



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MARABÁ**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE MARABÁ**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO NA ÁREA DE EXTRAÇÃO DE  
ARGILA APÓS A INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS INOCULADAS  
COM OS FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES**

**POLIANE DE OLIVEIRA SOUZA**

Marabá

2012

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

---

Souza, Poliane de Oliveira

Avaliação da qualidade do solo da área de extração de argila após a introdução de espécies vegetais inoculadas com os fungos micorrízicos arbusculares / Poliane de Oliveira Souza; orientadora, Andréa Hentz de Mello. — 2012.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Marabá, Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá, 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 AGRÁRIAS DE MARABÁ**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO NA ÁREA DE EXTRAÇÃO DE  
ARGILA APÓS A INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS INOCULADAS  
COM OS FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES**

**POLIANE DE OLIVEIRA SOUZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá do Campus Universitário de Marabá, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção de grau de Engenheira Agrônoma.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andréa Hentz de Mello

Marabá

2012



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MARABÁ**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DE MARABÁ**

**POLIANE DE OLIVEIRA SOUZA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO NA ÁREA DE EXTRAÇÃO DE ARGILA**  
**APÓS A INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS INOCULADAS COM OS FUNGOS**  
**MICORRIZICOS ARBUSCULARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá do Campus Universitário de Marabá, da Universidade Federal do Pará, como requisito para obtenção de grau de Engenheira Agrônoma.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Andréa Hentz de Mello

Data de Aprovação: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

---

Andréa Hentz de Mello (Orientadora)

Prof<sup>ª</sup>. Adjunta II da FCAM-UFPA

---

Rosana Quaresma Maneschky (Examinadora)

Prof<sup>ª</sup>. Adjunta II da FCAM-UFPA

---

Ana Valéria dos Reis Pinheiro

Prof. Adjunta II da FAGEO

*Dedico este trabalho a toda minha família  
que me apoiou em todos os momentos  
em que precisei durante o curso e até hoje.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que é a minha fortaleza e que tanto tem me abençoado nessa longa caminhada.

A meu pai e a Alzenira que têm me impulsionado para que eu pudesse concluir o curso mesmo com todas as dificuldades.

Ao meu esposo Mauricio que me acompanhou e ajudou como pôde durante essa jornada.

A minha sogra Marines que me apoiou durante todos os momentos em que precisei de sua ajuda.

A minha orientadora, Professora Andréa Hentz de Mello, pela compreensão, dedicação e paciência.

A UFPA, pela oportunidade de realizar este curso e por estar sempre a nossa disposição quando necessário.

A todos os professores envolvidos em minha formação educacional.

Aos meus colegas de classe pela convivência dividida durante os anos de curso.

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para concretização deste sonho.

“Porque o Senhor é justo,  
Ele ama a justiça; os retos  
lhe contemplarão a face.”

(Salmos 11.7)

## RESUMO

As cerâmicas vermelhas instaladas no município de Marabá - PA, cujas atividades representam impactos para o meio ambiente, foram pressionadas pelo governo, pela legislação e pela opinião pública a adotarem medidas concretas de preservação e controle ambiental. Diante dessa realidade, a minimização dos impactos ambientais depende inicialmente da identificação dos principais problemas: causas, evolução, consequências 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. Como a problemática ambiental não está relacionada apenas aos empreendimentos ceramistas, a conscientização dos empresários e da comunidade em geral, é fundamental, a fim de criar uma cultura de preservação e uso racional dos recursos naturais. Contudo, a execução e o sucesso de ações desta natureza dependem de diretrizes adotadas a partir do conhecimento sistêmico da problemática ambiental e dos fatores nela atuantes. Este trabalho de conclusão de curso está inserido no projeto de pesquisa intitulado “Reabilitação de áreas impactadas por extração de argila através do uso de plantas inoculadas com Fungos Micorrízicos Arbusculares”, fomentado pelo convenio firmado entre Universidade Federal do Pará (UFPA) e Sindicato das Cerâmicas Vermelhas de Marabá e Região (SINDCERV) e tem como objetivo verificar a qualidade do solo da área degradada após a implantação de espécies florestais nativas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. As avaliações foram realizadas através de análises químicas e biológicas do solo em que se puderam perceber resultados expressivos em relação ao processo de recuperação. Os solos da área de estudo encontram-se em processo de reabilitação, uma vez que a biota do solo está sendo reincorporada lentamente ao sistema. A pesquisa comprovou a importância do uso de indicadores de avaliação da qualidade do solo que apresentam algumas vantagens técnicas e ambientais, sobretudo no diagnóstico das condições do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Extração mineral, reabilitação do solo e insumos biológicos.



## **ABSTRAT**

The red ceramics installed in the city of Marabá – PA, whose activities represent impacts to the environment, are pressured by the government, legislation and public opinion to adopt concrete measures for conservation and environmental control. Given this reality, the minimization of environmental impacts depends on the initial identification of the main problems: causes, developments, consequences and other aspects of an ongoing program of environmental monitoring. Thus, knowledge of logic and specific environmental problems, it becomes possible to define truly viable actions to reduce their affect significantly. As the environmental problem is not related only to potters ventures, the awareness of entrepreneurs and the community at large, is essential in order to create a culture of conservation and rational use of natural resoures. However, the implementation and success of such actions depend on guidelines developed from the knowledge of environmental and systemic factors acting os it. This work of completion is inserted in the research project entitle “Rehabilitation of areas impacted by clay extraction through the use of plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi”, driven by covenant signed between the Federal University of Pará (UFPA) and Union of Ceramics Red and Marabá region (SINDCERV) and aims to determine the soil quality of degraded areas after the implementation of native forest species inoculated with mycorrhizal fungi. The evaluation was performed using chemical analysis and biological soil which they could realize significant results in relation to the recovery process. The soils of the study area are in the process of rehabilitation, since the soil biota is being reincorporated into the system slowly. The research proved the importance of using indicators to assess soil quality tha have some technical and environmental advantages, particularly in the diagnosis of soil conditions.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 -</b>	Retirada da vegetação natural e “buracos” decorrentes da extração da argila. Área de Extração Cerâmica Barro Bom – Marabá – PA	4
<b>FIGURA 2 -</b>	Retirada da vegetação natural e “buracos” decorrentes da extração da argila. Área de Extração Cerâmica Barro Bom – Marabá – PA	4
<b>FIGURA 3 -</b>	Áreas degradadas após a retirada da argila. Área de extração da Cerâmica Barro Bom – Marabá – PA	5
<b>FIGURA 4 -</b>	Áreas degradadas após a retirada da argila. Área de extração da Cerâmica Barro Bom – Marabá – PA	5
<b>FIGURA 5 -</b>	Proposta de reabilitação de áreas impactadas por extração de argila	22
<b>FIGURA 6 -</b>	Localização e acesso da área de extração de argila – Cerâmica Barro Bom – Marabá. PA	25
<b>FIGURA 7 -</b>	Coluna Estratigráfica para a área, Formação Couto Magalhães e Grupo Itapecuru. Área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom	26
<b>FIGURA 8 -</b>	Mapa hidrográfico da região de exploração de argila da Cerâmica Barro Bom -Marabá-PA	28
<b>FIGURA 9 -</b>	Coleta das amostras de solo na área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom – Marabá-PA .	29
<b>FIGURA 10-</b>	Procedimentos da análise biológica em laboratório	30

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
2.1	EXPLORAÇÃO MINERAL NA AMAZONIA	3
2.2	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA APLICADA À ATIVIDADE MINERARIA	6
<b>2.2.1</b>	<b>Legislações Pertinentes aos Aspectos Minerários</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Regimes de Aproveitamento</b>	<b>8</b>
2.2.2.1	Regime de Licenciamento	9
2.2.2.2	Regime de Autorização e Concessão	14
<b>2.2.3</b>	<b>Extração em Área de Preservação Permanente</b>	<b>14</b>
2.3	DEGRADAÇÃO E QUALIDADE DOS SOLOS	17
2.4	RECUPERAÇÃO, RESTAURAÇÃO , REABILITAÇÃO E REGENERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	20
2.5	UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS NO DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DOS SOLOS DAS ÁREAS DEGRADADAS	23
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>25</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>30</b>
4.1	QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO	30
4.2	QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O solo não é uma massa amorfa, mas sim estruturado e dividido em horizontes, cada um com suas respectivas camadas podendo ser entendido como um complexo sistema de seres vivos e materiais minerais e orgânicos cujas interações resultam em suas propriedades específicas de estrutura, fertilidade, matéria orgânica e capacidade de troca iônica (EHRNSERGER, 1993).

A origem do solo decorre de material não consolidado que pode ser sedimentos marinhos e/ou fluviais e principalmente pela desintegração de uma rocha matriz, que por sua vez é composta por elementos minerais sendo estes determinantes nas características físicas, químicas e mineralógicas do solo (VIEIRA, 1988).

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 do solo reduz a disponibilidade de nutrientes e viabilidade de produção a longo prazo, reduzindo ou alterando a sua capacidade para desempenhar funções a ele associadas, podendo por sua vez reduzir as condições de desenvolvimento das culturas e aumentar a suscetibilidade à ação da erosão hídrica e eólica (MARINHO, 2008).

Para a determinação da qualidade do solo, Doran e Parkin (1994) sugerem que seja considerado indicadores físicos, químicos e biológicos.

No Brasil, existem numerosos casos de degradação de ecossistemas, voltados, principalmente, à intensa exploração mineral. A atividade de mineração a céu aberto é muito importante para economia do país, mas de fato, se conduzida de forma agressiva, sem controle e uma ação planejada, expõe significativamente o solo a processos erosivos que provocam sérias alterações ambientais e profundas modificações no equilíbrio ambiental dos ecossistemas (MENEGHEL, 2010). Segundo Oliveira Júnior (1993), minerar é assegurar, economicamente, com mínima perturbação ambiental, justa remuneração e segurança, a máxima observância do princípio da conservação mineral a serviço do social.

Negligenciada ao longo do tempo, embora seja uma exigência inerente a todo o plano de instalação de um empreendimento mineiro, a questão ambiental, com relação à mínima perturbação, vem sendo imposta, de forma gradativa e irreversível, como elemento preponderante nas modernas concepções de projetos de mineração. Neste sentido, tem-se observado, nos atuais projetos mineiros, planos de minimização de impactos ambientais,

assim como a adoção de medidas mitigadoras desses impactos. As medidas podem incluir desde simples alterações operacionais para melhoria dos ambientes de trabalhos, como controle de poeira, ruídos e até mesmo alterações de processos visando atividades e/ou operações menos agressivas (MENEGHEL, 2010).

As atividades das Cerâmicas Vermelhas são resultados de atividades modificadoras do meio físico, pois utilizam da exploração de recursos minerais, que embora pontual, via de regra, de pequeno porte no que se refere às argilas utilizadas pela cerâmica estrutural, contribui consideravelmente para as alterações ambientais (MENEGHEL, 2010).

A atividade da extração de argila empregada nas cerâmicas vermelha implica na retirada da vegetação natural e intensa movimentação do solo, gerando em alguns casos consideráveis “buracos” que contribuem para o distúrbio da área, além de promover com a retirada dos nutrientes, alta toxidez de metais no solo (HENTZ, 2009).

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, consequências 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.

Como a problemática ambiental não está relacionada apenas aos empreendimentos ceramistas, a conscientização dos empresários e da comunidade em geral, a fim de criar uma cultura de preservação e uso racional dos recursos naturais, é de fundamental importância para qualquer projeto de caráter ambiental. Contudo, a execução e o sucesso de ações desta natureza dependem de diretrizes adotadas a partir do conhecimento sistêmico da problemática ambiental e dos fatores nela atuantes (HENTZ, 2009).

A maioria das áreas em que são realizadas atividades de extração de argila em Marabá - PA, encontram-se degradadas, devido a retirada da vegetação natural, o que facilita o processo de erosão, com considerável quantidade de rejeitos, prejudicando também a microbiota do solo que tem papel fundamental na ciclagem de nutrientes, e mananciais de água, como as margens do Rio Itacaiúnas em Marabá.

Este trabalho de conclusão de curso está inserido no projeto de pesquisa intitulado “Reabilitação de áreas impactadas por extração de argila através do uso de plantas inoculadas com Fungos Micorrízicos Arbusculares”, fomentado pelo convenio firmado entre Universidade Federal do Pará (UFPA) e Sindicato das Cerâmicas Vermelhas de Marabá e Região (SINDCERV) e tem como objetivo caracterizar a qualidade do solo da área degradada após a implantação de espécies florestais nativas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 EXPLORAÇÃO MINERAL NA AMAZONIA**

A mineração configura uma das modalidades mais importantes de exploração dos recursos naturais, tanto do ponto de vista econômico como no que se refere aos desfechos negativos no meio físico, que por vezes são irreversíveis. (POVIDELA; MARQUES NETO, 2006).

Segundo a ISTO É AMAZÔNIA (2008), o desenvolvimento da atividade mineral na Amazônia tem se tornando cada vez mais dinâmico, principalmente nos Estados do Pará, Amapá, Amazonas, Rondônia e Tocantins, que juntos respondem por grande parte da produção mineral brasileira. A região amazônica possui uma quantidade de jazidas minerais importantíssima para o desenvolvimento do país. As atividades mineradoras respondem por aproximadamente 21% das exportações e por 10,9% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

A indústria cerâmica dentro da cadeia produtiva da construção civil representa um importante segmento econômico social quer pelo volume financeiro movimentado dentro da cadeia da construção civil quer pelo aspecto social de determinadas regiões que direta ou indiretamente sobrevivem das atividades das olarias (SOARES et al., 2006) .

De acordo com os autores citados acima, de forma similar à dinâmica do desenvolvimento da Amazônia, a trajetória do crescimento da atividade mineral na região tem sido determinada por interesses e fatores exógenos, resultantes do comportamento do mercado global de *commodities* minerais (como demanda derivada, o consumo de minérios depende dos rumos dos setores industriais demandantes), das políticas industriais e macroeconômicas do Estado para o setor mineral e do próprio destino do crescimento da economia nacional.

Os processos de extração e beneficiamento de minerais criaram, em diversos segmentos sociais, expectativas de rápida industrialização regional. Além disso, as dinâmicas decorrentes das atividades voltadas à extração e à transformação industrial de minerais incluem-se entre os mais expressivos fatores que contribuem para a efetivação de significativas mudanças na Amazônia brasileira (ISTO É AMAZÔNIA, 2008).

A região Amazônica possui uma grande diversidade de substâncias minerais como ouro, prata, minério de ferro, bauxita, cobre, manganês, cromo, estanho, nióbio e tântalo, além de zircônio. Possui a maior mina de ferro do mundo (Carajás) além de outras substâncias minerais industriais, sendo três grandes minas de caulim, minas de calcário (usado tanto na indústria de cimento como na agricultura, como corretivos de solo), de gipsita, jazidas de potássio e de rochas fosfáticas. Os agregados minerais (areia, argila, brita e cascalho), utilizados na construção civil estão distribuídos por todos os Estados com atividades concentradas nos grandes centros urbanos (ISTO É AMAZÔNIA, 2008).

A argila é um mineral não-metálico, possui características próprias e é encontrada em abundância em áreas de matas ciliares ou zonas ripárias, às margens de recursos hídricos (Figuras 1 e 2). Para retirada da argila usada pelas cerâmicas e olarias, é necessária a supressão de vegetação nativa (LIMA, 2009).



**Figuras 1 e 2:** Retirada da vegetação natural e “buracos” decorrentes da extração da argila. Área de Extração Cerâmica Barro Bom – Marabá – PA.

**Fonte:** Hentz (2007)

A extração de argila é uma atividade desempenhada há algumas décadas na Cidade de Marabá, em vários pontos estratégicos em áreas próximas as margens do rio Itacaiúnas (LIMA, 2009).

Consequentemente tem acarretado alguns impactos ambientais na região como desmatamento e degradação de áreas pela retirada da argila gerando problemas como erosão e assoreamento dos recursos hídricos próximos da área de extração.

O método de lavra utilizado pela mineração de argila é a extração a céu aberto, tendo como principais procedimentos a remoção da cobertura vegetal das áreas a serem lavradas, retirada do material estéril e do solo orgânico e a extração da argila. Geralmente as operações de lavra são: desmatamento - remoção da cobertura vegetal das áreas a serem lavradas; decapeamento - retirada do material estéril e do solo orgânico; extração; carregamento e transporte (MENEGHEL, 2010).

A descaracterização da paisagem que se dá com a abertura da frente de lavra configura impacto de monta, quase sempre é o primeiro a ser notado nos empreendimentos de extração de argila (figuras 3 e 4). 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).



**Figuras 3e 4:** Áreas degradadas após a retirada da argila. Área de extração da Cerâmica Barro Bom – Marabá – PA

**Fonte:** Hentz (2007)

Os materiais desprendidos durante o processo de extração tendem a se deslocar pelas vertentes coletadas 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 (POVIDELA; MARQUES NETO, 2006).

Os sedimentos também são liberados por pilhas de estéril sem estabilidade dispostas em terrenos onde os muros de contenção são ausentes ou inadequados. Além disso, o estéril também degrada o solo sobre o qual é disposto, bem como a vegetação preexistente que fica sepultado pelo rejeito sobrejacente (CULTURATO, 2000).

Diante disso, os programas de monitoramento e recuperação ambiental de empreendimentos minerais, deveriam ser prerrogativas fundamentais para a exploração. A reabilitação das áreas degradadas, conforme previsto no art. 225 da Constituição Federal, é medida que deve ser veementemente cobrada do empreendedor contemplado por licenciamento, sob pena deste, uma vez negligenciada as exigências relativas ao meio ambiente, sofrer todas as sanções previstas no aparato jurídico.

Sendo assim, as Cerâmicas Vermelha 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, consequências 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 (OLIVEIRA, 2010).

## 2.2 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA APLICADA À ATIVIDADE MINERARIA

### 2.2.1 Legislações Pertinentes aos Aspectos Minerários

No decorrer das décadas, as legislações para preservação dos recursos naturais foram se tornando cada vez mais rígidas, objetivando garantir a utilização racional desses recursos. Congressos mundiais se realizaram e ainda se realizam em várias partes do mundo no intuito de encontrar alternativas para preservação e recuperação dos recursos ambientais.

De acordo com a Carta Magna os recursos minerais são propriedades distintas do solo e pertencem à união.

Art. 20 – São bens da União:

IX – os recursos minerais, inclusive os do subsolo.

Art. 176 – As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra. (Constituição Federal de 1988, não paginado).

Por serem bens naturais não-renováveis, é crescente a preocupação com a exploração consciente dos recursos minerais, através de técnicas que aperfeiçoem o processo de extração e beneficiamento desses recursos, otimizando a fabricação de produtos.

Artigo 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Constituição Federal de 1988, não paginado).

Partindo do artigo 225 da Constituição Federal, fica clara a incumbência do poder público em zelar pelos recursos ambientais, impondo regras para execução de qualquer atividade ou empreendimento que interfira significativamente no meio ambiente, além de realizar constante fiscalização para averiguar o cumprimento de tais regras. O mesmo artigo esclarece a função da coletividade em preservar o meio ambiente.

Assim, é evidente a busca do governo e da sociedade por um equilíbrio entre crescimento econômico e condições ambientais, ou seja, à procura do desenvolvimento sustentável.

### **2.2.2 Regimes de Aproveitamento**

O aproveitamento de recursos minerais integra as fases de extração e beneficiamento. De acordo com o Código de mineração, Lei nº 227 de 28/02/1967, os regimes de aproveitamento são:

Art. 2º. Os regimes de aproveitamento das substâncias minerais, para efeito deste Código, são:

I - regime de concessão, quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia;

II - regime de autorização, quando depender de expedição de alvará de autorização do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - D.N.P.M;

III - regime de licenciamento, quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença no Departamento Nacional de Produção Mineral - D.N.P.M;

IV - regime de permissão de lavra garimpeira, quando depender de portaria de permissão do Diretor-Geral do Departamento Nacional de Produção Mineral - D.N.P.M;

V - regime de monopolização, quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indireta do Governo Federal. (Código de Mineração, Lei nº 227/67, não paginado).

A exploração e o beneficiamento de argilas usadas na fabricação de cerâmica vermelha, podem ser realizados obedecendo ao regime de licenciamento ou ao regime de autorização e concessão, conforme a Lei nº 6.567/78, que dispõe sobre regime especial para exploração e aproveitamento das substâncias minerais que especifica. Seu artigo 1º diz: “Poderão ser aproveitados pelo regime de licenciamento, ou de autorização e concessão, na forma da Lei: III – argilas usadas no fabrico de cerâmica vermelha”.

#### 2.2.2.1 Regime de Licenciamento

Em virtude da interação antrópica com o meio ambiente decorrente de atividades que utilizem os recursos naturais, é necessária a realização de análises técnicas por meio do órgão ambiental competente, como forma de controle dessas atividades ou empreendimentos, sendo essa a principal função do licenciamento ambiental.

Licenciamento ambiental: procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades

utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso (Livro Resolução CONAMA n° 237/97, p.644).

O regime de licenciamento ambiental para extração mineral de classe II, na qual estão enquadradas as argilas vermelhas, é regido pela Resolução n° 10/90 do CONAMA. Nessa resolução ficam estabelecidos os critérios para aproveitamento desses recursos, quais as medidas que devem ser tomadas para obtenção desse licenciamento e os documentos necessários.

O licenciamento ambiental é concedido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA). Os pedidos de licenciamento deverão ser requeridos em formulário próprio, junto à Secretaria.

Somente o proprietário da área poderá realizar o aproveitamento do recurso mineral, consoante o licenciamento, ou quem dele tiver expressa autorização.

No artigo 225 da Constituição Federal, inciso IV, é expresso o Princípio da Precaução, no qual as atividades ou empreendimentos devem apresentar estudos prévios de impacto ambiental antes de sua instalação. “IV – exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”.

Os procedimentos para aquisição da licença ambiental são estruturados conforme a Resolução CONAMA n° 10/90. A estrutura do licenciamento é baseada na análise do órgão ambiental competente, que, em cada etapa, concederá o aval para efetivarem seus empreendimentos e atividades, mediante a análise técnica de licenças ambientais.

É importante ressaltar que o município possui uma legislação própria elaborada de acordo com as necessidades da região. A Lei 16.885 de 22 de abril de 2002, que dispõe sobre a Política Municipal de Meio Ambiente, Sistema, Conselho, Fundo, Controle e Licenciamento Ambiental e dá outras providências. Nessa legislação, ficam estabelecidos os critérios e diretrizes do licenciamento e controle de todas as atividades desenvolvidas na cidade. Para o controle ambiental previsto na política municipal de meio ambiente, ficam estabelecidas as seguintes definições:

I – Entende-se por licenciamento ambiental municipal: procedimentos técnico administrativo, baseado na legislação vigente e na análise de documentação apresentada, que objetivam estabelecer as condições, restrições e medidas de controle a serem obedecidas, pelo empreendedor, para localização, construção, instalação, operação, diversificação, reforma e ampliação de empreendimentos ou atividades enquadradas em anexo. (Lei Municipal 16.885/02, artigo 21).

Essas atividades que vêm em anexo se destacam, segundo o potencial de poluição e degradação. Na qual estão incluídas as cerâmicas e olarias, que são classificadas como nível III, de grau poluidor e/ou degradador, ou seja, causam danos sérios ao meio ambiente.

II - Entende-se por licença ambiental municipal: o ato administrativo pelo qual se estabelecem as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser aplicadas ou atendidas pelo empreendedor, para a localização, construção, instalação, operação, diversificação, reforma e ampliação de empreendimentos ou atividades. (Lei Municipal 16.885/02, artigo 21).

- o **Licença prévia (LP):** O órgão licenciador estuda a proposta apresentada, enfocando a localização, a concepção sobre a atividade, os problemas e as vantagens relacionadas à atividade e emite o parecer favorável ou não. É nessa fase também, que ficam definidos quais os passos a seguir nas próximas etapas. Atendendo ao princípio da precaução que fora citado anteriormente, levantam-se os impactos ambientais, sociais e culturais da atividade; avaliam-se estes impactos e definem-se quais as medidas mitigadoras e compensatórias a serem implementadas diante desses impactos.

O prazo de validade da licença prévia é de um ano, podendo ser prorrogado por no máximo cinco anos, conforme Lei Municipal nº 16.885/95, que dispõe sobre o Licenciamento Municipal.

- Documentos necessários para a licença prévia – LP:

- Requerimento da LP;

- Preenchimento da Declaração de informações ambientais (DIA);
- Inscrição Estadual;
- Estudo Ambiental (EIA-RIMA, RCA ou RAS) acompanhado da respectiva ART – Anotação de Responsabilidade Técnica;
- Cópias autenticadas em cartório do RG, CPF e comprovante de residência do responsável legal pelo empreendimento;
- Comprovante de recolhimento da taxa ambiental ao Fundo Municipal de Meio Ambiente FMA;
- Contrato social registrado ou ata de eleição da atual diretoria e CNPJ/MF, se pessoa jurídica;
- RG, CPF e CREA de responsável técnico pelo empreendimento;
- Publicação de Edital resumido em Jornal de grande circulação do município.
  - o **Licença de instalação (LI):** Mediante o parecer favorável da LP, é requerida a nova licença, que autoriza a construção da obra e instalação dos equipamentos, estando de acordo com os programas, planos e projetos de controle ambiental.
- Documentos necessários para Licença de Instalação (LI):
- Requerimento de LI, conforme anexo;
- Cópia da publicação da LP;
- Licença da Prefeitura Municipal;
- Plano de Controle Ambiental PCA com respectiva anotação de responsabilidade técnica ART;
- Plano de Recuperação de Área Degradada – PRAD;
- Licença de desmatamento, expedida pelo órgão competente, quando for o caso;
- Comprovante de recolhimento da taxa ambiental ao Fundo Municipal de Meio Ambiente FMA;

- RG, CPF se física ou, contrato social registrado ou ata de eleição da atual diretoria e CNPJ/MF, se pessoa jurídica;
- Publicação de Edital resumido em Jornal de grande circulação do município.

A validade da Licença de Instalação será de 2 anos, podendo ser requerida sua prorrogação por igual período, em uma única vez. (Lei Municipal nº 16.885/02)

- **Licença de operação (LO):** Nessa fase é concedida à autorização para o início da atividade, mediante as regularizações e modificações que tenham sido sugeridas pelo órgão ambiental. É realizada uma análise de todas as condicionantes que permitiram a efetivação da licença.
  - Documentos necessários para Licença de Operação (LO):
  - Requerimento de LO;
  - Cópia da publicação da concessão de LI;
  - Comprovante de recolhimento da taxa ambiental ao Fundo Municipal de Meio Ambiente FMA;
  - Declaração (ões) do responsável (is) técnico(s) pelo plano de controle ambiental de que os projetos foram implantados em conformidade com o aprovado na fase de LI acompanhada da ART de Execução do projeto;
  - Requerimento de Licença do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM;

O prazo de validade da licença de operação será de um ano, podendo ser renovada por igual período. ( Lei Municipal nº 16.885/02)

A Resolução 237/97 do CONAMA estabelece as atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental, dentre os quais inclui-se a extração de argila usada na fabricação de cerâmica vermelha.

No município de Marabá, há necessidade de apresentação do PRAD –Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – e/ou do PCA – Plano de Controle Ambiental — elaborado por profissional habilitado, junto à SEMMA, que analisa o projeto e decide se é viável a implantação da atividade, e concede ou não o licenciamento, como previsto no artigo 28º da Legislação Municipal.

Art. 28º Para o licenciamento ambiental no município de Marabá poderão ser utilizados os seguintes estudos ambientais, a serem realizados nas fases do licenciamento:

I – Estudo de Impacto Ambiental e seu Relatório de Impacto Ambiental EIA/RIMA;

II – Projeto de Engenharia Ambiental PEA;

III – Relatório Ambiental Simplificado RAS;

IV – Plano de Controle Ambiental PCA;

V – Plano de Recuperação de Área Degradada PRAD;

VI – Plano de Monitoramento Ambiental PMA;

VII – Relatório de Controle Ambiental RCA;

VIII – Estudo de Risco ER;

IX – Relatório de Impacto Ambiental RIA. (Lei Municipal 16.885/02, artigo 21).

#### 2.2.2.2 Regime de Autorização e Concessão

Esse regime é atribuído à legalização de uma área de extração através de um requerimento junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), após ser atendidas todas as diretrizes dispostas pelo órgão no que se refere a licenciamento.

Segundo o Decreto de Lei nº 227 de 28/02/1967, dispõe sobre a realização de pesquisa mineral e apresentação do relatório final junto ao DNPM, onde o titular tem 1 (um) ano para requerer a concessão de lavra, o mesmo terá o aproveitamento da jazida desde a extração da substância mineral até o beneficiamento da mesma.

Através do requerimento de lavra deverá solicitar a autorização para a concessão da lavra. Essa solicitação conterá: “a. Certidão de Registro, no Departamento Nacional de Registro do Comércio, da entidade constituída; b. Designação das substâncias minerais a lavrar, com a indicação do Alvará de Pesquisa outorgado, e de aprovação do respectivo relatório; c. Denominação e descrição detalhada do campo pretendido para a lavra, com todas as informações pertinentes à sua localização; d. Definição gráfica da área pretendida, delimitada por figura geométrica formada,



obrigatoriamente, por segmentos de retas com orientação Norte-Sul e Leste –Oeste verdadeiros, com 2 (dois vértices), ou 1 amarrado a um ponto fixo;

e. Certidões da mina;

f. Plano de Aproveitamento econômico da jazida, com descrição das instalações de beneficiamento; g. Prova de disponibilidade de fundos ou da existência de compromissos de financiamento, necessários para a execução do plano de aproveitamento econômico e operação da mina” (Decreto de Lei nº 227/67, não paginado).

### **2.2.3 Extração em Área de Preservação Permanente**

A argila é um mineral não-metálico, possui características próprias e é encontrada em abundância em áreas de matas ciliares ou zonas ripárias, às margens de recursos hídricos. Para retirada da argila que será usado pelas cerâmicas e olarias, é necessária a supressão de vegetação. No entanto, a Resolução CONAMA nº 303/02 estabelece que:

Artigo 3º - Constitui área de preservação permanente a área situada:

I – em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

- a) Trinta metros, para o curso d’água com menos de dez metros de largura;
- b) Cinquenta metros, para o curso d’água com dez a cinquenta metros de largura;
- c) Cem metros, para o curso d’água com cinquenta a duzentos metros de largura;
- d) Duzentos metros, para o curso d’água com duzentos a seiscentos metros de largura;
- e) Quinhentos metros, para o curso d’água com mais de seiscentos metros de largura; (livro Resolução CONAMA nº 303/02, p.88).

Diante dessa Resolução pode ser observado que as áreas objeto deste estudo caracterizam-se como sendo de preservação permanente, por se localizarem em áreas muito próximas as margens do Rio Itacaiúnas.

Art. 2º - Para os efeitos dessa resolução, são adotadas as seguintes definições:

I – nível mais alto: nível alcançado por ocasião de cheia sazonal do curso d'água perene ou intermitente; (Livro Resolução CONAMA n° 303/02, p.87).

A Resolução n° 369/06 do CONAMA, dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente - APP.

A extração de argila usada na fabricação de telhas e tijolos em olarias e cerâmicas é considerada atividade de interesse social, estando, portanto, de acordo com a legislação a retirada de vegetação em áreas de preservação permanente para extração de argila, conforme especificado na Resolução do CONAMA n° 369/06, artigo 2°, parágrafo II, alínea d.

Art. 2° O órgão ambiental competente somente poderá autorizar a intervenção ou supressão de vegetação em APP, devidamente caracterizada e motivada mediante procedimento administrativo autônomo e prévio, e atendidos os requisitos previstos nesta resolução.

II - interesse social:

d) as atividades de pesquisa e extração de areia, argila, saibro e cascalho, outorgadas pela autoridade competente; (Livro Resolução CONAMA n° 369/06, p.93).

É nessa mesma resolução que fica estabelecido que a atividade pode ser desempenhada mediante regime de licenciamento ou autorização, em seu artigo 4°.

Art.4° - Toda obra, plano, atividade ou projeto de utilidade pública, interesse social ou de baixo impacto ambiental, deverá obter do órgão ambiental competente a autorização para intervenção ou supressão de vegetação em APP, em processo administrativo próprio, nos termos previstos nesta resolução, no âmbito do processo de licenciamento ou autorização, motivado tecnicamente, observadas as normas ambientais aplicáveis.(Resolução CONAMA n° 369/06, p.94).

No caso da retirada de recursos minerais nessas áreas consideradas de preservação permanente, sem a devida autorização concedida pelo órgão ambiental competente, o infrator estará sujeito a penalidades contidas na Lei de Crimes Ambientais n° 9.605/98, em seu artigo 44:

Art.44º – Extrair de florestas de domínio público ou consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização, pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais:

Pena – detenção, de seis meses a um ano, e multa. (Lei de Crimes Ambientais nº 9.605/98, não paginado)

As áreas que forem utilizadas como fonte de matéria-prima para a realização dessas atividades ou empreendimentos, devem ser recuperadas, de acordo com a Constituição Federal em seu artigo 225, que foi citado anteriormente, pertencendo ao poder público a incumbência de exigir a regeneração do ecossistema degradado, conforme o parágrafo 2º do artigo supracitado.

§ 2º Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei (Constituição Federal de 1988, não paginado).

A mata ciliar é uma área de preservação permanente, que segundo o Código Florestal (Lei n.º 4.771/65) deve-se manter intocada, e caso esteja degradada deve-se prever a imediata recuperação.

### 2.3 DEGRADAÇÃO E QUALIDADE DOS SOLOS

Segundo Oldeman (1994), os fatores de degradação do solo são referentes ao desmatamento ou remoção da vegetação natural para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização; superpastejo da vegetação; atividades agrícolas, incluindo ampla variedade de práticas agrícolas, como uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes, uso de água de irrigação de baixa qualidade, uso inapropriado de máquinas agrícolas e ausência de práticas conservacionistas de solo; exploração intensa da vegetação para fins domésticos, para energia e cercas, expondo o solo à ação dos agentes de erosão; e atividades industriais ou bioindustriais que causam a poluição do solo. Sendo assim, os fatores decisivos para o estabelecimento da degradação são referentes ao manejo inadequado dos solos agrícolas, desconhecimento de praticas agrícolas conservacionistas, falta de recursos para aquisição de insumos químicos, ausência de planejamento a médio e longo prazo e maior pressão pelo uso do solo.

A caracterização do processo de degradação do solo é uma questão que, em determinadas situações, é de difícil definição, uma vez que a degradação está associada à própria definição de qualidade do solo.

A formação de um solo é um processo longo, em que fatores físicos, químicos e biológicos estão presentes. Em um solo de floresta tropical, aproximadamente 6% são substâncias orgânicas; destas, 85% são mortas como material vegetal caído, produtos de decomposição e húmus. Do restante, em torno da metade é formada por raízes vivas e organismos do solo, que perfazem mais ou menos 1% do peso do solo, e metade destes organismos são formados por bactérias, um quarto por fungos e os 25% restantes pela fauna do solo (EHRNSBERGER, 1993).

Devido ao grande interesse por estudos sobre os indicadores da qualidade do solo, a fauna edáfica vem sendo utilizada como um indicativo dessa qualidade. Os organismos do solo não são apenas seus habitantes, mas também seus componentes. A biodiversidade e a atividade biológica estão estreitamente e diretamente relacionadas às funções e características essenciais para a manutenção da capacidade produtiva dos solos.

O estudo da qualidade do solo é um importante subsídio para o monitoramento da sustentabilidade de ecossistemas agrícolas. Segundo Karlen et al. (1997), a qualidade do solo tem sido conceituada como a capacidade que um determinado tipo de solo apresenta, em ecossistemas naturais ou em agroecossistemas, para desempenhar uma ou mais funções relacionadas à sustentação da atividade, da produtividade e da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas e dos animais e à estruturação socioeconômica e de habitação humana. Com a intensificação da exploração agrícola e o uso de terras sem um planejamento adequado, busca-se parâmetros capazes de mostrar e atestar que um agroecossistema está sendo perturbado ou que não é sustentável do ponto de vista ambiental e econômico. Nesse sentido, alguns indicadores mais facilmente mensuráveis e visíveis, como a análise da fertilidade química do solo e, principalmente, a presença de erosão, também podem ser utilizados para avaliar o efeito da degradação nas áreas cultivadas (DERPSCH, 2000), ou de extração mineral.

Como o solo abriga grande diversidade de organismos capazes de modificar suas características químicas, físicas e biológicas, estes desempenham inúmeras funções como ciclagem de nutrientes (DECAËNS et al., 2003), fragmentação de resíduos vegetais, regulação da taxa de decomposição da matéria orgânica, manutenção do equilíbrio biológico e melhoria das propriedades físicas do solo (ASSAD, 1997). Sendo assim, a fauna edáfica

torna-se parte ativa e sensível às interferências no ambiente agrícola, ocasionadas pelo manejo do solo (BARETTA et al., 2003) tornando-se assim uma excelente ferramenta de análise da qualidade do solo.

A qualidade do solo está relacionada com a funcionalidade dentro dos ecossistemas naturais ou manejados, e significa a capacidade deste sustentar a atividade biológica, promover o crescimento e a saúde das plantas e animais, e manter a qualidade ambiental (AGUIAR, 2008).

Usualmente a qualidade do solo é classificada sobre três aspectos: físico, químico e biológico, sendo importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar os manejos sustentáveis do solo (ARATANI, 2008).

Os indicadores físicos, são referentes à textura, profundidade do solo, horizonte superficial, densidade do solo, taxa de infiltração e capacidade de retenção de água (POWER; MAYERS, 1991). Os atributos químicos e biológicos, segundo Doran e Parkin (1994), são respectivamente: carbono orgânico total, matéria orgânica do solo, nitrogênio total, pH, fósforo, potássio disponível, carbono e nitrogênio contidos na biomassa microbiana, nitrogênio potencialmente mineralizável e taxa de respiração do solo, aliada aos organismos da fauna edáfica.

Segundo Peixoto (2008), além desses atributos, no solo também ocorre processos como associações simbióticas tais como micorrizas que ocorrem na maioria das plantas cultivadas e associações entre rizóbios e leguminosas. Estas podem ser características morfológicas e visuais de plantas. Os indicadores são mensurados para monitorar sistemas de manejo que induzem modificações no solo.

Embora esta divisão em grupos seja usual, é importante salientar que estes atributos e processos, em sua maioria, são inter-relacionados. Os melhores indicadores da qualidade do solo são aqueles que integram os efeitos combinados de diversos atributos ou processo do solo, os quais devem ser precisos, simples para o uso e terem sentido, ou seja, devem estar associados à função para a qual se pretende usar o solo.

A perda da qualidade do solo, em seus aspectos químicos, físicos e biológicos, provoca a redução da capacidade do solo em exercer suas funções diversas (AGUIAR, 2008). Tal fato induz conseqüentemente a degradação do solo, termo definido como o decréscimo na qualidade do solo medida por mudanças nas propriedades e processos, tendo como consequência o declínio de produtividade em termos de produção presente e de previsão futura (STOCKING, 2011).

Sendo assim, as atividades extrativistas e de mineração, alteram grandes extensões territoriais, influenciando os complexos nichos ecológicos e a cadeia alimentar de diversos indivíduos, em razão da retirada de vegetação natural e conseqüente quebra do equilíbrio para estabelecimento de um novo sistema (MENEGHEL, 2010).

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).

#### 2.4 RECUPERAÇÃO, RESTAURAÇÃO , REABILITAÇÃO E REGENERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Por se tratar de uma linha de pesquisa relativamente nova e por envolver diferentes áreas de conhecimento, é comum a citação de termos como recuperação, restauração, reabilitação e regeneração, todos utilizados como sinônimos de um único processo. Não que seja fundamental a padronização de termos, mesmo porque espera-se que, independentemente do termo empregado, o mais importante é que o processo seja realizado. Mas é necessário que se discuta sobre estes termos, para que técnicos possam escolher melhor e definir o processo, além de facilitar a comunicação global entre os pesquisadores da área.

A recuperação de uma área degradada depende de uma série de fatores, e as técnicas restauradoras podem ter o efeito esperado ou não, dependendo do estado do local a ser recuperado. Em um curto, médio ou longo prazo as condições de equilíbrio estão se formando, determinando o grau de qualidade do processo de recuperação (MENEGHEL, 2010). Assim, para o IBAMA (1990), a recuperação significa que o sitio degradado será retornado à sua forma de utilização de acordo com o plano pré-estabelecido para o uso do solo. Significa que o sitio degradado terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem. Griffith (1986) procura sintetizar a definição do processo quando utilizado em unidades de conservação, como a reparação dos recursos ao ponto que seja suficiente para reestabelecer a composição e frequência das espécies encontradas originalmente no local.

Majer (1989) define recuperação como um termo genérico que engloba todos os aspectos de qualquer processo que visa a obtenção de uma nova utilização para a área degradada. Inclui planejamento e o trabalho de engenharia e processos biológicos. Porém,

para reabilitação define como retorno da área de utilização a um estado biológico apropriado, desde que este retorno não signifique o uso produtivo da área a longo prazo, como a implantação de uma atividade que renderá lucro, ou atividades menos tangíveis em termos monetários, visando a recreação ou a valorização estético-ecológica.

O termo restauração para Dias e Griffith (1998), é o mais impróprio a ser utilizado para os processos que normalmente são executados, pois esse conceito refere-se à obrigatoriedade ao retorno do estado original da área, antes da degradação. Por retorno ao estado original entende-se que todos os aspectos relacionados com topografia, vegetação, fauna, solo e hidrologia, apresentem as mesmas características de antes da degradação.

A regeneração natural é geralmente o procedimento mais simples e barato de recuperação de áreas degradadas. Entretanto, o tempo necessário à regeneração natural é longo e está intimamente ligado ao grau de degradação (KOBAYAMA et al, 2001).

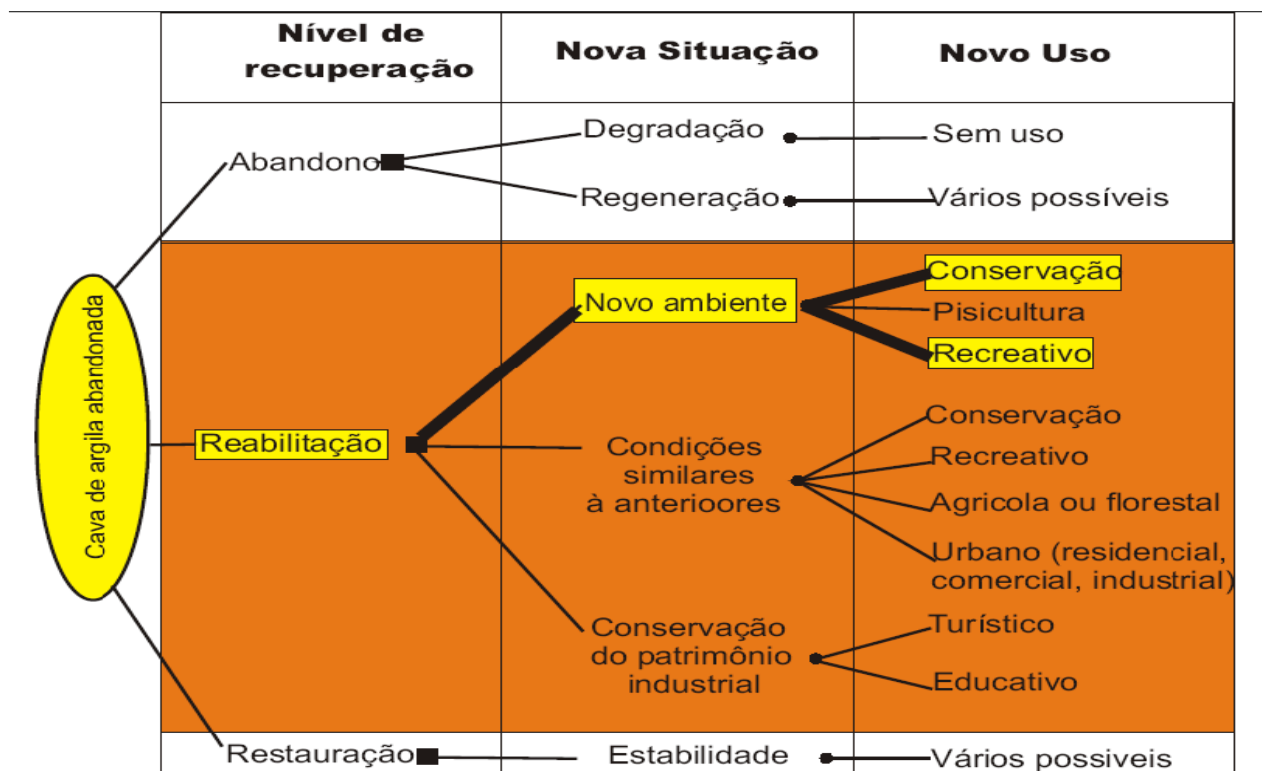
O potencial de regeneração natural de uma área degradada e o êxito na regeneração natural de uma espécie são determinados pelos seguintes fatores condicionantes (JÚNIOR, 2008): a) Fatores que determinam a disponibilidade de sementes/propágulos: produção anual adequada de sementes/propágulos que depende da floração, polinização e maturação, pois nos anos que ocorre baixa produção de sementes não se tem uma boa regeneração natural; dispersão de sementes (vento, pássaros, roedores, formiga); presença de predadores (insetos, fungos, macacos e pássaros). b) A germinação das sementes e a sobrevivência das plântulas são influenciadas diretamente pelo clima do local. Poderá ocorrer regeneração inadequada, inclusive, em anos de boa produção de sementes, quando o clima (luz e água) e quantidade de nutrientes não forem favoráveis no período, e também incidência de fatores adversos como predadores (formigas, lagartas, herbívoros). Os predadores das sementes e das plântulas são, parcialmente ou em grande parte, responsáveis pelos fracassos da regeneração natural. c) O microclima da floresta tem que ser favorável para que ocorra uma boa regeneração natural. Algumas espécies requerem condições abertas e ensolaradas para sua germinação, enquanto que as plântulas de outras espécies requerem sombra parcial e podem ser extintas pelas altas temperaturas. d) O estado da superfície do terreno é de importância primordial para a regeneração natural.

Dependendo do uso pós-mineração, podem-se adicionar os requisitos de estabilidade geológica (áreas utilizadas com a finalidade de conservação ambiental). No caso do empreendimento mineiro, a participação antrópica deve iniciar ao se planejar a mina e

finalizar quando as relações fauna, flora e solo estiverem em equilíbrio e em condições de sustentabilidade (BRUM, 2000).

No entanto, os procedimentos para a recuperação de uma área degradada pela mineração variam de acordo com cada situação. Primeiramente, é importante realizar a identificação e avaliação preliminar de cada área degradada, incluindo eventuais medidas emergenciais necessárias; estabelecer um plano de recuperação organizado e realizar monitoramento e manutenção das medidas de recuperação (MENEGHEL, 2010).

No caso das áreas de extração de argila do município de Marabá, que fazem parte do projeto “Reabilitação de áreas impactadas por extração de argila através do uso de plantas arbóreas inoculadas com fungos micorrízicos” optou-se na possibilidade calcada na reabilitação da área, conforme proposições de SANCHES (2003), (figura 5.)



**Figura 5:** Proposta de reabilitação de áreas impactadas por extração de argila, segundo Sanches (2003).

A adoção da reabilitação como nível de recuperação para o setor relacionado à extração de argila se dará em função de ser aquele mais conveniente para a realidade estudada. Se por um lado, conforme foi apresentado, a cava abandonada se converte em impacto positivo, recolhendo as enxurradas e se prestando a recarga de aquíferos subterrâneos, a situação de abandono também gera um ambiente desfavorável e desvaloriza



o entorno (HENTZ, 2009). Dessa forma, a proposta de reabilitação deve contemplar novos usos capazes de integrar as duas características expostas. Em primeiro lugar, entende-se que toda a área compreendida na baixada, próximas as margens do rio Itacaiúnas deve ter seu uso direcionado a conservação, sem que isso signifique abandono da área.

O caminho tomado dentro do esquema de Sanches (2003) conduz à respostas distintas de consequências ambientais diferenciadas que não se excluem entre si. A situação almejada neste trabalho comporta a convivência, num mesmo espaço, de uma pequena área de conservação limitada pelo talude da lavra, conjugados à novos ambientes que tendem a proporcionar um quadro paisagístico mais nobre, estabelecendo uma relação de complementaridade em usos diferenciados a serem engendrados pela presente proposta de reabilitação, de execução simples, que não interfere na organização do espaço adjacente e que recupera a função social e ambiental da área (HENTZ, 2009).

## 2.5 UTILIZAÇÃO DE INDICADORES BIOLÓGICOS NO DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DOS SOLOS DAS ÁREAS DEGRADADAS

A reabilitação de áreas degradadas é difícil e lenta e envolve o desenvolvimento de tecnologias apropriadas como os insumos biológicos que vêm sendo empregadas na recuperação de áreas degradadas ou impactadas por metais pesados (HENTZ, 2003).

Todos os sistemas biológicos, sejam eles organismos, populações ou comunidades, adaptaram-se ao longo do tempo, a um complexo de fatores abióticos, dentro da biosfera, encontraram um nicho ecológico que supre suas necessidades. Cada organismo, por determinação genética, assumiu a possibilidade de resistir a certas mudanças deste nicho ecológico, Esta resistência é chamada Zona de Tolerância Fisiológica (SCHUBERT, 1991). A tolerância fisiológica de um indivíduo às mudanças no seu nicho ecológico mostra seu valor como indicador de uma situação abiótica. Esta indicação, tanto dos fatores abióticos quanto bióticos de um nicho ecológico, é conhecida como bioindicação (RABE, 1982).

Bioindicadores são organismos ou comunidades de organismos cujas funções vitais são tão estreitamente correlacionadas com os fatores abióticos, que podem ser utilizadas como indicadores das mudanças destes fatores (SCHUBERT, 1991).

Heydermann (1983) cita que, em casos de extensivas modificações dos ecossistemas provocadas pelo homem, são apropriados estudos utilizando-se bioindicadores. Neste caso, eles relacionam-se com a habilidade das comunidades em recuperarem espontaneamente a sua função normal. No caso de áreas degradadas, cuja intervenção antrópica no ecossistema

foi destrutiva, nota-se que há uma sucessão de organismos que estão presentes em cada etapa da recuperação destas áreas, notadamente os organismos da macro e meso e micro fauna. Assim, é possível que dentro destes grupos edáficos, possam ser encontrados espécies específicas para cada etapa da recuperação destas áreas degradadas, isto é, bioindicadores de cada situação. Estes bioindicadores atuam em conjunto com os fatores físicos e químicos do solo, estabelecendo o estágio e as tendências de desenvolvimento desta recuperação.

Um exemplo desta bioindicação, refere-se, a maioria das espécies de plantas terrestres que formam associações simbióticas com certos fungos do solo, conhecidas como micorrizas. Nesta associação biotrófica mutualística a planta hospedeira recebe nutrientes minerais trazidos pelo micélio fúngico, enquanto este recebe carboidratos produzidos pela planta. A associação micorrízica do tipo arbuscular, caracterizada pela formação de arbúsculos no córtex da raiz hospedeira, é provavelmente a simbiose mais difundida e predominante nos ecossistemas terrestres, podendo aumentar a área de superfície de absorção das raízes das plantas, melhorar a absorção de íons de baixa mobilidade como P, Zn e Cu e contribuir para a ciclagem de nutrientes, aumentar a tolerância da planta a estresses bióticos e abióticos como seca e salinidade melhorar a qualidade do solo e aumentar a diversidade das espécies (MOREIRA, 2000).

A habilidade da planta em absorver nutrientes, com baixa mobilidade no solo está correlacionada positivamente com a área de superfícies das raízes, que aumenta com a associação micorrízica e supre a planta hospedeira com fósforo e outros nutrientes, melhorando assim, o desenvolvimento das plantas e recuperação quimicamente os solos degradados (HENTZ et al, 2011).

Sendo assim, fungos micorrízicos inoculados em plantas arbóreas vêm sendo constantemente utilizados em ações de recuperação de áreas degradadas, representando uma alternativa ecológica de baixo custo para problemas ambientais como decorrentes da atividade de mineração, voçorocas provocadas pelo uso inadequado do solo pela atividade agrícola ou por áreas de empréstimo, uma vez que possibilitam o enriquecimento destas áreas com nitrogênio e a ciclagem de outros nutrientes, inclusive o fósforo (HENTZ et al, 2011).

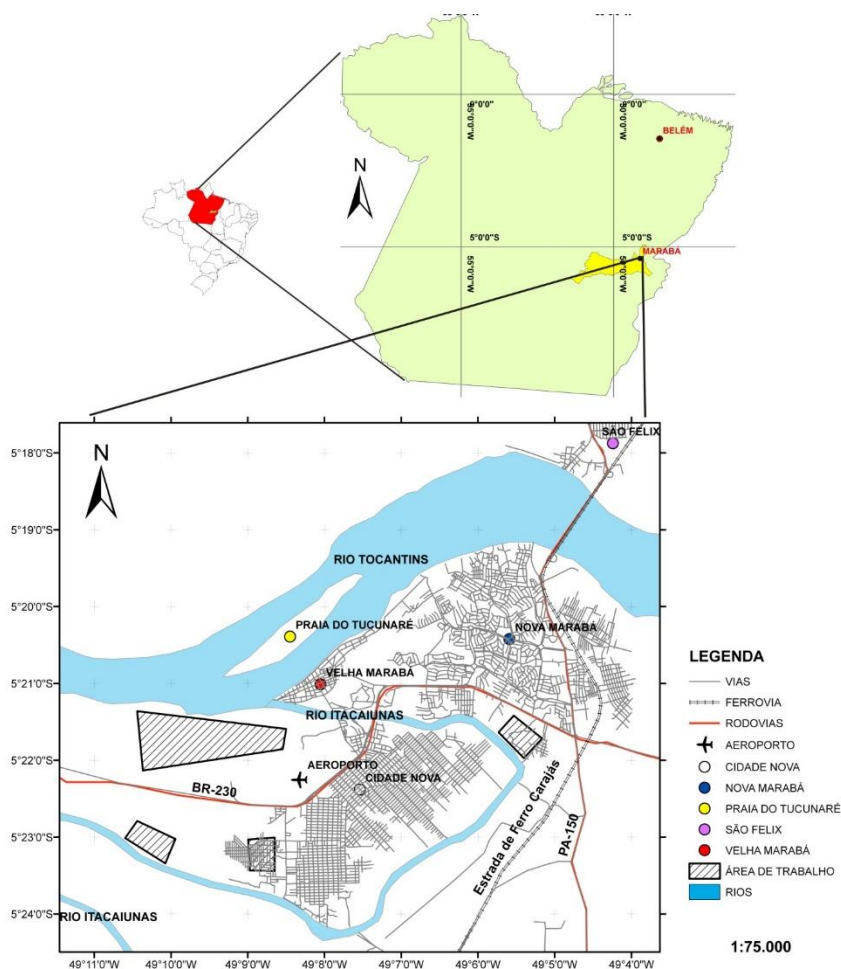
As micorrizas são componentes essenciais em programas de recuperação de áreas degradadas e solos poluídos com metais pesados ou compostos orgânicos poluentes, uma vez que a atividade de mineração exerce grande impacto adverso sobre os organismos e processos do solo, inclusive sobre os fungos micorrízicos, por serem biotróficos obrigatórios, portanto dependentes da presença de plantas hospedeiras para completarem seu

ciclo de vida. Com a retirada da camada vegetal, os fungos MA, sofrem grande redução (MELLONI, et al., 2003), bem como os demais organismos da fauna edáfica presente na área.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado na área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom, localizada na Estrada do Sororó, s/número, Bairro Jardim União, Marabá –PA.. Geologicamente a área é caracterizada pelas rochas da Formação Couto Magalhães, como embasamento, pelo Grupo Itapecuru e pelos argilitos recentes da planície aluvionar (Figuras 6 e 7).

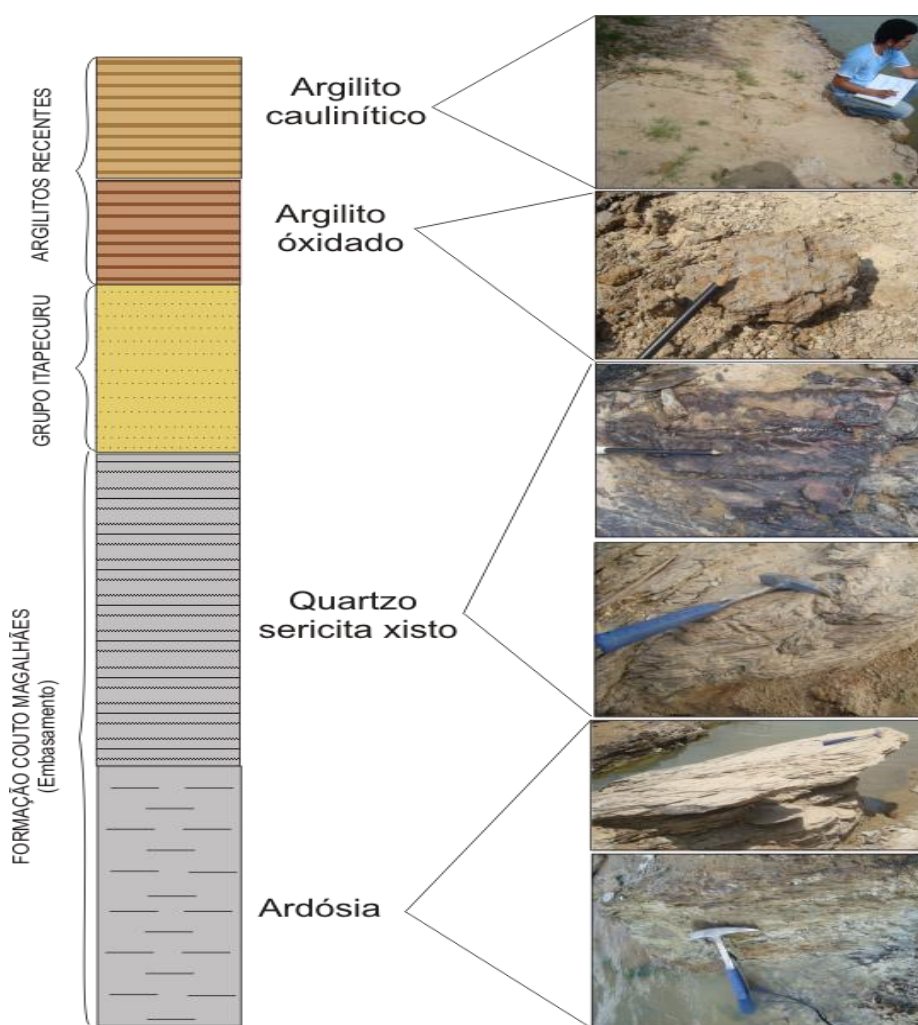


**Figura 6.** Localização e acesso da área de extração de argila – Cerâmica Barro Bom – Marabá. PA. Fonte: Oliveira (2010).

Em termos regionais trata-se de uma unidade constituída essencialmente por um conjunto de rochas de baixo grau metamórfico, em facies metamórfica de xisto-verde baixo

a médio. Suas unidades litológicas compreendem rochas protólitos sedimentares como, filitos, quartzo-sericita-xistos de granulação fina gradando para filitos e ardósias, de acordo MARINHO et al. (1995). As principais estruturas tectônicas reconhecidas nas rochas desta formação são a xistosidade e a clivagem ardosiana e uma clivagem de crenulação e clivagem de fratura (GORAYEB, 1981).

As rochas encontradas são representadas de forma predominante por ardósia com níveis de quartzo laminados e subordinadamente por quartzo-sericita-xistos de granulação fina e com marcante anisotropia estrutural expressa por clivagem de crenulação, ou clivagem de fratura resultantes de extrema deformação (Figura 7).



**Figura 7.** Coluna Estratigráfica para a área, Formação Couto Magalhães e Grupo Itapecuru. Área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom  
Fonte: Oliveira (2010).

Rosatelli et al. (1974) apresentam os tipos de solos ocorrentes na região, sendo que as observações de campo permitiram relacionar os tipos pedológicos com as principais unidades geológicas como descrito a seguir:

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

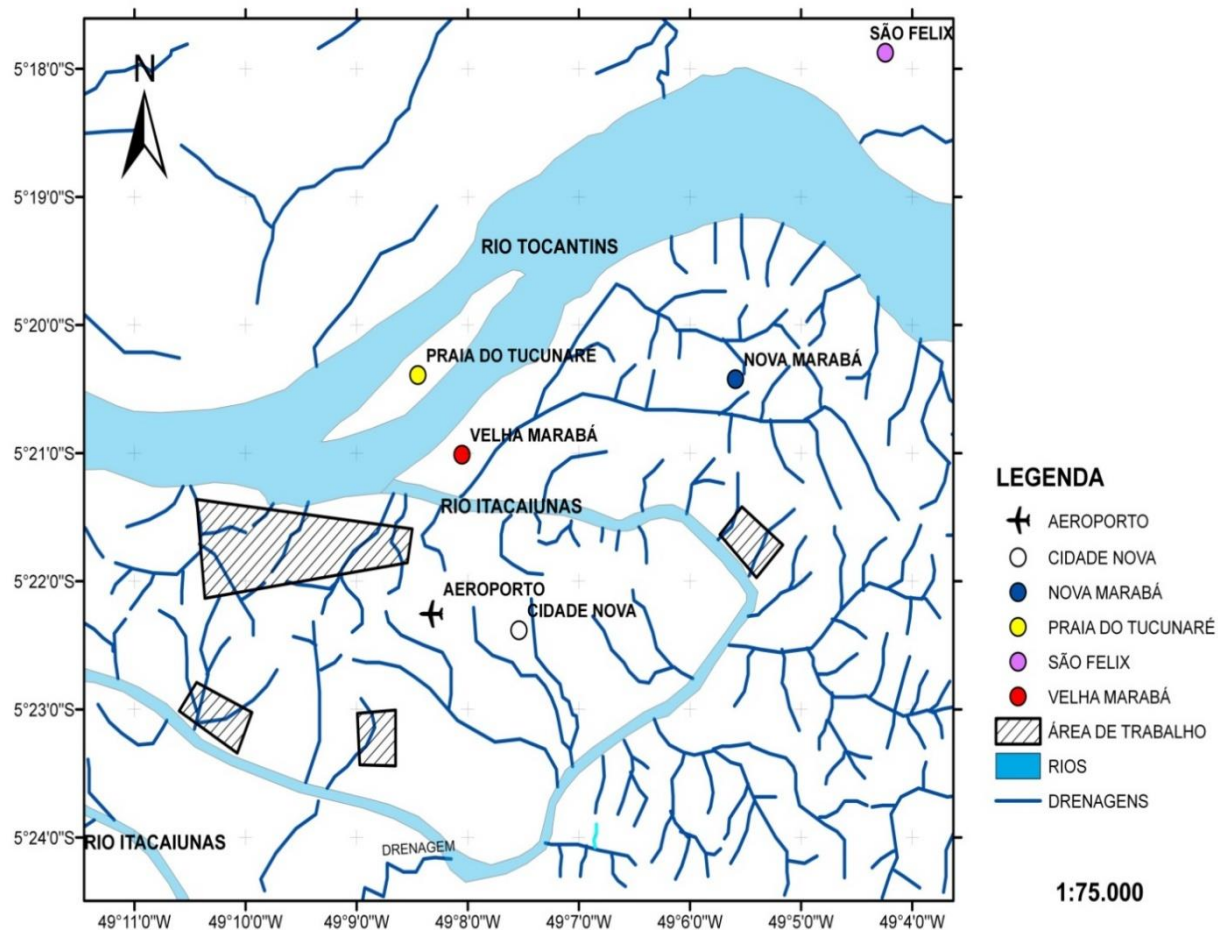
**Argissolo Vermelho-Amarelo** – solos de textura argilosa e arenosa, rasos, bem drenados, estrutura maciça e fertilidade natural muito baixa. Tem sua origem a partir da alteração de rochas dos cinturões Itacaiúnas e Araguaia, e de uma pequena área pertencente a unidades da Bacia do Parnaíba.

**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.

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).

Segundo Oliveira (2010), 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 Tauarizinho, 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 da Cerâmica Barro Bom – Marabá-PA. Fonte: Oliveira (2010)

A vegetação da área de extração de argila 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, onde ocorreram desmatamentos hoje encontra-se Campos Artificiais destinados à atividade pecuária.

Para a avaliação da qualidade do solo da área impactada pela extração de argila, após a introdução de espécies florestais nativas inoculadas com fungos micorrízicos, foi realizada análise biológica e química do solo. Para a determinação dos gêneros de organismos presentes no solo da área impactada, bem como a taxa de fertilidade, 5 amostras de solo foram coletadas dentro de uma área de 100 m<sup>2</sup>, seguindo metodologia descrita por LEMOS (2000), onde o processo de coleta foi realizado em diferentes pontos da área alternando-se em ziguezague e utilizando como ferramenta um trado e saquinhos plásticos de um quilo para o armazenamento do material coletado (figura 9).



**Figura 9.** Coleta das amostras de solo na área de extração de argila da Cerâmica Barro Bom – Marabá-PA.

As amostras de solo, devidamente identificadas foram encaminhadas para o Laboratório de Microbiologia do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Pará (UFPA), para análise biológica, e 100 gramas destas amostras foi

encaminhada para o Laboratório de Análise Agronômica e Consultoria Fullin Ltda, no Estado do Espírito Santo para avaliação da fertilidade química.

Para a análise biológica, 50g de solo foram separadas, destorroadas e passadas pelo processo de lavagem, atendendo a metodologia descrita do peneiramento úmido de Gerdman e Nicolson (1963) e centrifugação em sacarose a 40% de Jenkins (1964) para a extração dos organismos do solo (figura 10).



**Figura 10.** Procedimentos da análise biológica em laboratório.

A identificação dos organismos se deu através da contagem e identificação de espécies através de uma lupa estereoscópica. Os dados foram compilados e processados através do software estatístico SISVAR (FURTADO, 2000), através da análise de variância e teste de média a nível de 5% de probabilidade (estatística descritiva). Porém, como o número de organismos encontrados foi muito baixo nas cinco amostras de solos, optou-se por apresentar apenas os dados matemáticos.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO**

Após análise biológica das amostras de solo da área impactada pela extração de argila, os organismos indicadores da qualidade do solo da área, estão listados na tabela 1.

**Tabela 1:** 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. (Média de 10 repetições por amostra)



AMOSTRAS	*FMA'S	COLLÊMBOLO	ÁCAROS	FORMIGA	ASCOSPORO
01	---	---	---	---	02
02	---	01	01	---	---
03	01	---	---	---	01
04	01	---	---	---	---
05	02	---	---	01	---
Total	04	01	01	01	03

\*Fungos Micorrízicos Arbusculares.

Foram identificados 5 gêneros de organismos representando uma boa diversidade de espécies, porém com pequeno número de organismos: (04) esporos de fungos micorrízicos arbusculares, (01) collêmbolo, (01) ácaro, (01) formiga, (03) ascosporos.

Mesmo em pequena quantidade, os organismos encontrados representam bons indicadores da qualidade do solo, uma vez que estes organismos são encontrados em locais que há presença de matéria orgânica e nutrientes disponíveis na solução do solo, fato este, que comprova o início da reabilitação da área impactada pela extração de argila. O gênero fungo foi predominante, com 4 esporos de fungos micorrízicos e 3 esporos de ascosporos.

Estudos realizados por Oliveira (2010), antes da implantação das mudas micorrizadas na área, confirmou uma expressiva degradação da área, devido a retirada da camada superficial fértil de solo, e retirada da vegetação nativa, comprometendo o sistema solo-planta-água, visto o efetivo processo de erosão da área, arrancando partículas sólidas que são transportadas em suspensão através de escoamento superficial rápido para os rios, e lixiviação das bases.

Os fungos micorrízicos predominaram na área, corroborando com Hentz (2006), que relata a importância da associação micorrízica na recuperação de áreas degradadas, uma vez, que estes aumentam a área superficial específica de contato das raízes com o solo, aumentando a capacidade de absorção de fósforo e água indisponíveis na solução do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002), bem como, a capacidade das plantas em sobreviver diante das condições de estresse do ambiente.

Segundo Heisler (1989), os ácaros e collembolas são os dois grupos mais ricos em espécies e indivíduos da mesofauna edáfica. Dos mais de 10 mil espécies de ácaros conhecidos, cerca da metade são de habitantes do solo. Essa variedade de formas é conjugada com populações frequentemente densas (EISENBEIS ; WICHARD, 1985). Dunger (1983) afirma que, em solos de florestas tropicais, as populações de ácaros chegam ser de até 400 mil indivíduos por metro quadrado, e 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 (DUNGER, 1983).

De acordo com Eisenbeis e Wichard (1985), os collembolas tem uma distribuição cosmopolita, e sua alta população os torna biologicamente importantes para o solo, uma vez que contribuem para a formação do solo de duas maneiras: primeiro, alimentando-se de material orgânico grosseiro, que vai ser desdobrando em seus intestinos; e segundo, produzindo fezes que vão sendo 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 (AMBROZ; NOSEK, 1967) e fragmentando a matéria orgânica (EISENBEIS; WICHARD, 1985).

#### 4.2 QUALIDADE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO

A análise química e física do solo da área de extração de argila após a introdução de espécies florestais inoculadas com os fungos micorrízicos, revelou que o solo apresenta média concentração de fósforo pelo método de Mehlich e muito baixa a concentração de fósforo pelo método da resina (Tabela 2).

Tabela 2: Resultados e limites das interpretações relacionadas à análise química do solo

Parâmetro analisado	Unid.	Result. da amostra	CLASSIFICAÇÃO (valores de referência)				
			Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito alto
Fósforo Mehlich	mg/dm <sup>3</sup>	5			5 – 10		
Fósforo Resina	mg/dm <sup>3</sup>	-	< 3				

Potássio (K)	mg/dm <sup>3</sup>	22		< 60			
Enxofre (S)	mg/dm <sup>3</sup>	6				>10	
Cálcio (Ca)	Cmol	0,3		< 1,5			
Magnésio (Mg)	Cmol	1,3				> 1,0	
H+Al	Cmol	7,2				> 5,0	
Matéria Orgânica	dag/kg	0,5		< 1,6			
Ferro (Fe)	mg/dm <sup>3</sup>	195				31 – 200	
Zinco (Zn)	mg/dm <sup>3</sup>	3,0	< 4,1				
Cobre (Cu)	mg/dm <sup>3</sup>	3,8				1,6 – 20,0	
Manganês (Mn)	mg/dm <sup>3</sup>	14				12 – 130	
Boro (B)	mg/dm <sup>3</sup>	0,19		0,16 – 0,35			
Sódio (Na)	mg/dm <sup>3</sup>	34,0		< 60			
Cloro (Cl)	mg/dm <sup>3</sup>	-	-				
Relação Ca/Mg	-	-	-				
Relação Ca/K	-	-	-				
Relação Mg/K	-	-	-				
Sat. Ca na CTC (T)	%	3,4	< 40				
Sat. Mg na CTC (T)	%	14,7	< 7				
Sat. K na CTC (T)	%	0,6	< 3				
Índice saturação Na	%	1,6		< 20,0			
Soma de Bases (SB)	Cmol	1,7		< 2,1			
CTC efetiva (t)	Cmol	2,1		< 2,6			
CTC a pH 7,0 (T)	Cmol	8,9				4,6 – 10,0	
Sat. Alumínio (m)	%	19		< 21			
Saturação de bases	%	18,7	< 26				
Fósforo Remanescente	mg/L	-	<b>Estimativa da textura do solo</b>				
			<b>Argilosa</b>	<b>Media</b>	<b>Arenosa</b>		
			0 – 10				
pH em H <sub>2</sub> O				<b>Acidez</b>		<b>Neutro</b>	<b>alcalin.</b>
			<b>Elevada</b>	<b>Média</b>	<b>Frac a</b>		
	-	5,2		5,1 – 6,0			

É possível verificar que o nível de nutrientes ainda encontram-se baixos com relação aos valores de referência no qual estão classificados, corroborando com os dados de OLIVERIA (2010).

No entanto alguns desses valores podem estar ligados ao baixo teor de matéria orgânica encontrado, já que esta tem como uma de suas funções promoverem a liberação de nutrientes no solo, além de contribuir para no aumento da CTC. Segundo Peixoto 2008, em solos tropicais e subtropicais a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo. Nesses solos, a manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção de nutrientes e na diminuição de sua lixiviação.

Através dos teores de fósforo remanescente e pH em H<sub>2</sub>O torna-se visível a característica de um solo extremamente argiloso, apresentando elevado teor de acidez. Além

de terem como principal limitação à baixa fertilidade natural, pois são solos distróficos, com baixa saturação por bases.

Entretanto, tem que se levar em consideração que em lavras, a céu aberto, a retirada de minério sem o retorno de estéril ou mesmo dos horizontes superficiais conduz a um substrato remanescente formado por uma massa heterogênea de material geológico, e que por sua vez, as características deste substrato dependerão de propriedades físicas e geoquímicas da rocha que deu origem a estes fragmentos (DIAS, 1998). A ação dos agentes de intemperismo podem levar, com o tempo, à formação de horizontes superficiais que promovem, à medida que se oxidam, a acidificação ou alcalinização do sistema, trazendo implicações importantes no que se refere à interpretação de resultados provenientes de análises rotineiras de fertilidade. Estes fragmentos de rocha e a inversão de horizontes podem resultar no aparecimento de complicações de ordem química e física, que afetarão o estabelecimento e crescimento de plantas quando do processo de revegetação (HENTZ, 2006), por isso a importância deste trabalho em avaliar a qualidade do solo após a introdução de espécies vegetais inoculadas com os fungos micorrízicos.

Neste contexto a vegetação, principalmente a arbórea, tem um papel extremamente importante na reabilitação desses solos, pois, além de sustentar e reestruturar as camadas do mesmo dá condições para o restabelecimento das propriedades químicas e físicas, controle da sua acidez, concentração e transformação de metais pesados, acúmulo de matéria orgânica com posterior formação de um horizonte orgânico e principalmente contribuindo para o aporte de nutrientes pela ciclagem destes, induzindo em alguns casos, dependendo da espécie que se utilizar na área, o recomeço das atividades microbianas e até benefícios indiretos ao homem.

## **5 CONCLUSÃO**

Os solos da área de estudo encontra-se em processo de reabilitação, uma vez que a biota do solo está sendo reincorporada lentamente no sistema.

A pesquisa indicia a importância do uso de indicadores de avaliação da qualidade do solo que apresentam algumas vantagens técnicas e ambientais, sobretudo no diagnóstico das condições do solo.

## **6 REFERÊNCIAS**

AGUIAR, M. I. de. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. Dissertação do Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, 2008. 89p.

AMBROZ, Z. von; NOSEK, J. Mikrobielle Aktivität und Apterygotenbesatz in **initialen Böden der Niederen Tatra**. *Pedobiologia*, 7:1-10, 1967.

ARATANI, R. G.. **Qualidade física e química do solo sob diferentes manejos e condições edafoclimáticas no estado de São Paulo**. Tese de Doutorado em Agronomia. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal – SP, 2008. 139p.

ASSAD, M.L.L. **Fauna do solo**. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M.; eds. *Biologia dos Solos do Cerrados*. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1997. p.363-431.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; MAFRA, A.L.; WILDNER, L.P.; MIQUELLUTI, D.J. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.2, p.97-106, 2003.

BRUM, IRINEU ANTONIO SCHADACH. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. Resumo de Monografia. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Escola Politécnica, 2000. 22p.

CULTURATO, S.C.O. **Aspectos e Impactos Ambientais de Mineração de Argila na Região do Rio Claro e Santa Gertrudes, SP: Proposta metodológica para ponderação dos impactos negativos**. Dissertação mestrado em Geociência e Meio Ambiente. IG.CE. UNESP. Rio Claro, 2000. p 21-65.

DECAENS, T.; LAVELLE, P.; JIMENEZ-JAEN, J.J. Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental of Colombia. **European Journal of soil Biology**. Paris, U.2, p. 157-168.1994.

DERPSCH, R. **Expansão mundial do plantio direto.** Revista Plantio Direto, Passo Fundo, v. 59, n. 1, p. 32 - 40, 2000.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L.E., MELLO, J.W.V. **Recuperação de áreas Degradadas.** Viçosa: UFV/SOBRAGE, 1998. p. 27-44.

DIAS, L.E. & GRIFFITH, J.J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V., eds. **Recuperação de áreas degradadas.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1998. p.1-7.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. **Defining and assessing soil quality.** In: DIAS, L.E.; MELLO, J.W.V.; (Ed). **Recuperação de áreas Degradadas.** Viçosa: UFV, 1994, p. 2-7.

DUNGER, W. Tiere im Boden. Die Neue-Brehm Bücherei, 327. Wittenberg: A. Ziemsen Verlag, 1983. 287p.

ECONOMIA–MINERAIS. Disponível em:

<[http://www.amazonialegal.com.br/textos/economia/Economia\\_Minerais.htm](http://www.amazonialegal.com.br/textos/economia/Economia_Minerais.htm)>. Acesso em: 20/05/2011.

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

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

GERDEMANN, J.W. & NICOLSON, T.H. **Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting.** Trans. Brit. Mycol. Soc., 46:235-244, 1963.

GORAYEB, P.S.S. **Evolução geológica da região de Araguaiana Pequizeiro-Goiás.** Brasil. Dissertação de Mestrado-Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará, Belém. 1981. 100p.

GRIFFITH, J. J. **Recuperação de Áreas Degradadas em Unidades de Conservação** Dep. De Engenharia Florestal, UFV, Viçosa 4p. 1986.

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

HEISLER, C. **Erfassung der Collembolen und Milbenfauna einer Ackerfläche.** Zool. Anz., 223(3-4):239-248, 1989.

HENTZ, A.M.. **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.

HEYDERMANN, H. **Restoration capacities of soil communities.** In: Int. Coll. Soil Zool., 8th, Louvain-la-Neuve (Belgium), 1983. Procc. Ottignies-Louvain-la-Neuve, Dieu-Brichart, 1983. P.457-462.

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

JÚNIOR, RICARDO ANDRADE PINTO. **Potencial da chuva de sementes, da regeneração natural e da transposição do solo na recuperação de pastagem degradada.** Monografia. Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes-MG, 2008. 52p.

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

KARLEN, D. L. ; MAUSBACH, M. J. ; DORAN, J. W. ; CLINE, R. G. ; HARRIS, R. F. ; SCHUMAN, G. E. **Soil quality: a concept, definition, and framework for valuation.** Soil Science Society American Journal, Madison. v. 61, p. 4–10, 1997.

KOBIYAMA, MASATO et al. **Áreas degradadas e sua recuperação.** Informe agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.210, p. 10 – 17. Maio/Jun 2001.

Lemos, M. M. G. **Metodologia adotada para o estabelecimento dos valores de referência de qualidade para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo.** In: CETESB. Prevenção e controle da poluição do solo e das águas subterrâneas. São Paulo: CETESB, 2000. p.68-77.

LIMA, DIEGO RANIERE NUNES. **Avaliação e quantificação dos impactos ambientais gerados no processo de extração de argila no município de Marabá – Pará.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pará. Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, 2009. 62p.

MAJER, J.D. **Animals in primary succession.** The role of fauna in reclaimed lands. Cambridge University Press, 1989. 547p.

MARINHO, T. **Contaminação dos solos.** Disponível em: <http://mteresa-12bio.blogspot.com/2008/06/contaminacao-dos-solos.html>. Acesso em: 20/07/2011.

MELLONI, R.; SIQUEIRA, J.O. & MOREIRA, F.M.S. **Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação.** Pesq. Agropec. Bras., 38:267-276, 2003.

MENEGHEL, R.. **Caracterização e estudo de indicadores de recuperação ambiental de áreas degradadas pela mineração: aplicação para a atividade de extração de argila utilizada na indústria cerâmica vermelha (Criciúma-SC).** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Faculdade de Engenharia Ambiental, 2010. 89p.



MICORRÍZAS (FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES) – INSUMO BIOLÓGICO PARA UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA. Disponível em: <<http://www.ipa.br/resp61.php>>. Acesso em: 20/06/2011.

MINERAÇÃO NA AMAZÔNIA: O DESAFIO É INCLUIR A POPULAÇÃO NOS LUCROS DA ATIVIDADE. Disponível em: <[http://www.istoeamazonia.com.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=1945&Itemid=2](http://www.istoeamazonia.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=1945&Itemid=2)>. Acesso em: 13/05/2011.

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

OLDEMAN, L.R. **The global extent of soil de gradation**. In: Soil Resilience and Sustainable Land Use. GREENLAND, D. J. & SZABOCLS, I (Eds.) Cab International, Wallingford, VK, 1994, p. 99-118.

OLIVEIRA, LILIAM CARVALHO DE. **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. Faculdade de Ciências Agrárias, 2010. 54p.

OLIVEIRA Jr., O. A. Mineração – **Meio Ambiente: Revisitando e aprofundando conceitos – Apresentando idéias**. Monografia do Curso de lavra à céu aberto. Escola de Minas/UFOP. Maio 1993.

POVIDELO, L.A.; MARQUES – NETO, R. Passivos Ambientais em cidades pequenas: Uma proposta de recuperação para cava de argila abandonada em Tambaú (SP). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 4 (2) : 53-67.2006.

PEIXOTO, MARIA DE FÁTIMA DA SILVA PINTO. **Atributos físicos, químicos e biológicos como indicadores da qualidade do solo**. Recôncavo baiano (UFRB). Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas, 2008.

RABE, R. Der Nachweis von Luftverunreinigung und ihren Wirkungen durch Bioindikation. *Forum Städte-Hygiene*, 33:15-21, 1982.

SANCHEZ, L. E. **Desengenharia, o Passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais**. São Paulo: Edusp, 2003. p 45-63.

SCHUBERT, R. (Ed.) *Bioindikation in terrestrischen Okosystemen*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. 338p.

SOARES, CARLOS HENRIQUE DA SILVA. **Modelagem de processo cerâmico etapa de extração no IDEF**. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, Novembro de 2006.

STOCKING, M.A. **Erosão do solo e degradação da terra**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Julho de 2011.

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

VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do solo: com ênfase em aos Solos Tropicais**. 2ª Ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1988. 464p.