



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA E RELAÇÕES COM PROPRIEDADES  
QUÍMICAS EM UM LATOSSOLO SOB DIFERENTES USOS DA TERRA NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**ROSIGRÊDE LIMA DA SILVA**

**Belém**  
**2008**  
**Pará – Brasil**

---

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA E RELAÇÕES COM PROPRIEDADES  
QUÍMICAS EM UM LATOSSOLO SOB DIFERENTES USOS DA TERRA NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**ROSIGRÊDE LIMA DA SILVA**  
**Engenheira Agrônoma**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da  
Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado  
em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição  
de Plantas, para a obtenção do título de **Mestre**.

Orientador:

**Francisco de Assis Oliveira**

Co-orientadores:

**Thierry Desjardins**

**Paulo Fernando da Silva Martins**

**Belém**  
**Pará – Brasil**  
**2008**

---

Silva, Rosigrêde Lima da  
Dinâmica da matéria orgânica e a relações com as propriedades químicas de um Latossolo Amarelo sob diferentes usos da terra na Amazônia Oriental/ Rosigrêde Lima da Silva.- Belém, 2008.

74f.:il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2008.

1. CTC da Matéria orgânica 2. Uso do Solo 3. Solos Tropicais 4. Bases e Cátions trocáveis 5. Amazônia Oriental 6. Agricultura familiar  
I. Título.

CDD – 631.417



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA**

**DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA E RELAÇÕES COM PROPRIEDADES  
QUÍMICAS EM UM LATOSSOLO SOB DIFERENTES USOS DA TERRA NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**ROSIGRÊDE LIMA DA SILVA**  
**Engenheira Agrônoma**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de **Mestre**.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Francisco Assis de Oliveira  
Orientador - Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

---

José Henrique Cattanio  
1º Examinador - Universidade Federal do Pará – UFPa

---

George Rodrigues da Silva  
2º Examinador - Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

---

Mário Lopes da Silva Júnior  
3º Examinador - Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

**Belém**  
**Pará – Brasil**

## **AGRADEÇO E OFEREÇO**

**A Deus.**

## **DEDICO**

Aos **meus pais**, Tomaz e Leonilda da Silva, que através da simplicidade e amor de Deus, tiveram a sabedoria para orientar os meus passos, por todo o esforço incondicional, dedicação, carinho, amor, paciência e estímulo que me ofereceram, dedico-lhes a conquista de mais um objetivo como gratidão.

Aos **meus irmãos**: Rosalina, Hinglis e Hilamis, pela amizade e carinho dedicados durante todo o caminho percorrido em nossas vidas.

## AGRADECIMENTOS

À Deus que é fonte de vida e sabedoria, agradeço pela vida, saúde e por me iluminar e guiar por todos os caminhos e permitir-me alcançar mais uma etapa sem ter me deixado fraquejar em nenhum momento, estando sempre ao meu lado, mesmo nas horas difíceis;

À toda minha família, e em especial aos meus pais Tomaz e Leonilda da Silva por terem me dado apoio, carinho, compreensão, conselhos, cobrança sempre na medida certa além, dos princípios e ideais, que foram sempre de grande importância;

À Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA) e ao seu corpo docente, pela oportunidade de realizar este curso;

Ao Institut de Recherche Pour le Développement – IRD, Projeto “Biodiversidade e funcionamento do solo no contexto da agricultura familiar na Amazônia”, pelo apoio financeiro em todas as etapas desta pesquisa;

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida;

Ao meu orientador Prof. Dr. Francisco Assis de Oliveira, pela orientação, amizade, apoio e sugestões durante o curso, que foram de fundamental importância no decorrer deste trabalho;

Ao meu co-orientador Thierry Desjardins, que mesmo de longe não mediu esforços e esteve em todos os momentos ao meu lado. Por todas sugestões, correções, orientação, esclarecimentos, paciência e atenção dispensada durante todos os momentos do curso;

Ao químico Max Adolf Sarrazin, pela paciência nos momentos de laboratório, sempre disposto a colaborar e ensinar, pela dedicação, estímulo, pela forte amizade construída ao longo do tempo e, sobretudo, pela demonstração de profissionalismo e respeito a pesquisa. Meu sincero agradecimento por tudo que representou e representa em minha vida acadêmica e pessoal, transmitindo conhecimento e segurança, sempre solícito nas constantes dúvidas e amigo em todas as horas;

Ao Prof. Dr. Mário Lopes, pela amizade, colaboração, conselhos e ajuda constante com os testes estatísticos.

Ao Dr. José Francisco Berrêdo, chefe do Laboratório de solos do Museu Paraense Emílio Goeldi, pela sua colaboração no decorrer das análises e pelo apoio durante a realização deste trabalho;

Aos amigos e funcionários do Museu Paraense Emílio Goeldi, Paulo Sarmento, Idemê Amaral, Daniel Guedes e Ieda, pela colaboração e apoio durante a realização das análises;

À Prof. Dr<sup>a</sup>. Dulcidea Palheta, chefe do Laboratório da Zootecnia, pela sua colaboração no decorrer das análises e pelo apoio durante a realização deste trabalho;

Aos amigos e funcionários da Zootecnia, em especial Ricardo Oliveira, pela colaboração e apoio durante a realização das análises;

Ao Dr. Marcos André Piedade, chefe do Laboratório de Análises Químicas de Solo da UFRA/ICA, pela sua colaboração no decorrer das análises e pelo apoio durante a realização deste trabalho;

Aos amigos e funcionários do ICA, pela importante ajuda recebida durante o curso em especial, Júlio César Gomes Costa, Samuel Moreira de Oliveira, por toda amizade, companheirismo e apoio sempre solícitos nas constantes dúvidas no laboratório;

Aos meus companheiros de batalha Adriane da Rocha, Elaine Santos, Deyvison Gonçalves, Girlany Batista, Paulo Matos, Willielen Ferreira, pelo auxílio em algumas etapas do trabalho, e, sobretudo, pela amizade, guerreiros que nunca estremeçeram diante dos desafios e sem os quais não seria possível a vitória;

Aos meus amigos Leila Márcia Amaral, Michel e Catherine Grimaldi, Eduardo Pinheiro, Norberto Noronha, Aldelyce Baia, Maria do Rosário Lopes que se tornaram base da minha fortaleza e que são pessoas de raro caráter, por todo apoio, companheirismo, auxílio, convívio e compreensão durante a fase desta jornada;

Aos colegas do mestrado Natasha Soares, Brenda Guimarães, Cândido Neto, Clévea da Silva, Márcio Gerdhanes, Milena Fonseca, Paulo Lobato, Paulo Alfama, Roberta Pinheiro, Patrícia Maia, Ricarth Vieira, Carla Pará, Diocléia Seabra, Daniele Pegado, Elaine Guedes, Eliane Ribeiro, Neilo Moreira, Sabrina de Lima, Sandra Ferreira, Sávia Silva, Andreos Leite, Carla Vanessa, Michelle Nascimento, Tatiana Gazel, Jessivaldo Galvão, pela amizade e companhia durante os dois anos de curso;

Ao meu namorado Carlos Jamenson Silva, pelo amor, confiança, presença, apoio, companheirismo, incentivo durante todo o decorrer do curso e paciência fundamentais nas horas difíceis;

Ao professor Paulo Fernando da Silva Martins, por me orientar no início da caminhada, ainda por ocasião da graduação e apoio até hoje;

Aos professores do Curso, Francisco Ilton Morais, Tarcisio Rodrigues, Waldenei Queiroz, Francisco de Assis, Ana Regina Araújo, Herdjanina Veras, Paulo de Jesus Santos, pela oportunidade, conhecimentos adquiridos e troca de experiências;

A secretária do Mestrado em Agronomia Gracy Monteiro sempre à disposição quando solicitada

A todos que direta e indiretamente contribuíram para o sucesso desse trabalho, e que embora não estejam citados, nunca serão esquecidos.

**MUITO OBRIGADA A TODOS!**



*“Se teus projetos forem para um ano, semeia um grão;  
Se forem para dez anos, planta uma árvore;  
Se forem para cem anos, instrui um povo”*

(Provérbio Chinês)

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	09
LISTA DE TABELAS .....	10
RESUMO.....	11
ABSTRACT.....	12
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS GERAIS.....	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 ECOSISTEMAS DOMINANTES.....	16
<b>2.1.1 A floresta primária.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2 A capoeira.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.3 As pastagens.....</b>	<b>18</b>
2.2 EFEITO DA QUEIMADA .....	19
2.3 MATÉRIA ORGÂNICA.....	22
<b>2.3.1 Importância da matéria orgânica no solo .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2 A matéria orgânica como indicador da qualidade do solo.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.3 Efeito da matéria orgânica em algumas propriedades químicas do solo.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3.1 Capacidade de troca de cátions (CTC).....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3.2 Fonte de nutrientes.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.3.3 Potencial hidrogeniônico (pH).....</b>	<b>28</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	30
3.2 HISTÓRICO DO ASSENTAMENTO.....	30
3.3 CLIMA.....	33
3.4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	34
3.5 PEDOLOGIA.....	35
3.6 VEGETAÇÃO.....	36
3.7 COLETA DO SOLO.....	37
3.8 PROCEDIMENTO DE LABORATÓRIO.....	38
<b>3.8.1 Determinação do carbono total e do nitrogênio total.....</b>	<b>38</b>
<b>3.8.2 Determinação das características químicas do solo.....</b>	<b>39</b>
3.9 DELINEAMENTO TRATAMENTOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
4.1 VARIAÇÃO SAZONAL DOS TEORES DE CARBONO E NITROGÊNIO E DA RELAÇÃO C/N.....	41
4.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS ESTUDADOS.....	45
<b>4.2.1 Teores de pH, Alumínio e Fósforo.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.2 Capacidade de troca catiônica.....</b>	<b>47</b>
<b>4.2.3 Bases trocáveis.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.4 Bases totais dos sistemas de uso da terra.....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.5 Relação das bases trocáveis e bases não trocáveis.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.6 Relação entre a matéria orgânica, a CTC e a soma de bases.....</b>	<b>56</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização do assentamento Benfica na região de Marabá/Pará.....	30
Figura 2	A seqüência da agricultura itinerante com a utilização da área a partir da floresta (a) detalhe após a derrubada e queimada da floresta (b), seguida da agricultura de subsistência com o cultivo de arroz (c) e utilização da área dando lugar a pastagem (d) no assentamento Benfica/ Itupiranga.....	31
Figura 3	Detalhe da área de capoeira, no assentamento Benfica/Itupiranga.....	32
Figura 4	Detalhe da utilização da área com pastagem, no assentamento Benfica/ Itupiranga.....	33
Figura 5	Precipitação mensal do assentamento Benfica-PA entre agosto de 2004 a setembro de 2005..	34
Figura 6	Cobertura pedológica ao longo da topossequência representativa da área de estudo sobre o monzogranito da Idade Proterozóica.....	35
Figura 7	Esquema representativo do transecto, localizado na parte alta do morro, para coleta das subamostras para formar as amostras compostas.....	37
Figura 8	(a) Precipitação mensal (ago/2004 e set/2005), (b) carbono orgânico ( $\text{g C kg}^{-1}$ solo), (c) nitrogênio total ( $\text{g N kg}^{-1}$ solo), (d) Relação C/N, para a profundidade 0-2 cm e (e) carbono orgânico ( $\text{g C kg}^{-1}$ solo), (f) nitrogênio total ( $\text{g N kg}^{-1}$ solo), (g) Relação C/N para a profundidade 2-5 cm, para os ecossistemas de floresta, pastagem jovem de 1-2 anos, pastagem de velha de 10-12 anos, com a realização de 6 (seis) coletas em diferentes datas.....	42
Figura 9	Capacidade de troca cátions à pH 7,0, com carbono total, em um Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, com diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 e 2-5 cm...	47
Figura 10	Capacidade de troca cátions à pH 7, 0, sem carbono total, em um Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, com diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 e 2-5 cm...	48
Figura 11	Bases Trocáveis $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{K}^+$ e $\text{Na}^+$ , em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 e 2-5 cm.....	49
Figura 12	Soma das bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{K}^+$ e $\text{Na}^+$ ), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 cm.....	51
Figura 13	Soma das bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{K}^+$ e $\text{Na}^+$ ), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 2-5 cm.....	52
Figura 14	Bases totais Ca, Mg, K e Na, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 e 2-5 cm.....	53
Figura 15	Repartição das bases trocáveis e não trocáveis, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de ecossistemas: floresta (Flo), capoeira (cap), pasto jovem (Pj), pasto médio (Pm), pasto velho (Pv), na profundidade 0-2 cm.....	55
Figura 16	Repartição das bases trocáveis e não trocáveis, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de ecossistemas: floresta (Flo), capoeira (cap), pasto jovem (Pj), pasto médio (Pm), pasto velho (Pv) na profundidade 2-5 cm.....	56
Figura 17	Teor médio de carbono orgânico (CO), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes sistemas de manejo, nas profundidades de 0-2 e 2-5 cm.....	57
Figura 18	Relação entre a CTC a pH 7 e o teor de carbono orgânico total (CO), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes sistemas de manejo. ....	58
Figura 19	Relação entre a soma de bases (SB) e o teor de carbono orgânico total (CO), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes sistemas de manejo.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Proprietário da área, uso da terra e o código das amostras de solos coletadas.....	38
Tabela 2	Carbono orgânico (g C kg <sup>-1</sup> solo) em floresta, pastagem de 1-2 anos, pastagem de 10-12 anos em diferentes datas para as profundidades 0-2 e 2-5 cm.....	41
Tabela 3	Nitrogênio total (g N.kg <sup>-1</sup> solo) em floresta, pastagem de 1-2 anos, pastagem de 10-12 anos em diferentes datas para a profundidade 0-2 e 2-5 cm.....	43
Tabela 4	Relação C/N em floresta (FLO), pastagem de 1-2 anos (Pj), pastagem de 10-12 anos (Pv) em diferentes datas para profundidade 0-2 e 2-5 cm.....	43
Tabela 5	Características químicas do solo para duas profundidades (prof), como: potencial hidrogênio (pH), alumínio trocável (Al <sup>3+</sup> ), íon hidrogeniônico (H <sup>+</sup> ), saturação por alumínio (m) e fósforo disponível (P), sob diferentes sistemas de uso da terra nas profundidades de 0-2 cm e 2-5 cm em Itupiranga (PA).....	45

## RESUMO

O uso do solo com fins agrícolas, depois de retirada da vegetação natural, tem freqüentemente mostrado alterações nas propriedades químicas do solo, as quais são dependentes das características do solo, do clima, do tipo de cultura e das práticas culturais adotadas. Este estudo teve como objetivo avaliar as transformações ocorridas na dinâmica da matéria orgânica e nas propriedades químicas de um Latossolo em função da mudança nos ecossistemas. O estudo foi realizado no município de Itupiranga-Pa, num assentamento de pequenos agricultores (5° 16' S, 49° 50' W). As amostras de solo foram coletadas em duas profundidades (0-2 e 2-5 cm), em cinco diferentes tipos de ecossistemas: floresta nativa, capoeira de 8 a 10 anos, e pastagens de *Brachiaria brizantha* de várias idades (1-2 anos, 5 a 7 anos e de 10 a 12 anos), para realizar o estudo das características químicas do solo e de suas variações: pH, P disponível, cátions trocáveis, não trocáveis e totais ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ), soma de bases, capacidade de troca catiônica. Para realizar o estudo das variações sazonais dos teores da matéria orgânica (C, N e relação C/N), foram escolhidos três dos ecossistemas: i) o sucessional de floresta, ii) ecossistema de pastagem mais jovem (de 1-2 anos) e iii) ecossistema de pastagem mais antiga (de 10 a 12 anos), onde 6 coletas foram realizadas, bimensalmente, no período de outubro de 2004 e agosto de 2005. Os resultados indicam que as variações sazonais dos teores de carbono e nitrogênio foram de amplitude, não significativa ( $p < 0,05$ ); elas se manifestaram de maneira mais visíveis através da variação da relação C/N. Não ocorreram fortes alterações das reservas orgânicas (medida dos teores de carbono e o nitrogênio totais do solo) após o desmatamento e a modificação da cobertura vegetal. Várias propriedades químicas foram significativamente alteradas pela mudança estrutural dos ecossistemas: houve um aumento do pH, uma diminuição do teor de alumínio trocável, um aumento temporário do teor de fósforo disponível, e um aumento da soma das bases ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ ). A capacidade de troca catiônica (CTC), que apresentou uma relação significativa ( $p < 0,05$ ) com a matéria orgânica, não foi modificada significativamente ( $p > 0,05$ ) pela mudança de uso da terra. Para cada cátion, o balanço entre a parte trocável e a reserva (não trocável) variou nitidamente. A maior parte do potássio apareceu na fração provisoriamente imobilizada, enquanto o cálcio encontrou-se essencialmente na forma trocável.

**PALAVRAS-CHAVE:** CTC da Matéria Orgânica, Uso do Solo, Bases e Cátions Trocáveis, Solos Tropicais, Amazônia brasileira, Agricultura Familiar.

## ABSTRACT

The soil used for agriculture after removal of natural vegetation have often shown changes in the soil chemical properties which are dependent on soil characteristics, climate, type of culture and cultural practices adopted. The objective of this study was to determine the dynamics in organic matter and in the chemical properties of a latosol as a function of changes in vegetation cover. The study was made in a settlement of small farmers at the municipality of Itupiranga-Pa. Soil samples were collected at two depths (0-2 and 2-5 cm) in five different types of ecosystems: native forest, secondary forest 8 to 10 years of age and pastures of *Brachiaria humidicola* with 3 to 4 years, 8 years and 12 to 14 years of age to determine the changes in pH, available P, exchangeable, non exchangeable and total cations (Ca, Mg, K and Na), sum of bases and cation exchange capacity. Three of the vegetation covers were chosen to conduct the study of seasonal variations in the levels of organic matter (C, N and the C/N): native forest and *Brachiaria humidicola* pastures of 3 to 4 years and of 12 to 14 years of age where six soil samples were collected every two months from October 2004 to August 2005. The results showed that the seasonal variations in the level of C and N were no statistically significative. There were no major changes in the organics reserves (measured the levels of carbon and total nitrogen of the soil) after soil deforestation and changes of vegetation cover. It was observed an increase in pH, a decrease in the level of exchangeable aluminum, a temporary increase in the level of available phosphorus and an increase in sum of bases. The cation exchange capacity, which showed a significant relationship with organic matter, was not significantly changed by the type of land use. The balance between the exchangeable and no exchangeable form of each cation varied significantly. Most of the potassium was in a temporarily immobilized fraction while calcium was mainly found in the exchangeable form.

**Key words:** CTC of the organic matter, Use of the soil, Bases and exchangeable cations, Tropical soils, Amazon Basin of Brazil, family agriculture.

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais suportes da produção agrícola, sendo seu comportamento regido por um complexo conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos, submetidos à ação do clima, que interagem e tendem ao equilíbrio (SOUZA; ALVES, 2003). A ação do homem no sistema solo-água-planta-atmosfera para a produção de alimentos tende a ocasionar alterações, muitas vezes positivas, como a melhoria das condições para o desenvolvimento e proteção das plantas, outras vezes negativas, como a degradação do solo e a poluição do ambiente.

No Brasil, de maneira geral, ecossistemas naturais vêm sendo substituídos por culturas de ciclo curto, perenes, pastagens e espécie florestal de rápido crescimento. Essa mudança na utilização do solo provoca um desequilíbrio no ecossistema e nas propriedades intrínsecas da nova vegetação, uma vez que o manejo adotado influencia os processos físico-químicos e biológicos do solo, modificando suas características e, muitas vezes, propiciando sua degradação (SOUZA; ALVES, 2003).

Na região amazônica, a agricultura itinerante, forma tradicional de cultivo que vem sendo utilizado há muito tempo, pois se iniciou com as tribos indígenas da região, permanece ainda como um dos sistemas de uso da terra mais importantes, tanto sob o ponto de vista econômico responsável por pelo menos 80% da produção de alimento total da região como também pela quantidade de pessoas que dela dependem direta e indiretamente (COSTA, 2001). O uso tradicional consiste em derrubar e queimar áreas de florestas primárias para cultivar a terra por poucos anos, usando o cultivo de subsistência como, por exemplo, a mandioca ou o arroz e depois deixá-la em pousio por vários anos (SCHAEFER et al., 2000).

O desmatamento na Amazônia teve maior incremento a partir da década de 1960, com o advento da lei dos Incentivos Fiscais. Consideráveis extensões de terra foram desflorestadas para ceder lugar ao estabelecimento de pastagens cultivadas. A área total desmatada nesta região, considerando-se além das pastagens, as áreas ocupadas com produção agrícola, atingia mais de 50 milhões de hectares até 2000 (MULLER et al., 2004), principalmente no Mato Grosso e no Pará.

As pastagens de maneira geral são consideradas como ecossistemas perenes, pois, são capazes de apresentar produtividades primárias elevada e por tempo prolongado. Entretanto, na Amazônia, segundo Serrão (1988), o ciclo das pastagens é de no máximo de oito a dez anos e seu rápido desaparecimento ocorre, quase sempre, por uso de gramíneas não adaptadas aos solos de baixa fertilidade, predominantes na região, e pelo manejo inadequado. A

instalação de pastagens após corte e queima inicialmente rende boa produtividade, mas, geralmente, ocorre uma redução gradual desta produtividade alguns anos depois (MÜLLER et al., 2004), em função do declínio da fertilidade do solo, devido à baixa entrada de nutrientes, toxidez de alumínio e deficiência de fósforo (lixiviação, exportação pelo consumo do gado) (FALESI, 1976), aliado a invasão de ervas daninhas (DUTRA; MASCARENHAS; TEIXEIRA, 2000).

A intensidade do desmatamento, principalmente, em áreas de floresta de terra firme, tem sido foco de interesse e preocupação, não só nacional, mas mundial, uma vez que a Amazônia representa a maior extensão de floresta tropical remanescente no mundo, em grande parte intocada, e de elevada diversidade biológica. Uma grande preocupação é que o desmatamento possa provocar grandes alterações no clima local e mundial (FERREIRA et al., 2001).

Neste sentido, a utilização da queima como prática agrícola tem gerado diversos debates, devido aos nocivos efeitos ambientais, principalmente, na emissão de gases de efeito estufa e, modificações na qualidade e quantidade da matéria orgânica (MO) do solo, devido a uma simples alteração de determinada prática ou sistema de cultivo (SPAGNOLLO, 2004).

O solo é um sistema aberto que concentra resíduos orgânicos de origem vegetal, animal e os produtos das transformações destes resíduos, sendo a vegetação a principal fonte de materiais orgânicos do solo. O tipo de vegetação e as condições ambientais são os fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo. A decomposição destes materiais depende dos processos de transformação da matéria orgânica pelos organismos do solo (fauna e microrganismos), por meio dos quais pode-se avaliar a qualidade do solo (MIELNICZUK et al., 2003).

O declínio ou acréscimo da matéria orgânica do solo serve para avaliar a preservação dos ecossistemas naturais e o desequilíbrio do agroecossistema. O teor e a dinâmica da matéria orgânica no solo constituem-se em atributos que representam bem a qualidade do solo, podendo ser alterados com as práticas de manejo adotadas, e podendo ser utilizados como critérios na avaliação da sua sustentabilidade (MELO, 2007). Para manejar os solos adequadamente é imprescindível que sejam conhecidas essas mudanças (PEREIRA, 1998).

Na maioria dos solos tropicais, devido ao forte intemperismo, a matéria orgânica do solo representa o principal reservatório de nutrientes para as plantas (e de energia para os microrganismos) (BARROS; COMERFORD, 2002). Entretanto, foram muito poucos os estudos tentando relacionar as variações do teor de matéria orgânica com o reservatório de bases trocáveis e não trocáveis.



Em quase toda a sua extensão, a Amazônia brasileira tem como vegetação natural a floresta tropical úmida, devido a existência de um clima caracterizado por chuvas abundantes e uma temperatura elevada. Entretanto, existem variações climáticas sensíveis dentro desta região (NIMER, 1989), tanto em termos da quantidade total de chuva (de 1500 a mais de 3000 mm) quanto na distribuição dessas precipitações ao longo do ano, com a presença (ou não) de uma estação seca mais ou menos prolongada e acentuada. Essa variação da quantidade e da repartição das chuvas pode ter uma influência sobre a dinâmica da matéria orgânica, porém não existem estudos à respeito na Amazônia brasileira.

O presente estudo foi feito baseado em algumas hipóteses:

1 – a alternância de uma estação chuvosa e uma estação seca bem marcada pode provocar variações sazonais nos teores de carbono e nitrogênio totais do solo;

2 - nos solos com pouco minerais intemperizáveis, a matéria orgânica constitui um reservatório de bases não trocáveis;

3 - o uso da terra pode provocar alterações tanto no teor de matéria orgânica quanto nas reservas de bases trocáveis e não trocáveis.

### 1.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar as transformações ocorridas na dinâmica da matéria orgânica e nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo em função da mudança de cobertura vegetal.

### 1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a variação sazonal dos teores de carbono e nitrogênio, em função da variação da umidade, devido a alternância de uma estação chuvosa e uma estação seca bem definida e do uso da terra (floresta, pastagens);
- Quantificar as bases trocáveis e não trocáveis e suas variações relativas, em função do uso da terra (floresta, capoeira, pastagens);
- Estabelecer relações entre a matéria orgânica e as bases trocáveis e não trocáveis e a CTC.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. ECOSISTEMAS DOMINANTES**

#### **2.1.1 A Floresta Primária**

A Amazônia brasileira é constituída por aproximadamente 426,5 milhões de hectares de florestas (GFRA, 2005), apresentando alta diversidade biológica e genética. Todavia, a deterioração genética desses recursos está aumentando a taxas assustadoras, devido ao desmatamento para diversos fins e a exploração seletiva dos recursos naturais (SOUZA, 2006).

A floresta amazônica é um ecossistema auto-sustentável, ou seja, é um sistema que se mantém com seus próprios nutrientes num ciclo permanente. Tal fato implica uma ciclagem de nutrientes eficiente, que garante um estoque estável destes elementos no sistema ao longo do tempo, sendo isto de suma importância uma vez que os solos sob as florestas tropicais são altamente intemperizados e geralmente têm baixa disponibilidade de nutrientes (SIOLI, 1991). Segundo Schubart e Luizão (1984), a floresta primária protege o solo da erosão e lixiviação dos nutrientes minerais no sistema através da reciclagem orgânica, e apresenta-se como ecossistema em clímax, pelo alcance de um equilíbrio dinâmico entre a produção e o consumo de matéria orgânica. As florestas tropicais são dinâmicas e as mudanças ocorrem continuamente nos indivíduos e nas populações ao longo do tempo (FENFILI, 1995). Existe um delicado equilíbrio nas relações das populações biológicas que conseqüentemente, são sensíveis a interferências antrópicas.

No ecossistema de floresta existem três depósitos de nutrientes: o solo, a biomassa e os detritos (*litter*), este, com um expressivo conteúdo de nutrientes. A chuva, ao cair sobre a vegetação, arrastando pó e o nitrogênio (N) atmosférico, contribui para enriquecer o ecossistema, e procede a lavagem de folhas e galhos, transportando nutrientes até o solo. Parte destes nutrientes, e dos presentes no solo, são perdidos por lixiviação, dependendo das condições do solo. Simultaneamente, a folhagem e os detritos da floresta caem e se acumulam sobre o solo (SERRÃO; HOMMA, 1982).

#### **2.1.2 A Capoeira**

As capoeiras podem ser definidas como áreas de crescimento espontâneo de vegetação secundária proveniente do processo sucessional dos ecossistemas florestais naturais (PEREIRA; VIEIRA, 2001).

Na Amazônia brasileira, muitas florestas primárias têm sido transformadas em roças e pastagens por agricultores familiares. Muitas dessas áreas, recentemente abertas, são abandonadas e um processo de regeneração florestal se instala, havendo o surgimento de florestas secundárias, localmente chamadas de juquiras, ou capoeiras. Os motivos do abandono são ainda variados, embora o motivo mais freqüente esteja a falta de mão-de-obra para um manejo adequado dos pastos. Uma vez que ainda existem muitas áreas de florestas primárias, essas são preferencialmente usadas na instalação de novas roças e pastos. Em poucas propriedades os agricultores já consideram o tempo de abandono como suficiente para recuperação das características edáficas adequadas (AIDE et al., 1995; STEININGER, 2000; GEHRING; DENICH; VLEK, 2005).

A capoeira (vegetação secundária espontânea) como vegetação de pousio, assume um papel central no agroecossistema da agricultura itinerante, pois ela recupera a perda do potencial produtivo sofrida pela derruba, queima e breve fase de cultivo. As funções da capoeira são diversas, sendo as mais importantes (i) a reacumulação de biomassa e de nutrientes (BROWN; LUGO, 1990; PALM; SWIFT; WOONER, 1996; SZOTT; PALM; BURESH, 1999); (ii) a supressão por sombreamento contínuo de espécies ruderais agressivas e de seus bancos de sementes (DE ROUW, 1995; GALLAGHER; FERNANDES; MCCALLIE, 1999); e (iii) a diminuição da ocorrência de pragas e doenças. A regeneração da capoeira ocorre em várias etapas de sucessão com diferentes composições florísticas e estruturais (SALDARRIAGA et al., 1988; FINEGAN, 1996; GEHRING; DENICH; VLEK, 2005).

A dinâmica e o estado de regeneração da capoeira constituem fatores determinantes para o sucesso do próximo ciclo de cultivo e para a sustentabilidade deste agroecossistema. Por outro lado, a dinâmica de regeneração é relacionada negativamente com a intensidade do uso anterior da terra (AIDE et al., 1995; STEININGER, 2000; GEHRING; DENICH; VLEK, 2005) e da intensidade e duração da estação seca (ZARIN et al., 2001) e positivamente relacionada com a fertilidade do solo (GEHRING et al., 1999; DAVIDSON et al., 2004). A diminuição da produtividade nesse sistema de cultivo está normalmente associada à redução da fertilidade do solo, ocasionada pelas perdas de nutrientes por volatilização durante a queima da capoeira, no momento do preparo da área para plantio, e também, pela lixiviação dos nutrientes do solo, devido à baixa capacidade de troca de cátions da maioria dos solos da Amazônia, associado à alta incidência de chuvas, além da exportação de nutrientes nas colheitas (HOLSCHER et al., 1997).

O processo de intensificação da agricultura tem provocado uma fragmentação nas florestas secundárias em vários estádios sucessionais (KIMMINS, 1997; VIVAN, 2000), criando uma paisagem em forma de “mosaico heterogêneo” (METZGER, 2001), o qual possui uma grande riqueza de espécies, porém com baixa produção de biomassa (DENICH, 1991; BAAR, 1994; NUNEZ, 1995). Vieira et al. (1993) salientam a importância dos sistemas radiculares arbóreos, que persistem no solo, estes servem para uma possível regeneração da área.

Além disso, deve-se considerar que do ponto de vista ambiental o crescimento da capoeira contribui para absorção de carbono da atmosfera, recuperação da biodiversidade, redução das perdas potenciais de nutrientes pela erosão e lixiviação (NEPSTAD et al., 2000).

### **2.1.3 As pastagens**

Até os anos de 1960, os solos ocupados por pastagens na Amazônia eram marginais e desenvolvidos, principalmente, nos campos nativos de baixíssima capacidade produtiva. Com os incentivos do Governo Federal, nos anos 1960 e 1970, para povoar e desenvolver a região amazônica ocorreu uma forte expansão da pecuária regional, com a introdução de gramíneas forrageiras exóticas dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria*. Nos primeiros anos, um excelente crescimento das forrageiras foi observado (FALESI; VEIGA, 1976), porém outros estudos realizados nos anos 90 mostraram que a maior parte das pastagens estava abaixo da capacidade produtiva, apresentando diferentes graus de degradação (SERRÃO; UHL; NEPSTAD, 1993), consequência do mau uso do solo e das plantas forrageiras (MACEDO, 2000). A boa produtividade inicial é resultante da adição dos nutrientes presentes nas cinzas, resultado da queima da vegetação nativa. Com o passar do tempo, a diminuição desse aporte, assim como o aparecimento de processos de compactação e de erosão (MENEZES; GARRIDO; PEREZ, 2005), provoca um declínio da produtividade e o aparecimento de plantas invasoras (TOLEDO; SERRÃO, 1982).

A principal imagem que vem a mente de muitas pessoas quando se fala em produção pecuária na Amazônia, é a da destruição ambiental causada por ela. Logo se associa essa destruição a grandes fazendas extensivas e pouco produtivas, cujo objetivo maior é a especulação fundiária. No entanto, nas regiões de fronteira, onde existe uma grande população de pequenos produtores, a atividade pecuária que está quase sempre presente (MACEDO, 2000). Este é caso de Marabá, no estado do Pará, uma região de 28 000 km<sup>2</sup>, onde os agricultores familiares, hoje aproximadamente em torno de 2000 famílias, procuram estabelecer sistemas de produção que lhes garanta uma qualidade de vida aceitável. Uma boa

parte destes produtores pratica uma agricultura diversificada, associada à pecuária, com a dupla finalidade de produção de leite e venda de bezerros. No entanto, nas localidades mais antigas e próximas ao centro regional, é cada vez mais presente certa especialização na atividade pecuária, principalmente, para produção de leite, já existindo hoje o que se pode chamar de uma nascente bacia leiteira na região (MACHADO; CECATO; MIRA, 1998).

## 2.2. EFEITO DA QUEIMADA

As queimadas são uma forma de manejo tão antiga como a própria agricultura, sendo bastante comuns em muitas regiões tropicais e subtropicais. O melhoramento das características químicas do solo, ligadas à queima, se traduz pela diminuição da acidez do solo e aumento das bases trocáveis e outros nutrientes contidos nas cinzas até chegar a um solo quimicamente mais fértil que o inicial. Entretanto, esta melhoria na fertilidade é muito breve, esgotando-se após a primeira colheita ou segunda, obrigando a vegetação desenvolver uma alta capacidade de adaptação para que consiga novamente se reconstituir.

O uso do fogo é a alternativa mais barata, tanto para fazer novas pastagens, quanto para o manejo das pastagens já existentes. De acordo com os autores, o grau de descapitalização e o fato de os produtores não terem acesso às alternativas de preparo de solo, servem de justificativas para a utilização das queimadas, por ser o processo menos oneroso de preparo de solo, comparando-se com outras práticas, como o da retirada da biomassa constituída de galharias (HOMMA, 1998).

De acordo com Homma et al. (2000), a utilização das queimadas nas áreas de pastagens é uma prática de manejo tradicional no meio rural amazônico. O fogo tem a função principal de remover os vegetais não-palatáveis (ervas daninhas), estimular o crescimento do pasto, controlar pragas, como cigarrinha-das-pastagens<sup>1</sup>, bem como, proteger a cerca do fogo accidental.

As combinações desses fatores produtivos possibilitam colheitas razoáveis com baixas exigências em mão-de-obra e sem custos financeiros. Portanto, do ponto de vista do pequeno produtor, esta forma de manejo pode ser considerada como racional e adequada para as suas necessidades, o que explica a dominância desta forma tradicional de uso da terra até hoje.

Resultados de estudos mostraram que este manejo disponibiliza cinzas enriquecidas em nutrientes, que seriam responsáveis pelo aparente aumento na fertilidade dos solos (UHL;

---

<sup>1</sup>Cigarrinha-das – pastagens (*Deois flavopicta*) é uma espécie de praga que suga toda seiva da planta, deixando-a como se estivesse seca. Após seu ataque a pastagem não serve mais para alimentação do rebanho.

JORDAN<sup>2</sup>, 1984; NYE; GREENLAND<sup>3</sup>, 1960 apud GIARDINA et al., 2000). Segundo estes autores, as cinzas são depositadas na superfície dos solos e, posteriormente, incorporadas neles a partir da ação da chuva e da prática de manejo empregada. Esta adição pode ser benéfica para os solos ácidos, visto que, a incorporação destas cinzas promove o aumento no pH, podendo influenciar na fertilidade através de uma maior aporte de nutrientes nas camadas superficiais do solo (GIARDINA et al., 2000). Com o aumento do pH, ocorre uma diminuição do teor de alumínio trocável e o aumento dos teores de fósforo assimilável e de potássio, cálcio e magnésio trocáveis (JUO; MANU, 1996; DESJARDINS et al., 2000).

Martins et al. (1990), ao estudarem o efeito do desmatamento, do fogo e do cultivo sobre as propriedades do solo, no Nordeste do Pará, concluíram que o complexo de troca iônica do solo foi fortemente afetado pela queima da vegetação, uma vez que grandes quantidades de cátions básicos foram depositadas no solo por meio das cinzas, embora, posteriormente, estas bases sejam translocadas no perfil afetando o pH em profundidade e liberando cargas dependentes que concorrem para o aumento dos valores de soma de bases, CTC, saturação por bases do complexo de troca.

Para Bandy, Garrity e Sanchez (1994) a queima ajuda a controlar pragas e doenças e permite aos agricultores limpar a terra mais rápido e eficientemente, com menor quantidade de mão-de-obra. Entretanto, as temperaturas mais altas do solo que seguem a derruba/queima, também aceleram a decomposição da matéria orgânica nas camadas superiores do solo. Os nutrientes contidos nas cinzas, de forma concentrada, estão disponíveis por um ano a dois, após a queima. Como os nutrientes são eliminados pelas colheitas dos cultivos e pela lixiviação, a fertilidade do solo diminui. Surgem ervas mais difíceis de manejar e o crescimento excessivo das ervas impede que se continue cultivando.

A queimada, principalmente quando descontrolada, pode ter efeitos negativos sobre o solo (KLEINMAN; PIMENTEL; BRYANT, 1995), como impedir o retorno do teor de matéria orgânica aos níveis anteriores existentes no solo, causar perdas dos nutrientes mais voláteis como N e S (MACKENSEN et al.; 1996; HOLSCHER et al.; 1997), expor o solo ao impacto das chuvas, promover o adensamento do solo, desfavorável às culturas, criar propriedades repelentes à água, tornando os solos mais secos e criar uma vegetação pastoril, ou de invasoras, próprias ao fogo (PRIMAVESI, 1981). As emissões de CO<sub>2</sub> e de N<sub>2</sub>O

---

<sup>2</sup> UHL, C.; JORDAN, C.F. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. *Ecology*, v.65, n.5, p.1476-1490, 1984.

<sup>3</sup> NYE, P.H.; GREENLAND, D.J. The soil under shifting cultivation. Tech. Comm. n.º.51, **Commonwealth Bureau of Soils**, Harpenden.1960.

contribuem significativamente para o ‘efeito estufa’ (HOUGHTON et al.; 2000; GRACE, 2004) e ‘mudanças climáticas’.

Contudo, é importante destacar que sempre houve controvérsia sobre os efeitos da queima. Em geral, os agricultores são partidários da queima. Já a maioria dos técnicos são inimigos de tal prática, embora, alguns autores preconizem o seu uso, porém, com ressalvas, como é o caso de Primavesi (1986) que recomenda o uso do fogo controlado somente para limpeza de pastagens, quando o solo ainda estiver úmido e o capim seco.

A alta biodiversidade da região amazônica é altamente comprometida pelo uso indiscriminado do fogo. A perda da biomassa durante as queimadas, alterando o equilíbrio de carbono, é significativa e compromete a qualidade ambiental (LBA, 1996).

O “aquecimento da terra”, produto do uso intensivo que se faz dos combustíveis fósseis, constitui-se numa preocupação quando se analisa a íntima ligação existente com as crescentes quantidades de gases, como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) na atmosfera. Cálculos recentes mostram que cerca de 25% do total do efeito do aquecimento terrestre é atribuído ao corte das florestas úmidas tropicais. De acordo com Nepstad, Moreira e Alencar (1999), na Amazônia brasileira são desmatados e queimados, uma média anual de dezenove mil quilômetros quadrados de floresta, contribuindo com aproximadamente 4 a 5% do fluxo global anual de carbono para atmosfera resultante da atividade humana.

O fogo, associado ao desmatamento tem os maiores impactos ecológicos, pois leva a uma rápida substituição da vegetação florestal por ecossistemas antropogênicos. Os fazendeiros e agricultores ao utilizarem o fogo em suas propriedades para converterem “florestas em roças e pastagens, ou para recuperar pastagens invadidas por ervas daninhas, inadvertidamente queimam florestas, pastagens e plantações”. A inflamabilidade das paisagens amazônicas é aumentada pelo fogo, dando início a “um ciclo vicioso, no qual as florestas são substituídas por uma vegetação inflamável, que perpetua a presença de incêndios na região” (NEPSTAD; MOREIRA; ALENCAR, 1999).

A introdução de pastagens e lavouras plantadas em substituição a floresta forma um agroecossistema que libera menos água para atmosfera, absorve menos energia solar do que a vegetação original e pode contribuir para uma redução de chuvas na região amazônica. O fogo na área já desmatada libera uma quantidade excessiva de fumaça e partículas para atmosfera, além de exportar nutrientes dos ecossistemas agrícolas (NEPSTAD; MOREIRA; ALENCAR, 1999).

### 2.3. MATÉRIA ORGÂNICA

O termo matéria orgânica do solo refere-se a todo material orgânico de origem animal e, ou vegetal e aos produtos resultantes de seu processo de decomposição, sendo essencial à capacidade produtiva dos solos (DALMOLIN, 2002). De 2 a 5% dessa matéria orgânica é constituída de organismos vivos (SILVA; PASQUAL, 2003).

A matéria orgânica dá estrutura ao solo, aumenta a capacidade de acumulação de água e fornecer nutrientes para as plantas, além de evitar que os nutrientes adicionados através dos fertilizantes sejam facilmente perdidos. Ela, também, atua sobre outros atributos, tal como complexação de elementos tóxicos.

O teor de carbono orgânico do solo é resultante do balanço entre incorporação e decomposição da matéria orgânica (CONCEIÇÃO et al., 2005). Na realidade, a matéria orgânica é o resultado da transformação dos resíduos das plantas, por intermédio dos organismos vivos do solo, e do próprio corpo desses organismos, que morrem e servem de alimento para os outros. Segundo Sampaio (1987), a decomposição de restos culturais, com a consequente mineralização dos elementos, faz parte da ciclagem de nutrientes e, em solos tropicais de baixa fertilidade, essa ciclagem é indispensável à manutenção da produtividade. Desta forma, a matéria orgânica do solo não somente é uma reserva de carbono, mas também, é a principal responsável pelos níveis de fertilidade da maioria dos solos tropicais (SWIFT, 1996; SPAGNOLLO, 2004; MUÑOZ; LÓPEZ; RAMÍREZ, 2007; NOVAIS et al., 2007).

O carbono é o elemento químico principal da matéria orgânica, constituindo geralmente de 40 a 45% da mesma. Alguns autores consideram o carbono orgânico total (COT) como o indicador mais importante da qualidade do solo e da agricultura sustentável, devido a sua estreita relação com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (AITA, 1997).

O carbono do solo se encontra em três tipos de material: (a) formas muito condensadas de composições próximas do carbono elementar (carvão vegetal, mineral e grafite), (b) resíduos de plantas, animais e microorganismos alterados e bastantes resistentes, denominados de “húmus” e “humatos” e, (c) resíduos orgânicos pouco alterados de vegetais, animais e microrganismos vivos e mortos que se decompõem rapidamente (JACKSON<sup>4</sup>, 1976; apud DIAS et al., 1991).

O nitrogênio constitui cerca de 5% da fração orgânica do solo e a sua dinâmica no solo é intimamente associada à dinâmica do C. Em linhas gerais, a quantidade de nitrogênio no

---

<sup>4</sup>JACKSON, M.L. Análisis Químico de Suelos. 3ª ed. Barcelona: Ediciones Omega, 1976. 662 p.



solo é influenciada pelos mesmos fatores que atuam sobre o teor de matéria orgânica (BAYER et al., 2000). Aproximadamente 98% desse elemento ocorre na forma orgânica e 2% na forma mineral. A disponibilidade de nitrogênio é fundamental para o crescimento vegetal, uma vez que as plantas são dependentes do suprimento adequado de nitrato e amônio do solo para sintetizar seus constituintes nitrogenados.

A relação C/N na matéria orgânica na camada arável do solo, normalmente varia de 8:1 a 15:1 com uma média de 10:1 a 12:1, sendo que, de maneira geral, a variação dessa proporção pode estar ligada às condições climáticas especialmente temperatura e pluviosidade, em solos administrados de forma semelhante (BRADY, 1983). Esta proporção tende a ser mais reduzida, tanto em solos de regiões áridas e de regiões mais quentes, do que em solos de regiões úmidas e de regiões mais frias. Igualmente, a proporção é mais reduzida para os subsolos em geral do que para as camadas de superfície correspondentes (MOREIRA; COSTA, 2004).

A dinâmica da matéria orgânica é governada pelo clima, tipo de solo, tipo de vegetação e práticas de manejo (AMELUNG; FLACH; ZECH, 1998). Para um mesmo tipo de solo, é o sistema de manejo que regula a qualidade e quantidade de matéria orgânica e, por consequência, a composição e atividade de organismos decompositores e as taxas de perda de carbono por mineralização, lixiviação e erosão (FELLER; BEARE, 1997).

### **2.3.1 Importância da matéria orgânica no solo**

A matéria orgânica do solo (MOS) atua como fonte primária e reserva de nutrientes para os microrganismos e para as plantas, desempenhando papel fundamental na fertilidade natural desse recurso e, conseqüentemente, na produtividade das culturas.

Nas regiões tropicais, este papel torna-se ainda mais importante, pois a maioria dos solos dessas regiões apresenta mineral de argila de baixa atividade (DEMATTÊ, 1988). Nessas condições, a matéria orgânica passa a ter grande importância na retenção de nutrientes, por aumentar o total de cargas negativas, além do que, é um dos principais fornecedores de fósforo para as plantas.

A matéria orgânica do solo exercendo efeitos benéficos sobre as propriedades do solo desempenha, indiretamente, um importante papel na nutrição mineral das plantas (PEREIRA, 1998), contribuindo substancialmente para seu crescimento e desenvolvimento, além de constituir um reservatório de nitrogênio. O fato de a matéria orgânica fornecer um suprimento constante de nitrogênio para as plantas constitui um dos maiores benefícios derivados de sua

presença. Entretanto, para que a matéria orgânica possa fornecer nutrientes às plantas, necessita sofrer um processo de decomposição microbiológica, acompanhado de mineralização dos seus constituintes e humificação.

Verifica-se, do ponto de vista físico, que a MOS melhora a estrutura do solo, reduz a plasticidade e a coesão, aumenta a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição de raízes. A MOS aumenta a atividade da biota do solo (organismos presentes), sendo fonte de energia e de nutrientes para a mesma (RICCI, 2006), necessários para seu crescimento e multiplicação. A matéria orgânica é o constituinte que melhor reflete as interações entre o solo, a planta e o animal (PEREIRA, 1998). Da enorme quantidade de energia da matéria orgânica do solo, somente uma parte é usada pelos microrganismos, sendo parte perdida como calor (MELLO et al., 1989).

No Brasil, onde predominam solos ácidos altamente intemperizados, com baixa reserva de nutrientes e com presença de argilas tipo 1:1, quartzo, óxidos e sesquióxidos de Fe e Al de baixa atividade, a matéria orgânica (MO) desempenha papel de extrema importância na determinação do nível de fertilidade do solo e produtividade das culturas, pois é nessa matriz que se encontra o maior reservatório de cargas (SILVA; JÚNIOR; VALE, 1999). Desta forma, o teor de matéria orgânica tem importância preponderante na CTC efetiva do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1999) aumentando a relação de nutrientes, favorecendo a absorção de alguns micronutrientes, aumentando a retenção de água, melhorando a agregação, diminuindo o efeito de elementos tóxicos como o alumínio e contribuindo para o desenvolvimento de microrganismos (SELLE, 2007).

A literatura ressalta que em ambiente tropical, as mudanças no uso da terra são essenciais no ciclo global do carbono, pois, a reciclagem da MOS é mais rápida do que em ambientes temperados, há grande quantidade de carbono e as mudanças no uso da terra ocorrem rapidamente (LEITE, 2006). Atualmente, têm-se buscado práticas de manejo para favorecer o acúmulo de carbono no solo, visando assim o sequestro de carbono e a mitigação dos gases do efeito estufa pela atividade agrícola.

### **2.3.2 A matéria orgânica como indicador da qualidade do solo**

A qualidade do solo (QS) consiste na sua capacidade de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e de animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas e de animais e dos homens (DORAN, 1997; CONCEIÇÃO, 2002). Desta forma, manter ou aumentar a qualidade do solo é um fator chave para a sustentabilidade do solo.

A qualidade de um solo está relacionada ao seu grau de aptidão a um uso específico, que é dependente das práticas agrícolas adotadas e da composição natural do solo.

Solos com melhor qualidade, não apenas produzirão mais alimentos e fibra para a crescente população mundial, mas também terão grande papel na estabilidade dos ecossistemas naturais, melhorando a qualidade do ar e da água (GREGORICH; CARTER; ANGERS, 1994). Mudanças no uso do solo, especialmente cultivo em áreas desflorestadas, rapidamente diminuem a qualidade do solo, em função de alterações em componentes sensíveis à desestabilização do sistema, principalmente relacionados ao revolvimento do solo, e redução das taxas de entrada de resíduos pela retirada da mata.

O sucesso de esforços e práticas conservacionistas em manter a qualidade do solo, depende do entendimento de como o solo irá responder a determinado uso ou prática em um certo tempo. Sistemas de cultivo com intensa mobilização do solo, desflorestamento, queima de campos naturais, destacam-se por proporcionarem diminuição na quantidade de MOS e conseqüentemente redução na qualidade do solo.

Os indicadores de qualidade do solo formam um conjunto de dados mínimos que são utilizados para avaliar o comportamento das principais funções do solo (KARLEN<sup>5</sup> DITZLER; ANDREWS, 2003, apud CARVALHO et al., 2007). Um bom indicador deve integrar processos e propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do solo, ser acessível aos diferentes usuários e aplicável em diversas condições de campo e ser sensível às variações de manejo e clima (DORAN; PARKIN, 1994).

A influência da matéria orgânica sobre as características do solo e a sensibilidade às práticas de manejo determina que ela seja considerada uma das principais propriedades na avaliação da qualidade do solo (DORAN; PARKIN, 1994).

Para Vezzani (2001), o solo, como sistema aberto não atinge qualidade por si só num sistema de exploração agrícola, mas sim, pela eficiência do funcionamento do sistema solo-planta-microrganismos. Assim, o manejo do solo é um dos principais fatores que definem a qualidade do solo e a sustentabilidade de um sistema de produção. No entanto, para avaliar a qualidade do solo (QS) é necessário que se eleja algumas propriedades do solo a serem monitoradas como indicadores. Para uma propriedade ser um eficiente indicador de QS é necessário que este seja sensível às variações do manejo e bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo (DORAN; ZEISS, 2000). Segundo Islam e Weil (2000), os

---

<sup>5</sup>KARLEN, D.L.; DITZLER, C.A.; ANDREWS, S. S. Soil quality: Why and how? *Geoderma*. v. 14, p.145-156, 2003.

possíveis indicadores de QS podem ser distintos em três grupos, a saber: 1) efêmeros, cujas alterações se dão rapidamente no tempo segundo o manejo, entre eles: pH, disponibilidade de nutrientes, densidade, porosidade e umidade do solo; 2) intermediários, possuindo forte influência nos processos que ocorrem no solo, tais como: matéria orgânica do solo, agregação e biomassa microbiana; e 3) permanentes, que são inerentes ao solo, como: profundidade, textura e mineralogia. Dentre estes, os indicadores do grupo intermediário são os mais aptos a serem utilizados como ferramentas de monitoramento da QS, pois além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é ainda fonte primária de nutrientes às plantas, influenciando na infiltração, retenção de água e susceptibilidade à erosão (GREGORICH; CATTER; ANGERS, 1994; CONCEIÇÃO et al., 2005).

Desta forma, a manutenção do seu conteúdo original ou o seu incremento, devem ser a premissa de qualquer sistema de manejo que busque a sustentabilidade. De acordo com Abreu Júnior, Muraoka e Oliveira (2002) a decomposição da matéria orgânica nos solos tropicais ou subtropicais de climas úmidos ocorre rapidamente, sendo que uma redução excessiva no seu teor afetará negativamente as funções química, física e biológica deste solo, redundando em diminuição na produtividade das culturas.

### **2.3.3 Efeito da matéria orgânica em algumas propriedades químicas do solo**

O efeito da matéria orgânica nas propriedades químicas do solo tem sido bastante difundido. A maior e menor quantidades de húmus proveniente da decomposição apresenta acentuada influência na capacidade de troca de cátions (CTC), quelação, poder tampão, quantidade de nutrientes e controla o pH do solo.

#### **2.3.3.1 Capacidade de Troca de Cátions (CTC)**

A CTC é de grande importância no que diz respeito à fertilidade do solo, uma vez que indica a capacidade total de retenção de cátions, os quais, em geral, irão tornar-se disponíveis às plantas (CHAVES et al., 2004). A propriedade de adsorção catiônica é oriunda dos minerais de argila e matéria orgânica (MO), que são partículas coloidais do solo que geram cargas elétricas negativas proporcionando a adsorção ou retenção dos íons positivamente carregados. Há muito tempo se reconhece a importância da MOS para a CTC dos solos, contribuindo com 20-90% da CTC das camadas superficiais de solos minerais e, praticamente, toda a CTC de solos orgânicos. Em solos tropicais, em estágio avançado de intemperismo, com a fração argila dominada por caulinita e oxihidróxidos de Fe e Al, e com

cargas predominantemente variáveis, dependentes de pH, a contribuição da MOS é maior, principalmente, quando os solos têm baixos teores de argila (NOVAIS, et al.; 2007).

Do ponto de vista prático, a CTC a determinado valor de pH, é o valor da CTC do solo que seria atingido caso a calagem fosse feita para elevar o pH deste solo a esse referido valor, ou o máximo de cargas negativas liberadas nesse valor de pH, passíveis de serem ocupadas por cátions. Reconhece-se, portanto, que a CTC do solo varia de acordo com o pH usado na determinação da mesma. Isto porque, esta resulta da soma de dois tipos de cargas, a permanente e a dependente do pH. A carga permanente resulta das substituições isomórficas no interior do látice das argilas, enquanto que a fonte das cargas dependentes do pH, até hoje, tem sido motivo de investigações (FERREIRA; BOTELHO, 1999; LIMA et al., 2004).

A CTC do solo se relaciona com a “reserva” de nutrientes, e desta forma, quanto maior for a CTC do solo, maior a capacidade de o solo reter os cátions em formas prontamente disponíveis para as plantas. A CTC é importante considerando que os cátions que estão na solução do solo estão sujeitos a se lixiviarem no perfil do solo, em profundidade, ficando fora do alcance das raízes (NOVAIS et al., 2007).

Em solos de regiões tropicais onde predominam minerais de baixa CTC (argila do tipo 1:1 e sesquióxidos de Fe, Al e Mn), o manejo de materiais orgânicos (resíduos de culturas, esterco, composto de lixo, lodo de esgoto, etc.) é de fundamental importância por contribuir com até mais de 90% da CTC do solo (KIEHL, 1985; MELO et al., 1997). As cargas negativas, responsáveis pelo incremento da CTC, são conseqüências dos grupos funcionais carboxílicos (-COOH), fenólicos (-OH), álcoois (-OH) e metoxílicos (-OCH<sub>3</sub>) que se encontram na periferia dos ácidos orgânicos presentes no húmus (FASSBENDER, 1975) e dependem do pH do solo (RODELA; FISCHER; ALCARDE, 1995; BENITES; MENDONÇA, 1998; OLIVEIRA, 2000).

Segundo Raij (1986), os minerais de argila apresentam valores de CTC elevada, da ordem de até 40 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> para a ilita, 120 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> para montmorilonita e de 150 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> para vermiculita. Mas, a caulinita, a argila predominante na grande maioria dos solos da Amazônia, apresenta valores de CTC bem mais baixos, da ordem de 5-10 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, o que se deve à sua baixa superfície específica. A capacidade de troca de cations de óxidos de ferro e alumínio é difícil de precisar, mais, provavelmente, é bastante baixa, dependendo contudo da superfície específica dos minerais.

A CTC da matéria orgânica é geralmente muito elevada. Assim, Raij (1969), estudando a CTC das frações orgânicas e minerais dos solos de São Paulo, mostrou que a CTC específica da matéria orgânica, determinada com solução de acetato de cálcio, variou de

1900 a 4000  $\text{mmol}_c \text{dm}^3$  para amostras superficiais, enquanto a CTC específica para fração mineral ficou entre 270 a 200  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ .

#### 2.3.3.2 Fonte de nutrientes

As principais fontes naturais de nutrientes das plantas superiores que se desenvolvem nos solos são os minerais primários das rochas e os resíduos orgânicos. A composição e estrutura da rocha e os processos de intemperismo são os principais condicionantes da quantidade e qualidade dos nutrientes minerais do solo. A grande maioria das rochas não contém nitrogênio em sua composição e, portanto não suprem este elemento ao solo por ocasião do intemperismo. Outros mecanismos, como a fixação biológica do nitrogênio, são necessários para suprir este nutriente no solo. A quantidade e qualidade de nutrientes originários da decomposição de materiais orgânicos é função da composição bioquímica dos vegetais, das propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo e condições climáticas e topográficas do local.

Segundo Pereira (1998), a matéria orgânica é, em si mesma, uma fonte de nutrientes para as plantas. Durante o processo de decomposição, vários elementos vão sendo liberados, principalmente o N, constituinte essencial das proteínas, o P contido nos fosfatos, nos ácidos nucléicos e nos fosfolipídeos e o S, elemento importante em certos aminoácidos, como a cistina e a metionina.

Para que a matéria orgânica possa fornecer nutrientes às plantas ela necessita sofrer um processo de decomposição microbiológica, acompanhada da mineralização dos seus constituintes orgânicos. Ao se decompor, gera compostos minerais assimiláveis pelas plantas. Por isso, ao incorporar resíduos de plantas ou animais ao solo, se as condições de umidade e aeração forem favoráveis e houver a presença de microrganismos, haverá decomposição (PEDROSO, 2003). O resultado da intensa digestão da matéria orgânica é a liberação de elementos químicos que estarão disponíveis para as plantas (PRIMAVESI, 1984; SIQUEIRA; SAGUIN, 1993; SIQUEIRA et al., 1994).

#### 2.3.3.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os solos, em suas condições naturais, podem ser ácidos ou alcalinos, em decorrência do material de origem e da intensidade da ação de agentes de intemperismo, como clima e organismos. Regiões com altas precipitações apresentam tendência a maior acidificação do solo pela remoção de cátions de caráter básico do complexo de troca, como Ca, Mg, K e Na, e o conseqüente acúmulo de cátions de natureza ácida, como Al e H (NOVAIS et al., 2007).

Grande parte dos solos agrícolas das regiões tropicais e subtropicais apresenta limitações ao crescimento de muitas culturas em virtude dos efeitos da acidez excessiva (NOVAIS et al., 2007).

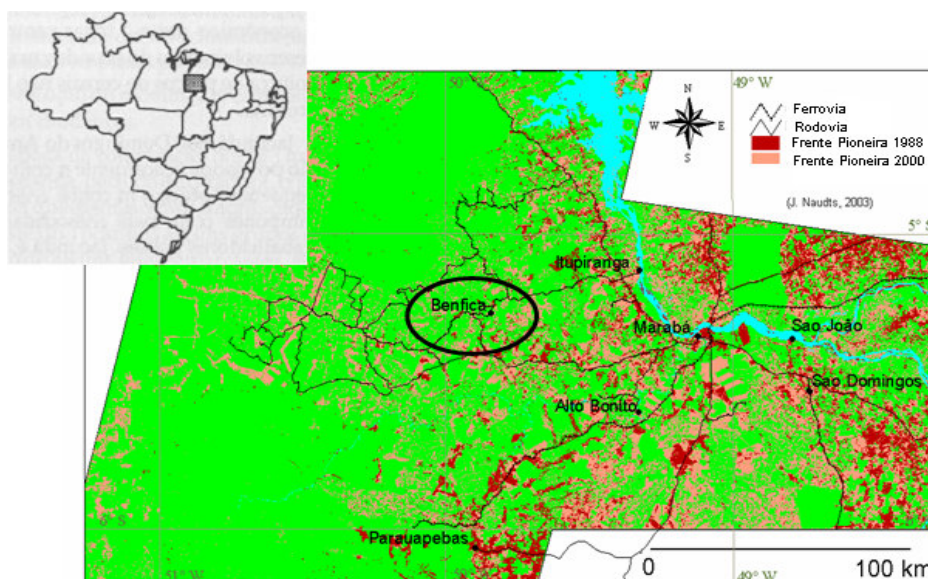
O pH do solo também influencia na velocidade de decomposição da matéria orgânica. Em valor de pH próximo da neutralidade, a maioria dos microrganismos do solo trabalha mais eficientemente (MENDONÇA; LOURES, 1996). As alterações do pH podem influenciar o acúmulo de C no solo pelos microrganismos, ou de maneira direta, afetando os processos microbianos, ou indiretamente, através da disponibilidade dos nutrientes (FERREIRA; BOTELHO, 1999).

O pH tem uma grande influência na disponibilidade de Ca, Al, Fe, e outros íons na solução do solo e, portanto, também tem uma influência na retenção do P. A disponibilidade do P nos solos é maior no pH na faixa de 6,0 a 6,5 (PRASAD; POWER, 1997).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em áreas de pequenos agricultores do município de Itupiranga (PA), situadas no km 15 da vicinal do Rio da Esquerda e a 70 km da BR 230 (Rodovia Transamazônica), no Projeto de Assentamento “Benfica”. O assentamento dista 110 km a oeste do município de Marabá (5° 16' S, 49° 50' W) (Figura 1). O município de Itupiranga pertence a mesoregião Sudeste Paraense e a microregião Tucuruí.



**Fonte:** d’après Naudts, 2003.

Figura 1: Assentamento Benfica na região de Marabá/Pará.

#### 3.2. HISTÓRICO DO ASSENTAMENTO

O Projeto de Assentamento PA Benfica foi implementado pelo INCRA em 1998, com uma superfície de 124 km<sup>2</sup>, constando de 183 lotes de terra e uma população estimada em mil habitantes (KASSOUM; MAITRE D’HÔTEL, 2002).

A escolha do Assentamento Benfica foi em função de o mesmo ser uma comunidade voltada para a agricultura familiar. O processo de ocupação da área começou em 1994 e a legalização e instalação do assentamento pelo INCRA, ocorreu em 1998. A floresta (Figura 2a), o referencial obrigatório para estudos das alterações do meio decorrentes de práticas antrópicas, ocupava superfícies ainda importantes. Os colonos utilizam a queima para fazer a



limpeza da área (Figura 2b), o que permite o aumento da disponibilidade de nutrientes em função da deposição das cinzas.

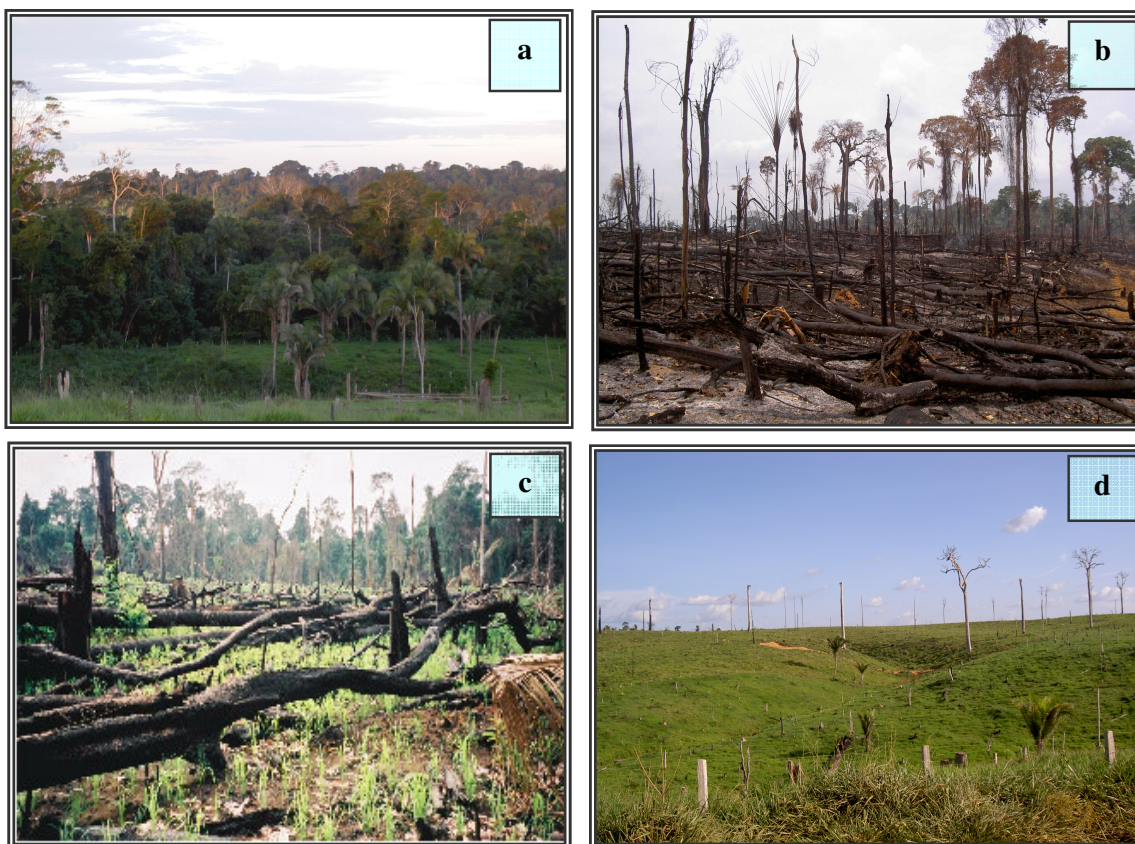


Figura 2: A seqüência da agricultura itinerante com a utilização da área a partir da floresta (a) detalhe após a derrubada e queimada da floresta (b), seguida da agricultura de subsistência com o cultivo de arroz (c) e utilização da área dando lugar a pastagem (d) no assentamento Benfica/ Itupiranga (**Foto:** GRIMALDI, 2004).

Em geral a trajetória de utilização do meio segue uma destas ordens: floresta-roça-pastagem, floresta-roça-juquira, floresta-roça-permanente ou floresta-pastagem (SIMÕES, 2004). O estudo dos modos de gestão agrícola em Benfica, realizado, por Kassoum e Maître d'Hôtel (2002), a partir de entrevistas com os agricultores, mostra a predominância da prática da pecuária. Há em Benfica, a coexistência de dois sistemas de manejo do solo:

i) Sistema corte – queima – roça e pastagem.

A agricultura de subsistência ocupa superfícies pequenas, dominada por cultivos de culturas anuais, sendo de longe o principal o cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) (Figura 2c), seguida da mandioca (*Manihot esculenta* Cranzt). O milho (*Zea mays* L.) e o feijão caupi

(*Vigna* sp.) são raros e a banana (*Musa* spp) não têm muita expressão de cultivo na região. Em menor proporção, faz-se o extrativismo do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), e da castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*), além da criação de aves e gado.

Pelo fato dos pequenos agricultores não terem boas condições financeiras, nem disponibilidade de mão-de-obra e investimentos financeiros, os mesmos realizam os cultivos anuais, sem fazer aplicação de corretivos, sem adubos, sem trabalho do solo e sem tratamentos contra doenças e parasitas. É comum a seqüência de utilização das áreas derrubadas ser interrompida após a colheita dos cultivos anuais. Essas áreas são abandonadas cedendo lugar à formação de áreas de capoeiras (Figura 3).



Figura 3: Detalhe da área de capoeira, no assentamento Benfica/Itupiranga (Foto: LOPES, 2004).

#### ii) Sistema de pecuária bovina

Dados da cooperativa de prestação de serviços (COOPSERVIÇOS, 2001), apontam que em 2000 havia no PA Benfica 60% de floresta primária, 5% de capoeira, 20% de pastagem e 15% de roças (TAVARES, 2003). Entretanto, Reis (2006) revela que a área de floresta primária caiu para 10%, enquanto a área de pastagem aumentou para 70%. Isso evidência a aceleração da pecuarização na localidade. Kassoum e Maître d'Hôtel (2002) constatou, igualmente, que a pecuária passou a ser a principal atividade econômica do PA

Benfica, a qual é praticada pela quase totalidade dos agricultores daquela comunidade, mas ocupa uma importância variável nos lotes.



Figura 4: Detalhe da utilização da área com pastagem, no assentamento Benfica/ Itupiranga (Foto: GRIMALDI, 2004).

Os principais tipos de capim plantados nessa região são *Brachiaria brizantha*, aproximadamente 80% e *Panicum maximum* (capim colônia - variedades Mombaça e Tanzânia) em 20% das áreas cultivadas. Eles são plantados de três maneiras: muda, plantio à lanço e semeadura com semeador manual. A proporção de pastagens vem crescendo a cada ano. A criação de gado está intimamente ligada à instalação de pastagens, como mostra a Figura 4. A queimada de manutenção, que é realizada após o início das primeiras chuvas, tem um papel importante na fertilidade do solo pelo aporte de cinzas, mas, é feita, principalmente, porque o fogo exerce uma pressão seletiva sobre as plantas daninhas.

### 3.3. CLIMA

Na região sudeste do Pará domina o clima Awi da classificação de Koppen (MARTORANO et al., 2004). A precipitação pluviométrica anual é aproximadamente de 2.000 mm, com o período chuvoso distribuído entre os meses de dezembro a maio, sendo março o período de maior pluviosidade e uma estação seca (junho a novembro) com um mínimo em outubro (Figura 5). A temperatura média anual gira em torno de 26 °C, apresentando a média máxima em torno de 32,01 °C e a média mínima de 22,71 °C, variando muito pouco ao longo do ano (DE REYNAL, 1995; SEPOF-PA, 2007).

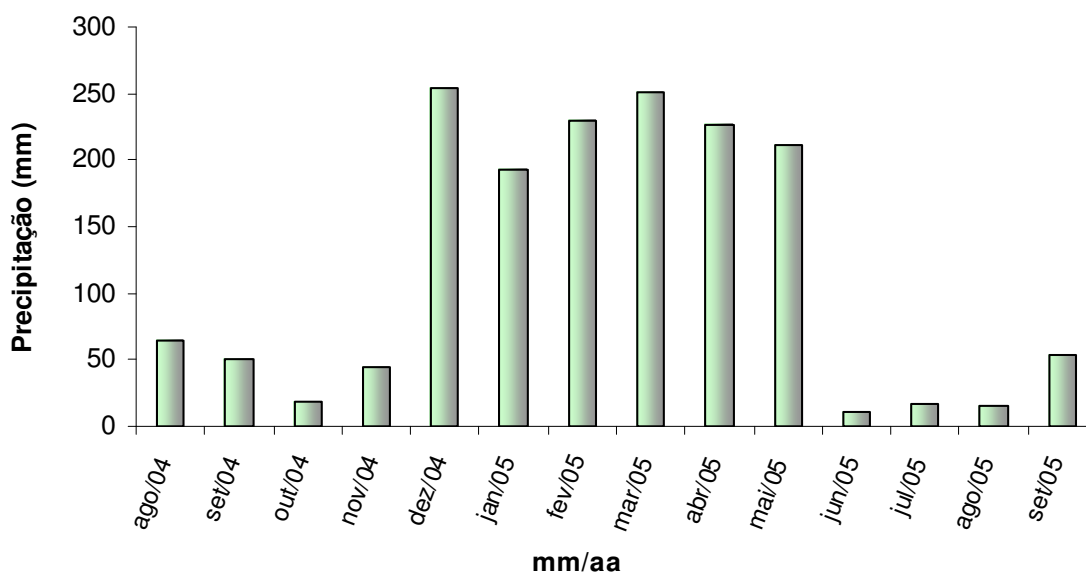


Figura 5: Precipitação mensal do assentamento Benfica-PA entre agosto de 2004 e setembro de 2005.

### 3.4. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A estrutura geológica do município de Itupiranga é complexo, constituída por rochas da Idade Pré-Cambriana do Complexo Xingu (granitos, migmatitos, granulitos, etc); Grupo Tocantins (filitos, xistos, gnaisses, quartzitos, metabasitos, etc); formações ferríferas, etc; Formação Rio Fresco, com Membro Azul (folhelhos manganésiferos, siltitos, argilitos e arenitos) (SEPOF-PA, 2007).

Na região em estudo os solos são formados a partir de uma rocha mãe classificada como biotita-monzogranito (proterozóico), que é uma rocha metamórfica de granulometria muito fina. A rocha predominante nesta área é de cor escurecida, tem uma textura equigranular com grãos finos, isótipos e é constituída, principalmente, de quartzo, plagioclásio sódico, feldspato potássico e biotita (mica negra ferromagnésiana), acessoriamente de alanita (epídoto) e de zircão. A quantidade de plagioclásios é menos que o dobro do feldspato potássico, o que a classifica como monzogranito (SIMÕES, 2004).

A organização geomorfológica da área de estudo apresenta um relevo, essencialmente, de colina alongada, com encosta caracterizada por uma parte alta de pequeno declínio até a média vertente, onde a declividade se acentua em relação à alta vertente formando um relevo que diminui a profundidade dos solos e encurta a extensão para com a baixa vertente (SIMÕES, 2004).

### 3.5. PEDOLOGIA

No município de Itupiranga são encontradas grandes áreas de solos Podzólicos, constituídos pelos seguintes tipos: Argissolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa; Neossolos Litólicos Vermelho-Amarelo, textura argilosa plintífica; Latossolo Vermelho distrófico; e solos Litólicos distróficos, textura indiscriminada, relevo forte-ondulado (CLAESSEN et al., 2006; SEPOF-PA, 2007).

As parcelas estudadas nesse trabalho localizam-se nas partes mais altas do relevo, onde o solo é classificado como Latossolo Amarelo, caracterizado como profundo, ácido, álico, com baixa capacidade de troca catiônica e pouca diferença morfológica entre os horizontes.

Na área de estudo, o solo dominante, ocupando aproximadamente 2/3 da superfície, é o Latossolo Amarelo, textura argilosa, com presença de nódulos de ferro e ocorre na parte alta do relevo ou Alta Vertente (AV) (Figura 6). No entanto, há a ocorrência de Cambissolo na área de transição do morro ou meia encosta (MV) e de Gleissolo na parte alagada do terreno

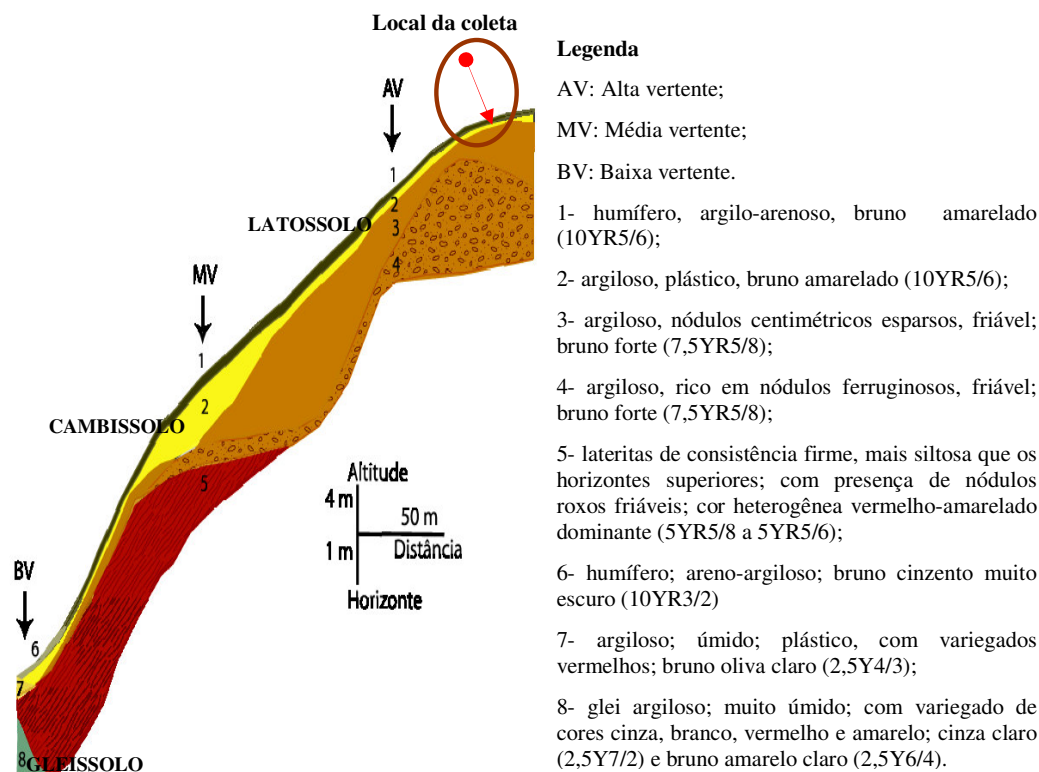


Figura 6: Cobertura pedológica ao longo da toposequência representativa da área de estudo. No detalhe, local aproximado da coleta do Latossolo, Itupiranga/PA na alta vertente da toposequência (SIMÕES, 2004).

ou Baixa Vertente (BV) (SIMÕES, 2004). Esses solos originalmente se encontram sob vegetação de floresta tropical úmida.

### 3.6. VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal natural é caracterizada, prioritariamente, pela Floresta Densa, correspondente ao ecossistema de Floresta de Submontana aplainada; algumas manchas de Floresta de Submontana acidentada e Floresta Aberta Mista. Nas áreas aluviais está a Floresta de Planície Aluvial (SEPOF-PA, 2007). A vegetação original encontrada na área foi descrita como sendo do tipo Floresta de Terra Firme, denominada de Floresta Ombrófila Densa (BIGARELLA; BECKER; PASSOS, 1996).

As formações florestais de terra-firme são predominantes, principalmente, pela floresta aberta mista com cipós e palmeiras e, em menor escala, pela Floresta Ombrófila Densa (PIRES; PRANCE, 1985).

Em todas as áreas de fronteira agrícola na Amazônia, a capoeira é um ecossistema em expansão e ocupa de 20 a 50% das áreas ocupadas com agropecuária (PEREIRA; VIEIRA, 2001). Em termos de biodiversidade, o número de espécies vegetais das capoeiras pode se aproximar e, em alguns casos, ser até superior ao encontrado nas florestas primárias, apesar de ocorrer uma redução no número de espécies nativas (UHL; BUSCHBACHER; SERRÃO, 1988; MÓRAN et al., 1996; VIEIRA, 1996).

Apesar disso, o ecossistema de capoeira funciona como melhor sistema de recuperação de espécies vegetais e animais originais da floresta, após a atividade antrópica. Desta forma, a substituição acentuada de áreas de capoeira por áreas agrícolas em monocultivo contribuiria para acelerar os riscos de perda da biodiversidade da Amazônia (PEREIRA; VIEIRA, 2001).

Além disso, o período de pousio da vegetação funciona como controlador de pragas e doenças dos cultivos agrícolas, além de controlar as ervas daninhas que infestam as áreas cultivadas. No entanto, nas regiões com alta densidade populacional e o uso intensivo da terra, o período de pousio tende a ser cada vez menor na agricultura de corte e queima. Nessa situação, não havendo tempo suficiente para o solo recuperar a sua fertilidade para o próximo ciclo de cultivo, ocorre declínio da produtividade agrícola e a crise no sistema tradicional (BRIENZA JÚNIOR et al., 1998).

A gestão das pastagens tem um papel essencial no sistema de criação de gado, já que é uma das únicas atividades controladas pelos criadores. À diminuição quantitativa e qualitativa da oferta das pastagens na estação seca, se somam os fogos acidentais e a invasão das

pastagens pelas ervas daninhas. Todos esses fenômenos concorrem para a degradação das pastagens e justificam os cuidados tomados por eles.

De acordo com o levantamento em 2004, a vegetação da área de pesquisa é constituída em boa parte de pastagens formadas de capim braquiarião (*Brachiaria brizantha*), com idade variando de 1 a 12 anos, formadas a partir de parcelas de floresta primárias desmatadas, brocadas, queimadas e cultivadas com arroz no primeiro ano. As plantas daninhas conseguem ou não dominá-las, dependendo, em parte, do manejo do gado realizado pelo agricultor.

Considerando que as estratégias usadas pelos agricultores na implantação de pastagens na região de Marabá têm levado a não sustentabilidade dos estabelecimentos agrícolas (DE REYNAL et al., 1996), torna-se importante estudar as alterações das propriedades do solo, induzidas pelo manejo, com a finalidade de se direcionar um sistema de manejo que vise à recuperação ou a manutenção do seu potencial agrícola (FERNANDES, BERNOUX; CERRI, 2002).

### 3.7. COLETA DO SOLO

Em cada área foram realizadas coletas de solos, a cada dois meses, a primeira em outubro de 2004 e a última em agosto de 2005, totalizando seis coletas por área. Para cada tipo de cobertura vegetal, foram selecionadas três áreas, consideradas repetições, totalizando 15 parcelas. Em um transecto de 8 x 50 m (Figura 7), foram coletadas cinco amostras simples, para formar uma amostra composta, processo realizado quatro vezes, por cada área. A coleta de solo foi realizada nas profundidades de 0-2 e 2-5 cm, em trincheiras de 15 cm de profundidade.

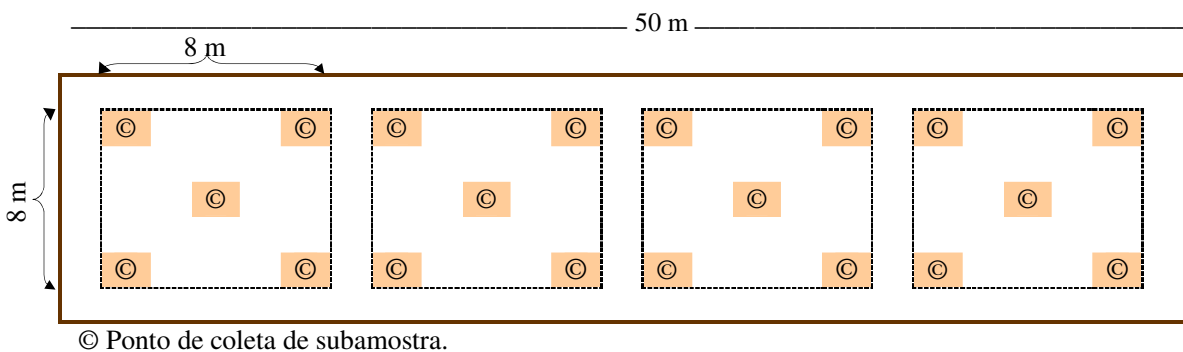


Figura 7: Esquema representativo do transecto, localizado na parte alta do morro, para coleta das subamostras para formar as amostras compostas.

### 3.8. PROCEDIMENTO DE LABORATÓRIO

As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malhas de abertura de 2 mm para a retirada do material grosseiro. Na fração menor que 2 mm, que constitui a terra fina seca ao ar (TFSA), foram realizadas as análises químicas nos Laboratórios de Análises de Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia/ICA e do Museu Paraense Emílio Goeldi. A procedência (pequena propriedade) e o tipo de cobertura vegetal encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Proprietário da área, uso da terra e o código das amostras de solos coletadas.

<b>Proprietário da área</b>	<b>Uso da Terra</b>	<b>Código*</b>
Meleta	Floresta**	MEF 2
Josiel	Floresta**	JOF 1
Francisco	Floresta**	FRF 2
Miguel	Capoeira 8-10 anos	MIC 1
Macário	Capoeira 8-10 anos	MAC 1
Francisco	Capoeira 8-10 anos	FRC 2
Cícero	Pastagem de 1 - 2 anos**	CIP 2
Josiel	Pastagem de 1 - 2 anos**	JOP 2
Meleta	Pastagem de 1 - 2 anos**	MEP 3
Francisco	Pastagem de 5 a 7 anos	FRP 1
Josiel	Pastagem de 5 a 7 anos	JOP 1
Osano	Pastagem de 5 a 7 anos	OSP 1
Macário	Pastagem de 10 a 12 anos**	MAP 2
Raimundo	Pastagem de 10 a 12 anos**	RAP 1
Zeca	Pastagem de 10 a 12 anos**	ZEP 1

\* As duas letras iniciais correspondem ao começo do nome do proprietário; a terceira letra ao sistema de uso da terra; o número, a quantidade do tipo de cobertura vegetal existente na propriedade e \*\*O uso de cobertura vegetal relacionadas com as coletas usadas para o estudo das variações sazonais dos teores de matéria orgânica.

#### 3.8.1 Determinação do carbono total e do nitrogênio total

O carbono e o nitrogênio totais do solo foram determinados por combustão via seca com um auto analisador elementar CHN, em alíquotas moídas e peneiradas a 0,2 mm, de acordo com a metodologia de cromatografia em fase gasosa (MATEJOVIC, 1993). O carbono total do solo é a soma do carbono orgânico, o qual compõe a matéria orgânica do solo, e o carbono inorgânico ou mineral, constituinte dos minerais carbonatados. Entretanto, como os solos estudados não contêm carbonatos, o carbono dosado é apenas o carbono orgânico. O nitrogênio do solo encontra-se quase inteiramente em formas orgânicas. O nitrogênio mineral ‘disponível’ para as plantas, representa somente uma pequena fração do nitrogênio do solo,



tipicamente em torno de 1-2% do N-total (GEHRING, 2006). A relação C/N foi obtida por meio de relação entre o teor de carbono total e nitrogênio total.

### 3.8.2 Determinação das características químicas do solo

As amostras de solo foram submetidas à análises químicas no Laboratório de Análises Químicas de Solo, do Instituto de Ciência Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia, e algumas, como as bases totais, foram analisadas no laboratório do Departamento de Solos do Museu Paraense Emílio Goeldi, conforme metodologias preconizadas por Claessen et al. (1997) e Raij (1991).

As determinações do pH foram feitas em água com o auxílio da potenciometria, utilizando-se a relação solo-solução de 1:2,5. A acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) foi determinada em extrato com Ca  $(CH_3COO)_2$  mol  $L^{-1}$  a pH 7,0 por titulometria. O fósforo (P) disponível foi extraído com solução extratora Mehlich 1 ( $H_2SO_4$  0,0125 mol  $L^{-1}$  e HCl 0,05 mol  $L^{-1}$ ), sendo depois determinado por calorimetria (comprimento de onda  $\lambda = 660 \mu m$ ).

Os cátions trocáveis ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ) foram extraídos com acetato de amônio  $(CH_3COONH_4)$  mol  $L^{-1}$  a pH 7, e em seguida determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo foi analisada através da saturação do solo com acetato de cálcio Ca  $(CH_3COO)_2$  mol  $L^{-1}$  à pH 7, seguida de lavagem com a mesma solução, porém, diluída 10 vezes. Posteriormente, o  $Ca^{2+}$  retido e extraído pelo complexo de troca do solo, recuperado com a solução extratora de acetato de amônio  $NH_4 (CH_3COO)$  mol  $L^{-1}$ , foi quantificado, obtendo-se o valor da CTC do solo, utilizando-se a expressão:  $CTC = \text{Teor de cálcio} - \text{Teor de cálcio residual}$  (METSON, 1961).

Para avaliar o papel da matéria orgânica na CTC do solo foi realizada sobre alíquotas, a destruição da matéria orgânica com água oxigenada a 30%. Após essa eliminação da matéria orgânica, a CTC foi determinada utilizando a mesma metodologia da CTC do solo. A CTC da parte orgânica do solo foi calculada pela diferença entre a CTC com matéria orgânica e a CTC sem matéria orgânica. A porcentagem de saturação por bases (V%) foi calculada a partir da razão da soma de bases (S) pela CTC e multiplicando-se o resultado por 100.

As bases totais foram extraídas através do método da digestão total com uma mistura ternária de ácidos fortes e concentrados ( $HNO_3 + HF + HClO_4$ ) e a determinação feita por espectrofotometria de absorção atômica (CLAESSEN et al., 1997). Para poder comparar com as bases trocáveis, os resultados obtidos e expressos em  $mg\ kg^{-1}$  foram transformados em

$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , dividindo os resultados em  $\text{mg kg}^{-1}$  pelo fator: igual a massa atômica de cada cátion dividido pela valência (equivalente grama), e multiplicado por 10.

### 3.9. DELINEAMENTO, TRATAMENTOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise dos teores de C e N da matéria orgânica, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 6; com três repetições e constando de três coberturas vegetais: floresta, pasto jovem de 1-2 anos e pasto velho de 10-12 anos, em interação com seis períodos de coletas do solo: outubro e dezembro de 2004 e fevereiro, abril, junho e agosto de 2005. As duas camadas de solos (0-2 e 2-5 cm) foram analisadas separadamente.

Para a análise das outras variáveis estudadas usou-se o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (floresta, capoeira 8-10 anos, pasto jovem 1-2 anos, pasto médio 5-7 anos, pasto velho 10-12 anos) em três repetições, com as profundidades analisadas separadamente (0-2 e 2-5 cm), utilizando-se somente a 2ª coleta, referente ao mês de dezembro de 2004.

A análise estatística univariada dos dados foi feita por meio da análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias avaliada pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SAEG versão 8.1.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas com os resumos da ANVA das variáveis estudadas encontram-se em apêndice.

##### 4.1. VARIAÇÃO SAZONAL DOS TEORES DE CARBONO E NITROGÊNIO E DA RELAÇÃO C/N

Os conteúdos de carbono total do solo, sob as três coberturas vegetais, variaram pouco no período estudado (Tabela 2). Na camada superficial os teores variaram entre 20,61 e 29,15 mg g<sup>-1</sup>, conforme ilustrado na Figura 8b. Não foram observadas variações estatisticamente significativas, embora uma pequena oscilação, seja observada durante a estação chuvosa. Na camada 2-5 cm, representado pela figura 8e, não foi observada nenhuma variação sazonal, com os teores variando entre 13,74 e 20,35 mg g<sup>-1</sup> (Tabela 1A, em Apêndice para C, N e C/N).

Tabela 2: Carbono total (g C kg<sup>-1</sup> solo) em floresta, pastagem de 1-2 anos, pastagem de 10-12 anos em diferentes épocas para as profundidades 0-2 e 2-5 cm. Itupiranga (PA).

Uso da Terra	C (mg g <sup>-1</sup> )					
	Outubro	Dezembro	Fevereiro	Abril	Junho	Agosto
<b>0-2 cm</b>						
Floresta	24,62 aA	23,75 aA	21,09 aA	22,20 aA	21,17 aA	20,61 aA
Pasto jovem	25,23 aA	25,9 aA	23,53 aA	23,76 aA	24,26 aA	25,08 aA
Pasto velho	29,15 aA	28,87 aA	26,84 aA	21,00 aA	24,98 aA	26,36 aA
<b>2- 5 cm</b>						
Floresta	17,80 aA	18,07 aA	16,97 aA	18,92 aA	15,90 aA	16,93 aA
Pasto jovem	16,93 aA	16,45 aA	16,06 aA	16,37 aA	13,74 aA	16,42 aA
Pasto velho	18,42 aA	20,35 aA	19,57 aA	15,17 aA	17,14 aA	18,37 aA

Médias de uma mesma profundidade, seguidas da mesma letra minúscula, aos meses, e maiúscula, na coluna referentes aos tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. As colunas hachuradas correspondem aos meses chuvosos.

Em todas as coletas (com a exceção da 4ª coleta), os teores de C mostraram-se levemente superiores no ecossistema de pastagens 10-12 anos. Entretanto, essas variações não foram estatisticamente significativas.

A Tabela 3 e as Figura 8c e 8f mostram que os teores de N não evoluíram de maneira significativa durante o período estudado, variando de 1,71 a 2,20 mg g<sup>-1</sup> e de 1,34 a 1,75 mg g<sup>-1</sup> nas camadas 0-2 e 2-5 cm, respectivamente. Como para o carbono, não foram observadas diferenças significativas dos teores de nitrogênio nos solos sob as diferentes coberturas vegetais.

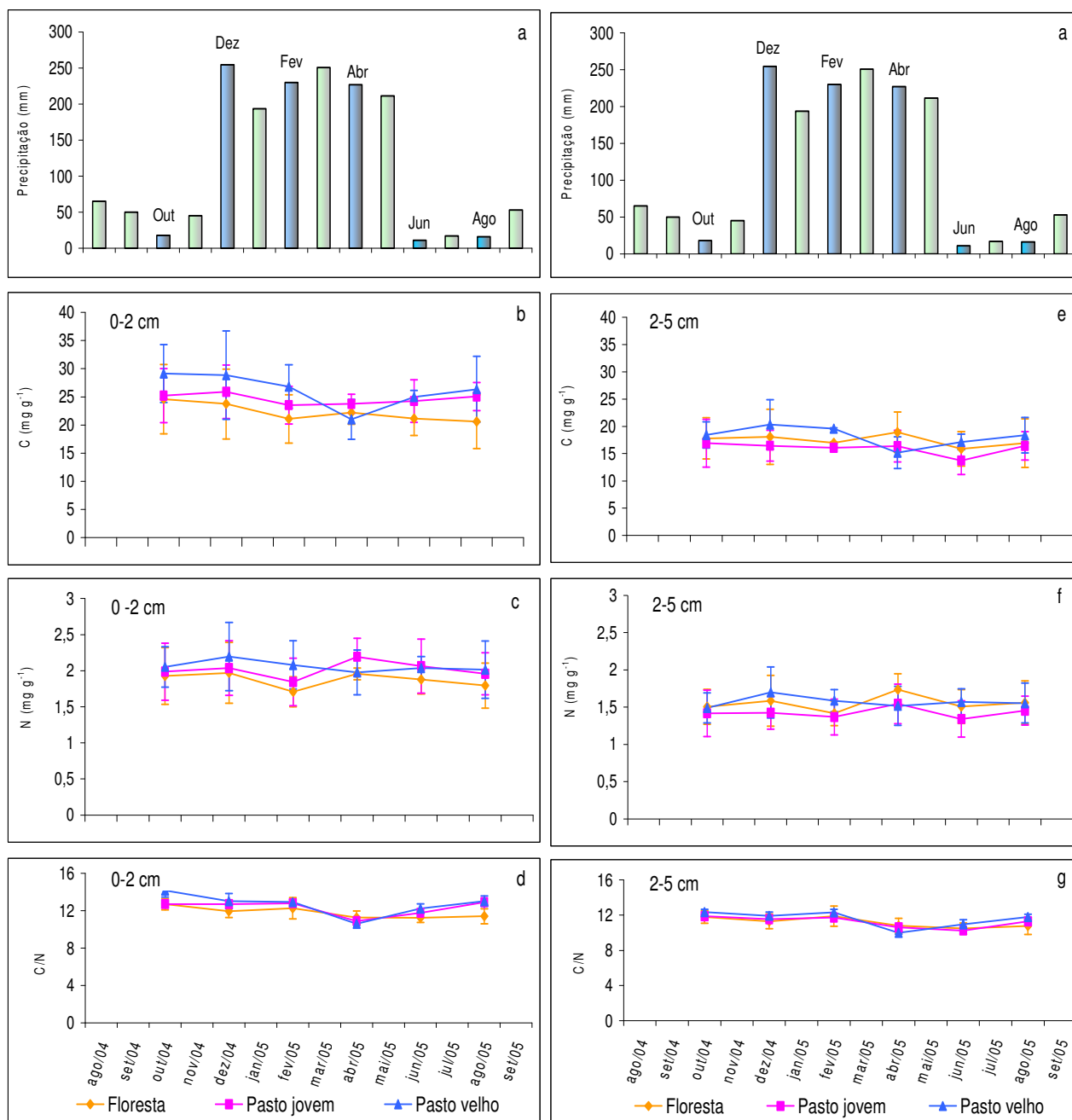


Figura 8: (a) Precipitação mensal (ago/2004 a set/2005), com a cor azul representando os períodos de coletas do solo, (b, e) carbono total ( $\text{g C kg}^{-1}$  solo), (c, f) nitrogênio total ( $\text{g N kg}^{-1}$  solo), (d, g) relação C/N, nas profundidades 0-2 cm e 2-5 cm, para os ecossistemas de floresta, pasto jovem de 1-2 anos, pasto velho de 10-12 anos.

Tabela 3: Nitrogênio total ( $\text{g N.kg}^{-1}$  solo) em floresta, pastagem de 1-2 anos, pastagem de 10-12 anos em diferentes datas para a profundidade 0-2 e 2-5 cm. Itupiranga (PA).

Uso da Terra	N ( $\text{mg g}^{-1}$ )					
	Outubro	Dezembro	Fevereiro	Abril	Junho	Agosto
<b>0-2 cm</b>						
Floresta	1,93 aA	1,97 aA	1,71 aA	1,96 aA	1,88 aA	1,79 aA
Pasto jovem	1,99 aA	2,04 aA	1,84 aA	2,19 aA	2,06 aA	1,96 aA
Pasto velho	2,05 aA	2,20 aA	2,08 aA	1,98 aA	2,04 aA	2,01 aA
<b>2- 5 cm</b>						
Floresta	1,50 aA	1,58 aA	1,42 aA	1,74 aA	1,51 aA	1,56 aA
Pasto jovem	1,49 aA	1,70 aA	1,60 aA	1,52 aA	1,57 aA	1,55 aA
Pasto velho	1,42 aA	1,42 aA	1,37 aA	1,54 aA	1,34 aA	1,45 aA

Médias de uma mesma profundidade, seguidas da mesma letra minúscula, referentes aos meses, e maiúscula, referente aos tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. As colunas hachuradas correspondem aos meses chuvosos.

Houve efeito da sazonalidade na relação C/N, para a profundidade 0-2 cm (Tabela 4 e Figura 8d). No fim da estação seca, os valores variaram entre 12,70 e 14,16, porém, não evoluíram significativamente no início da estação chuvosa. Entretanto, ocorreu uma diminuição significativa com a ocorrência de valores mais baixos (variando de 10,62 a 11,30) observados no fim da estação chuvosa e no início da estação seca (valores variando de 11,25 a 12,23). À medida que a estação seca se prolonga, os valores da relação C/N aumentaram significativamente. Na camada subsuperficial (2-5 cm), a mesma tendência foi observada, com uma ligeira diminuição no decorrer da estação chuvosa, entretanto essa variação foi de pequena amplitude e não significativa ( $p > 0,05$ ).

Tabela 4: Relação C/N em floresta, pastagem de 1-2 anos, pastagem de 10-12 anos em diferentes datas para profundidade 0-2 e 2-5 cm. Itupiranga (PA).

Uso da Terra	C/N					
	Outubro	Dezembro	Fevereiro	Abril	Junho	Agosto
<b>0-2 cm</b>						
Floresta	12,70 aB	11,96 abA	12,26 abA	11,30 bA	11,25 bA	11,42 abB
Pasto jovem	12,72 aB	12,71 aA	12,81 aA	10,9 bA	11,78 abA	12,92 aA
Pasto velho	14,16 aA	13,03 abA	12,93 abA	10,62 cA	12,23 bA	13,03 abA
<b>2- 5 cm</b>						
Floresta	11,79 aA	11,29 aA	11,89 aA	10,81 aA	10,50 aA	10,76 aA
Pasto jovem	11,87 aA	11,54 abA	11,73 aA	10,6 abA	10,26 bA	11,30 abA
Pasto velho	12,35 aA	11,94 aA	12,31 aA	9,99 bA	10,97 abA	11,80 aA

Médias de uma mesma profundidade, seguidas da mesma letra minúscula, referente aos meses, e maiúscula, referentes aos tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. As colunas hachuradas correspondem aos meses chuvosos.

Os maiores valores para a relação C/N encontrados em outubro, indicam menor acúmulo de biomassa microbiana nesta época, devido, provavelmente, ao baixo teor de umidade do solo, criando condições desfavoráveis ao desenvolvimento da população microbiana responsável pela decomposição da matéria orgânica, o que vai ao encontro das afirmativas de Balota et al., (1998).

De um modo geral as variações dos teores de carbono e nitrogênio e da relação C/N em função da época de coleta foram de pequena amplitude. Existe uma tendência, nem sempre significativa, de leve diminuição do teor de matéria orgânica durante a estação chuvosa, acompanhada de uma leve diminuição da relação C/N dessa matéria orgânica. Estes resultados estão de acordo com o trabalho de Araújo (2003), que estudando solos no nordeste fluminense em uma toposequência de pastagem, não encontrou diferenças significativas dos teores de C e N entre épocas de coleta (verão e inverno).

Na Amazônia, a temperatura sendo elevada e variando muito pouco, a precipitação pluviométrica é uma variável que influi fortemente sobre os processos de decomposição e/ou humificação da matéria orgânica do solo. Assim, no Acre, Salimon et al. (2004) observaram que as variações do fluxo de CO<sub>2</sub> do solo estavam relacionadas com as precipitações e a umidade do solo, com os fluxos mais elevados observados durante a estação chuvosa e os mais baixos na estação seca. Em Rondônia, Fernandes, Bernoux e Cerri (2002) obtiveram os mesmos resultados, tanto em solos de floresta quanto em solos sob pastagens. Na Amazônia Oriental, no Pará, Davidson et al. (2000) evidenciaram taxas de respiração do solo maiores durante a estação chuvosa, em vários usos do solo. Da mesma maneira, Melo (2007) nos solos do PA Benfica, Pará, onde o presente estudo foi realizado, encontrou variações significativas da respiração basal do solo, sob floresta e pastagens, com valores significativamente mais baixos na estação seca.

Durante a estação chuvosa a atividade biológica (tanto da fauna do solo quanto dos microrganismos) é favorecida pela umidade mais elevada dos solos. Assim os processos de decomposição aumentam, o que se traduz por uma diminuição, limitada, mas significativa, da relação C/N (MOREIRA; MALAVOLTA, 2004). É provável que ao mesmo tempo a produtividade da vegetação esteja maior, o que provocaria um efeito contrário, com entradas maiores de matéria orgânica pouco humificadas no solo. A variação dos teores de C e N e, conseqüentemente, da relação C/N é resultado desses processos antagônicos: entradas maiores de MO no solo devido a uma produção de biomassa radicular maior, e perdas maiores devido ao aumento dos processos de decomposição e mineralização da MO.

## 4.2. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DOS SOLOS ESTUDADOS

### 4.2.1 Teores de pH, alumínio e fósforo.

Os solos de floresta e de capoeira apresentaram valores baixos de pH (de 4,6 a 5) (Tabela 5), característica da maioria dos solos da Amazônia, considerados ácidos. Nas pastagens jovens foram observados valores nitidamente mais elevados, principalmente na superfície (pH de 7,2). Com o aumento da idade das pastagens, o pH diminuiu, mas permanece superior aos valores medidos na floresta.

Tabela 5: Características químicas do solo para duas profundidades (prof), como: potencial hidrogênio (pH), alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ), íon hidrogeniônico ( $\text{H}^+$ ), saturação por alumínio (m) e fósforo disponível (P), sob diferentes sistemas de uso da terra nas profundidades de 0-2 cm e 2-5 cm em Itupiranga (PA). Médias seguidas do  $\pm$  desvio padrão.

Ecossistemas	Prof (cm)	pH $\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}^{3+}$	$\text{H}^+$	m %	P $\text{mg kg}^{-1}$
			$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$			
Floresta	0-2	5,0 $\pm$ 1,6	1,8 $\pm$ 1,3	5,1 $\pm$ 3,1	49,9 $\pm$ 29,4	10,0 $\pm$ 1,1
	2-5	4,6 $\pm$ 1,1	1,9 $\pm$ 1,3	4,5 $\pm$ 2,7	60,5 $\pm$ 32,4	6,9 $\pm$ 0,8
Capoeira 8-10 anos	0-2	5,0 $\pm$ 0,7	1,0 $\pm$ 0,7	5,4 $\pm$ 1,0	28,7 $\pm$ 20,7	11,2 $\pm$ 3,5
	2-5	5,0 $\pm$ 0,7	1,3 $\pm$ 0,7	4,3 $\pm$ 0,8	43,5 $\pm$ 21,2	6,0 $\pm$ 1,8
Pasto jovem 1-2 anos	0-2	7,2 $\pm$ 1,3	0,2 $\pm$ 1,0	1,7 $\pm$ 1,7	2,9 $\pm$ 1,4	25,2 $\pm$ 14,6
	2-5	5,9 $\pm$ 0,9	0,4 $\pm$ 0,3	2,8 $\pm$ 1,1	12,1 $\pm$ 9,9	6,2 $\pm$ 2,7
Pasto médio 5-7 anos	0-2	6,6 $\pm$ 1,1	0,3 $\pm$ 0,1	2,5 $\pm$ 1,4	5,3 $\pm$ 3,0	17,1 $\pm$ 10,8
	2-5	5,9 $\pm$ 0,9	0,4 $\pm$ 0,1	2,9 $\pm$ 0,6	11,0 $\pm$ 6,0	7,3 $\pm$ 4,3
Pasto velho 10-12 anos	0-2	5,7 $\pm$ 0,6	0,4 $\pm$ 0,3	4,1 $\pm$ 2,2	7,0 $\pm$ 5,4	8,3 $\pm$ 1,6
	2-5	5,3 $\pm$ 0,6	0,5 $\pm$ 0,4	3,6 $\pm$ 1,7	13,6 $\pm$ 11,9	4,8 $\pm$ 0,5

O teor de alumínio trocável assim como a quantidade de prótons foi bastante elevado nos solos de floresta (de 1,8 a 1,9  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  e de 4,5 a 5,1  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , respectivamente) o que se traduziu por uma saturação por alumínio (m) elevada, da ordem de 50 a 60%. Nas capoeiras, em relação à floresta os teores de  $\text{H}^+$  foram da mesma ordem de grandeza, enquanto os de  $\text{Al}^{3+}$  foram um pouco inferiores, e a saturação por alumínio um pouco mais baixa. Resultados bem diferentes foram observados nas pastagens jovens, onde o teor de  $\text{Al}^{3+}$  foi muito baixo (0,2 a 0,4  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) assim como a saturação por alumínio (3 a 12%). Com o aumento da idade das pastagens o teor de  $\text{Al}^{3+}$  aumentou pouco, (0,4 a 0,5  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ),

permanecendo bem abaixo dos valores dos solos de floresta, assim como sua taxa de saturação (7 a 13,6%), enquanto que a quantidade de prótons aumenta, mas sem atingir os valores dos solos de floresta (3,6 a 4,1  $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ ).

Esses resultados estão de acordo com os resultados apresentados por outros autores que trabalharam em situações semelhantes nos trópicos e, particularmente, na Amazônia brasileira (MARTINS et al., 1990; SALIMON et al., 2004). Segundo Islam e Weil (2000), avaliando os efeitos do uso da terra na qualidade do solo em uma floresta tropical em Bangladesh, obtiveram maiores valores de pH em solos sob cobertura de gramíneas e cultivados (cerca de 5,6), em relação a solos sob floresta nativa (cerca de 4,9). Melo (2007), estudando solos de Benfica, Pará, observou variações similares em função da mudança da cobertura vegetal e do sistema de uso do solo, com o pH variando de 4,2 para floresta, até 6,4 para uma pastagem de 5-7 anos.

Martins et al. (1990) trabalhando em Latossolos e Argissolos de Capitão Poço (PA), observaram um aumento de 2,5 unidades de pH, em uma área que sofreu derruba e queima. O aumento do pH em função da queima da vegetação foi observado, também, por Falesi, Baena e Dutra (1980), Smith e Bastos (1984), Cardoso, Martins e Veiga (1992), Silva, Silva Júnior e Melo (2006), Santos et al. (2006), em vários solos da Amazônia. Resultados parecidos foram igualmente observados por Rodrigues (2006) em Aurora do Pará (PA), por Moraes (1995), em florestas e pastagens de diferentes idades na Amazônia Sul-Occidental, em Rondônia.

Os resultados mostram que os teores de fósforo assimilável (P) nos solos de floresta foram relativamente baixos quando comparados aos demais ecossistemas (de 6,9 a 10  $\text{mg kg}^{-1}$ ), e parecidos com os valores observados nos solos de capoeira (de 6,0 a 11,2  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Nas pastagens jovens, observou-se um aumento nítido do teor de P assimilável, porém limitado à camada mais superficial (25,2  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Conforme o aumento da idade das pastagens, os teores de P diminuíram, sendo os menores valores encontrados em solos sob pastagem de 10-12 anos (4,8 a 8,3  $\text{mg kg}^{-1}$ ).

Esses resultados estão de acordo com vários estudos realizados na região amazônica (DESJARDINS et al., 2000; MELO, 2007). Teixeira, Serrão e Teixeira Neto (1996), na Amazônia Central, observaram uma diminuição acentuada na produtividade das pastagens mais antigas em decorrência da diminuição da fertilidade do solo, principalmente, diminuição do P disponível. Resultados semelhantes foram verificados por Pereira, Veloso e Gama (2000), avaliando as modificações das propriedades químicas de um Latossolo Amarelo com pastagens, e por Souza e Alves (2003) e Cavalcante; Alves e Pereira (2007), estudando os atributos químicos de um Latossolo Vermelho, distrófico, sob diferentes usos e manejos.



#### 4.2.2 Capacidade de troca catiônica

A Figura 9 mostra que os valores da CTC (sem destruição da matéria orgânica) não houve efeito significativo em função da cobertura vegetal, variando de 8,2 a 11,3  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na camada superficial, e de 6,2 a 7,9 na camada 2-5 cm, diminuindo, portanto com a profundidade (Tabela 2A, em Apêndice). Esses valores são parecidos com aqueles encontrados por Desjardins et al. (2000) e Santos et al. (2006), em solos fortemente intemperizados da bacia amazônica.

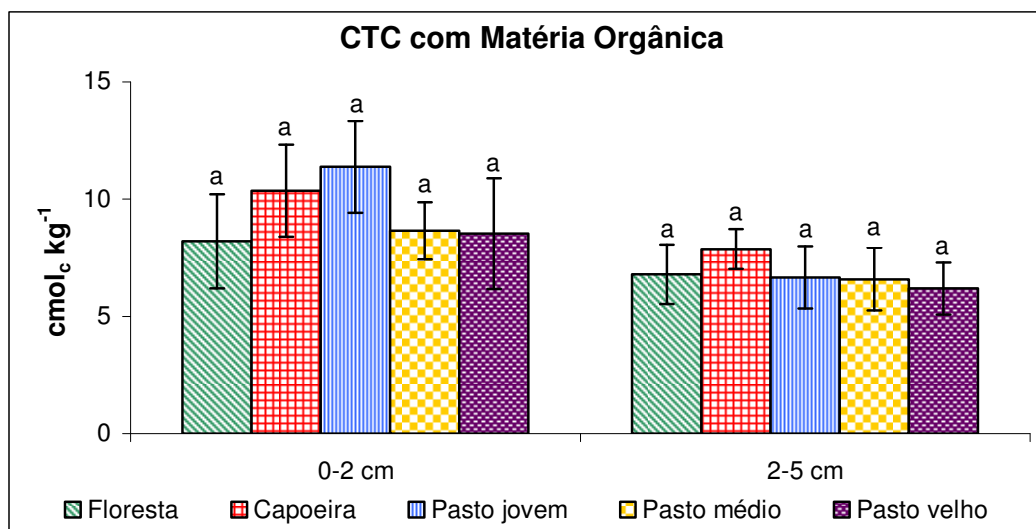


Figura 9: Capacidade de troca cátions à pH 7,0, com matéria orgânica, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 e 2-5 cm [Médias seguidas da mesma letra, minúscula, na mesma profundidade; não diferem pelo teste de Tukey a 5% e  $\pm$  desvio padrão].

Nos solos tropicais, a matéria orgânica é considerada como um dos componentes essenciais da CTC, já que as argilas apresentam uma quantidade de cargas negativas relativamente baixa. Para tentar avaliar a importância da matéria orgânica nos valores da CTC, foi realizada uma quantificação deste atributo do solo, após destruição da MO (utilizando água oxigenada). Os resultados apresentados mostram em todos os casos uma redução significativa da CTC sem matéria orgânica, quando comparado à CTC com matéria orgânica (Figura 10), com valores variando de 5,0 a 8,2  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na camada superficial, e de 4,5 a 6,5  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na camada 2-5 cm (Tabela 2A, em Apêndice).

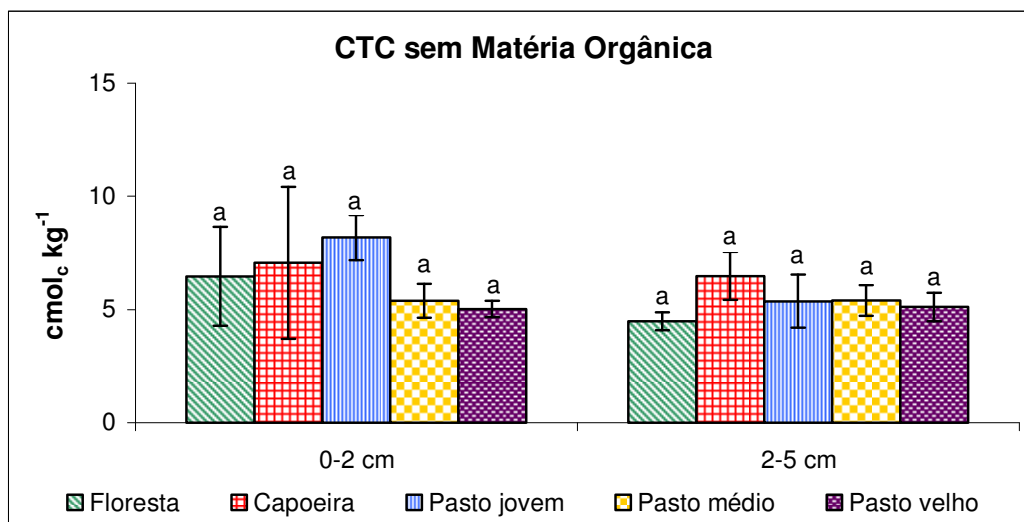


Figura 10: Capacidade de troca cátions à pH 7, 0, sem matéria orgânica, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, com diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 e 2-5 cm [Médias seguidas da mesma letra, na mesma profundidade; não diferem pelo teste de Tukey a 5% e  $\pm$  desvio padrão].

Todavia, essa diminuição foi de uma amplitude relativamente pequena, de 20 a 40%. Nesses solos com argila de tipo 1:1 (caulinita) de baixa atividade, é comum considerar que a matéria orgânica contribui por mais da metade, e às vezes até mais, da CTC, o que não foi observado nos solos estudados. Apesar de ter utilizado um agente oxidante bastante forte (água oxigenada 30%), é possível que a matéria orgânica não tivesse sido oxidada e destruída inteiramente. Apesar do teor de matéria orgânica ser nitidamente inferior na camada 2-5 cm, em relação a camada 0-2 cm, a diminuição da CTC é da mesma ordem de grandeza. Ademais, como o teor de argila é maior na camada 2-5 cm, em relação à camada 0-2 cm, se a matéria orgânica estivesse completamente eliminada, poderíamos esperar valores de CTC sem matéria orgânica iguais ou até superiores, na camada subsuperficial, o que não foi observado.

#### 4.2.3 Bases trocáveis

A Figura 11 evidencia diferenças significativas nos teores de cálcio trocável entre as diferentes coberturas vegetais (Tabela 3A, em Apêndice). Na profundidade 0-2 cm em solos de floresta, observou-se uma concentração baixa de aproximadamente  $0,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Nos solos de capoeira, o teor foi três vezes maior que na floresta, embora essa diferença não seja estatisticamente significativa. Nos solos de pastagens jovens, o cálcio trocável apresentou um

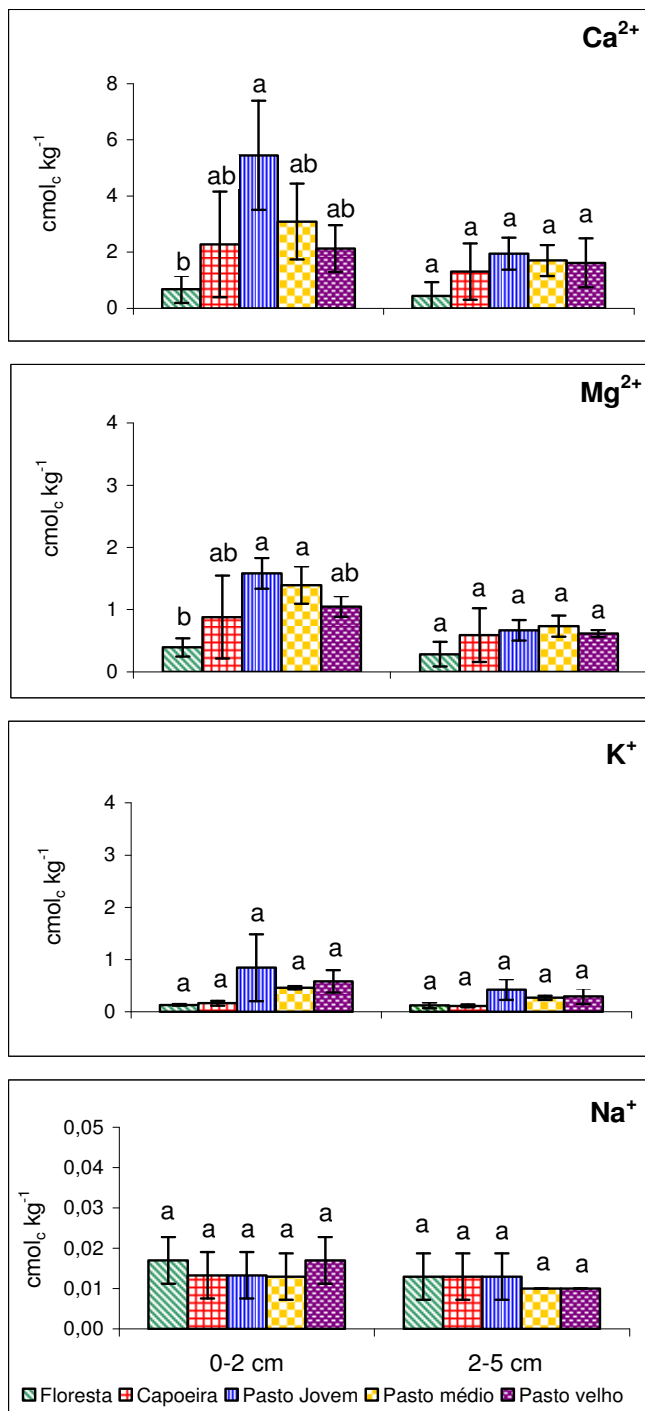


Figura 11: Bases Trocáveis Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup>, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 e 2-5 cm [Médias seguidas da mesma letra, na mesma profundidade; não diferem pelo teste de Tukey a 5% e  $\pm$  desvio padrão].

teor de  $5,45 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na superfície, significativamente mais alto (oito vezes) que nos solos de floresta. O teor de  $\text{Ca}^{2+}$  diminuiu com o aumento da idade das pastagens, sem voltar aos valores iniciais: nas pastagens de 10-12 anos, o teor medido foi de  $2,13 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , três vezes mais elevado que nos solos de floresta. Na camada subsuperficial (2-5 cm), os valores decrescem para todas as coberturas vegetais, em relação à camada superficial, guardando a mesma ordem de variação (de  $0,49$  na floresta a  $1,94 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  nas pastagens jovens), mas não houve diferença significativa entre os valores encontrados.

Os teores de magnésio trocável, foram sempre nitidamente inferiores aos teores de cálcio, e abaixo de  $2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Na camada 0-2 cm, as variações observadas seguiram o padrão observado para o  $\text{Ca}^{2+}$ , com os solos de floresta apresentando a menor concentração deste elemento ( $0,39 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), as pastagens jovens o teor significativamente mais alto ( $1,58 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e um decréscimo gradual com o aumento da idade das pastagens ( $1,05 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), nas pastagens de 10-12 anos. Os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  diminuíram com a profundidade em todas as situações estudadas, mas sem apresentarem diferenças significativas na camada 2-5 cm.

Os teores de potássio no solo, para ambas as profundidades, variaram de  $0,13$  a  $0,84 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , para a camada-0-2 cm e de  $0,12$  a  $0,43 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , para a camada 2-5 cm. Como já observado para o cálcio e o magnésio, os valores mais baixos foram encontrados nos solos de floresta e os mais elevados nos solos das pastagens jovens, mas devido a uma variabilidade espacial elevada, não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas de uso do solo.

Os teores de  $\text{Na}^+$  trocável foram muito baixos (entre  $0,01$  e  $0,02 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), não apresentando variações significativas entre as diferentes coberturas vegetais, nas duas camadas estudadas.

Os teores de cátions trocáveis, para todos os ecossistemas estudados, são classificados como de nível alto, para fins de avaliação da fertilidade do solo, segundo Silva e Pasqual (2003).

Os resultados apresentados na Figura 12 evidenciam as diferenças significativas encontradas para a camada 0-2 cm na soma das bases trocáveis (Tabela 3A, em Apêndice para as duas profundidades). Os solos sob floresta apresentaram o valor mais baixo ( $1,48 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), cinco vezes inferior ao valor encontrado nas pastagens jovens ( $7,27 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). Os solos sob capoeiras apresentaram valores intermediários e parecidos com os valores das pastagens mais antigas.

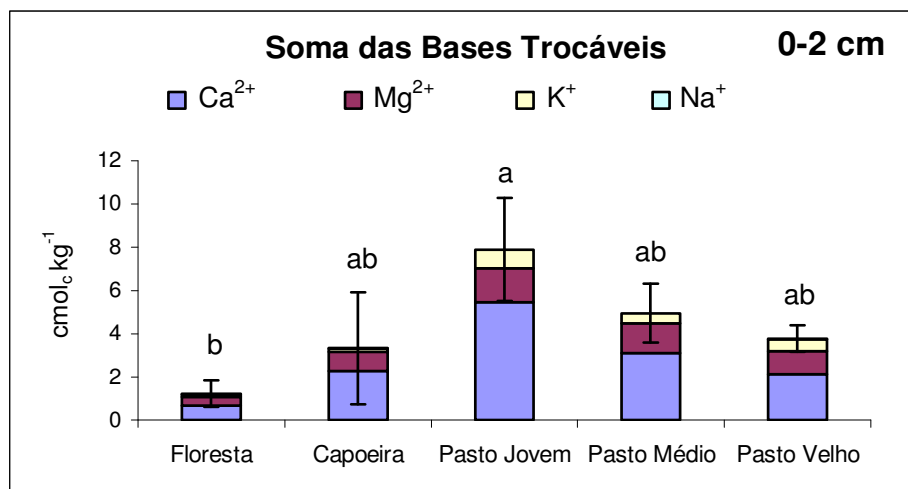


Figura 12: Soma das bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$ ), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, em diferentes tipos de cobertura vegetal, na profundidade 0-2 cm. [Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% e  $\pm$  desvio padrão].

Em todos os sistemas estudados, nas primeiras camadas do solo, o cálcio trocável foi o cátion quantitativamente predominante no complexo sortivo, representando de 30 a 61% da soma das bases trocáveis, sendo que a substituição da floresta por cultivos, aumentou sua contribuição relativa (Figura 12). O magnésio foi em todos os casos o segundo cátion em termo quantitativo, representando de 28,5 a 58% da soma das bases trocáveis. O potássio trocável representa de 5 a 11% enquanto o  $\text{Na}^{+}$  foi quase ausente (de 0,2 a 1,7%).

A conversão da floresta em pastagens teve um forte impacto sobre as propriedades químicas estudadas, nas camadas superficiais do solo. O conteúdo em bases trocáveis aumentou consideravelmente, mesmo vários anos depois da instalação dos pastos. Os métodos de desmatamento e queima, estão bastante parecidos em toda a Amazônia brasileira, e vários trabalhos mostraram resultados similares, com um aumento do pH e da quantidade de bases trocáveis em pastagens de varias idades (LUIZÃO; BONDE; ROSSWALL, 1992; MORAES; VOLKOFF, 1996; FERNANDES; BERNOUX; CERRI, 2002).

Na camada mais profunda (2-5 cm) a mudança da floresta para pastagem, não alterou significativamente a soma das bases trocáveis (Figura 13), mesmo se as tendências descritas para a camada 0-2 cm foram também observadas.

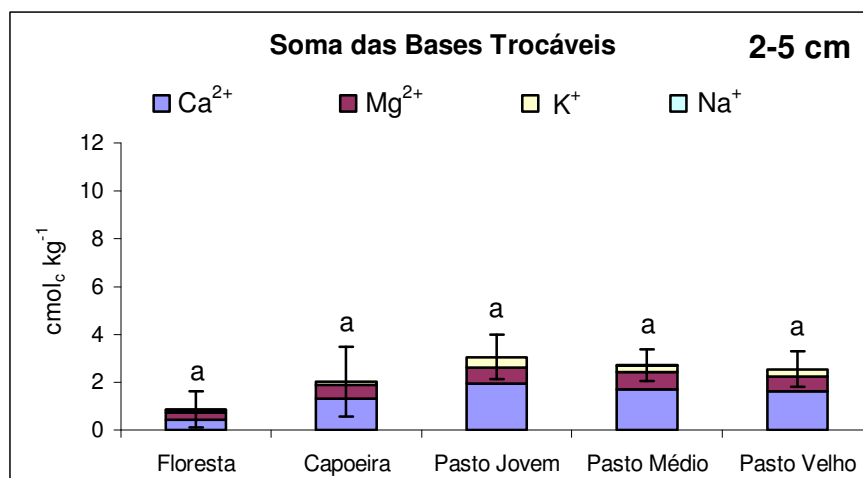


Figura 13: Soma das bases trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, em diferentes tipos de cobertura vegetal, na profundidade 2-5 cm [Médias seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey a 5% e  $\pm$  desvio padrão].

#### 4.2.4 Bases totais dos sistemas de uso da terra

A Figura 14 mostra diferença significativa nos teores de cálcio total quando comparado a floresta e a pastagem jovem. Nos solos de floresta na profundidade 0-2 cm, observou-se uma concentração baixa de aproximadamente  $0,94 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Nos solos de capoeira, a concentração do elemento foi em torno de três vezes maior em relação aos valores encontrados nos solos de floresta, embora não tenha ocorrido diferença significativa. Os maiores valores foram encontrados, após a substituição da floresta no pasto jovem, que apresentou cálcio total igual  $7,43 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  na superfície, significativamente mais elevado, oito vezes superior aos solos de floresta (Tabela 4A, em Apêndice).

O Ca total diminuiu com o aumento da idade das pastagens, continuando as perdas quando comparamos com a floresta, ou seja, nas pastagens de 10-12 anos, o valor médio obtido foi de  $2,71 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , sendo três vezes mais elevado que nos solos de vegetação natural. Na camada subsuperficial (2-5 cm), os valores decrescem para todas as coberturas vegetais, em relação à camada 0-2 cm, assumindo a mesma seqüência de variação (de  $0,75$  na floresta a  $2,45 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$  nas pastagens jovens), mas não diferindo significativamente entre os sistemas de uso do solo.

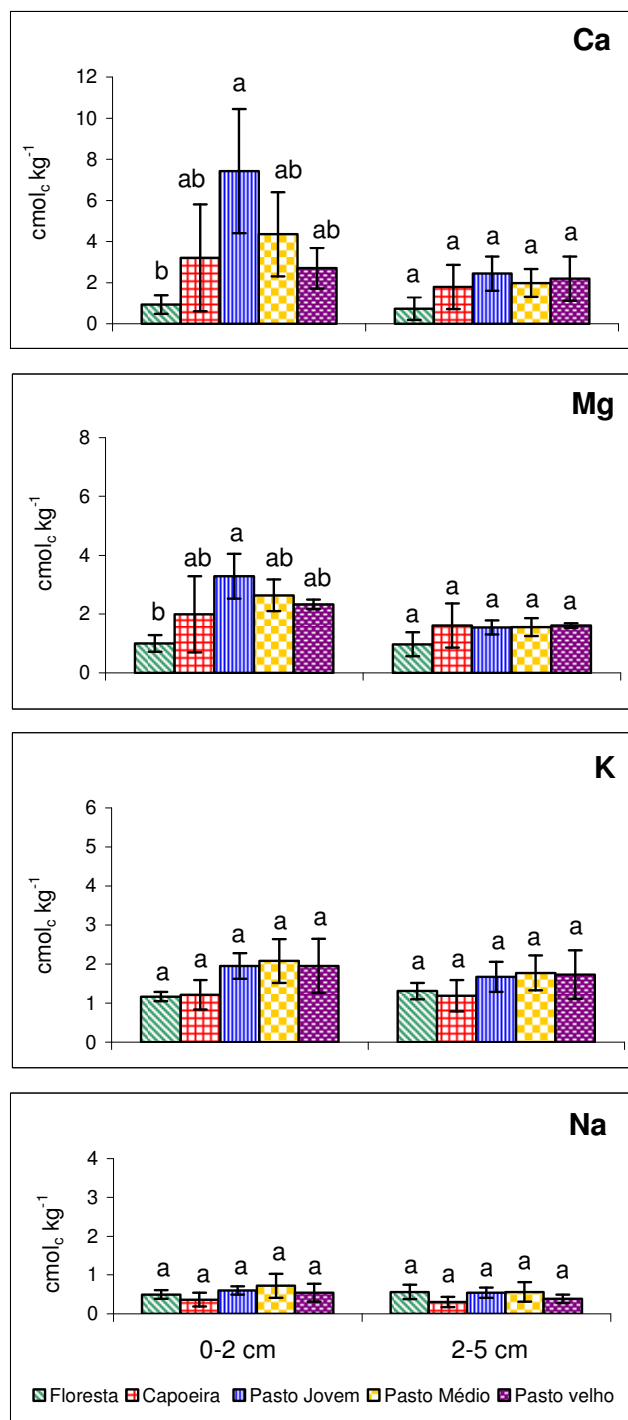


Figura 14: Bases totais (Ca, Mg, K e Na), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades 0-2 e 2-5 cm [Médias seguidas da mesma letra, na mesma profundidade; não diferem pelo teste de Tukey a 5% e  $\pm$  desvio padrão].

Os teores de magnésio total, foram sempre nitidamente inferiores aos teores de cálcio, e abaixo de  $4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Na superfície, as variações observadas seguiram a mesma seqüência observada para o Ca, e com os solos de floresta apresentando a menor concentração deste elemento ( $1,00 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), para as pastagens jovens o teor foi significativamente mais alto ( $3,29 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) e um decréscimo gradual com o aumento da idade das pastagens ( $2,33 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), nas pastagens de 10-12 anos. Os teores de Mg reduziram ao longo da profundidade em todas as situações estudadas, mas sem apresentar diferença significativa na camada 2-5 cm.

As concentrações totais de potássio no solo, para ambas as profundidades, foram altas (de  $1,16$  a  $2,08 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , para a camada-0-2 cm e de  $1,19$  a  $1,77 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , para a camada 2-5 cm). Como já observado para o cálcio e o magnésio, os valores mais baixos foram encontrados nos solos de floresta na profundidade 0-2 cm, o que não se verificou na profundidade 2-5 cm, cedendo lugar à capoeira, e os mais elevados nos solos das pastagens médias, mas devido a uma variabilidade espacial elevada, não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas entre os sistemas de uso do solo.

Os teores de Na total foram altas (entre  $0,30$  e  $0,72 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), não apresentando variações significativas entre as diferentes coberturas vegetais, para a profundidade de 0-5 cm.

#### **4.2.5 Relação bases trocáveis e bases não trocáveis**

A Figura 15 evidencia grandes diferenças de repartição dos cátions entre a parte trocável e a parte não trocável, na camada superficial dos solos estudados. Os valores relativos das frações trocáveis e não trocáveis cátions estudados encontram-se na Tabela 5A, em Apêndice.

O cálcio, a base mais abundante nesses solos, encontrou-se essencialmente na forma trocável (ou seja, na forma rapidamente disponível no solo para as plantas), com pouca variação em função do sistema de uso: de 67% nos solos de floresta até 75% nos solos de pastagens antigas.



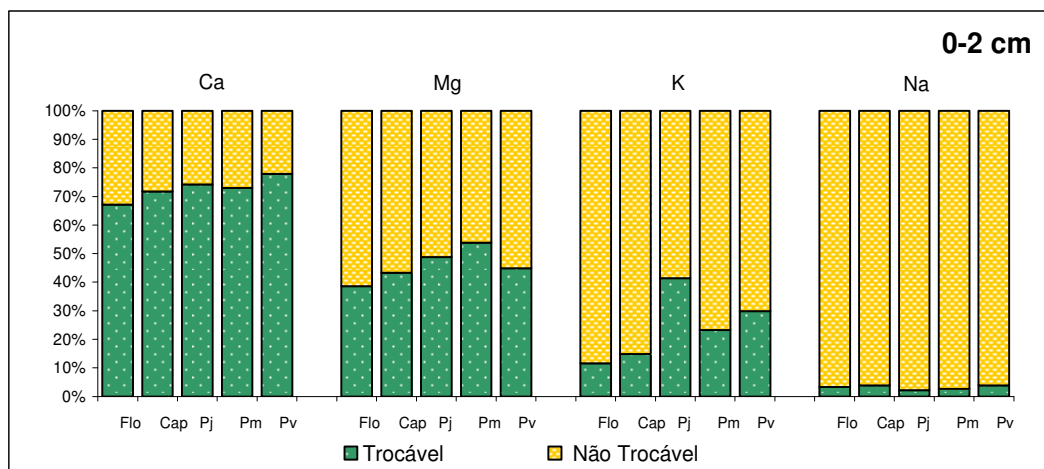


Figura 15: Repartição das bases trocáveis e não trocáveis, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de ecossistemas: floresta (Flo), capoeira (cap), pasto jovem (Pj), pasto médio (Pm), pasto velho (Pv), na profundidade 0-2 cm.

A repartição das formas trocável e não trocável do cátion magnésio foi diferente, com uma proporção da forma trocável nitidamente inferior, comparando com o cálcio: de 36 até 49% do magnésio foi encontrado na forma trocável. Foi observada uma tendência ao aumento relativo da parte trocável nas pastagens, comparando com os solos de floresta.

O potássio mostrou uma repartição diferente das formas trocáveis e não trocáveis, e diferenças nítidas entre os sistemas de uso. Na floresta, a forma trocável representou somente 13% do potássio total. Nas pastagens, essa proporção aumentou consideravelmente, principalmente, nas pastagens jovens, onde atingiu quase 40%. Com o aumento da idade das pastagens, essa proporção diminuiu, mas permaneceu bem acima do valor da floresta, variando de 22 a 27%.

O sódio, quantitativamente a base menos abundante teve uma repartição bem diferente das outras bases, com a parte trocável representando menos de 5% das bases totais, qualquer que seja a cobertura vegetal.

Na camada subsuperficial (2-5 cm), os resultados obtidos foram bastante similares aos da camada superficial (Figura 16). Entretanto, para o cálcio, nos solos de floresta, a proporção da forma trocável foi menor (50%), comparando com a camada superficial, enquanto nos solos de capoeira e de pastagem essa proporção permaneceu bastante elevada (de 66 a 86%). As outras bases apresentaram uma repartição das formas trocável e não trocável parecida com aquela observada na camada superior: de 27 a 47% na forma trocável para o Mg (com os

valores mais elevados nas pastagens), de 9 a 26% na forma trocável para o K (com os valores mais elevados nas pastagens) e somente de 2 a 5% na forma trocável para o Na<sup>+</sup>.

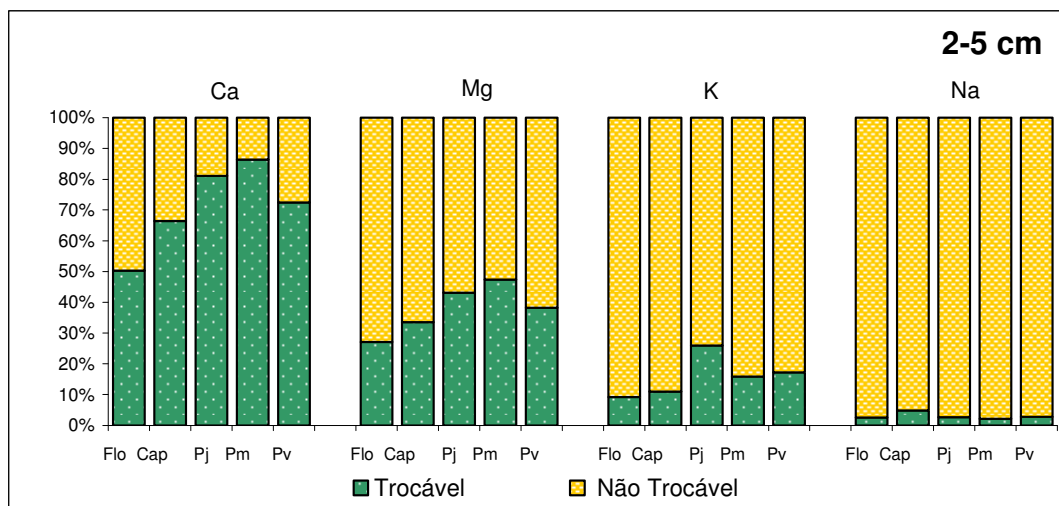


FIGURA 16: Repartição das bases trocáveis e não trocáveis, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de ecossistemas: floresta (Flo), capoeira (cap), pasto jovem (Pj), pasto médio (Pm), pasto velho (Pv) na profundidade 2-5 cm.

A concentração total de um nutriente corresponde à soma da quantidade facilmente assimilável (trocável) e da quantidade “imobilizada” (não trocável). Os teores totais são importantes, porque certa proporção tornar-se-á assimilável, à medida que a decomposição da matéria orgânica e o intemperismo dos minerais ocorrerem, sendo este último dependente do tempo. As bases não trocáveis constituem um reservatório potencial e existem transferências de um compartimento para o outro. Assim, estudos mostram que para o potássio, as formas não-trocáveis, que constituem a maior parte do K total, fornecem pouco a pouco parte do K<sup>+</sup> absorvido pelas plantas (RICHARDS<sup>6</sup>; BATES; SHEPPARD, 1988 apud PERIN; CERETTA; KLAMT, 2003).

#### 4.2.6 Relação entre matéria orgânica, a ctc e a soma de bases

No tópico 4.1 foi realizada uma análise das variações dos teores de carbono orgânico total em função de três diferentes usos da terra e data de coleta, que não evidenciou variações significativas. Para poder melhor analisar as relações existentes entre a matéria orgânica e algumas propriedades químicas do solo, foram realizadas análises dos teores de carbono sobre

<sup>6</sup> RICHARDS, J.E.; BATES, T.E.; SHEPPARD, S.C. Studies on the potassium-supplying capacities of Southern Ontario soils. I - Field and greenhouse experiments. *J. Soil Sci.*, v.68, p.183-197, 1988.

as amostras da segunda coleta, nos cinco diferentes sistemas de manejo. Os resultados são apresentados na Figura 17.

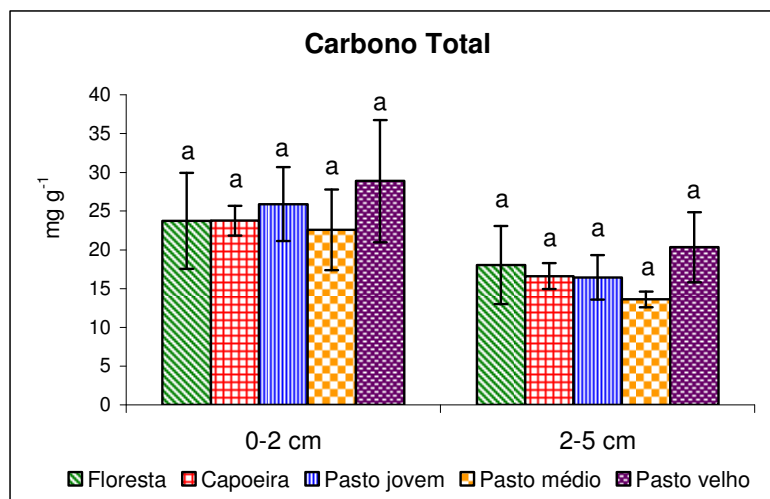


Figura 17: Teor médio de carbono total ( $C_T$ ), em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes tipos de cobertura vegetal, nas profundidades de 0-2 e 2-5 cm [Médias seguidas da mesma letra, na mesma profundidade; não diferem pelo teste de Tukey a 5% e o desvio padrão].

Os teores mais baixos ocorreram nas áreas de floresta e capoeira com uma média de  $23,76 \text{ mg g}^{-1}$  para ambas as coberturas (Tabela 6A, em anexo). Os teores nas pastagens foram geralmente levemente superiores, com os teores mais elevados nas pastagens mais antigas (média de  $28,88 \text{ mg g}^{-1}$ ). Essas diferenças entre os sistemas de manejo do solo não foram estatisticamente significativas, entretanto elas mostraram as mesmas tendências observadas por Silva Jr. (2007) na mesma área de estudo, e por Desjardins et al. (2004) na região de Marabá. Os conteúdos de  $C_T$  na profundidade 2-5 cm, sempre menores, mostraram comportamento semelhante aos da superfície variando em média de  $13,41$  a  $20,35 \text{ mg CO g}^{-1}$  de solo.

Por meio de regressão linear foi avaliada a influência da matéria orgânica sobre a CTC e a soma de bases do solo. A regressão linear explicou apenas 33,7% da variação total. A correlação linear entre as variáveis carbono total e CTC com matéria orgânica foi de 58%. O teste F mostrou que esta correlação linear é diferente de zero e significativa ( $p < 0,001$ ).

A Figura 18 apresenta os resultados da correlação e da regressão. A correlação corresponde a  $r = 0,58052$ ;  $p < 0,001$ , entre a CTC com matéria orgânica e o teor de carbono total. Os resultados confirmam uma contribuição da matéria orgânica na CTC dos solos estudados.

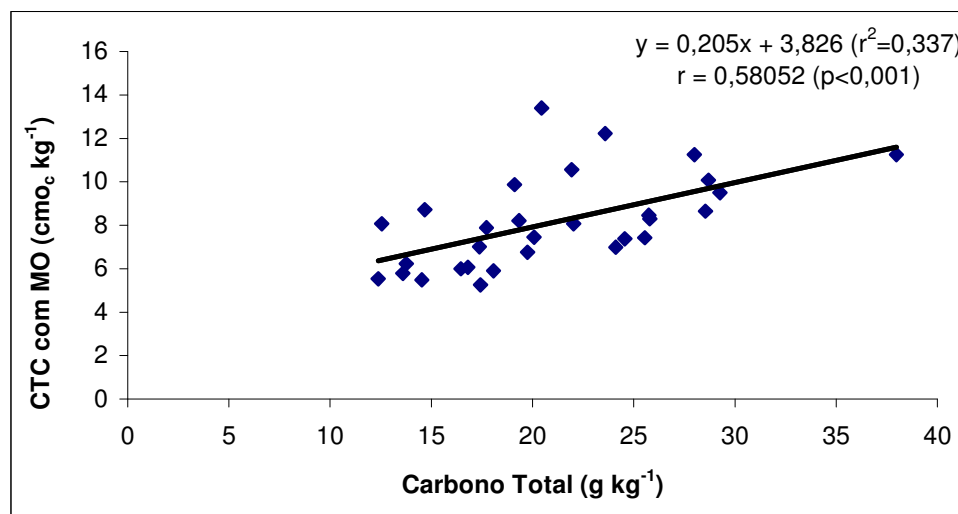


Figura 18: Relação entre a CTC a pH 7 e o teor de carbono total, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes sistemas de manejo.

Essa tendência de aumento dos teores de C nas pastagens foi igualmente verificada por Cerri, Morais e Volkoff (1992); Choné et al. (1991), Bernoux et al. (1999) em outras regiões da Amazônia. Ela poderia ser em parte explicada pela forte produção de raízes finas pelas gramíneas, que são de rápida ciclagem (ROBERTSON; MYERS; SAFFIGNA, 1993), e, portanto, constituem uma entrada contínua de C no solo. Da mesma maneira os teores de N e as relações C/N não mostraram variações significativas em função da variação da cobertura vegetal.

A regressão explicou apenas 4,17% da variação total, não existindo regressão linear entre carbono total e soma de bases. A correlação é de apenas de 20,4%, e concluiu-se pelo teste F que a correlação é igual a zero (não é significativa) ( $r=0,20421$ ;  $p=0,279$ ). A Figura 19, mostrou uma pequena tendência de aumento de soma de bases trocáveis quando o teor de C aumenta. Esse resultado pode parecer surpreendente, visto o papel conhecido da matéria orgânica como fonte de nutrientes. A explicação mais provável desse resultado encontra-se no papel determinante do uso da terra na variação dos teores de bases trocáveis: o uso do fogo, logo após a derruba da floresta, e depois para limpar as pastagens, provoca entradas notáveis de bases trocáveis nos solos (ver tópico 4.2.3), pela deposição e incorporação de cinzas. Comparativamente, as mudanças nos teores de matéria orgânica são de uma amplitude muito menor, o que explica a ausência de relação significativa.

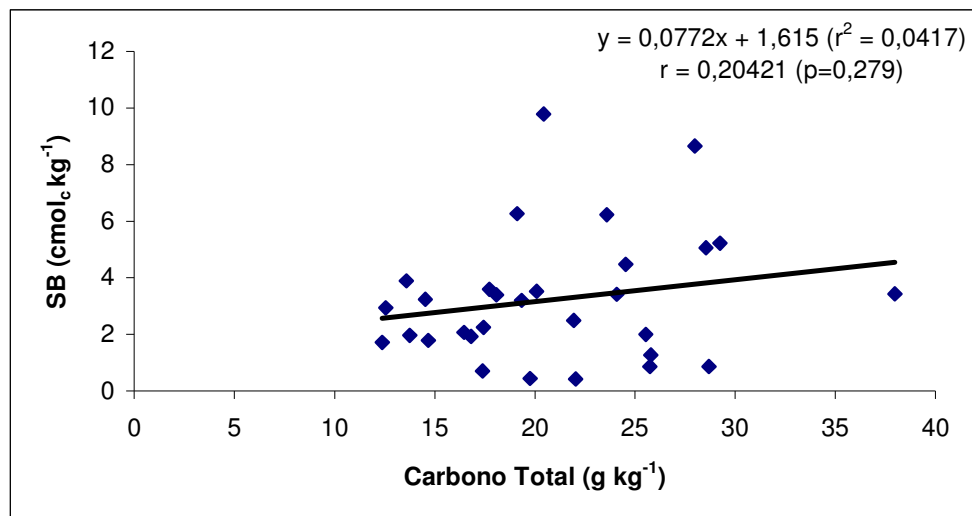


Figura 19: Relação entre a soma de bases (SB) e o teor de carbono total, em Latossolo Amarelo de Itupiranga/PA, sob diferentes sistemas de manejo.

## 5. CONCLUSÕES

- ✓ As variações sazonais dos teores de carbono e nitrogênio foram de pequena amplitude; elas se manifestaram de maneira mais visível através da variação da relação C/N;
- ✓ A quantificação das reservas orgânicas (pela medida dos teores de carbono e nitrogênio totais do solo) não evidenciou a ocorrência de fortes alterações após o desmatamento e a modificação da cobertura vegetal;
- ✓ A mudança do tipo de cobertura vegetal e o manejo, causaram alterações significativas das propriedades químicas do solo: aumento do pH, diminuição do teor de alumínio trocável, aumento temporário do teor de fósforo disponível, aumento da soma das bases (devido ao aumento do teor dos cátions trocáveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^{+}$ );
- ✓ A CTC não foi modificada significativamente pela mudança de uso da terra. A contribuição da matéria orgânica na CTC foi importante, mas não predominante; e
- ✓ Para cada cátion, o balanço entre a parte trocável e a reserva (não trocável) variou nitidamente. A maior parte do potássio apareceu na fração provisoriamente imobilizado, enquanto o cálcio encontrou-se essencialmente na forma trocável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU Jr. C. H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F.C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, v.58, n.4, p.813-824, 2002.
- AIDE, T.M. et al. Forest recovery in abandoned tropical pastures in Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, v.77, p. 77-86, 1995.
- AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para cultura em sucessão. In: **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**, 1997, p. 76-111.
- AMELUNG, W.; FLACH, K.W.; ZECH, W. Climatic effects on soil organic matter composition in the Great Plains. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.61, p.115-123, 1998.
- ARAÚJO, S. P. **Atributos biológicos do solo sob diferentes coberturas vegetais amostrados em duas estações do ano numa topossequência no Noroeste Fluminense – RJ**. 2003. 51p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2003.
- BAAR, R. A diversidade da vegetação secundária em função da idade, forma e intensidade de utilização. **Relatório Final**: “Vegetação secundária como vegetação de pousio na paisagem agrícola da Amazônia Oriental, função e possibilidades de manipulação”. CPATU-EMBRAPA-SHIFT. 1994.
- BALOTA, E.L. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, 1998.p.641-650.
- BANDY, D.; GARRITY, D.P; SANCHEZ, P. El Problema Mundial de la Agricultura de Tala e Queima. **Agrofloresteria en las Américas**. Turrialba, Costa Rica v. 3, p. 6-9, 1994.
- BARROS, N.F.; COMERFORD, N.B. Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical. In: ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2002. v.2. p.487-592. Folha de Viçosa
- BAYER, C. et al. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. **Soil Till. Res.**, v.53, p. 95-104, January, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p.9-26.
- BENITES, V.M.; MENDONÇA, E.S. Propriedades eletroquímicas de um solo eletropositivo influenciadas pela adição de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.215- 221, 1998.
- BERNOUX, M. et al. Conteúdos de carbono e nitrogênio do solo em uma cronossequência de pastagem após floresta. **Scientia Agricola**, v. 56, p.777-783, Out. 1999.
- BIGARELLA, J.; BECKER, R.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**: intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concretização de bens minerais. Florianópolis: UFSC. v. 2, p. 434-875. 1996.

- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 6. ed. RJ, Freitas Bastos. 1983. 647 p.
- BRIENZA, Jr. S; COSTA, W.O; SANTOS, E.W. Enriched fallow vegetation with leguminous trees: possibilities to improve the slash-and-burn agriculture in eastern brazil-ian Amazonia. CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS: NO CONTEXTO DE QUALIDADE AMBIENTAL E COMPETITIVIDADE 2. **Resumos Expandidos...** Belém. Embrapa-CPATU, 1998, p.17-19.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, p. 1-32, 1990.
- CARDOSO, A.; MARTINS, P.F.S.; VEIGA Jr., I. **Solos de áreas ocupadas por pequenos agricultores em algumas localidades da microrregião de Marabá-Pa**. Pont à Pitre. Universidade dês Antilas Guianas, 1992, p.101-123.
- CARVALHO, J. E. B. de et al. **Efeito de sistemas de manejo nos indicadores químicos de qualidade do solo**. 2007. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_2/Indicadores/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_2/Indicadores/index.htm)>. Acesso em: 3/8/2007.
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, v.37, n. 2, p.394-400, 2007.
- CERRI, C.C.; MORAES, J.F.L.; VOLKOFF, B. Dinâmica do carbono orgânico em solos vinculados à pastagens da Amazônia brasileira. **Investigation Agrária**, Madrid, v.1; p 95-102, 1992.
- CHAVES, L. H.G. et al. M. Propriedades químicas do solo aluvial da Ilha de Assunção - Cabrobó (Pernambuco). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, p. 431-437, 2004.
- CHONÉ, T. et al. Changes in organic matter in an oxisol from the central Amazonian forest during eight years as pasture, determined by <sup>13</sup>C isotopic composition. In : BERTHELIN, J. (Ed). **Diversity of environmental biogeochemistry** , Amsterdam : Elsevier, 1991, p.307-405.
- CLAESSEN, M.E.C. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2 ed. atual. Rio de Janeiro, 212 p., 1997.
- CLAESSEN, M.E.C. et al. Manual de métodos de análise de solo. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 3 ed. atual. Rio de Nov. 190 p., 2006.
- CONCEIÇÃO, P.C. et al. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.
- CONCEIÇÃO, P.C. **Indicadores de qualidade do solo visando a avaliação de sistemas de manejo**. 2002. 125 p. (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, 2002.
- COOPERATIVA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS, 2001. **Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Projeto de Assentamento Benfica – PDSA**. Marabá-PA:COOPSERVIÇOS, 2001.24 p.
- COSTA, N.L. **Agricultura itinerante na Amazônia**. Belém: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001.



- DALMOLIN, R.S.D. **Matéria orgânica e características físicas, químicas, mineralógicas e espectrais de Latossolos de diferentes ambientes.** UFRGS. Ago/2002, 151 p.
- DAVIDSON, E.A. et al. Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of eastern Amazonia. **Biogeochemistry**, v. 48, p. 53–69, 2000.
- DAVIDSON, E.A. et al. Nitrogen and phosphorus limitation of biomass growth in a tropical secondary forest. **Ecological Applications**, v. 14, p., 150-163, 2004.
- DENICH, M. Estudos da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental Brasileira. **EMBRAPA-GTZ**, 284 p. 1991.
- DEMATTÊ, J.L.I. **Manejo dos solos ácidos dos trópicos úmidos, região Amazônica.** Campinas: Fundação Cargill. 1988. 215p.
- DE REYNAL, V. **Agriculturas familiares e desenvolvimento em frente pioneira amazônica.** Marabá: LASAT/UFGA/GRET/UAG, 1995. 48p.
- DE REYNAL, V. et al. **Agriculturas familiares e desenvolvimento em frente pioneira amazônica.** Point-a-Pitre, 71 p., 1996.
- DE ROUW, A. The fallow period as a weed break in shifting cultivation (tropical wetforests). **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 54, p. 31-43, 1995.
- DESJARDINS, T. et al. Dégradation des pâturages amazoniens : description d'un syndrome et de ses déterminants. **Etude et gestion des sols**, França, v. 7, n. 4, p. 363-378, 2000.
- DESJARDINS, T. et al. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 103, p. 365-373, 2004.
- DIAS, L.E. et al. Comparação de diferentes métodos de determinação de carbono orgânico em amostras de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 15, p. 157-162, 1991.
- DORAN, J.W. Soil quality and sustainability. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: SBCS, 1997. 1CD.
- DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**. v. 15, p. 3-11, 2000.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment.** Madison, 1994. (Special publication, 35).
- DUTRA, S.; MASCARENHAS, R.E.B. TEIXEIRA, L.B. Controle de plantas invasoras em pastagens cultivadas. **Belém, Embrapa Amazônia Oriental**, 2000. 151 p.
- FALESI, I. **Ecosistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1976. 193p. (Boletim Técnico, 1).
- FALESI, I.C.; VEIGA, J.B. **O solo da Amazônia brasileira.** Belém: EMBRAPA, CPATU, 1976. 32 p. (EMBRAPA, CPATU – Boletim de Pesquisa).

- FALESI, Í.C.; BAENA, A.R.C.; DUTRA, S. **Conseqüências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do Nordeste paraense**. Belém: EMBRAPA/CPATU, 49p.1980 (Boletim de Pesquisa, 14).
- FASSBENDER, H.W. Química de suelos, con énfasis em suelos de América latina. Turrialba: **Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas de la OEA**, 398 p., 1975.
- FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, v.79, n.1-4, p.69-116, 1997.
- FENFILI, M.F. Growth, recruitment and mortality in the Gama gallery Forest in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Journal of Tropical Ecology**. V.11, p.67-83, 1995.
- FERNANDES, S.A.P.; BERNOUX, M.; CERRI, C.C. Seasonal variation of soil chemical properties and CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> fluxes in unfertilized and P-fertilized pastures in an Ultisol of the Brazilian Amazon. **Geoderma**, v.107, p.227-241, 2002.
- FERREIRA, W.A.; BOTELHO, S.M. **Capacidade de troca de cátions das principais classes de solos da Amazônia determinada a diferentes valores de pH**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 1999. 68 p.
- FERREIRA, S.J. F. et al. Nutrientes no solo em floresta de terra firme cortada seletivamente na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 31, p. 381-396, 2001.
- FINEGAN, B. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 11, p. 119-124, 1996.
- GALLAGHER, R.S.; FERNANDES, E.C.M.; MCCALLIE, E.L. Weed management through short-term improved fallows in tropical agroecosystems. **Agroforestry Systems**, v. 47, p.197-221, 1999.
- GEHRING, C. et al. Response of secondary vegetation in Eastern Amazonia to relaxed nutrient availability constraints. **Biogeochemistry**, v. 45, p. 223-241, 1999.
- GEHRING, C.; DENICH, M.; VLEK, P.L.G. Resilience of secondary forest regrowth after slash-and-burn agriculture in central Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v. 21, p. 1-9, 2005.
- GEHRING, C. O ambiente do trópico úmido e o manejo sustentável dos agrossistemas. In: MOURA, E. G. de; AGUIAR, A. C. F. **O desenvolvimento rural como forma de ampliação dos direitos no campo**. Princípios e tecnologias. São Luis, MA: Estação Produções Ltda, 2006. p. 101-140.
- GIARDINA, C.P. et al. The effects of slash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation. **Plant and Soil**, v. 220, p. 247-260, 2000.
- GFRA 2005-GLOBAL FOREST RESOURCES ASSESSMENT. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: < [http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/docrep/008/a0400e/a0400e00.htm](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/docrep/008/a0400e/a0400e00.htm) > Acesso em: 16 jan 2008.
- GRACE, J. Understanding and managing the global carbon cycle. **Journal of Ecology**, v. 92, p.189-202, 2004.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.74, p.367-385, 1994.

HÖLSCHER, D. et al. Nutrient input-output budget of shifting agriculture in eastern Amazonia. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 47: 49-57. Israel, D.W. (1987): Investigation of the role of phosphorus in symbiotic dinitrogen fixation. **Plant Physiology**, v. 84, p.835-840, 1997.

HOMMA, A.K.O. **Amazônia: Meio Ambiente e desenvolvimento agrícola**. Embrapa-SPI, Belém: Embrapa CPATU, 1998, p.119-141.

HOMMA, A.K.O. et al. **A destruição de recursos naturais: o caso da castanha-do-pará no Sudeste Paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, Jun. 2000. 74 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 32).

HOUGHTON, R.A. et al. Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, v. 403, p.301-304, 2000.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. **Journal of Soil and Water Conservation**, v.55, p. 69-78, 2000.

JUO, A.S.R; MANU A. Chemical dynamics in slash-and-burn agriculture. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.58, p 49-60, 1996.

KASSOUM B.B., MAITRE D'HÔTEL E. **Système agraire d'une localité de front pionnier dans l'état du Pará**. Mémoire 1. année ESAT (Ecole Supérieure d'Agronomie Tropicale) du CNEARC. 2002. 82 p.

KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: **Agrônômica Ceres**, 1985. 492p.

KIMMINS, H. **Balancing Act: Environmental issues forestry**. Vancouver. Univ. Of british Columbia.1997.305 p.

KLEINMAN, P.J.A.; PIMENTEL, D.; BRYANT, R.B. The ecological sustainability of slashand-burn agriculture. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 52, p. 235-249, 1995.

LBA SCIENCE PLANNING GROUP. **O experimento de grande escala da biosfera-atmosfera na Amazônia (LBA)**. Plano Experimental Conciso: [S. L].: Cachoeira Paulista 1996, 48 p.

LEITE, L. F. C. **Modelos de simulação e matéria orgânica do solo: Definido agrossistemas sustentáveis para o Meio-Norte do Brasil**. EMBRAPA/CPAMN, 2006.

LIMA, T. R. et al. Análise da fertilidade natural ( $K^+$ ;  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$ ) do solo na faixa de influência do rio Madeira, Porto Velho-RO, a Humaitá-AM.. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2004. **Anais**. 2004. v.3.

LUIZÃO, R.C.C.; BONDE, T.A; ROSSWALL, T. Seasonal variation of soil microbial biomass the effects of clearfelling a rainforest and establishment of pasture in the central Amazon. **Soil Biology and Biochemistry**. v.24, 1992. 805 - 813p.

MACEDO, M.C.M. Integração lavoura pecuária como alternativa de recuperação de pastagens degradadas. In: WORKSHOP: NITROGÊNIO NA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 1., 2000, Dourados. **Anais...** Viçosa: EMBRAPA, 2000, p.90-104.

MACHADO, A.O.; CECATO, U.; MIRA, R.T. Avaliação da composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca de cultivares e acessos de *Panicum maximum* Jacq. sob duas alturas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.1057-1063, 1998.

MACKENSEN, J. et al. Nutrient transfer to the atmosphere by burning of debris in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.86, p.121- 128, 1996.

MARTINS, P.F.S. et al. Efeito do desmatamento e do cultivo sobre características físicas e químicas do solo sob floresta natural na Amazônia Oriental. **Revista IG**, v.11, n. 1, p. 21-33, 1990.

MARTORANO, L.G. et al. **Estudos climáticos do Estado do Pará, classificação climática (Koppen) e deficiência hídrica (Thornhtwhite, Matter)**. Belém: SUDAM/EMBRAPA/SNLCS, 2004, 55 p.

MATEJOVIC, I. **Determination of carbon, hydrogen and nitrogen in soils by automated elemental analysis (dry combustion method)**. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 1993. p.24.

MELLO, F. A. F. et al. **Fertilidade do Solo**, 1989. 400p.

MELO, W.J. et al. Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Embrapa; 1997. p. 26.

MELO, V.S. **Avaliação da qualidade dos solos em sistemas de floresta primária-capoeira-pastagem na Amazônia Oriental por meio de indicadores de sustentabilidade microbiológicos e bioquímicos**. 2007. 145p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – UFRA, Belém, 2007.

MENDONÇA, E.S.; LOURES, E.G. Matéria orgânica do solo. In: **Curso de Fertilidade e Manejo do Solo**. Fertilidade e Manejo do Solo, 45 p., 1996.

MENEZES, R. C. S.; GARRIDO, M. da S.; PEREZ M., A. M. Fertilidade dos solos no semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. **Palestras...** Recife: UFPE/SBCS, 2005. v.30. CD-ROM.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotrópica**. Campinas. V.1. n.1-2. 2001. p. 1-9.

METSON, A.J. **Mehodos of chemical analysis for soil survey samples**. Department of Science and Industrial Research, Bull, 1961. v. 12, p.208.

MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVAREZ, V.H., (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, v. 3, p. 209-248.

MORAES, J.F.L. **Propriedades do solo e dinâmica da matéria orgânica associada às mudanças do uso da terra em Rondônia (RO)/ Brasil**. 1995. 69 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

- MORAES, J.F.L., VOLKOFF, B. C.C.C. Soil properties under Amazon forest and change due to pasture installation in Rondonia, Brazil. **Geoderma**, v.70, p. 63–81, 1996.
- MÓRAN, E. F. et al. Restoration of vegetation cover in the eastern Amazon. **Ecological Economics**, v.18, 41-54 p, 1996.
- MOREIRA, A.; COSTA, D. G. Dinâmica da matéria orgânica na recuperação de clareiras da floresta amazônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.39 n. 10, p. 1013-1019, 2004.
- MOREIRA, A., MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.39. n.11. Brasília Nov. 2004.
- MULLER, M. W. et al. Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. **Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais**, 292 p., 2004.
- MUÑOZ, A.; LÓPEZ, P. A.; RAMÍREZ, M. Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain. **Soil & Tillage Research**, 2007.
- NEPSTAD, D.C.; MOREIRA, A.G.; ALENCAR, A. **A floresta em chamas: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Brasília, 1999, 172 p.
- NEPSTAD, D. C. et al. **Avança Brasil: os custos ambientais para a Amazônia**. Belém: IPAM, 2000. v. 1. 23 p.
- NIMER, E. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: Região Centro-Oeste**. Rio de Janeiro. 1989. v. 1. p. 23-34.
- NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, Viçosa. 2007. p.1017.
- NUNEZ, J. B. H. **Fitomassa e estoque de bioelementos das diversas fases da vegetação secundária proveniente de diferentes sistemas de uso da terra no nordeste paraense**.1995.183 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). UFPA. 1995.
- OLIVEIRA, F.C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. Piracicaba. 2000. 247f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2000.
- PALM, C.A.; SWIFT, M.J.; WOOMER, P.L. Soil biological dynamics in slash-and-burn agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 58, p. 61-74, 1996.
- PEDROSO, M. T. **Agroecologia**. 2003. Disponível em: [www.assessoriaopt.org/agroecologia.doc](http://www.assessoriaopt.org/agroecologia.doc). Acesso em: 08 de Março de 2007.
- PEREIRA, W.L.M. **Dinâmica da matéria orgânica e fertilidade de solos sob pastagens plantadas**, 1998, 109 p, Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição Mineral de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1998.

- PEREIRA, W.L.M.; VELOSO, C.A.C.; GAMA, J.R.N.R. Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Scentia Agrícola**, v.57, n.3, p. 531-537, 2000.
- PEREIRA, C.A.; VIEIRA, I.C.G. A importância das florestas secundárias e os impactos de sua substituição por plantios mecanizados de grãos na Amazônia. **Interciencia**, v.26, n. 008, p. 337-341, 2001.
- PIRES, J.M.; PRANCE, G.T. The Amazon forest: a natural heritage to be preserved. 1977. In: PRANCE, G.T., EVAL, T.S. (Ed.) **Extinction is forever**. New York: Botanical Garden. p. 158-94, 1985.
- PRASAD, R.; POWER, J.F. **Soil fertility management for sustainable agriculture**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1997. 356 p. cap. 9: Phosphorus. p. 171-209.
- PRIMAVESI, A. **O Manejo Ecológico do Solo: Agricultura em Regiões Tropicais**, 3. Ed. Nobel, São Paulo. 1981. 541 p.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico dos solos. **A agricultura em regiões tropicais** (7. ed.) São Paulo: Nobel, 1984, 549p.
- PRIMAVESI, A.M. **Manejo ecológico de pastagens: em regiões tropicais e subtropicais**. São Paulo: Nobel. 1986. 184p.
- RAIJ, B. V. **A capacidade de troca de cátions das frações orgânicas e minerais de solos**. *Bragantia*, v. 25, n.30 , 1969.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres-Potafos, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. V. Propriedades Eletroquímicas de solos. In: Simpósio Avançado de Química e Fertilidade do solo. v.1. 1986. Piracicaba. **Anais...**Campinas: Fundação Cargill, 1986.
- REIS, R. B. dos. **A influência das plantas invasoras, densidade de plantio, valor cultural da semente de *Brachiaria brizantha* na formação de pastagens no Sudeste do Pará**. 2006. 80 f. Dissertação, Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Pará, Marabá - Pará, 2006.
- RICCI, M.S.F. **A importância da matéria orgânica para o cafeeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa. *Agrobiologia*. p.13-16. 2006.
- PERIN E., CERETTA, C. A., KLAMT, E. **Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do planalto médio do rio grande do sul**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 2003, v. 27, p.665-674.
- ROBERTSON, F.; MYERS, R.J.K.; SAFFIGNA, P.G. Carbon and nitrogen mineralization in cultivated and grassland soils in subtropical Queensland, Australia. **Journal of Soil Research**, v.31, p.611-619, 1993.
- RODELA, A.A.; FISCHER, K.R.; ALCARDE, J.C. Cation exchange capacity of an acid soil as influenced by different sources of organic matter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. v.26, p.17-18, 1995.
- RODRIGUES, R.C. **Biomassa microbiana e acúmulo de liteira em sistemas agroflorestais composto por *meliaceas* utilizadas como indicadores biológicos de qualidade do solo**. 2006.

105 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

SALDARRIAGA, J.G. et al. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. **Journal of Ecology**, v. 76, p.938-958, 1988.

SALIMON, C. I. et al. CO<sub>2</sub> flux from soil in pastures and forests in southwestern Amazonia. **Global Change Biology**, v.10, p.833-843, 2004.

SAMPAIO, G.V. **Efeito de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo**. 1987. 121 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1987.

SANTOS, F. A. L. et al. Atributos químicos de um latossolo amarelo em função do tempo de uso com pastagem após o desmatamento. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 27. 2006. Bonito/MS. **Anais...** da 5. edição da FERTIBIO, 2006.

SELLE, G.L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal.**, v. 23, p.29-39, 2007.

SCHAEFER, C. E. R. et al. Uso dos Solos e Alterações da Paisagem na Amazônia: cenários e reflexões. In: **Série Ciências da Terra**, 2000, v.12.

SCHUBART, H.O.R.; LUIZÃO, F. J. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje**, v. 2, n.10, p. 26-32, 1984.

SEPOF - PA/ SECRETARIA DE ESTADO DE PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E FINANÇAS. Portal Amazônia. 2007. Disponível em:< [www.sepof.pa.gov.br](http://www.sepof.pa.gov.br)> Acesso em: 08 mai de 2008.

SERRÃO, E.A.S. Pasturas mejoradas em áreas de bosque en el tropico humedo brasileno. In: ENCUESTRO NACIONAL DE ZOOTECNIA E CONFERENCIA NACIONAL DE PRODUCCION Y UTILIZACION DE PASTOS Y FORRAJES. **Conocimientos actuales**, 1988, p.43-85.

SERRÃO, E.A.S.; UHL, C. NEPSTAD, D.C. Deforestation for pasture in the humid tropics: is it economically and environmentally sound in the long term? In: **Proceedings of the XVII. International Grassland Congress**. 1993. p. 2215-2221.

SILVA, C.A.; SILVA JÚNIOR, A.; VALE, F.R. Carbono, nitrogênio e enxofre em frações granulométricas de dois Latossolos submetidos à calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 23, p. 593-602, 1999.

SILVA, L. M.V.da; PASQUAL, A. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. **Energia na agricultura**, v. 14, p.13-24, 2003.

SILVA, G.R.; SILVA JÚNIOR.; M.L.; MELO, V.S. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um Latossolo Amarelo do Estado do Pará. **Acta Amazonica**, v.36, p.151-158, 2006.

SILVA JUNIOR, M. L. da. **Dinâmica do carbono e do fósforo em um Latossolo Amarelo, textura argilosa, apos conversão da floresta em capoeira e pastagens, na Amazônia Oriental.** 2007. 214 f.Tese (Doutorado em Ciências Agrárias)-Universidade Federal Rural da Amazônia,Belém,2007.

SIMÕES, L.H.R. **Influência da cobertura pedológica na utilização do solo na localidade de Benfica, município de Itupiranga – PA.** Belém: UFRA. 2004. 72p.

SIOLI, H. **Amazônia. Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais.** 3 ed. Petrópolis: Vozes. 1991, 72 p.

SIQUEIRA, J.O.; SAGUIN J.O. Importance of mycorrhizae in low-fertility soils. In: DEUTSCH, J. A. CIMMYT. **Stress Physiology.** 1993.

SIQUEIRA, J.O. et al. **Microrganismos e processos biológicos do solo:** perspectiva ambiental. EMBRAPA-SPI, Brasília DF, 1994. 142 p.

SMITH, T.J.; BASTOS, J.B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p.127-132, 1984.

SOUZA, Z. M. de; ALVES, M. C. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica em um Latossolo Vermelho de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 27-34, 2003.

SOUZA, Z. M. de; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, n. 1, p. 133-139, 2003.

SOUZA, I. S. de. **Avaliação de plantios de espécies florestais proveniente da reposição florestal no município de Manicoré/Amazonas.** 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2006.

SPAGNOLLO, E. **Dinâmica da matéria orgânica em agroecossistemas submetidos a queima e manejos dos resíduos culturais.** 2004. 210 p. Dissertação (Doutorado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

STEININGER, M.K. Secondary forest structure and biomass following short and extended land-use in central and southern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v.16, p. 689-708, 2000.

SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L. et al. Methods of soil analysis: Part 3. Chemical methods. Madison: **Soil Science Society of America**, p.1011-1069, 1996.

SZOTT, L.T.; PALM, C.A.; BURESH, R.J. Ecosystem fertility and fallow function in the humid and subhumid tropics. **Agroforestry Systems**, v. 47, p. 163-196, 1999.

TAVARES, F.B. **Os saberes dos agricultores e sua relação com a gestão das pastagens:** estudo de caso em um projeto de assentamento no município de Itupiranga-PA, 2003, 152 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Pará, Marabá, 2003.

TEIXEIRA, L. B.; SERRÃO, E.A.S.; TEIXEIRA NETO, J.F. Pastagens cultivadas na Amazônia: sustentabilidade e sua relação com a fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE



FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Anais...** Manaus: UA, 1996. 259 p.

TOLEDO, J.M.; SERRÃO, E.A.S. Pasture animal production in Amazonian. In: HECHT, S. B. ed. **Amazon agriculture and land use research**. Cali, CIAT, 1982, p. 281-309.

UHL, C; BUSCHBACHER, R. SERRÃO, E.A.S. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I patterns of plant succession. **Journal of ecology**, v.76, 663-681, 1988.

VEZZANI, F.M. **Qualidade do sistema solo na produção agrícola**. 2001, 184 p. Dissertação (Doutorado em Agronomia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

VIEIRA, ICG. **Florest succession after shifring cultivation in eastern Amazonia**. Ph.D. Thesis. University of Stirling, Scotland. 215 p, 1996.

VIEIRA, I. C. G.; et al. **A importância de áreas degradadas no contexto agrícola e ecológico da Amazônia**. Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Manaus. 1993. p.43-53.

VIVIAN, J.L. I. **Diagnóstico & Desenho participativo de sistemas agroflorestais: manual de campo para extensionistas**. Emater-RS.WWF. Caxias do Sul. 2000.43 p.

ZARIN, D.J. et al. Potential biomass accumulation in Amazonian regrowth forests. **Ecosystems**, v.4, p.658-668, 2001.

---

## **APÊNDICE**

---

Tabela 1 A – Valores de teste F e níveis de significância das variáveis C, N e C/N de um Latossolo Amarelo, em função de diferentes sistemas de uso e épocas de amostragem do solo.

Fonte Variação	GL	C	N	C/N	C	N	C/N
		0-2 cm			2-5 cm		
Época amostragem (E)	5	1.12 <sup>ns</sup>	0.44 <sup>*</sup>	15.31 <sup>ns</sup>	0.68 <sup>*</sup>	0.50 <sup>*</sup>	11.81 <sup>ns</sup>
Sistema de uso (S)	2	3.55 <sup>ns</sup>	1.63 <sup>ns</sup>	8.81 <sup>ns</sup>	1.93 <sup>ns</sup>	1.84 <sup>ns</sup>	2.34 <sup>ns</sup>
E x S	10	0.36 <sup>*</sup>	0.21 <sup>*</sup>	1.92 <sup>ns</sup>	0.42 <sup>*</sup>	0.28 <sup>*</sup>	1.04 <sup>ns</sup>
Resíduo	36						
Total	53						
Média		24.355	1.9815	12.261	17.198	1.5146	11.316
CV		18.443	16.435	4.9887	19.643	16.321	5.1936

\* = significativo a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Tabela 2 A - Valores do teste F e nível de significância para CTC com e sem matéria orgânica, de um Latossolo Amarelo, em função de diferentes sistemas de uso e profundidades.

Fonte Variação	GL	CTC com carbono total	CTC sem carbono total
		0-2 cm	
Tratamento	4	0.27 <sup>ns</sup>	0.30 <sup>ns</sup>
Resíduo	10		
CV		20.585	29.292
		2-5 cm	
Tratamento	4	0.25 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>
Resíduo	10		
CV		17.858	26.812

\* = significativo a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Tabela 3 A - Valores do teste F e nível de significância para bases trocáveis e soma de bases (SB) nas duas profundidades estudadas de um Latossolo Amarelo, em função de diferentes sistemas de uso da terra.

Fonte Variação	GL	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	SB
		0-2 cm				
Tratamento	4	4.575 <sup>*</sup>	4.993 <sup>*</sup>	2.885 <sup>ns</sup>	1.980 <sup>ns</sup>	6.011 <sup>*</sup>
Resíduo	10					
CV		52.186	33.947	69.500	39.365	40.876
		2-5 cm				
Tratamento	4	1.936 <sup>ns</sup>	1.593 <sup>ns</sup>	3.994 <sup>ns</sup>	3.855 <sup>ns</sup>	2.424 <sup>ns</sup>
Resíduo	10					
CV		51.868	41.251	47.733	37.268	42.529

\* = significativo a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Tabela 4 A - Valores do teste F e nível de significância para bases totais nas duas profundidades estudadas, em função de diferentes sistemas de uso da terra, em um Latossolo Amarelo.

Fonte Variação	GL	Ca	Mg	K	Na
0-2 cm					
Tratamento	4	4.105 *	4.032 *	2.762 <sup>ns</sup>	1.264 <sup>ns</sup>
Resíduo	10				
CV		55.197	32.388	27.762	37.140
2-5 cm					
Tratamento	4	1.707 <sup>ns</sup>	1.268 <sup>ns</sup>	1.135 <sup>ns</sup>	1.468 <sup>ns</sup>
Resíduo	10				
CV		47.336	61.825	38.375	36.172

\* = significativo a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

Tabela 5 A – Resumo do percentual (%) dos cátions trocáveis e não trocáveis de um Latossolo Amarelo, em diferentes sistemas de uso da terra.

	% Trocável	% Não Trocável	% Trocável	% Não Trocável	% Trocável	% Não Trocável	% Trocável	% Não Trocável
0-2cm								
	<b>Ca</b>		<b>Mg</b>		<b>K</b>		<b>Na</b>	
Floresta	67,13	32,87	38,61	61,39	11,60	88,40	3,34	96,66
Capoiera	71,71	28,29	43,29	56,71	14,81	85,19	3,86	96,14
Pasto jovem	74,17	25,83	48,79	51,21	41,44	58,56	2,16	97,84
Pasto médio	72,98	27,02	53,77	46,23	23,24	76,76	2,6	97,40
Pasto velho	77,97	22,03	44,87	55,13	29,84	70,16	3,85	96,15
2-5 cm								
	% Trocável	% Não Trocável	% Trocável	% Não Trocável	% Trocável	% Não Trocável	% Trocável	% Não Trocável
	<b>Ca</b>		<b>Mg</b>		<b>K</b>		<b>Na</b>	
Floresta	50,33	49,67	27,07	72,93	9,16	90,84	2,6	97,40
Capoiera	66,41	33,59	33,59	66,41	10,98	89,02	4,82	95,18
Pasto jovem	81,11	18,89	43,13	56,87	25,97	74,03	2,67	97,33
Pasto médio	86,4	13,60	47,36	52,64	15,82	84,18	2,14	97,86
Pasto velho	72,47	27,53	38,27	61,73	17,16	82,84	2,73	97,27

Tabela 6 A - Valores do teste F e nível de significância para o carbono total nas duas profundidades estudadas, em função de diferentes sistemas de uso da terra.

Fonte Variação	GL	0-2 cm	2-5 cm
Tratamento	4	1.650 <sup>ns</sup>	1.576 <sup>ns</sup>
Resíduo	10		
CV		18.065	19.992

\* = significativo a 5% de probabilidade de erro; ns = não significativo.

# Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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