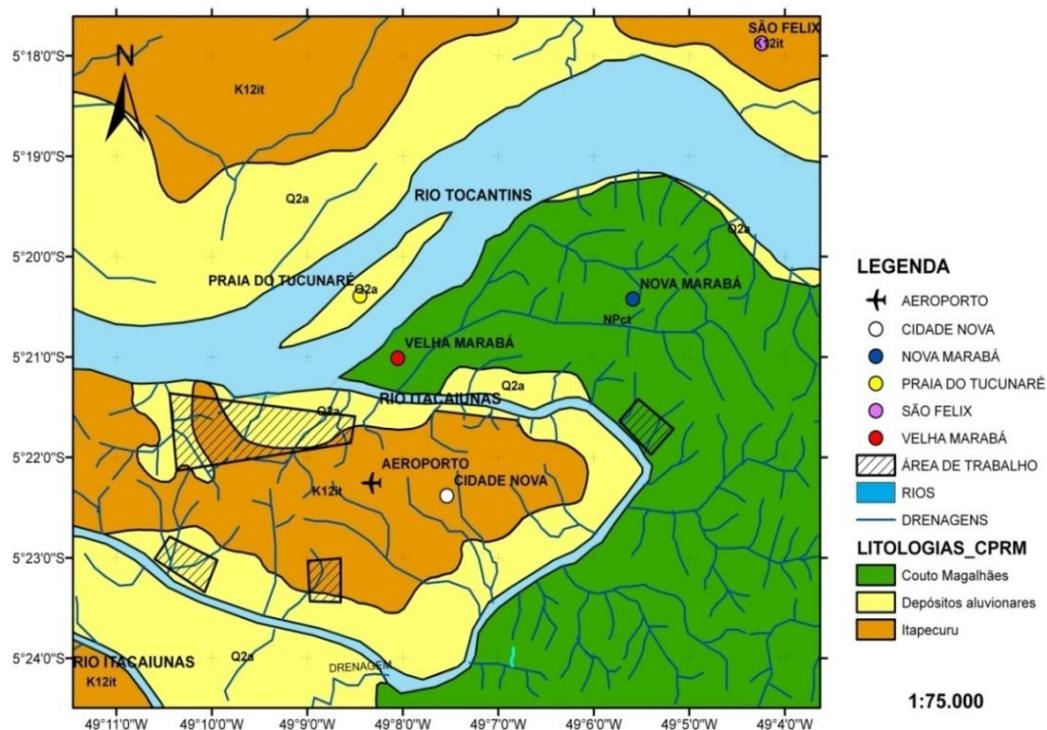


Figura 9: Mapa geológico destacando as litologias aflorantes na área de estudo.
Fonte: CPRM (2002). Adaptado por De Paula (2010) em andamento.

A litologia principal dessa formação são Filitos de coloração avermelhados e amarelados, tais tonalidades são produtos do intemperismo que afeta diretamente essas rochas. Essa unidade apresenta uma marcante foliação milonítica, por vezes crenulada e dobrada. A segunda unidade refere-se à Formação Itapecuru ou grupo barreiras posicionada no Cretáceo ou no Terciário, essa formação é composta por arenitos avermelhados, cinzas e amarelados, com granulação fina a média e friável. Localmente surgem pequenas camadas de conglomerados. Outra característica importante dessa unidade são as intercalações de pelitos avermelhados. A terceira e última unidade estratigráfica local é representada pela cobertura quaternária representada por sedimentos inconsolidados do tipo argila, silte, areia e cascalhos nos leitos e nas planícies de inundação dos rios Tocantins e Itacaiúnas.

A área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom está localizada na planície de inundação do Rio Itacaiúnas, e segundo Souza (2009), é constituído por acúmulo de sedimentos, que corresponde a um solo pouco desenvolvido, formado essencialmente por argila e, são caracterizado como distróficos, ou, seja, quando a saturação por base varia entre 30% e 50% dando características de pouca fertilidade, com características típicas dos solos da Amazônia. Em zonas de alta pluviosidade, como é o caso, os solos tendem a apresentar valores mais baixos de pH em consequência do processo de lixiviação das bases dos horizontes superficiais, pela infiltração e percolação das águas, o que significa uma disponibilidade maior para ocorrência de elementos químicos (BRAGA et al., 2007) de metais pesados na área em questão. Nesta área encontram-se rochas de formação Couto Magalhães, como embasamento, pelo grupo Itapecurú e pelos argilitos recentes da planície aluvionar (SOUZA, 2009), sendo representadas por Ardósia com níveis de quartzo laminados e subordinadamente por quartzo – siricita – xistos de granulação fina e com marcante anisotropia estrutural expressa por clivagem de crenulação, ou clivagem de fratura resultante de extrema deformação. Os argilitos presentes na área são representados por níveis argilosos com proeminência de argilas esbranquiçadas e avermelhados, interpretada como argilito caulínico e argilito oxidado respectivamente, tendo seus níveis variando para mais caulínico em direção ao rio.

Na planície de inundação do rio Itacaiúnas, tem-se acúmulo de sedimentos argilosos, que apresentam composições variadas, evidenciadas pela coloração de branco e cinza ao laranja-avermelhado, devido a sua origem nas nascentes deste rio, na Serra da Seringa, que carregam sedimentos em suspensão e íons dissolvidos a partir das mineralizações ocorrentes naquela região (SOUZA, 2009).

A remoção dos horizontes superficiais do solo é considerada um dos pontos mais críticos da degradação da área, devido aos problemas causados na estrutura e na atividade biológica do solo. A mata nativa foi retirada como também camadas de solo utilizadas para o beneficiamento e transformação em produtos cerâmicos (telhas, tijolos, pisos e ladrilhos) diminuindo assim, a qualidade e a presença dos organismos do solo (Figura 10).



Figura 10: Desmatamento em áreas de extração de argila localizadas no Bairro Jardim União: Cerâmica Barro Bom.

Fonte: Hentz, et al. (2007)

4.2 AMOSTRAGEM DO SOLO

Foi realizada a coleta de amostras de solo para análise biológica da qualidade do solo na área de extração de argila, após a incorporação de espécies florestais nativas inoculadas com fungos micorrízicos.

As amostras de solos foram coletadas segundo metodologia de LEMOS (2000) na área de extração e foram encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Pará, para avaliações biológicas. As mudas existentes na área são decorrentes do projeto de recuperação de áreas impactadas pela extração de argila do convênio Universidade Federal do Pará (UFPA) e Sindicato das Indústrias Cerâmicas Vermelha de Marabá e Região (SINDCERV), plantadas em dezembro de 2010. As espécies são: Pente de macaco (*Apeiba tibourbou*); Ipê amarelo (*Tabebuia serratifolia* valh.); Sumaúma (*Pentandra de ceiba*); Jatobá (*Hymenaea courbaril* L); Paricá (*Schizolobium amazonicum*); Pata de vaca (*Bauhinia forficata*) e *Leucema* (*Leucaena leucocephala*). Todas foram inoculadas com fungos micorrízicos *Glomus etunicatum* (HENTZ, 2007). Foram coletadas dez amostras simples de solo na área, obtidas aleatoriamente andando em ziguezague, à profundidade de 10 a 20 cm utilizando como ferramenta um trado e, imediatamente foram armazenadas em dez sacos plásticos com 100g

de solo em cada, sendo em seguida identificadas (Figura 11), levadas ao laboratório de Agronomia do Campus Universitário de Marabá (UFPA), onde foram mantidas em temperatura ambiente, para a identificação e caracterização dos organismos encontrados.



Figura 11: Coletas de amostras de solo, da área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom, armazenamento e identificação das mesmas.

A técnica empregada para a avaliação dos organismos presentes nas amostras de solo foi a de peneiramento úmido de GERDEMANN; NICOLSON, (1963) e centrifugação em água e sacarose a 40% (JENKINS, 1964).

Cada amostra de solo (50g) foi homogeneizada em 1 litro de água, em um balde de plástico. Após, houve decantação, por alguns minutos, para que ocorresse a sedimentação das partículas maiores e/ou mais densas que os organismos. O sobrenadante foi filtrado através de um conjunto de peneiras de malha 710 μm a 45 μm , (Figura 12) sobrepostas em um béquer, na seqüência da menor malha para a maior. Nas peneiras ficavam retidos os organismos, algum solo e material orgânico. Os sedimentos recolhidos no fundo do béquer foram ressuspensionados diversas vezes, para aumentar as chances de obtenção de maior número de organismos (GERDEMANN; NICOLSON, 1963).



Figura 12: preparação das amostras de solo da área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom para peneiramento úmido e centrifugação.

O método da decantação e peneiramento úmido (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) foi associado com o método da centrifugação em sacarose 40% (JENKINS, 1964). O material

retido nas peneiras foi transferido para tubos de centrífuga com capacidade para 50 mL, adicionando-se água. Os tubos foram pesados e centrifugados por 3 minutos à 2.500 rpm. Depois da centrifugação, o sobrenadante foi cuidadosamente descartado, e em seguida no material retido no fundo do tubo da centrífuga foi adicionada solução sacarose a 40%. O material (solo + organismos) sedimentado foi ressuscitado com o auxílio de uma espátula e centrifugado novamente a 2.500 rpm por 1 minuto. O sobrenadante, contendo organismos, foi vertido em peneiras, lavado abundantemente com água corrente e recolhido em uma placa de *Petri* para avaliação e contagem (JENKINS, 1964). A associação destes dois métodos (peneiramento e centrifugação em sacarose) (Figura 13).

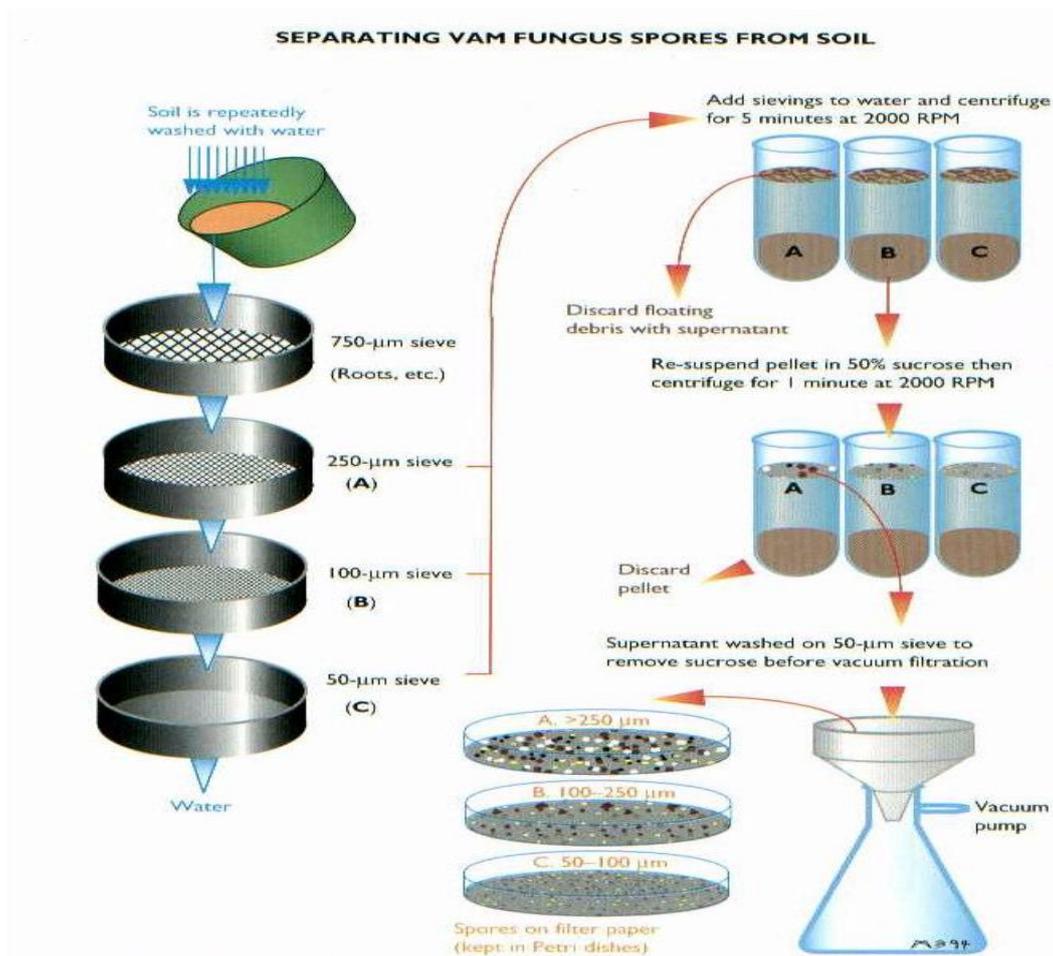


Figura 13. Desenho esquemático da extração de esporos
Fonte. BRUNDRETT et al. (1996).

A identificação e classificação dos gêneros e espécies encontradas foram feitas através da observação das características morfológicas externas de sua formação com o auxílio de uma lupa estereoscópica. Depois de identificadas os dados foram apresentados na forma de tabelas.

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

A diversidade biológica dos indivíduos da biota edáfica presentes nas coletas de solo (Tabela 1), variou de 10 indivíduos na área de estudo antes da implantação das mudas inoculadas com fungos micorrízicos, para 84 indivíduos (Tabela 2) após a implantação das mudas inoculadas com fungos micorrízicos.

Tabela 1: Organismos indicadores da qualidade do solo, encontrados nas amostras de solo da área impactada pela extração de argila antes da implantação de espécies florestais inoculadas com os fungos micorrízicos. Área de Extração da Cerâmica Barro Bom em Marabá-PA.

AMOSTRAS	*FMA'S	COLLÊMBOLO	ÁCAROS	FORMIGA	ASCOSPORO
01	00	00	00	00	02
02	00	01	01	00	00
03	01	00	00	00	01
04	01	00	00	00	00
05	02	00	00	01	00
TOTAL	04	01	01	01	03

*Fungos Micorrízicos Arbusculares

Fonte: (OLIVEIRA, 2010)

Tabela 2: Organismos indicadores da qualidade do solo, encontrados nas amostras de solo da área impactada pela extração de argila após a implantação de espécies florestais inoculadas com os fungos micorrízicos. Área de Extração da Cerâmica Barro Bom em Marabá-PA.

AMOSTRAS	ORGANISMOS ENCONTRADOS POR AMOSTRAS ANALISADAS			
	Nematóides	Collêmbolos	Ácaros	*FMA'S
01	02	01	03	05
02	03	02	04	03
03	01	01	Ausentes	02
04	01	02	01	03
05	01	Ausentes	Ausentes	03
06	04	04	03	02
07	02	02	01	05
08	Ausentes	Ausentes	01	03
09	Ausentes	03	03	04
10	01	02	03	03
TOTAL	15	17	19	33

Em um total de 10 amostras de solo analisadas, foi verificada a presença de organismos do solo, como Fungos Micorrízicos Arbusculares (33), Nematóides (15), Ácaros (19) e, Collêmbolos (17) comprovando assim, a diversidade de organismos indicadores da qualidade do solo presentes na área de estudo após a implantação das mudas inoculadas com fungos micorrízicos, onde representou um aumento de mais de 700% (Tabela 3) quando comparado com a análise feita antes da implantação das mudas inoculadas com os Fungos micorrízicos (Tabela 1).

Tabela 3: Densidade de indivíduos da biota do solo encontrados na área estudada

ORGANISMOS ENCONTRADOS	Antes da implantação das mudas inoc. com FMA'S	Após implantação das mudas inoc. com FMA'S	Percentual de crescimento
* FMA'S	04	33	725%
Ácaros	01	19	1.800%
Collêmbolos	01	17	1.600%
Nematóides	Ausentes	15	1.500%
Formiga	01	Ausentes	0%
Ascósporos	03	Ausentes	0%
TOTAL	10	84	740%

*Fungos Micorrízicos Arbusculares.

De acordo com Lindem et al. (1994), conhecer a comunidade da fauna edáfica pode contribuir para a avaliação do grau de sustentabilidade de uma prática, seja de recuperação de uma área degradada ou até mesmo no caso de um sistema natural interferido.

Uma vez que os organismos do solo são indicadores de qualidade biológica, atividades extrativistas são determinantes para a o aumento dos processos de degradação que afetam diretamente os organismos do solo. Isto porque, estes dependem diretamente dos fatores ambientais que regulam suas populações (Silveira-Neto, 1976).

Com isso, a caracterização dos organismos e espécies, e de seu papel dentro dos sistemas, é de fundamental importância para o entendimento das relações que ocorrem no meio, devido à dinâmica da própria natureza, bem como da intervenção humana.

Tendo em vista, que os organismos encontrados representam bons indicadores da qualidade do solo, e que estes organismos foram encontrados em locais onde a presença de

matéria orgânica e nutriente, disponível na solução do solo está limitados, sugere-se, que está ocorrendo o início da reabilitação da área impactada pela extração de argila na área estudada.

De acordo com Hentz (2007), muitas espécies de plantas terrestres formam associação simbiótica com certos fungos do solo, conhecidos como micorrizas. Nesta simbiose, a planta hospedeira recebe nutrientes minerais trazidos pelo micélio fúngico, enquanto este recebe carboidratos produzidos pela planta. Com isso os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) contribuem para o desenvolvimento da planta que aumenta sua área de absorção das raízes; melhora sua absorção de íons de baixa mobilidade, como fósforo(P), zinco (Zn) e cobre (Cu); colaboram para a ciclagem de nutrientes e, aumentam a diversidade das espécies. Além disso, a característica da planta de absorver nutrientes com baixa mobilidade no solo está correlacionada positivamente com a área de superfície das raízes, que aumenta em decorrência da associação micorrízica, suprindo a planta hospedeira com fosfato e outros nutrientes aumentando assim o seu desenvolvimento, bem como dos organismos do solo.

Segundo Smith e Read (1997), a simbiose com Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) torna possível o estabelecimento das mudas em solos em condições subótimas de disponibilidade de nutrientes, pois, proporcionam a regeneração de áreas degradadas, tornam as plantas inoculadas mais tolerantes a períodos secos e de temperaturas elevadas, propiciam melhor resistência ao estresse hídrico e a acidez, com maior tolerância às condições de toxidez do solo, e proteção do sistema radicular das plantas contra patógenos.

A presença dos Fungos Micorrízicos Arbusculares, encontrados nas amostras de solo da área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom foram superiores aos outros organismos, o que vêm a corroborar com os estudos de Hentz (2006) que afirma que a principal importância das micorrizas está associada à regeneração de áreas degradadas, podendo promover sua recuperação e proporcionar uma maior diversidade de espécies vegetais, aumentando assim a capacidade de absorção de nutrientes essenciais para as plantas, além de contribuir para o surgimento de novas espécies de microorganismos.

De acordo com Morselli (2007) os organismos da mesofauna colaboram na humificação, redistribuem a matéria orgânica, e estimulam a atividade microbiana. Nos estudos de Hoffman et al. (2009) as atividades principais desses organismos são: decomposição da matéria orgânica, produção de húmus, ciclagem de nutrientes e energia, e produção de complexos que causam agregação do solo.

Conforme Heisler (1989) dos organismos da mesofauna edáfica, os Ácaros e os Collêmbolos são os dois grupos mais ricos em espécies e indivíduos. Das mais de 10 mil espécies de ácaros conhecidas, cerca da metade são de habitantes do solo. Essa variedade de

formas é conjugada com populações frequentemente densas (EISENBEIS; WICHARD, 1985).

Segundo Dunger (1983), os Ácaros são muito eficientes na desagregação da matéria orgânica, e participam indiretamente no processo de desagregação, atuando no controle de hifas fúngicas e através da propagação de esporos fúngicos, tendo assim uma influência como “catalisadores” da atividade microbiana.

Com base nos estudos de Eisenbeis; Wichard (1985), os Collêmbolos têm uma distribuição cosmopolita, e sua alta população os tornam biologicamente importantes para o solo, pois, contribuem com a formação do solo por meio de dois processos: alimentam-se de matéria orgânica bruta que vai se decompondo em seus intestinos e, produzem fezes que vão sendo adicionadas ao solo para serem aproveitadas pelos demais organismos edáficos (HALE, 1971). Além de exercer influência indireta na fertilidade do solo, pois, provocam um balanço favorável entre fungo e bactéria, reduzindo detritos vegetais, produzindo enzimas e fragmentando a matéria orgânica. Assim, a presença nas amostras de solo desses organismos, corrobora com a hipótese do trabalho, que após a introdução das mudas arbóreas inoculadas com Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), o solo entraria em processo de reabilitação, através da presença de outros organismos edáficos.

Quanto à classificação morfológica das espécies e gêneros de fungos micorrízicos, foi verificado que dentre os 33 esporos de fungos, o gêneros predominantes foram: *Glomus*; *Gigaspora*; *Scutelospora* e *Acaulospora*. As espécies encontradas foram: *Glomus clarum*; *Glomus etunicatum*; *Scutelospora heterogama*; *Acaulospora scrobiculata* e, *Gigaspora margarita*.

Todos estes gêneros e espécies corroboram com os trabalhos de Oliveira (2010) e Valentim (2012), onde em situações adversas de acidez e alta saturação de alumínio, estes organismos estavam presentes. Ainda Hentz (2009) retrata que estes organismos são indicadores da qualidade do solo, comprovando assim, o início da reabilitação da área impactada pela extração de argila da Cerâmica Barro Bom em Marabá- PA.

6. CONCLUSÕES

- O solo da área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom encontra-se em processo de reabilitação biológica.
- Os organismos indicadores da qualidade do solo encontrados na área após o plantio das essências florestais arbóreas inoculadas com Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA), foram: Nematóides; Collêmbolos; Ácaros e, FMA.
- Os gêneros de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) encontrados foram: *Glomus*; *Gigaspora*; *Scutelospora* e *Acaulospora*; e as espécies encontradas foram: *Glomus clarum*; *Glomus etunicatum*; *Scutelospora heterogama*; *Acaulospora scrobiculata* e, *Gigaspora margarita*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. F. de. **Caracterização Agrometeorológica do Município de Marabá-PA.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Pará - CSSPII. Marabá-PA. 2007. 77p.

ALMEIDA, F. de D. et al. **PRAD-Plano de Recuperação da Área Degradada como condicionante da Implantação do Hospital do Subúrbio - Salvador, Bahia.** Salvador, BAHIA. Fevereiro, 2009.

ANDRADE, H.; SOUZA, F. F. **Solos: origem, componentes e organização.** ESAL/FAEPE. Editora, LAVRAS. 1995. 168 p.

ARAÚJO, G.H.de S; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de áreas Degradadas.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.

ARAÚJO, A. S. F. de; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Biosci. J.** Uberlândia, v. 23 n. 3, p. 66-75, July/sept. 2007.

BACHELIER, G. **La faune des solos, son ecologie et son action.** Orstom, 1978. 391 p (Documentations Techniques, 38)

BALDANI, V et al . **Quantificação de microorganismos em solos sob plantio puro de pseudosamaneaaguachapele (KUNTH) harmse em consorcio com *Eucalipitus hillexmaiden*.** Comunicado Técnico Embrapa. 2000.

BAREA, J. M.; AZCON-AGUILAR, C.; ROLDAN-FAJARDO, B. Avances recientes en el estudio de la micorrizas. va – i formacion, funcionamiento y efecto en nutricion vegetal. **Anual Edafol. Agrobiology**, Madrid, Tomo XLIII nº6, p 659 – 677, 1984.

BARRETO, M. L. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p.

BAUER, A. M. Uso Futuro de Áreas Mineradas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MINERAÇÃO EM ÁREAS URBANAS. (**Anais**). São Paulo: DNPM, 1989. p.23-29.

BEARE, M. H. et al. Microbial and faunal interactions and effects on litter nitrogen and decomposition in agro ecosystems. **Ecological Monograph**, n. 62 p. 569-591, 1992.

BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**, CRC Press, Boca Raton, Florida (USA), 1988.223 p.

BOUCHER, G.; LAMBSHEAD, P.J.D. **Ecological biodiversity in marine nematode samples from temperate, tropical and deep-sea regions**. Conservation Biology, 1995.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2º Edição, Pearson PrenticeHall, São Paulo, 2007. 318p.

BRAGA, T. O. et al. Auditoria Ambiental: uma proposta para empreendimento mineiros. São Paulo: **IPT/Sama**, 1996. 118 p. (IPT. Publicação, 2451).

BRADY, N. **Natureza e Propriedade dos Solos**. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1983.

BRANDÃO, E. M. **Os componentes da comunidade microbiana do solo**. In: Cardoso, E. J. B. N., Microbiologia do solo. Campinas, Soc. Brasileira de Ciência do Solo, 1992.p.1-16.

BRANDY, N. **Natureza e propriedades dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. 647 p.

BRIGGS, J. C. Global species diversity. **Journal of Natural History**, 25: 1403-1406. 1991.

BRUGGEN, A. H. C; SEMENOV, A. M. In search of biological indicators for soil health and disease suppression.**Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 15, n.1, p. 13-24, 2000.

BRUM, I. A. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Monografia. Escola Politécnica. Departamento de Hidráulica e saneamento. Curso de especialização em gerenciamento e tecnologias ambientais na indústria, 2000. Resumo p- 22.

BRUNETT, M. et al. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**, Camberra: Australian Centre for Agricultural Research, 1996. 374 p.

BUSTAMANTE, G.M.; BRESSIANI, J. C. A indústria cerâmica brasileira. **Cerâmica Industrial**, v.5, n.3, p. 31-36, mai./jun. 2000.

CASTRO, J. P. C. Reabilitação de Áreas Degradadas-Aspectos Legais. In: DIAS, L. E; MELLO, J. W. V. de. **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. P. 09-13.

CASTRO, S. S.; CAMPOS, A. B. **Solos e Ecossistemas** (Textos). In: Educação a Distância – Goiânia: Universidade Federal de Goiás – UFG, 2010. 4-33p.

CONAMA. **Resolução nº 303**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de preservação Permanente. Brasília, 2002.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração no Cerrado Manual para Revegetação**. Brasília: Universa, 2005.186 p.

CORREIA, M. E. F. et al. A. Organização da comunidade de macro artrópodos edáficos em plantios de eucalipto e leguminosas arbóreas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Anais...** Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 442-444.

COUTINHO, H. L. da C et al. Early indicators of soil quality change for no-tillage systems in the Brazilian cerrados. In: WORLD CONGRESS OF CONSERVATION AGRICULTURE, 2003, Foz do Iguaçu. **Anais...** Ponta Grossa, Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, 2003. CD-ROM.

CPRM, Folha. Estado do Pará. Brasília. (**Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.**), 2002.

CURRY, J. P. GOOD, J. A. Soil fauna degradation and restoration. **Advanced Soil Science**, v. 17: 171-215, 1992.

DAMÉ, P. R. V. **Efeitos de queima seguida de pastejo ou diferimento sobre a vegetação e mesofauna do solo de uma pastagem natural**. 1995. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Solos), Universidade Federal de Santa Maria.

DARWIN, C.R. **The formation of vegetable mould through, the action of worms with observations of their habits**. London: John Murray. 1881. 326p.

DE PAULA, R. G. **Análise temporal, espacial e ambiental da ocupação urbana nas margens dos rios Tocantins e Itacaiúnas na cidade de Marabá: subsídios para o plano diretor municipal**. Trabalho de conclusão de curso em andamento, Universidade Federal do Pará, 2010.

DIONÍSIO, J. A.. **Atividades microbianas em diferentes sistemas de cultivo de *Eucalyptus grandis***. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

DORAN, J.W; PARKIN, T.B. Defining and Assessing Soil Quality. In: DORAN, J.B.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. (eds). **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. Soil Science of America, Madison. SSSA special publication number 5. 1994. 244p.

_____ ; LIEBIG, M. A. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**. San Diego, v. 56, p. 2-54, 1996.

_____. Quantitative indicators of soil quality: A minimum Data Set .In: DORAN, J.W; JONES, A.J. (eds) **Methods for Assessing Soil Quality**. Soil Science of America, Madison, Wescosin, USA. Special Publication Number 49. p.25-38.1996.

_____ ; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, 2000. 15:3-11.

DUNGER, W. **Tiere im boden. Die Neue-Brehm Bucherei**, 327.wittemberg: A Ziemse Verlag, 287 p, 1983.

EISENBEIS, G.; WICHARD, W. **Atlas zur Biologie der Bodenarthropoden**.Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1985. 434p

EHRNSBERGER, R. **Bodenzoologie und Agrarökosysteme. Inf. Natursch. Landschaftspfl.**, 6: 11-41, 1993.

ENGEL V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, PY; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V. L. GANDARA, F. B. (Org) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF Botucatu, SP, 2003. 340p.

FRAGA, M. E. et al. Diversidade de Trichonomaceaeisoldas em solo de dois ecossistemas florestais. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria. v 20. 2010.

GARASSINI, L. A. **Microbiologia Agrária**. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. 1967.

GASSEN, D. N. Biologia e manejo de Scarabaeoidea associados à agricultura. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 1993, Passo Fundo. **Anais e Ata...** Passo Fundo: Embrapa/CNPT/ SEB, 1993. p. 75, 176 p.

GERDEMANN, J. W; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal *Edogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Trans. Br. Myco. Soc.**, v 46, p. 235 – 244, 1963.

GRANT, W.D; LONG, P. E. **Microbiologia Ambiental**. Editora acribia. 1989.

GUEDES, I. M. R. **Geófagos. Conceituando a degradação do solo**. 2008. Disponível em:<http://www.http://science_blogs.com.br/geofagos/2008/05/conceituando-a-degradacao-do-solo>. Acesso em: 17 de julho de 2012, 19:15:00

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades relevantes para os estudos pedológicos e análises dos processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências** – V. 19, 1996. p. 93-114.

HALE, W. G. Colembolos. In: BURGESS, A.; RAW, F. (Eds.) **Biologia del Suelo**. Barcelona: Omega, 1971. p. 463-477.

HEISLER, C. E. Fassung der Collembolen und Milben faunaeiner Ackerfläche. **Zoologischer Anzeiger**, v.223, n.3/4, p.239-248, 1989.

HENTZ, A. M. **Ocorrência, caracterização e eficiência de fungos micorrízicos em *Eucalyptus grandis* e *Acácia mearns***. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria-RS. 2006. 136p.

_____.; ANTONIOLLI, Z. I. **Biologia do Solo**. Caderno didático de aulas práticas e teóricas. Editora: UFSM. Santa Maria-RS. 2006.

_____. **Ocorrência, caracterização e eficiência de Fungos Micorrízicos Arbusculares na Amazônia: uma alternativa para o cultivo sustentável**. Apostila teórica do 3º ERA-2007. Marabá, 2007. 30p.

_____. **Reabilitação de áreas impactadas por extração de argila através do uso de plantas arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos**. Relatório Técnico apresentado ao Sindicato das Cerâmicas Vermelhas de Marabá e Região, Sindserv – 2009. 14p.

HOFFMANN, R. B. et al. Diversidade da Mesofauna Edáfica Como Bioindicadora para o manejo do Solo em areia, Paraíba, Brasil. **Revista Caatinga**. V. 22, n. 3, julho-setiembre. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Brasil. 2009, p. 121- 125.

IBAMA. **Manual de Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Brasília, IBAMA, 1990. 96p.

JAHNEL, M.C et al. Determinação do número mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2007

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Pl. Dis. Rep.**, v.48, p.692, 1964.

KENNEDY, A.; DORAN, J. Sustainable agriculture: role of microorganisms. In: BITTON, G. (Org.) **Encyclopedia of Environmental Microbiology**. New York: John Wiley & Sons, 2002. p. 3116-3126.

LARSON, W. E; PIERCE, F. J. **The Dynamics of soil Quality as a Measure of Sustainable Management. Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1994.

LAVELLE, P. et al. **Hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics**. *Biotropica*.25:130 - 150.1993.

_____. **Diversity of soil fauna and ecosystem function**. *Biol. Intern.*, 33:3-16, 1996.

_____; SPAIN, A. V. **Soil ecology**. Dordrecht, Kluwer Acad. Publ. 654 p.2001.

LEMOS, J. J. S. Indicadores de Degradação no Nordeste Sub-úmido e Semi-árido. **Revista SOBER**, 2000, p.1-10.

LINDEN, D. R.; HENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C. Faunal indicators of soil quality. In: **Defining Soil Quality for a Sustainable Environment**. Madison, SSSA, 1994. p. 91-106. (Special Publication, 35).

LOPES ASSAD, M. L. **Biologia dos solos e do Cerrado**. Embrapa cerrados. Editora Embrapa-Brasília; 1998. 443p.

MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. da. (Coord.). **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. p.109-157.

MARINI, O. J. Mineração e Mapeamento das Províncias Mineraias da Amazônia. **59ª Reunião Anual da SBPC**– Amazônia: Desafio Nacional - GT.3 – Mapeamento das Províncias Mineraias da Amazônia. 12/07/2007.

MEIRA, J. M. L. **Argilas: O que são, suas propriedades e classificação**. Comunicações Técnicas. Janeiro, 2001. p. IX.1-IX.7.

MELLONI, R. **Quantificação microbiana da qualidade do solo. Microbiota do solo e a Qualidade Ambiental**. 2007.

MENDES, I, C; JUNIOR, F. B. **Microorganismos e seu uso como bioindicadores em sistemas de plantio direto**. Embrapa Cerrados. 2010.

MILLER, J. C. et al. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in vegetable cops. **Horticultural science**, Minesota, v. 21, n. 4, p. 974-983, 1986.

MOREIRA, A; M, E; P, J. **Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras; Editora. UFLA, 2002. 626p.

MORAES, A.R. et al. **Recursos Naturais-solo**. USP. 2006.

MORSELLI, T. B. G. A. **Biologia do solo**. Pelotas-RS: UFPel, 2007. 145p. (Apostila de acompanhamento de disciplina).

MUGGLER. et al. **Conteúdos Básicos de GEOLOGIA E PEDOLOGIA, para as disciplinas de sol 213, sol 215 e sol 220**. Universidade Federal de Viçosa. Centro de Ciências Agrárias Departamento de Solos. Viçosa - Minas Gerais. 2005. 95 p.

MURGEL, M.C.O.L. et al. O Prad no contexto da recuperação das bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica/SMA, 1992. p. 937- 944.

OLDERMAN, L. R. The global extent of soil degradation: In: Greenland, D.J.; Szabolcs, L. (eds.) **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford: CAB International, 1994. P. 99-118.

OLIVEIRA, L. C. **diagnóstico da qualidade química, física e biológica de áreas impactadas pela extração de argila em marabá-pa. Trabalho de conclusão de curso.** Universidade Federal do Pará. Curso de bacharelado em agronomia, 2010. p. 101-150.

PAOLETTI, M.G. **Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability.** Agric. Ecosys. Environ. 1999. 74:1 - 18.

POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biol. Biochem.**, v.19, p. 159-164, 1987.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** Londrina; Editora Vida, 2002.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 2002.

REIS; D. A., **Diagnóstico da qualidade do solo, segundo o saber acadêmico e a percepção do agricultor, nos sistemas de Roça e Pasto no Assentamento Palmares II.** Universidade federal do Pará. Campus universitário de marabá. Faculdade de ciências agrárias. Trabalho de conclusão de curso, 2008.

REINERT, D. J. **Recuperação da agregação pelo uso de leguminosas e gramíneas em solo Podzólico Vermelho-Amarelo.** Campinas, 65p. 1993.

RIGHI, G. **Minhocas do Mato Grosso e de Rondônia.** Brasília: CNPq/AED, 1990. 158 p.

ROSATELLI, J.S. et al. **Projeto RADAM. Folha SB-22.** Araguaia e parte de folha C.22. Tocantins. Solos. Rio de Janeiro: 1974 (Levantamento de Recursos Naturais, 4).

SALES, T. M. et al. **Diversidade de bactérias de solo em clareiras e floresta nativa provenientes de áreas de terra firme alteradas pela exploração de petróleo.** UFRA. 2007.

SÁNCHEZ, S.; REINÉS, M. **Papel de la macrofauna edáfica em los ecosistemas ganaderos. Pastos y Forrajes,** v.24, p.191-202, 2001.

SANCHEZ, L. E. **Desengenharia, o Passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais.** São Paulo: Edusp/Fapesp, 2001. 256 P

_____. _____. São Paulo: Edusp/Fapesp, São Paulo., 2003.p 45-63.

SANTOS, B. A. **Recursos minerais da Amazônia**. ESTUDOS AVANÇADOS 16 (45). p. 123-152. 2002.

SEBRAE- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Cerâmica Vermelha para Construção: Telhas, Tijolos e Tubos**. Estudos de mercado. SEBRAE / ESPM. setembro, 2008.

SILVA, I. R. da; PEREIRA, L. C. C; COSTA, R. M. da. Exploração de Argila em Fazendinha e os Impactos Socioambientais (Amazônia, Brasil). **Revista da Gestão Costeira Integrada** 9 (2):85-90, 2009

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba, Ceres, 1976, 419 p

SIQUEIRA, J. O; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília, MEC/ABEAS; Lavras: ESAL/FAEPE, 1988.236p.

SIEVERDING, E. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, 1991.371 p.

SPOSITO, G; ZABEL, A. The assessment of soil quality. **Geoderma**, Amsterdam, v. 114, n. 3/4, p. 143-144, 2003.

SMITH, S.E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1997. 605p.

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbial indicators. **Soil and Plant Science**, Copenhagen. 49, n. 1, p. 1-24, 1999.

SOUZA, S. O. **Análise geoquímica em áreas impactadas por extração de argila, nas proximidades do rio Itacaiúnas, bairro Amapá, cidade Marabá**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Geologia da Universidade Federal do Pará. 2009. 42p.

SCHERR, S.; YADAV, S. **Land degradation in the developing world: implications for food, agriculture and the environment to 2020, a synthesis of recommendations from an international workshop**. Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper No. 14. International Food Policy Research Institute. Washington D.C. 1996.

TISDALL, J.M. Earthworm activity in irrigated red brown earths used for animal crops in Victoria. **Australian Journal of Soil Research**, 23: 291-9, 1985.

TURCO, R.F.; BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J.O; MOREIRA, F. M. S.; LOPE, A. S.; GUILHERME, L. G. R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; 93 CARVALHO, J. G. (Org). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. p. 529-549.

TROEH, F; THOMPSON, L: **Solos e Fertilidade do Solo**. Editora Andrei. 2007

VALENTIM, H. da S. **Avaliação do crescimento de espécies nativas inoculadas com os Fungos Micorrízicos Arbusculares em áreas impactadas pela extração de argila**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Campus Universitário de Marabá, Universidade Federal do Pará. 42 p. Marabá-PA, 2012.

VAN LYNDEN, G.W.J. **Guidelines for the assesment of soil degradation in Central and Eastern Europe**. Roma: 2000. 27 p.

VIEIRA. L. S. **Manual de ciências do solo: com ênfase aos solos tropicais**. São Paulo, Ed Agrônômica Ceres, 1988. 464 p. 2ª ed.

VISER, S.; PARKINSON, D. Soil biological criteria as indicator of soil quality: soil microorganisms. **American Journal of Alternative Agriculture**, New York, v. 7, p. 33–37,1992.

ZIMBACK, R.L.C. **Formação dos Solos**. Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2003. 27p.