

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

**BIOMASSA MICROBIANA E ACÚMULO DE LITEIRA EM  
SISTEMAS AGROFLORESTAIS COMPOSTO POR MELIACEAS  
UTILIZADAS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE  
QUALIDADE DO SOLO**

**ROSANA CARDOSO RODRIGUES**

BELEM

2006



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

**BIOMASSA MICROBIANA E ACÚMULO DE LITEIRA EM SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS COMPOSTO POR MELIACEAS UTILIZADAS  
COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO**

**ROSANA CARDOSO RODRIGUES**  
Engenheira Agrônoma

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da  
Amazônia, como parte das exigências do Curso de  
Doutorado em Ciências Agrárias, área de concentração em  
Sistemas Agroflorestais, para obtenção do título de Doutor.

**Orientadora:**  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Marly de L. Silva Santos

**Co-Orientador**  
Prof.<sup>o</sup> Dr. Orlando Shiguelo Ohashi

BELÉM  
2006

NS: 19789

1479/tese

---

Rodrigues, Rosana Cardoso.

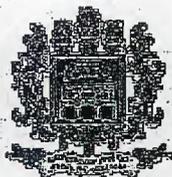
**Biomassa microbiana e acúmulo de liteira em sistemas agroflorestais composto por meliáceas, utilizadas como indicadores biológicos de qualidade do solo/Rosana Cardoso Rodrigues. - Belém, 2006. 105p. il.**  
109f. : il.

Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2006.

1. Sistemas Agroflorestais. 2. Biomassa microbiana. 3. Liteira. I Título

CDD 634.99

---



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

**BIOMASSA MICROBIANA E ACÚMULO DE LITEIRA EM SISTEMAS  
AGROFLORESTAIS COMPOSTO POR MELIACEAS UTILIZADAS  
COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE QUALIDADE DO SOLO**

**ROSANA CARDOSO RODRIGUES**  
Engenheira Agrônoma

Tese apresentada à Universidade Federal Rural da  
Amazônia, como parte das exigências do Curso de  
Doutorado em Ciências Agrárias, área de concentração em  
Sistemas Agroflorestais, para obtenção do título de Doutor.

Aprovada em 23 de junho de 2006.

BANCA EXAMINADORA:

*Maria Marly S Santos*  
Engenheira Agrônoma Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Marly de Lourdes Silva Santos  
Orientadora

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

*Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo*  
Geóloga Pesq. Dr.<sup>a</sup> Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo  
Museo Paraense Emílio Goeldi - MPEG

*Maria de Fátima de Silva Pinheiro*  
Farmacêutica Bioquímica Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria de Fátima Silva Pinheiro  
Universidade Federal do Pará - UFPA

*George Rodrigues da Silva*  
Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. George Rodrigues da Silva  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

*Waldenei Travassos de Queiroz*  
Engenheiro Florestal Prof. Dr. Waldenei Travassos de Queiroz  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

## DEDICATÓRIA

O Deus sobre todas as coisas, fonte de minha existência.  
A minha família, especialmente ao meu pai Carlos Rodrigues (in memória); minha mãe Domingas Rodrigues, e aos meus irmãos Rosangela, Antônio Carlos, Ciany e meu querido sobrinho Alessandro, pelo grande incentivo, apoio e paciência ao longo desta jornada.

## AGRADECIMENTOS

Estes trabalho, contou com a colaboração de diversas pessoas e instituições, sem deméritos a ninguém, e aqueles que porventura deixaram de ser mencionados, desde já meus sinceros agradecimentos:

À Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), pela oportunidade dispensada na realização do curso;

A Agencia de Desenvolvimento da Amazônia (ADA), pelo financiamento desta pesquisa;

À Professora Maria Marly de Lourdes Silva Santos, pela orientação e pelo apoio na execução das coletas de campo;

À Tramontina pela concessão das áreas utilizadas na pesquisa e pela colaboração de todos os funcionários, especialmente ao técnico agrícola Guilherme Neves, que não mediram esforços na execução das coletas de campo;

Ao Prof<sup>o</sup> Orlando Shigueo Ohashi, que incentivou e disponibilizou seu projeto de pesquisa, financiado pelo Banco da Amazônia, para coleta das amostras de campo;

Aos colegas Professor Mário Lopes da Silva Junior e a Pesquisadora Vânia Melo, pela valiosa orientação, incentivo e apoio, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho;

À Natasha Soares, Rosivaldo, Samuel, Max, Amauri e aos demais professores, estagiários, bolsistas e funcionários do antigo Departamento de Solos da UFRA, pela inestimável ajuda na execução das análises;

À amiga Telma Batista e seu esposo Luiz Vieira, pela amizade, ajuda e incentivo na realização do curso.

Aos colegas, Margarida Sabino, Welliton Sena, Paulo César Vasconcelos, pela amizade, incentivo e apoio durante a realização do curso de doutorado;

A todos os colegas e ex-colegas do Banco da Amazônia, meus sinceros agradecimentos, principalmente pela força e a ajuda nas execuções das tarefas, muitas vezes dificultadas pelas atividades inerentes ao curso.

## LISTA DE TABELAS

	p.
Tabela 1 Análise química e física do solo, antes da implantação do experimento com sistemas agroflorestais, no município de Aurora do Pará-PA, agosto de 2002 .....	40
Tabela 2 Médias das concentrações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), valores de acidez potencial (H+Al) e pH, em função do efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, de um Latossolo Amarelo, textura média, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	49
Tabela 3 Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem do solo no carbono orgânico do solo (C), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	57
Tabela 4 Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, no carbono orgânico (C), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	58
Tabela 5 Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem do solo no carbono microbiano do solo (CBM), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	61
Tabela 6 Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, no carbono da biomassa microbiana, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	62
Tabela 7 Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem do solo na relação CBM:C <sub>orgânico</sub> , de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	65
Tabela 8 Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, na relação CBM:C <sub>orgânico</sub> , de um Latossolo Amarelo, Município de Aurora do Pará-Pa .....	66
Tabela 9 Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem do solo na respiração basal (CO <sub>2</sub> ), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	69
Tabela 10 Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na respiração basal (CO <sub>2</sub> ), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	70
Tabela 11 Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, no quociente metabólico (qCO <sub>2</sub> ), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	73
Tabela 12 Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem no quociente metabólico (qCO <sub>2</sub> ), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	74
Tabela 13 Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem no nitrogênio total do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	76
Tabela 14 Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, no nitrogênio total do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	77
Tabela 15 Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, no nitrogênio da biomassa microbiana do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa .....	80

Tabela 16	Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, no nitrogênio da biomassa microbiana do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.....	81
Tabela 17	Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na relação NBM/N, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.....	83
Tabela 18	Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na relação NBM/N, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.....	84
Tabela 19	Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na relação C/N, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.....	86
Tabela 20	Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na relação C/N, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.....	87
Tabela 21	Coefficientes e a correlações canônicas dos pares canônicos entre as propriedades biológicas e químicas do solo.....	89

## LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 Imagem de satélite do município de Aurora do Pará e a área da Empresa Tramontina. Fonte: INPE. Maio/2006.....	38
Figura 2 Fotos das áreas experimentais com capoeira, sistemas agroflorestais e pastagem.....	42
Figura 3 Efeito da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na capacidade de troca de cátions (CTC), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA .....	53
Figura 4 Valores médios de saturação de base dentro das coberturas vegetais, profundidades de amostragem e época de coleta, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.....	54
Figura 5 Valores médios de matéria orgânica dentro das coberturas vegetais, profundidades de amostragem e época de coleta, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.....	56
Figura 6 Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem no carbono orgânico do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará, Estado do Pará.....	60
Figura 7 Efeito da interação entre época de coleta com a profundidade de amostragem na relação carbono da biomassa microbiana do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.....	64
Figura 8 Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem na relação CBM/C do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.....	67
Figura 9 Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem na respiração do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.....	71
Figura 10 Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem no quociente metabólico, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.....	75
Figura 11 Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem, no nitrogênio total do solo, de um Latossolo Amarelo, Município de Aurora do Pará-PA.....	78
Figura 12 Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem, no nitrogênio da biomassa microbiana, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.....	82
Figura 13 Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem, na relação NBM/N, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.....	85
Figura 14 Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem na relação C/N, de um Latossolo Amarelo, Município de Aurora do Pará-PA.....	88
Figura 15 Efeito isolado da cobertura vegetal no nitrogênio extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-PA.....	91
Figura 16 Efeito isolado da cobertura vegetal no fósforo extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-PA.....	92
Figura 17 Efeito isolado da cobertura vegetal no potássio extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-PA.....	93
Figura 18 Efeito isolado da cobertura vegetal no cálcio extraído da liteira, no	

	Município de Aurora do Pará-Pa .....	93
Figura 19	Efeito isolado da cobertura vegetal no magnésio extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-Pa.....	94
Figura 20	Efeito da época de coleta nos nutrientes da liteira de SAF's, capoeira e pastagem, no Município de Aurora do Pará-Pa.....	95

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi de avaliar diferentes arranjos agroflorestais, compostos por espécies da família Meliácea, e sua utilização como indicadores biológicos de qualidade do solo, através da dinâmica do carbono, nitrogênio e a atividade da biomassa microbiana, e suas interdependências com a propriedade química do solo, além da influência exercida pelo acúmulo de liteira na dinâmica de nutrientes do solo. Para determinação das propriedades biológicas e químicas do solo, coletou-se amostras de solo nas coberturas vegetais (capoeira, SAF1 {mogno}, SAF2 {nim}, SAF3 {cedro-australiano}, SAF4 {mogno x nim}, SAF5 {mogno x cedro-australiano} e pastagem), e duas profundidades de amostragem (0-5 e 5-20cm), e nas estações de seca (outubro/2004) e chuvosa (maio/2005), com três repetições. Para a coleta da liteira observaram-se as mesmas variáveis, cobertura vegetal e estação de coleta, utilizadas na coleta das amostras de solo. Nas análises das propriedades biológicas foram determinadas os teores de  $C_{orgânico}$  (Método de Walkley-Black),  $N_{total}$  (Método de Kjeldahl), CBM e NBM (Método de fumigação-extração), relações CBM/C, NBM/N, relação C/N, respiração basal (Método da evolução do  $CO_2$ ) e quociente metabólicos ( $qCO_2$ ). Para a análise das propriedades químicas foram obtidos os teores de matéria orgânica, N, P, K, Ca, Mg, Al, pH. A liteira foi pesada, secada, triturada em seguida extraído os nutrientes N, P, K, Ca, e Mg, através da metodologia proposta pela EMBRAPA (1997). Os resultados obtidos, para as propriedades biológicas, químicas e dos nutrientes da liteira, foram submetidos à análise de variância e comparação de média pelo teste de Duncan com 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAEG 8.1. Também procedeu-se a análise de correlação canônica entre os atributos químicos e biológicos do solo, para verificar a significância da correlação canônica nos pares canônicos, foi utilizado o teste da razão da máxima verossimilhança, cuja estatística é a Lambda ( $\lambda$ ) de Wilks, analisado através do programa estatístico SAS, versão 9.0. As propriedades químicas do solo foram influenciadas pelas coberturas vegetais, com os maiores teores de P, Ca, Mg, matéria orgânica e pH foram encontrados nos sistemas agroflorestais. As características químicas do solo foram influenciadas pela época de coleta e profundidade de amostragem, com maior acúmulo na estação seca de Ca, Mg, Al e H+Al, e de P, K e pH na estação chuvosa. Em geral os nutrientes foram encontrados em maiores quantidades na camada de 0-5cm, com elevação do pH acompanhando o aumento da profundidade do solo. Os teores de carbono da biomassa microbiana e nitrogênio da biomassa microbiana não foram eficientes em demonstrar as alterações ocorridas nos solos nos diferentes sistemas de uso, nas duas épocas de coleta e nas profundidades de amostragem do solo. Atividade microbiana, através da respiração basal e do quociente metabólico, quando associados ao carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, são considerados como bons indicadores do potencial de funcionalidade dos diferentes arranjos e dos diferentes sistemas de uso, nas duas épocas de coleta e nas profundidades de amostragem do solo. As propriedades biológicas e químicas do solo não são consideradas independentes. As associações entre estes grupos foram estabelecidas, com maior importância relativa, pela influência da respiração basal e nitrogênio da biomassa microbiana com o carbono e nitrogênio do solo. O nitrogênio foi o nutriente com maior participação na liteira das coberturas vegetais analisadas. Na capoeira a maior participação foi do K com 40%. Houve efeito da interação época de coleta nos nutrientes da liteira, maiores estoques na estação chuvosa.

Palavras chaves: sistemas agroflorestais, mogno, nim, toona, biomassa microbiana, liteira.

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate different agroforestry arrangements, composites for species of the Meliaceae family, and its use as biological indicator of soil quality, through the dynamics of carbon, nitrogen and the activity of the microbial biomass, and its interdependence on chemical soil property, beyond the influence exerted for the accumulation of litter in the dynamics of soil nutrients. To determinate the biological and chemical soil properties were collected some samples in areas with plant cover cultivation shifting, SAF1 (mahogany), SAF2 {neem}, SAF3 {cedar}, SAF4 {mahogany x neem}, SAF5 {mahogany x cedar} and pasture], by the collection of samples in two layers of the ground (0-5 and 5-20cm), and during drought season (october/2004) and rainy season (may/2005), repeating the process three times. To the collect of litter, the same parameters had been observed, which are, the plant cover and the collection season, used in the collection of the samples of soil. In analysis of soil biological properties, organic carbon contents had been determined (Walkley-Black Method), total N (Kjeldahl Method), CBM and NBM (fumigation-extraction method), the relation between organic carbon and microbial carbon, microbial N / total N, relation C/N, basal breath (Co2 Evolution Method) and metabolics quotient (qCO2). To the chemical properties analysis was obtained organic substance contents, N, P, K, Ca, Mg, Al, pH. The litter was weighed, dried, triturated and afterwards extracted nutrients N, P, K, Ca, and Mg, through the methodology proposal for the EMBRAPA (1997). The gotten results to the biological and chemical soil properties, had been submitted to analysis of variance and comparison of average for the Duncan Test with 5% of probability, using statistical program SAEG 8.1. Also it was proceeded a correlation canonic analysis between the chemical and biological soil attributes, to verify the significance of canonic correlation in canonic pairs, the reason test of maximum probability was used, which statistics symbol is Lambda (l) of Wilks, that is analyzed through the statistical program SAS, version 9.0. The chemical properties of the ground had been influenced by the vegetal coverings, with biggest texts of P, Here, Mg, organic substance and pH had been found in the agroforestais systems . The chemical characteristics of the ground had been influenced by the time of collection and depth of sampling, with bigger accumulation in the dry station of here, Mg, Al and H+Al, and of P, K and pH in the rainy station. In general the nutrients had been found in bigger amounts in the layer of 0-5cm, with rise of pH following the increase of the depth of the ground. The texts of carbon of the microbial biomass and nitrogen of the microbial biomass had not been efficient in demonstrating to the ocured alterations in ground in the different systems of use, the two times of collection and the depths of sampling of the ground. Microbian activity, through the basal breath and of the metabolic quotient, when associates to carbon and nitrogen of the microbial biomass, are considered as good pointers of the potential of functionality of the different arrangements and the different systems of use, at the two times of collection and the depths of sampling of the ground. The biological and chemical properties of the ground are not considered independent. The associations between these groups had been established, with bigger relative importance, for the influence of the basal breath and nitrogen of the microbial biomass with carbon and nitrogen of the ground. The nitrogen was the nutrient with bigger participation in the liteira of the analyzed vegetal coverings. In the cover cultivation shifting the biggest participation was of the K with 40%. It had effect of the interaction time of collection in the nutrients of the liteira, greater supplies in the rainy station.

Keywords: agroforestry systems; mahogany, neem, cedar, microbial biomass, litter.

## SUMÁRIO

	p.
LISTA DE TABELAS .....	05
LISTA DE FIGURAS .....	07
RESUMO .....	09
ABSTRACT .....	10
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>17</b>
2.1 SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAFs) .....	17
2.1.1 Modelos de Sistemas Agrofloretais .....	19
2.1.2 Família Meliácea .....	21
2.1.2.1 Mogno ( <i>Swietenia macrophylla</i> King) .....	21
2.1.2.2 Nim ( <i>Azadirachta indica</i> A. de Jussieu) .....	23
2.1.2.3 Cedro-Australiano ( <i>Toona ciliata</i> M. Roem.) .....	25
2.2 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS) .....	26
2.2.1 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) x Carbono Orgânico (C <sub>orgânico</sub> ) .....	28
2.2.2 Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM) x Nitrogênio total .....	30
2.3 ATIVIDADE MICROBIANA .....	31
2.4 FATORES QUE AFETAM A BMS .....	33
2.5 ACÚMULO DE LITEIRA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS .....	34
2.6 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO DE SAFs .....	36
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>38</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL .....	38
3.1.1 Localização .....	38
3.1.2 Condições climáticas .....	39
3.1.3 Histórico da área .....	39
3.1.4 Cobertura Vegetal e Solo .....	39
3.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO .....	40
3.2.1 Áreas de estudo .....	40
3.2.2 Tratamento e Delineamento experimental .....	41
3.2.3 – Variáveis analisadas .....	41
3.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS .....	43
3.3.1 Coleta das amostras de solo .....	43

<b>3.3.2 Análises das propriedades químicas do solo</b> .....	43
<b>3.3.3 Análises das propriedades biológicas</b> .....	43
3.3.3.1 Determinação do Carbono e Nitrogênio Microbiano .....	44
3.3.3.2 Determinação da Atividade Microbiana do solo .....	44
<b>3.4 RELAÇÕES DETERMINADAS</b> .....	45
<b>3.5 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DE NUTRIENTES DA LITEIRA</b> .....	45
<b>3.5.1 Análise de nutrientes da liteira</b> .....	45
<b>3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	48
<b>4.1 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLO DE SAF, CAPOEIRA E PASTAGEM</b> .....	48
<b>4.2 AVALIAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO ORGÂNICO, CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS, CAPOEIRA E PASTAGEM</b> .....	56
<b>4.2.1 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem nos teores de carbono orgânico do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem</b> .....	57
<b>4.2.2 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem nos teores de carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem</b> .....	61
<b>4.2.3 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na relação <math>CBM:C_{orgânico}</math> do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem</b> .....	64
<b>4.2.4 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na atividade microbiana do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem</b> .....	68
4.2.4.1 Respiração Basal ( $CO_2$ ) .....	68
4.2.4.2 Quociente Metabólico ( $qCO_2$ ) .....	72
<b>4.3 AVALIAÇÃO DOS TEORES DE NITROGÊNIO TOTAL, NITROGÊNIO MICROBIANO E RELAÇÃO C/N DO SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS, CAPOEIRA E PASTAGEM</b> .....	75
<b>4.3.1 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade</b>	

de amostragem nos teores de nitrogênio total do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem .....	75
4.3.2 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem nos teores de nitrogênio da biomassa microbiana do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem .....	79
4.3.3 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na relação $N_{\text{microbiano}}:N_{\text{total}}$ do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem .....	82
4.3.4 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na relação C/N do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem .....	85
4.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA ENTRE AS PROPRIEDADES BIOLÓGICAS E QUÍMICAS DO SOLO .....	88
4.5 ACÚMULO DE NUTRIENTE EM LITEIRA NOS SAFs, CAPOEIRA E PASTAGEM .....	90
5 – CONCLUSÕES .....	96
6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97
APÊNDICES .....	107

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que o modelo de agricultura intensiva, baseado principalmente na exploração de monoculturas, não tem proporcionado o equilíbrio econômico necessário ao bem estar das populações rurais e urbanas, e em contraste, tem contribuindo para a degradação do meio ambiente, dando origem a agroecossistemas muito instáveis, por serem manejados de forma inadequada (LEITE; VIRGENS, 2002).

No cenário mundial existem fortes tendências para mudanças significativas na forma do uso da terra, com a utilização de sistemas produtivos sustentáveis que considerem, além da produtividade, os aspectos sócios econômicos e ambientais (RIBASKI et al., 2002). Diante deste fato, e dado o caráter de múltiplo propósito das árvores, os sistemas agroflorestais, que tem como princípio a utilização de árvores e/ou arbustos em associação com cultivos agrícolas e/ou criação de animais, constituem alternativas sustentáveis para aumentar os níveis de produção agrícola animal e florestal.

Já no Brasil, são crescentes os incentivos de políticas públicas que combine ações de comando e controle com as ações de desenvolvimento sustentável, lançando como estratégia de contenção do desmatamento na Região, incentivos para a melhor utilização de áreas já desmatadas em bases sustentáveis, contemplando inovações tecnológicas, como o manejo de pastagens, sistemas agroflorestais, agricultura ecológica e a recuperação de áreas degradadas, como forma de aumentar a produtividade e diminuir as pressões sobre florestas remanescentes.

Dentre os fatores relevantes que devem ser considerados na implantação dos sistemas agroflorestais, está a possibilidade de reverter o processo de degradação ambiental adotando soluções econômicas e práticas agrícolas que permitam aos agricultores melhorarem suas condições de vida, ao mesmo tempo em que preservam e recuperam remanescentes florestais, (RODRIGUES, et al., 2004), pois os SAF's apresentam um enorme potencial como fonte de soluções alternativas para os problemas enfrentados na agricultura convencional permitindo, principalmente aos pequenos produtores, retornos econômicos mais estáveis, investimentos mínimos de capital e mão-de-obra e maior conservação dos recursos naturais.

Portanto, a melhoria do desempenho da agricultura itinerante com sistemas alternativos florestais e agroflorestais é uma demanda de pesquisa identificada para a Amazônia. A exploração do período de pousio com plantações florestais é uma opção que merece ser estudada. Os plantios florestais adequados para as condições ambientais locais

podem trazer uma série de benefícios ao solo e ao meio ambiente, como a proteção contra a erosão e lixiviação, melhoria da reciclagem de nutrientes, absorção de nutrientes em camadas profundas do solo, fixação de nitrogênio (quando leguminosas), aumento do teor de matéria orgânica do solo, pela deposição de folhas e galhos, contribuindo assim para a recuperação da fertilidade dos solos. Estas plantações também podem gerar benefícios socioeconômicos, como: aumento dos rendimentos, pela venda da madeira ou outro produto; manutenção do sistema tradicional de produção de alimentos, quando seu estabelecimento é realizado simultâneo aos cultivos de subsistência; e ocupação da terra, evitando conflitos agrários (EMBRAPA, 2005).

O desafio atual é encontrar novas espécies que possam ser usadas para enriquecimento dos sistemas agroflorestais. Neste sentido, as espécies como o mogno (*Swietenia macrophylla*), nim (*Azadirachta indica*) e o cedro-australiano (*Toona ciliata*), pertencentes à família Meliáceas, têm como principais vantagens, serem ecologicamente melhor adaptadas ao meio biofísico da região, e, além disso, possuem atributos como acúmulo diferenciado de nutrientes, resistência a pragas e doenças e a maior diversidade de produtos para serem utilizados na indústria moveleira e química. Outro fato considerado é que apesar da importância econômica do mogno, ainda faltam informações sobre o manejo de exploração das reservas naturais e comerciais, tanto em plantios solteiros como em SAF'S, que assegure o sucesso de sustentabilidade do mogno na Amazônia (BATISTA, 2005).

Entretanto, sabe-se que na Amazônia os solos são caracterizados pela baixa fertilidade e acidez elevada, limitando o uso de forma sustentável tanto na agricultura como em plantios agroflorestais. A dinâmica de nutriente no sistema solo-plantas envolve os fenômenos relacionados à vida microbiana do solo. A biomassa microbiana e sua atividade podem servir como indicadores de qualidade dos solos, auxiliando na avaliação e no estabelecimento de um novo equilíbrio biodinâmico do solo (FEIGL et al., 1998). Além disso, a produtividade dos ecossistemas naturais da Amazônia depende da ciclagem dos nutrientes minerais contidos na liteira e na matéria orgânica do solo, constituindo um sistema em equilíbrio.

Por isso a avaliação de parâmetros biológicos, químicos de um sistema agroflorestal, com espécies de importância econômica, proporciona a obtenção de um indicador biológico para ser utilizado, fornecendo alternativas para a melhoria do suprimento de nutrientes para as plantas, contribuindo para o desenvolvimento economicamente sustentável destes sistemas, assim como o enriquecimento de áreas submetidas a diferentes ações antrópicas.

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica de carbono, nitrogênio e da atividade da biomassa microbiana e suas interdependências com os atributos do solo, assim como a influência do acúmulo de liteira na dinâmica de nutrientes de um Latossolo Amarelo, utilizado com arranjos agroflorestais compostos por espécies da família Meliácea, área de regeneração natural e pastagem, amostrados nas estações seca e chuvosa em diferentes profundidades do solo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMA AGROFLORESTAL (SAF)

O Conselho Internacional de Pesquisa em Sistemas Agroflorestais – ICRAF (1983) conceitua os sistemas agroflorestais como práticas de uso e manejo dos recursos naturais no quais, espécies lenhosas (árvores, arbustos, palmeira, etc), são utilizadas em associação deliberada com culturas agrícolas e/ou com animais na mesma área, de maneira simultânea ou seqüencial temporal, com interações ecológicas e/ou econômicas significativas entre os componentes.

Os sistemas agroflorestais devem incluir, pelo menos, uma espécie florestal arbórea ou arbustiva. Essa espécie pode ser combinada com uma ou mais espécies agrícolas e/ou animais (DUBOIS et al. 1996). Outros autores concordam com esta prática, citando que os benefícios dos sistemas agroflorestais são evidenciados pela diversidade de formas de uso da terra, onde árvores e arbustos são cultivados de forma interativa com cultivos agrícolas, pastagens e/ou animais, com múltiplas finalidades, constituindo-se numa opção viável de manejo sustentável da terra (RIBASKI et al., 2002).

Segundo Pereira e Fernandes (1998), como forma de amenizar a exploração em áreas de ocorrência natural, plantios comerciais devem ser instalados, porém sempre levando em consideração que o sucesso destes povoamentos depende de pesquisas que busquem novas tecnologias silviculturais e novas áreas de adaptação da espécie.

Leite e Virgens (2002), citam que o desenho de um SAF deve considerar os seguintes critérios: A **produtividade**, pelo fornecimento de bens de consumo como madeira frutos, forragem, etc. ou de proteção e serviços (melhoramento da fertilidade do solo, sombreamento e outro); a **sustentabilidade**, que se refere ao aspecto conservacionista do sistema no desenvolvimento rural. Um bom sistema tem o papel de combinar os benefícios da produção a curto e médio prazo com benefícios conservacionistas em longo prazo, sendo isso possível pelo emprego de espécies arbóreas de uso múltiplo, adequadamente desenhadas; e a **adotabilidade**, que diz respeito à exequibilidade e adoção por parte daqueles para os quais o sistema se destina. Deve combinar com a estrutura social, condições de infra-estrutura, disponibilidade de mercado, adequabilidade dos insumos, bem como, as crenças e os costumes dos interessados.

Nas microrregiões que compõem o nordeste paraense, em grande parte dos 49 municípios, estão sendo implantados sistemas agroflorestais pelos pequenos, médios e grandes produtores (FALESI; GALEÃO, 2002). Nas áreas de pequeno produtor predomina a estrutura de agrosilvicultura, normalmente estabelecidas com cultivos de fruteiras, principalmente laranjais, coqueirais e mamoeiros, prevalecendo dentre as espécies florestais o paricá (*Schizolobium amazonicum*), a teca (*Tectona grandis*) e, mais recentemente, os mognos amazônico e africano.

Em pesquisa para definir componentes e arranjos de espécies em sistema agroflorestal, realizada no município de Tomé-Açu, nordeste paraense, Barros et al. (2002), concluíram que os SAF's estão altamente integrados na cultura dos agricultores, principalmente pelo benefícios sócio-econômicos apresentados ao longo tempo. A adoção dos SAF's ocorreu devido à necessidade de sombreamento nas culturas do cacau e cupuaçu. Foram utilizadas espécies com alto valor econômico como castanha do Pará (*Bertholetia excelsa*), paricá (*Schizolobium amazonicum*), mogno (*Swietenia macrophylla*), andiroba (*Carapa guianensis*), freijó (*Cordia goeldiana*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*).

Batista (2005), avaliando a resistência induzida ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) por meliáceas resistentes ao ataque da broca *Hypsipyla grandella*, em consórcio e em sistemas agroflorestal, no município de Aurora do Pará, concluiu que o enxerto de mogno brasileiro com as meliáceas resistentes *Toona ciliata* (cedro australiano), *Khaya ivorensis* (mogno africano) e *Azadirachta indica* (nim) é incompatível, portanto não recomendável como medida de controle da broca do mogno. Entretanto, o plantio consorciado do mogno brasileiro com as meliáceas resistentes e em sistema agroflorestal com o caupi, foi benéfico em relação ao controle da broca, bem como, melhorou as propriedades físico-químicas do solo e reduziu os custos de implantação do sistema.

Segundo a EMBRAPA (2005), algumas alternativas agroflorestais podem ser consideradas promissoras para a Amazônia, dentre as quais destacam-se: O sistema taungya modificado, que poderia ser utilizado no reflorestamento de áreas de terras firmes degradadas; O pousio melhorado, com adoção de árvores leguminosas fixadoras de nitrogênio ou espécies perenes regionais de valor comercial, que dessem rápido retorno econômico, como as fruteiras; Os cultivos perenes em faixas, que poderiam ser empregados em áreas declivosas, objetivando minimizar a erosão e controlar as invasoras através do fornecimento de "mulch" (cobertura morta); Os sistemas multiestratos, que seriam a associação de fruteiras e espécies florestais, com a introdução de cobertura e, ou componente animal dentro do sistema; Os

sistemas silvipastoris, através do estabelecimento de espécies madeiráveis em pastos, que aumentaria o retorno econômico em médio prazo e justificaria incentivos a curto prazo para o melhoramento de pastagens e; cercas vivas, que poderiam ser utilizadas em substituição às cercas tradicionais, provavelmente, com impacto positivo sobre o desmatamento. Acrescentando que a pesquisa nessa área é fundamental para que se possa acelerar o desenvolvimento e extensão de tecnologias agroflorestais apropriadas.

### 2.1.1 Modelos de Sistemas Agroflorestais

Segundo Leite e Virgens, 2002, os mais importantes modelos de SAF's adotados são:

- Consórcio com Cultivo Perene: é o resultado de arranjo espacial de espécies em caráter permanente, com benefícios mútuos e ainda com melhor proteção dos solos, ciclagem de nutrientes, aumento da receita, melhor aproveitamento da área, de insumos e da mão-de-obra;

- Sistema em Aléia ou Alley Cropping: são caracterizados pelo plantio de espécies alimentares de ciclo curto entre ruas ou fileiras de árvores, arbustos ou palmeiras em caráter permanente;

- Cultivo de Encosta ou Taungya: é corresponde ao cultivo de espécies alimentares e anuais, conjuntamente com espécies florestais ou arbóreas, durante os primeiros anos de estabelecimento destas, visando à recomposição de encostas degradadas ou em vias de degradação;

- Sistema Silvopastoril: consiste no consórcio de espécies lenhosas ou palmáceas com pastagem e animais, com finalidade de produzir sombra, alimento para os animais, banco de proteínas, melhorar a fertilidade do solo e madeira;

- Sistemas Agrossilvipastoris: que além das espécies e finalidades contidas no sistema silvopastoril, emprega arbustos e plantas herbáceas, também, com a finalidade de produção.

De acordo com Melo et al. (2001), o cultivo de espécies associadas ou combinadas em fileiras, faixas, renques ou alamedas alternadas, denominadas de sistema "alley – cropping", é um modelo específico dentro do universo agroflorestal e foi idealizado como alternativa para conter a agricultura itinerante. Porém, muitos fatores podem interferir no desempenho de um "alley – cropping": a escolha das espécies (arbóreas e não arbóreas), a

largura das fileiras ou faixas, a produção de biomassa, o número de ciclos das colheitas, a época e frequência das podas, o preparo do solo, a fertilização e a dinâmica das plantas daninhas no local. Para atender os agricultores esse sistema está condicionado, também, além de sua adequação estrutural e ambiental, ao valor de seus componentes, que devem ser de elevada expressão econômica e a sua capacidade de complementação ecológica. O objetivo maior da agrossilvicultura é maximizar as interações positivas, tanto entre os componentes como em relação ao meio físico.

Em trabalho publicado por Nair (1987 citado por SANTOS, 2004), foi comentado que na Índia por volta de 1806, foi estabelecido um plantio florestal de teca (*Tectona grandis*) juntamente com culturas anuais e foi denominado de método de TAUNGYA (taung = montes ou morro e ya = cultivo). Este método se tornou muito atrativo a partir do programa de reflorestamento com o uso da teca, onde o governo fomentava e permitia que os agricultores plantassem cultivos de subsistência entre as árvores. O sistema funcionava em parceria, no qual, cabia aos agricultores a responsabilidade de manter a limpeza das linhas de plantio. O acordo com o governo garantia aos agricultores um período de 2-3 anos de cultivo agrícola nestas áreas de plantio, a produção era direcionada ao consumo familiar eram comercializadas no mercado local.

Krishnamurthy e Ávila (1999) conceituam o sistema agroflorestal do tipo taungya como uma associação de plantas arbóreas florestais em associação com o cultivo de plantas anuais. Foi inicialmente desenvolvido para aumentar os lucros dos pequenos agricultores ou de poucos recursos, num estabelecimento de plantações florestais. É um sistema praticado amplamente em várias partes dos trópicos. O sistema taungya tem sido aplicado com muito êxito para o estabelecimento de inúmeras plantações florestais, incluindo as seguintes espécies: *Tectona grandis*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Gmelina arborea*, *Shorea robusta*, *Terminalia superba*, *Pinnus* spp e *Cupressus* spp.

De acordo com Dubois et al. (1996), o sistema taungya foi desenvolvido com a finalidade de diminuir o custo do estabelecimento de florestas plantadas destinadas a produzir madeira. A espécie florestal é plantada junto aos cultivos agrícolas de ciclo curto (milho, arroz, feijão e mandioca). Elas se aproveitam das capinas, limpezas, e de uma eventual aplicação de adubos feita em benefício desses cultivos agrícolas e quando concluída a última safra agrícola, a espécie madeireira plantada já alcança uma boa altura. O lucro gerado pela venda dos produtos agrícolas, paga grande parte do custo do plantio das espécies madeireiras.

Analisando a viabilidade inicial de um sistema taungya com *Eucalyptus pellita* Mell. e *Phaseolus vulgaris*, em Paty do Alferes-RJ, Oliveira Neto et al. (2004), obtiveram

como resultado, até a data estudada, que este sistema mostrou-se viável, considerando o crescimento das plantas de eucalipto e os fluxos de caixa, apesar de exigir maior investimento inicial, aos quatro meses após implantado, apresentou retorno econômico capaz de cobrir os custos da implantação.

### 2.1.2 Família Meliácea

A família Meliácea abriga 50 gêneros e 1.400 espécies, algumas conhecidas por fornecer madeira de grande valor comercial. Entre estas se destacam no neo-trópico, espécies dos gêneros, *Cederella*, *Carapa* e *Swietenia*, que apresenta diversas espécies de árvores conhecidas pela madeira de grande utilidade como mogno, o cedro, a santa-barbará, ou cinamomo, o cedrilho, a canjerana, a triquília, etc (MARTINEZ, 2004). Ultimamente tem-se intensificado o plantio destas espécies em monoculturas, porém sem grande sucesso devido aos danos causados pela broca *Hypsipyla grandella*, aos brotos jovens da planta. Nos últimos anos vem crescendo o interesse pelo cedro vermelho australiano, *Toona ciliata*, sendo introduzido e mostrando ausência de ataques da broca *H. grandella*, devido à presença de metabólicos ativos contra esta praga (GAMBOA, 2005).

#### 2.1.2.1 Mogno (*Swietenia macrophylla* King)

O mogno brasileiro é considerado o “ouro verde” da Amazônia, é a madeira de maior valor comercial, o preço do m<sup>3</sup> pode chegar a US\$1.600 no mercador internacional. Durante longos anos sua extração foi predatória em toda a América Tropical, principalmente no Brasil, por força do decreto 4.722/03, visando adequar a extração de mogno às exigências da Convenção sobre Comércio Internacional de Espécies Ameaçadas da ONU (Cites), da qual o Brasil é signatário, seu corte foi proibido por cinco anos em áreas autorizadas para o desmatamento (BRASIL OESTE, 2006).

A Folha de São Paulo, 2003, em seu artigo considerou o mogno (*Swietenia macrophylla*) como a madeira de maior importância da Amazônia, por ser uma espécie ameaçada de extinção devido a forte pressão de exploração sofrida e pelo alto valor econômico de sua madeira, tanto no mercado interno, como no externo. Além da pressão

antrópica sofrida, existem outros fatores bióticos que limitam o plantio de forma racional desta espécie como o ataque da broca-*Hypsipyla grandella*.

O mogno na Amazônia brasileira está distribuído em manchas ao longo dos estados do Acre, sudoeste do Amazonas, Rondônia, Norte do Mato Grosso e sul do Pará (BARROS et al., 1992). Mais recentemente, o seu corte proibido pelo governo federal, através do decreto nº 4.722 de 05/06/2003, por mais de 05 anos em áreas autorizadas para desmatamento (BRASIL, 2003).

Com objetivo de caracterizar algumas experiências consideradas promissoras por diferentes agricultores do município de Tomé-Açu-PA, Barros et al. (2002), relataram que a adoção de sistemas agroflorestais ocorreu devido à necessidade de sombreamento nas culturas de cacau (*Theobroma cacao*) e cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). O sombreamento recomendado à época foi com eritrina (*Erithrina sp*) e palheteira (*Clitoria racemosa*). Entretanto, alguns agricultores não seguiram esta recomendação e substituíram estas espécies por outras de valor econômico, como castanha do Pará (*Bertholetia excelsa*), paricá (*Schizolobium amazonicum*), mogno (*Swietenia macrophylla*), andiroba (*Carapa guianensis*), freijó (*Cordia goeldiana*) e seringueira (*Hevea brasiliensis*). Os sistemas iniciais estão com idade variando entre 12 a 22 anos, e pelo êxito apresentado, novos sistemas continuam sendo implantados.

Ohashi et al.(2002), avaliando o desenvolvimento inicial e estágio fitossanitário do plantio de teca e mogno, na presença e ausência de caupi, localizados no município de Aurora-do-Pará, concluíram que estas espécies florestais, com cinco meses de idade, apresentaram comportamento diferenciais quando na presença ou ausência de caupi nas entrelinhas, podendo este fato dificultar a adoção do sistema taungya, quando for associada as duas espécies.

Em avaliação de um sistema agroflorestal com cacauzeiro e mogno, implantado no município de Medicilândia, Estado do Pará, Silva Neto et al. (2002), verificaram que no mogno aos 25 anos de idade, em terra roxa estruturada eutrófica, apresentou uma produção média de 1,77 m<sup>3</sup>/árvore, e aos 20 anos de idade em podzólico vermelho amarelo, uma produção de 0,64m<sup>3</sup>. Neste sistema agroflorestal, o cacauzeiro tem apresentado crescimento e desenvolvimento vegetativo considerados "bons", sendo a produtividade média em torno de 800 kg/ha/ano. A broca, *Hypsipyla grandella*, não prejudicou o crescimento vegetativo do mogno, quando associado ao cacauzeiro já implantado.

Leeuwen et al.(2004), em estudo de desenvolvimento e avaliação de sistemas agroflorestais para a Amazônia com diferentes espécies madeireiras, mostraram que elas

apresentavam um bom crescimento inicial, mas não formavam fuste reto suficientemente grande. O mogno (*Swietenia macrophylla*) e o cedro (*Cedrela odorata*) foram atacadas pela broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella*) que ocasiona danos como a destruição do botão apical da planta. Resultado semelhante foi observado por Silva et al., 2004, avaliando o comportamento produtivo da teca, mogno, açaí e cupuaçu, em sistema silveagrícola multiestratificado, no município de Tomé-Açu, Estado do Pará, onde observaram que o mogno apresentou grande incidência da *H. grandella*, prejudicando seu desenvolvimento e qualidade do fuste.

Em avaliação do comportamento inicial de espécies madeireiras, em sistemas agroflorestais no Estado do Acre, Brilhante et al. (2004), obtiveram como resultado que o mogno, mesmo a meia sombra, apresentou resultados baixos em relação as demais espécies, e que aos 05 anos, foi atacada pela broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella*), concluindo que esta essência florestal deve ser plantada na sombra de outras espécies para evitar o ataque da broca.

#### 2.1.2.2 Nim (*Azadirachta indica* A. de Jussieu)

Introduzida no Brasil na década de 90, o nim tem grande importância, por ser de múltiplo uso, servindo tanto para fins de reflorestamento, inseticida para controle de inúmeras pragas agrícolas e também nos setores agropecuários e farmacológicos. A madeira do nim é dura, relativamente pesada, é usada na confecção de carretas, ferramentas e implementos agrícolas (EMBRAPA, 1996). Entretanto sua principal utilização é como inseticida, que se tornou bastante conhecido nos últimos 30 anos, quando o principal composto, a azadiractina, ingrediente ativo altamente eficiente no controle de pragas e doenças, foi isolado.

É originário do sudeste da Ásia e é cultivado em diversos países da Ásia, em todos os países da África, na Austrália, América do Sul e Central. É usado há séculos na Ásia, principalmente na Índia, como planta medicinal. Tem diversos usos, em especial anti-séptico, curativo ou vermífugo; é utilizado no preparo de sabões medicinais, cremes e pastas dentais. A árvore é usada para sombra e possui madeira de qualidade para a produção de móveis, construções, batentes e portas caixas e caixotes, lenha, carvão, etc.

As árvores do nim são frondosas e podem alcançar 15m de altura e 2,5m de circunferência (TOCANTINS, 2005). É considerada planta ideal para reposição florestal, devido ao seu rápido crescimento, à riqueza em tanino (substância inseticida), e ao

rebrotamento do tronco após o corte. Das sementes se extrai a torta (pasta), empregada na fabricação de inseticidas biológicos, e o óleo, utilizado na fabricação de shampoos, sabonetes, pasta dental entre outros (RADIOBRAS, 2001).

Do ponto de vista químico, uma característica comum, às espécies da família Meliácea, é a presença de triterpenos oxigenados, conhecidos como meliacinas. Inclui-se, dentre estes, o mais promissor agente antialimentar descoberto até agora, o azadiractin, que esta presente nas folhas, frutos e sementes, e foi isolado, inicialmente, a partir do nim (EMBRAPA, 1996).

Na Índia e na África, o nim é uma espécie silvícola valiosa e está se tornando popular na América Central. Por ser uma árvore robusta, é ideal para programas de reflorestamento e para recuperação de áreas degradadas, áridas ou costeiras. Em sistemas agroflorestais, é usado como quebra-ventos (PLANETA ORGÂNICO, 2004), protegendo as culturas da ação dos ventos e do ressecamento, colabora para o incremento da produtividade das lavouras, além do fornecimento constante de matéria orgânica e da reserva de madeira para o futuro. Contudo, pesquisadores alertam que estudos devem prosseguir para se verificar com quais culturas o nim pode ou não ser plantado conjuntamente, devido ao fenômeno da alelopatia.

Segundo Copijn (1987), os resultados sobre o uso de *Azadirachta indica*, no noroeste da Nigéria, em solos arenosos ácidos, servem como exemplo da importância das árvores no pousio de vários anos. O nim elevou o pH do horizonte A (0-15cm) de 5,4 (pousio natural) para 6,8. O teor de matéria orgânica aumentou de 0,12% na testemunha para 0,57% sob as árvores, também a concentração de cátions trocáveis foi de 0,39meq/100g de solo no pousio natural para 2,40meq e o índice de saturação de bases de 20% para 98%.

No Brasil as primeiras introduções desta espécie foram feitas para o estudo como planta inseticida pelo Instituto Agrônomo do Paraná, em Londrina, no ano de 1986, com sementes originárias das Filipinas. E em 1989 com sementes da Índia, Nicarágua e República Dominicana, como parte de um projeto de pesquisa de controle alternativos de pragas com plantas inseticidas.

De acordo com informações da Revista Amazônia (2003), no Pará já foram plantados mais de 200 mil pés de nim. Somente no município de Castanhal, como exemplo, em 1996, foram plantadas 20 mil plantas. Cada planta produz em média 15 a 30 quilos de sementes, com preço médio de R\$150,00, e o litro do óleo extraído das sementes custa R\$75,00. Além do óleo a madeira pode ser cortada com 12 anos de idade, atingindo a produção de 60m<sup>3</sup>/ha e cotação no mercado internacional é de US\$200,00/m<sup>3</sup>.

Avaliando a qualidade do nim indiano para fins energéticos, Araújo et al. (2000), chegaram a conclusão que a madeira apresentou um poder calorífico de 4.088,5 (kcal/kg), rendimento em carvão de 38,20%, teor de cinzas de 2,11% e porcentagem de carbono fixo de 81,82%, o que revelou a qualidade desta espécie como material energético. Com base nos valores encontrados para a porcentagem de lignina, porcentagem de materiais voláteis e teores de cinzas, caracterizam a madeira de nim como produtora de carvão de boa qualidade para fins siderúrgicos.

Falesi e Galeão (2002), estudando a recuperação de área antropizadas da mesorregião nordeste paraense através de sistemas agroflorestais, citam que os médios produtores planejam seus SAF'S, utilizando três a seis espécies, sendo predominantes o mogno africano (*Khaya ivorensis*), paricá (*Schizolobium amazonicum*), pará-pará, freijó (*Cordia goeldiana*), mogno amazônico (*Swietenia macrophylla*), samaúma, teca (*Tectona grandis*) e recentemente o nim indiano (*Azadirachta indica*).

#### 2.1.2.3 Cedro-Australiano (*Toona ciliata* M. Roem.)

O potencial do cedro-australiano é bastante conhecido no Brasil, onde encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento, é uma árvore de crescimento rápido, muito produtiva, chegando a atingir oito metros de altura e quinze centímetros de diâmetro com três anos de idade, proporcionando assim, um bom retorno financeiro em um curto espaço de tempo, quando comparado aos cedros nativos e a outros essências florestais, inclusive o mogno. É excelente para serraria e indústria moveleira (PINHEIRO et al., 2003). É originária das regiões tropicais da Austrália, adaptou-se muito bem ao Brasil, onde encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento, principalmente no sul da Bahia e em toda a Região Sudeste.

Nos últimos anos cresceu o interesse pelo cedro vermelho australiano *Toona ciliata*, sendo introduzido e mostrando ausência de ataques por *Hypsipyla grandella*, devido à presença de metabólicos ativos contra à broca. Além disso, o enxerto de *Cedrela odorata* sobre *Toona ciliata* tem apresentado um aumento da resistência frente aos ataques deste microlepidóptero, provavelmente devido à transferência de metabólicos secundários (GAMBOA, 2005).

Tsukamoto Filho et al. (2002), avaliando a viabilidade econômica de um sistema agroflorestal com toona e cafeeiro, implantado na região da Zona da Mata de Minas Gerais:

um estudo de caso, concluíram que este arranjo agroflorestal, utilizando a toona como forma de arborização de cafezal, é economicamente viável. Ressaltando que este fato se deve principalmente à introdução do produto madeira no sistema.

O cultivo de cedro australiano foi recomendado para plantio com outras espécies e em linhas de enriquecimento de florestas primárias ou de povoamentos secundários empobrecidos, por Lamprecht (1990), ressaltando as inúmeras utilidades de sua madeira principalmente na área industrial para confecção de aglomerados, compensados e móveis, e de modo particular na produção de caixas para charutos, instrumentos musicais e outras finalidades especiais.

## 2.2 BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS)

A biomassa microbiana é a principal responsável pela decomposição dos resíduos orgânicos, pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo, exercendo sua influência tanto na transformação da matéria orgânica, quanto na estocagem do carbono e nutrientes minerais, ou seja, na liberação e imobilização de nutrientes na maior parte dos ecossistemas terrestres (FEIGL et al., 1998)

A manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da biomassa microbiana do solo (GAMA-RODRIGUES, 1999). Esta representa um importante componente ecológico, pois é responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos vegetais do solo, utilizando esses materiais como fonte de nutrientes e energia para a formação e desenvolvimento de suas células, bem como para síntese de substâncias orgânicas.

Marchiori Junior e Melo (2000), citam que o fator que mais indica as alterações sofridas no uso do solo é a biomassa microbiana, pois constitui um meio de transformação para todos os materiais orgânicos do solo, e atua como reservatório de nutrientes disponíveis às plantas.

Os valores de biomassa microbiana de carbono, segundo Anderson e Domsch (1993), indicam o potencial de reserva deste elemento que participa no processo de humificação e a biomassa microbiana de nitrogênio estima a parte da reserva do N-orgânico do solo. A respiração microbiana é considerada como um bom indicador de condições de manejo, pois mostra a parcela ativa da biomassa microbiana do solo. A relação entre a respiração microbiana e o carbono da biomassa microbiana (CBM) resulta no quociente

metabólico ( $qCO_2$ ), que tem sido usado como indicador do grau de desenvolvimento de um ecossistema ou grau de perturbação a que um agroecossistema está sujeito.

De acordo com De-Polli et al. (1999), as relações  $C_{\text{microbiano}}:C_{\text{orgânico}}$  e  $N_{\text{microbiano}}:N_{\text{total}}$ , juntas expressam índices da qualidade nutricional da matéria orgânica. Para os solos com matéria orgânica de baixa qualidade nutricional, a biomassa microbiana encontra-se sob condições de estresse, tornando-se incapaz de utilizar totalmente o N e C orgânico. Neste caso, as relações  $C_{\text{microbiano}}:C_{\text{orgânico}}$  e  $N_{\text{microbiano}}:N_{\text{total}}$ , diminuem.

Na avaliação da recuperação de áreas mineradas, no município de Porto de Trombetas-PA, e buscando obter índices que possibilitassem indicar o estágio de recuperação dos solos nos sítios alterados, Ruivo (1998), verificou que o carbono da biomassa microbiana apresentou correlação positiva e significativa com nitrogênio, fósforo, soma de bases e a CTC, enquanto que o nitrogênio da biomassa microbiana se correlacionou negativamente com o fósforo e a soma de bases.

Em estudo para determinação do teor de carbono e biomassa microbiana em solos de cerrado, Alvarenga et al. (1999), determinaram que os teores de carbono total foram maiores nas amostras de solos de cerrado natural e pasto nativo, enquanto os menores valores foram encontrados para uma espécie de eucalipto. Indicando que neste ecossistema natural, com maior diversidade de espécies, a decomposição diferenciada dos resíduos vegetais, retorna ao solo de forma equilibrada, os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas.

Zotarelli e Costa (2002) avaliando o CBM e NBM de um latossolo vermelho escuro (LE) com os seguintes tipos de manejos: mata, pastagem sem utilização de carga animal e lavoura de milho. Os solos apresentaram três níveis de biomassa microbiana, no LE sob mata encontrou-se maior quantidade de C e N imobilizado na biomassa microbiana. A biomassa microbiana do solo de pastagem classificou-se em situação intermediária, tendendo aproximação com o solo de mata. O solo de lavoura devido ao seu nível de degradação apresentou baixa biomassa e fertilidade, demonstrando que o manejo desenvolvido na área tem acelerado o processo de degradação do reservatório de carbono e nitrogênio do LE.

Em estudo para avaliar a dinâmica do carbono e do nitrogênio da biomassa microbiana do solo sob diferentes ecossistemas, Monteiro (2001), concluíram que as coberturas vegetais utilizadas no experimento diferiram entre si para os valores de N da biomassa microbiana, sendo o maior valor encontrado no solo sob floresta não preservada seguindo da pastagem, da floresta preservada, da capoeira e do eucalipto.

Luizão et al. (2002) avaliando a biomassa microbiana em Sistemas Agroflorestais do projeto RECA em Rondônia determinaram que na estação chuvosa a BMS foi significativamente maior no solo da floresta com maior cobertura do solo e maior variedade de substratos do que nos sistemas agroflorestais.

### 2.2.1 Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) x Carbono Orgânico ( $C_{orgânico}$ )

A biomassa microbiana representa de 1 a 3% ou até 5% do C orgânico total do solo, contudo a relação  $C_{microbiano}:C_{orgânico}$  abrange amplo espectro, variando de 0,27 a 7,0% que é devido as diferenças de tipo e manejo do solo, de épocas de amostragem e métodos analíticos utilizados. Assim, a relação  $C_{microbiano}:C_{orgânico}$  parece ser boa indicadora das alterações na matéria orgânica em função do manejo do solo (BALOTA et al., 1998).

Tem sido observado que um sistema de manejo afeta a biomassa microbiana mais rapidamente do que o teor de matéria orgânica do solo, e como consequência, a relação  $C_{microbiano}:C_{orgânico\ total}$  aumenta e diminui (rápido), conforme ocorra elevação ou redução da matéria orgânica do solo num sistema ecológico, e que a constância desta relação indica o novo equilíbrio desse sistema (GRISI, 1996).

Neves et al. (2003) avaliaram a biomassa microbiana e o carbono orgânico em sistemas agrossilvopastoril, utilizando os seguintes tratamentos: cerrado; eucalipto e arroz; eucalipto e soja; eucalipto e pastagem; eucalipto, pastagem e gado; eucalipto convencional; pastagem convencional, no estado de Minas Gerais. As amostragens do solo foram feitas em três profundidades, 0 a 5, 5 a 20 e 20 a 40 cm. Os resultados demonstraram que o sistema de cerrado apresentou maiores valores de carbono orgânico total em todas as profundidades, seguindo-se pelos sistemas pastagem convencional e eucalipto convencional. Também, os maiores valores de carbono da biomassa microbiana foram encontrados nos sistemas de cerrado, pastagem convencional e eucalipto convencional. Tanto o  $C_{orgânico}$  quanto o  $C_{microbiano}$  apresentaram valores mais elevados na camada superficial (0-5cm) em todos os sistemas.

Moreira e Malavolta (2004) avaliando a biomassa microbiana como indicador da dinâmica de C e N em solo submetido à sucessão de cobertura vegetal e de manejo na Amazônia Ocidental, concluíram que a sucessão floresta primária-pastagem-cupuaçuza causa diminuição significativa da matéria orgânica e do C da biomassa microbiana do solo, ao passo que na sucessão floresta primária-cupuaçuza ocorre diminuição apenas do C da biomassa microbiana.

Avaliou-se, em um Latossolo Roxo, o efeito de diferentes formas de manejo do solo sobre a matéria orgânica do solo e na biomassa microbiana. Os tratamentos usados foram: mata natural; mata natural até 1976 e café até 1994; mata natural até 1976, café até 1991 e milho até 1994; mata natural até 1940, café até 1960, citros até 1978, e cana-de-açúcar até 1994. A mata natural apresentou os maiores valores de C-orgânico no solo e na fração humina e os menores valores foram obtidos nas áreas com cana-de-açúcar, que apresentaram os maiores valores de C-microbiano em relação à mata natural. O uso agrícola do solo aumentou a porcentagem de C-orgânico na forma de ácidos húmicos e fúlvicos, em relação à mata natural. Em geral, o solo apresentou mais de 74% do C-orgânico na forma de húmus residual (MARCHIORI JUNIOR; MELO, 2000).

Silva Junior et al (2002) avaliando o carbono da biomassa microbiana de argissolo amarelo no sudeste paraense sob vegetação de cerradão, pastagem nativa e cultivo, obtiveram como resultados que o CBM se concentrou nos primeiros 5 cm do solo independente da época de coleta do solo (período seco e chuvoso). Houve influência da época de amostragem do CBM, com maiores valores encontrados no período chuvoso, com exceção da área sob pastagem nativa (PN), evidenciando o efeito da disponibilidade de água na biomassa microbiana. Os valores da relação  $C_{orgânico}$  e  $C_{microbiano}$  mostraram que na camada 0-5 cm a quantidade de C imobilizado como biomassa microbiana variaram de 6,3% (área sob plantio) a 13,8% (área de pastagem nativa), ambos valores sendo determinados no período seco.

Com objetivo avaliar a concentração de carbono orgânico, nitrogênio e a razão carbono/nitrogênio, como indicadores de sustentabilidade do solo em um sistema agroflorestal, cultivos anuais e cultivos perenes, Ferreira et al. (2004), verificaram que em função da maior deposição de material vegetal no solo das áreas de mata secundária e do sistema agroflorestal, ocorreu maior concentração de carbono orgânico até a profundidade de 30 cm do solo. Considerando a razão C/N, na profundidade de 0 a 2 cm, houve diferença, embora, não significativa, pelo fato das áreas de mata secundária e sistema agroflorestal apresentarem maiores concentrações de carbono e, conseqüentemente, também maiores concentrações de nitrogênio, levando a razão C/N não diferenciar significativamente. Houve diferença significativa, na profundidade de 2 a 30 cm, em que as áreas de mata secundária e sistema agroflorestal superaram significativamente as áreas de cultivos anuais e cultivo perene.

## 2.2.2 Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM) x Nitrogênio total

O nitrogênio tem seu ciclo estreitamente ligado ao carbono e sua completa mineralização depende da atividade microbiana, com isso muitos estudos têm sido realizados relacionados à ciclagem, principalmente comparando-se floresta natural com ambientes manejados (LUIZÃO; LUIZÃO, 1991).

A quantidade de nitrogênio disponível no solo para as plantas é influenciada pelo tamanho da biomassa microbiana, uma vez que, os microrganismos são responsáveis pela transformação do nitrogênio orgânico em íons amônio e nitrato (ESPINDOLA et al. 2001). Essa relação é altamente beneficiada pela utilização de plantas de cobertura em sistemas agrícolas, tornando-se possível adicionar quantidades de resíduos vegetais capazes de afetar a biomassa microbiana do solo e, conseqüentemente, alterar o processo de mineralização do nitrogênio e outros elementos (Almeida, 1991).

A quantificação do nitrogênio da biomassa microbiana foi feita em um experimento de campo que está sendo conduzido em Goiânia (EMBRAPA - Arroz e Feijão), desde a safra 95/96, em um latossolo vermelho escuro, com aproximadamente 50% de argila. A área foi cultivada durante vários anos consecutivos com capim andropogon (*A. gayanus*) (Ramos, et al., 2003). A partir do ano de 1989, foi cultivada com o milho (*Zea mays*) no verão, e feijão (*Phaseolus vulgaris*) no inverno e no ano agrícola 94/95, com milho apenas no verão. Na profundidade de 0-5 cm, não houve diferença significativa entre os tratamentos no nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), mas estes apresentaram valores entre 1,77 e 3,5 menores que no solo sob cerrado nativo. O N total do solo foi maior na mata (0,16%). Comparando-se os sistemas de manejo do solo, não houve diferenças significativas entre o plantio direto (PD), plantio direto com rotação (PCR), e plantio convencional (PC); o tratamento PD apresentou maior N total (0.12%) que o PDR (0.07%). A relação N mic: N total foi maior na mata. Nos diferentes sistemas de manejo do solo, não houve diferenças estatísticas.

Analisando a biomassa microbiana como indicador da dinâmica de C e N em solo submetido à sucessão de cobertura vegetal e de manejo na Amazônia Ocidental, Moreira e Malavolta (2004), verificaram que, independentemente do manejo adotado, o N da biomassa microbiana da camada de 0-10 cm aumenta significativamente na área de cupuaçuza, ocorrendo o inverso com o N total.

Gama-Rodrigues et al. (2004), verificando a influência dos diferentes sistemas de cacau nos atributos microbiológicos do solo, determinaram que o NBM (nitrogênio da biomassa microbiana) do sistema cacau-eritrina e do jardim clonal foram 18,6% e 47,8 % inferiores em relação ao sistema cacau-cabruca, respectivamente.

Avaliando a biomassa microbiana e atividade microbiana em um planossolo, sob diferentes sistemas de manejo, nas camadas de 0-5 e 5-10cm, Santos et al. (2004), encontraram valores semelhantes de  $N_{total}$  no sistema de plantio direto com azevém em sucessão com arroz com o solo em condições naturais. O sistema tradicional, plantio convencional de arroz e a rotação de arroz com soja e milho no sistema convencional, apresentaram redução de 40% no nitrogênio total do solo. Os maiores teores de NBM foram obtidos na camada de 0-5cm, observando redução do nitrogênio microbiano em 81% do solo natural com o cultivado.

Perez et al. (2005) quantificaram o NBM em sistema de semeadura direta (SD), uma gradagem (GR), subsolagem e duas gradagem (SG), comparando com o solo de cerrado nativo, em diferentes profundidades, encontraram maiores de NBM em solos não perturbados. Houve diferença significativa nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20cm. A razão porcentual no cerrado de  $N_{mic} \cdot N_{total}$  foi 2,5 vezes maior que a GR, três vezes maior que a SD e cinco vezes maior que a SG. Os teores de  $N_{total}$  reduziram com o aumento da profundidade, em todas as épocas avaliadas.

### 2.3 ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO

Avaliando a comunidade microbiana pela determinação do número, biomassa e atividade de microrganismo heterotróficos, em amostras de solo, sob mata ciliar e campo cerrado adjacentes, Melonni et al. (2001) verificaram que não houve diferença do C da biomassa entre os solos dos ecossistemas, a atividade microbiana (respiração basal e induzida) e o quociente metabólico foram maiores no solo sob mata, possivelmente em virtude do maior fornecimento de matéria orgânica para o solo e ciclagem de C e nutrientes na mata em relação ao campo cerrado.

Coletaram-se, em agosto/2001 (período seco) e em março/2002 (período chuvoso) amostras de um Latossolo, no município de Redenção-Pa. Os tratamentos foram definidos segundo os tipos de manejo. Foram selecionadas três áreas com diferentes tipos de manejo: cerradão, pastagem nativa e área de cultivo. Os valores da respiração do solo mostraram que a

maior atividade respiratória ocorreu na área de cerradão na camada de 0-5 cm, no período seco (440,24  $\mu\text{g CO}_2/\text{g solo}$ ) e a menor ocorreu na área de pastagem nativa (PN) na camada de 0-5 cm e no período chuvoso (29,26  $\mu\text{g CO}_2/\text{g solo}$ ). A respiração do solo seguiu a ordem: cerradão>pastagem>cultivo, devido, provavelmente, a quantidade de substrato disponível para ação dos microrganismos, que decresce devido ao manejo do solo, provocando maior liberação de  $\text{CO}_2$ . Observou-se maior respiração em área de cerradão em comparação com a área de pastagem nativa e área de cultivo, o que pode ser devido a maior atividade microbiana (SILVA JUNIOR et al., 2003).

Assis Junior et al. (2003), em trabalho desenvolvido na Unidade Agroflorestal da Companhia Mineira de Metais (CMM), em Vazante, Estado de Minas Gerais, com o objetivo de estudar a atividade microbiana em diferentes ecossistemas, tais como: sistemas agroflorestais (SAF's), monoculturas, área desmatada e mata natural, utilizando os métodos da respirometria no laboratório e da medida não-instantânea da taxa de evolução de  $\text{CO}_2$  no campo, concluíram que a atividade biológica apresentou valores acumulados das taxas de respiração do solo, aos 20 dias, de 3,56 a 6,03 meq C- $\text{CO}_2/100 \text{ g}$  de solo no laboratório e de 165,16 a 559,37  $\text{mg CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{h}$  no campo, na área desmatada e na mata nativa, respectivamente. Em ambos os ensaios, a atividade foi maior na mata nativa e nas pastagens, tanto em monocultivo quanto em SAF's. A atividade microbiana foi maior em SAF com arroz e eucalipto do que em arroz em monocultivo, pelo método no campo.

Em estudo das mudanças nos parâmetros bioquímicos do solo em resultado da derruba e queima da floresta tropical na Amazônia brasileira para o estabelecimento de pastagem, foram verificadas menores taxas médias de respiração na camada superficial do solo (0-5cm) na pastagem e especialmente na área queimada, do que na área de floresta, confirmando que a atividade microbiana está concentrada nos primeiros centímetros do solo (LUIZÃO et al., 1999).

Ndaw et al., 2004, determinaram baixa atividade microbiana em áreas cultivadas com cana e maior quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ), do que nos solos da floresta e do pasto, sugerindo uma maior deposição e, conseqüentemente menor acúmulo de matéria orgânica. Concluíram que nos solos sob floresta e pasto, a Bm foi mais eficiente em relação à cana.

## 2.4 FATORES QUE AFETAM A BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO (BMS)

Em estudo dos solos da Amazônia, Cerri et al. (1985), obtiveram como resultados que a biomassa microbiana está concentrada nos primeiros centímetros do solo, e o cultivo seguido de pousio, diminuiu o carbono total do solo com o aumento da profundidade. No solo de mata recém-queimada a biomassa está praticamente ausente. Essas alterações provocam inibição da biomassa microbiana, podendo trazer graves problemas de desequilíbrio nutricional no início do crescimento das culturas.

Para Melo e Carter (1993), a biomassa microbiana é, proporcionalmente, a menor fração do C orgânico do solo. Apresenta rápida ciclagem, responde intensamente às flutuações sazonais de umidade e temperatura, ao cultivo e ao manejo de resíduos. Neste sentido, é possível utilizar a biomassa microbiana como indicador biológico dos níveis da matéria orgânica do solo, ou como índice de aferição da sustentabilidade de sistemas de produção (GAMA-RODRIGUES, 2004; MARCHIORI-JUNIOR; MELO, 2000).

Também Gama-Rodrigues et al. (1997), comentam que é possível avaliar as mudanças iniciais no conteúdo de matéria orgânica do solo, oriundas do manejo agrícola, através da quantificação da biomassa microbiana. No entanto, seus resultados devem ser associados a outras variáveis como a respiração do solo e os teores de carbono orgânico e nitrogênio total, para que se possa avaliar a dinâmica da matéria orgânica.

Avaliando a biomassa microbiana de um solo sob vegetação secundária na Amazônia, observou-se que o estoque de carbono e nitrogênio da BMS são crescentes com aumento da idade (>6>14 anos). A BMS foi mais eficiente, armazenando maior teor de C e N durante a época seca (VASCONCELOS, 2002). Os resultados obtidos sugeriram mudanças sazonais na estrutura da comunidade microbiana com a mudança na umidade do solo.

Em estudos para avaliação do efeito de diferentes sistemas de manejos de solos de baixa fertilidade natural na atividade microbiana e carbono da biomassa microbiana, Silva Jr. et al., (2003), concluíram que o conteúdo de  $C_{orgânico}$  foi influenciado pelo tipo de cobertura vegetal e pela profundidade de coleta. Os maiores valores da respiração do solo na camada 0-5cm ocorreram na área de cerrado no período seco e os menores valores foram encontrados em área de cultivo, na camada de 0-5cm e no período chuvoso (BITTENCOURT, 2003).

## 2.5 ACÚMULO DE LITEIRA EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

A liteira corresponde ao conjunto de detritos predominantemente de origem vegetal, que caem da vegetação e se acumulam sobre o solo e representa a maior entrada de matéria orgânica da parte aérea da vegetação, que é depositada da vegetação para o solo. A serrapilheira é uma forma importante de reciclagem de matéria orgânica e de nutrientes, exercendo um papel fundamental na melhoria da fertilidade do solo (LUIZÃO; LUIZÃO, 1991; CARNEIRO et al., 2003).

Nair et al. (1999), cita que a magnitude da fertilidade do solo causada pela ciclagem de nutrientes via decomposição da biomassa de árvores em sistemas agroflorestais é muito específica de cada sítio. Devido à elevada variação de produção de biomassa pelas diferentes espécies florestais, sob várias condições edafoclimáticas e, por conseguinte, da quantidade de nutrientes nela contidos.

Araújo e Lima (2000) compararam o armazenamento de liteira em diferentes ecossistemas e agroecossistemas no Pará, obtendo as quantidades de 880g/m<sup>2</sup> de liteira para área de floresta secundária regenerada e em áreas cultivadas variaram de 1.102,77g/m<sup>2</sup> em plantio de *Vouacapoua americana* (acapu) a 416,81g/m<sup>2</sup> no plantio de *Aniba rosaedora* (pau rosa). O teor de carbono foi maior no plantio de acapu e menor no plantio de pau-rosa, variando de 501,38 a 208,17 g/m<sup>2</sup>, respectivamente.

Em estudo para comparação do estoque de liteira em ecossistemas naturais (florestas primárias e capoeiras) e agroecossistemas, avaliação da contribuição deste estoque no armazenamento de nutrientes ao longo do ano, Teixeira et al. 2001, encontraram aumento significativamente maior de nitrogênio na liteira da floresta primária do que nos outros três ambientes. Os valores de fósforo e magnésio, ao contrário do N, foram significativamente maiores na liteira do consórcio castanha-do-brasil com cacauero. Os valores de potássio na floresta primária e no consórcio de castanha-do-brasil com cacauero não apresentaram diferenças significativas, pelo teste de comparação de média, e foram superiores aos encontrados na capoeira e no consórcio seringueira com cacauero.

Pesquisas realizadas em sistemas agroflorestais do RECA, em Rondônia, para um Latossolo verificaram apenas para as folhas, a fração da liteira de decomposição mais rápida, mostrou diferenças entre as formas de uso da terra. Os SAF's acumularam maior proporção de folhas em sua camada de liteira do que a floresta, onde justificaram que este acúmulo sugere

uma lenta atividade de organismos decompositores, o que pode estar relacionado a baixa diversidade de espécies do SAF's, entre as quais castanha e cupuaçu, comprovadamente de baixas qualidades nutricionais (LUIZÃO et al., 2002).

Outro estudo para avaliar a influência das diferentes formulações e da idade de SAF'S no estoque de liteira fina sobre o solo o seu conteúdo de nutrientes, nas localidades de Nova Califórnia (RO), Manacapuru e Manaus (AM), determinaram que nos SAF'S do projeto RECA, a diferença entre as massas de liteira acumuladas nas estações seca e chuvosa foi mais acentuada do que em Maracatu, porém, nas duas estações, as folhas que correspondem à fração da liteira de decomposição mais rápida, mostraram uma maior acumulação relativa na camada de liteira dos SAF's do que na floresta nativa, usada como controle (LUIZÃO et al., 2002). O estoque de nutrientes na camada de liteira seguiu a seguinte ordem:  $N > Ca > Mg > K > P$ , mesmo nos SAF's do projeto RECA, onde o teor de P do solo é acentuadamente maior do que em Manacapuru e, principalmente, Manaus.

Oliveira et al., 2005, avaliando os efeitos da atividade agro-silvipastoris sobre os ecossistemas e interligar estes efeitos ao nível de degradação, a capacidade de regeneração e a possibilidade de reabilitação do meio ambiente por meio de mudanças de manejo nos sistemas de cultivos tradicionais, concluíram para o parâmetro liteira que a quantidade no chão varia de maneira significativa entre a estação chuvosa e a estação seca, apenas na floresta e nos SAF's. Nas parcelas de mandioca, a quantidade de liteira é semelhante. Na estação seca, acumula-se grande quantidade de liteira na floresta e nos SAF's e diminui na estação chuvosa. O teor de nitrogênio na liteira das diferentes áreas tem pequena variação. A quantidade de nitrogênio nas liteiras varia de acordo com a quantidade de liteira produzida em cada área. Desta forma, observa-se uma diferença significativa entre a estação chuvosa e seca, nas florestas e nos SAF's. O estoque de nitrogênio na liteira é significativamente mais elevado na floresta, seguido dos SAF's e menor nas parcelas de mandioca.

Em avaliação preliminar da produção de liteira em floresta ombrófila mista aluvial, rio Barigüi, Araucária-PR, Sousa e Roderjan (2004), analisando os parâmetros fitossociológicos indicaram que as famílias Euphorbiaceae, Myrtaceae, Anacardiaceae e Sapindaceae são dominantes. As espécies *Sebastiania commersoniana*, *Allophylus edulis*, *Schinus terebinthifolius*, *Myrceugenia glaucescens* e *Myrrhimum atropurpureum* são as mais frequentes nesta área. Estimou-se a produção de liteira em 6854,30 kg/ha/ano. As folhas contribuíram com 61% do total, os galhos 18% e miscelânea 21%. A maior produção de liteira ocorreu nos meses de junho a agosto, período do inverno, cuja produção foi estimada

em 2357,18 kg/ha/ano. A menor produção ocorreu no verão (1428,59 kg/ha/ano), coincidindo com a redução da deposição de folhas. Nos meses de novembro, dezembro e janeiro observou-se um acentuado acréscimo da fração denominada miscelânea, provavelmente devido à dispersão de frutos e sementes nesse ambiente.

## 2.6 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Entre os benefícios ambientais dos SAF's, destacam-se o melhor controle de temperatura, da umidade relativa do ar e da umidade do solo. Esses elementos climáticos alteram-se bastante em condições de áreas abertas, sem árvores. As espécies arbóreas melhoram os solos por numerosos processos, principalmente quando são usadas em SAF's, onde são cultivadas na mesma área. As árvores influenciam na quantidade e na disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicular das culturas associadas, através do acréscimo de nitrogênio pela fixação biológica de  $N_2$ , da recuperação de nutrientes abaixo do sistema radicular das culturas agrícolas e/ou pastagens, da redução das perdas de nutrientes por processos como lixiviação e erosão e do aumento da disponibilidade de nutrientes pela sua maior liberação da matéria orgânica do solo (RIBASKI et al., 2002). As raízes profundas das árvores podem interceptar os nutrientes que foram lixiviados das camadas superficiais e se acumularam no subsolo, geralmente fora do alcance dos sistemas radiculares das culturas agrícolas e/ou pastagens, e retorná-los à superfície na forma de serrapilheira.

Em estudo para avaliar os efeitos da atividade agro-silvipastoris sobre os ecossistemas e interligar estes efeitos ao nível de degradação, a capacidade de regeneração e a possibilidade de reabilitação do meio ambiente por meio de mudanças de manejo nos sistemas de cultivos tradicionais, os resultados da análise química dos solos das regiões de Marabá-PA e Manacapuru-AM, demonstraram que o teor de fósforo assimilável nas duas regiões foi baixo, considerado comum para a maioria dos solos da Amazônia. Em Marabá, há forte acidez nos solos de floresta (4 até 4,6) na superfície do solo. Porém nas parcelas cultivadas com arroz, mandioca, pastagem e capoeira o índice de pH é mais elevado (4,6 a 6,1). O solo de Manacapuru é bastante ácido nas florestas (3,9 a 4,2) e muito mais elevado nos sistemas agroflorestais e nas parcelas de mandioca (4,5 a 4,8). O teor de carbono é de 1,6% em

Marabá, e diminuíram com a profundidade, são valores baixos, normais para solos arenosos. Nas parcelas desmatadas, o teor de C varia entre 1,6 a 2,0%. Em Manacapuru, em função da diversidade textural dos solos, os teores de C da floresta são bastante variáveis, com valores de 19 a 39mg/g de solo e não apresentam mudanças significativas entre as estações chuvosa e seca. Nos SAF's e parcelas de mandioca, os valores de C são semelhantes, de 13 a 35mg/g e 13 a 45mg/g respectivamente (OLIVEIRA et al., 2005).

Menezes et al. (2004) compararam os atributos físicos e químicos do solo de sete desses SAF's com os do solo de áreas adjacentes onde a floresta natural remanesceu. As espécies mais usadas nos plantios foram: açai (*Euterpe oleracea* Martius), pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth), ipê-roxo (*Tabebuia* sp), freijó-louro (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pavon)), bandarra (*Schizolobium amazonicum* Ducke.), cedro-rosa (*Cedrela odorata* L.), mogno (*Swietenia macrophylla* King) e teca (*Tectona grandis* L. F.). Os resultados da análise de variância indicaram que não houve diferença significativa quanto à composição textural entre os solos dos sistemas agroflorestais e os das florestas remanescentes adjacentes, o que reforça a hipótese de tratar-se do mesmo tipo de solo. O teste F da análise de variância indica que os valores para pH, cálcio e magnésio diferiram significativamente entre os solos dos sistemas agroflorestais e os das florestas remanescentes adjacentes. Nos solos dos SAF's os valores para pH, cálcio e magnésio foram sempre superiores aos dos solos das florestas remanescentes adjacentes. Não foi constatada diferença significativa entre o conteúdo de matéria orgânica do SAF e da floresta adjacente. Os valores de carbono encontrado na camada de 0-20cm do solo debaixo de SAF's correspondem com 80-100% desse valor na floresta.

Em estudo de recuperação de solo degradado com sistema agroflorestal no extremo sul da Bahia, Bernardes (2005), verificou que o solo do sistema agroflorestal, após 16 anos da sua implantação, havia recuperado os teores de matéria orgânica e a CTC da cobertura original (floresta). Os maiores teores de K, Ca e Mg encontrados no SAF são, provavelmente, resultados das adições destes nutrientes pelas adubações e da sua melhor conservação no solo pela proteção propiciada pela cobertura vegetal. A recuperação da densidade do solo original da floresta com o SAF é consequência dos maiores teores de matéria orgânica e da maior porosidade do solo

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

##### 3.1.1 Localização

O projeto de pesquisa foi conduzido no campo experimental da empresa de reflorestamento Tramontina Belém S/A, localizada as margens da Rodovia Belém-Brasília, km 63, município de Aurora do Pará, Estado do Pará, distante 4 km da sede do município e 220km da capital Belém (Figura 1).

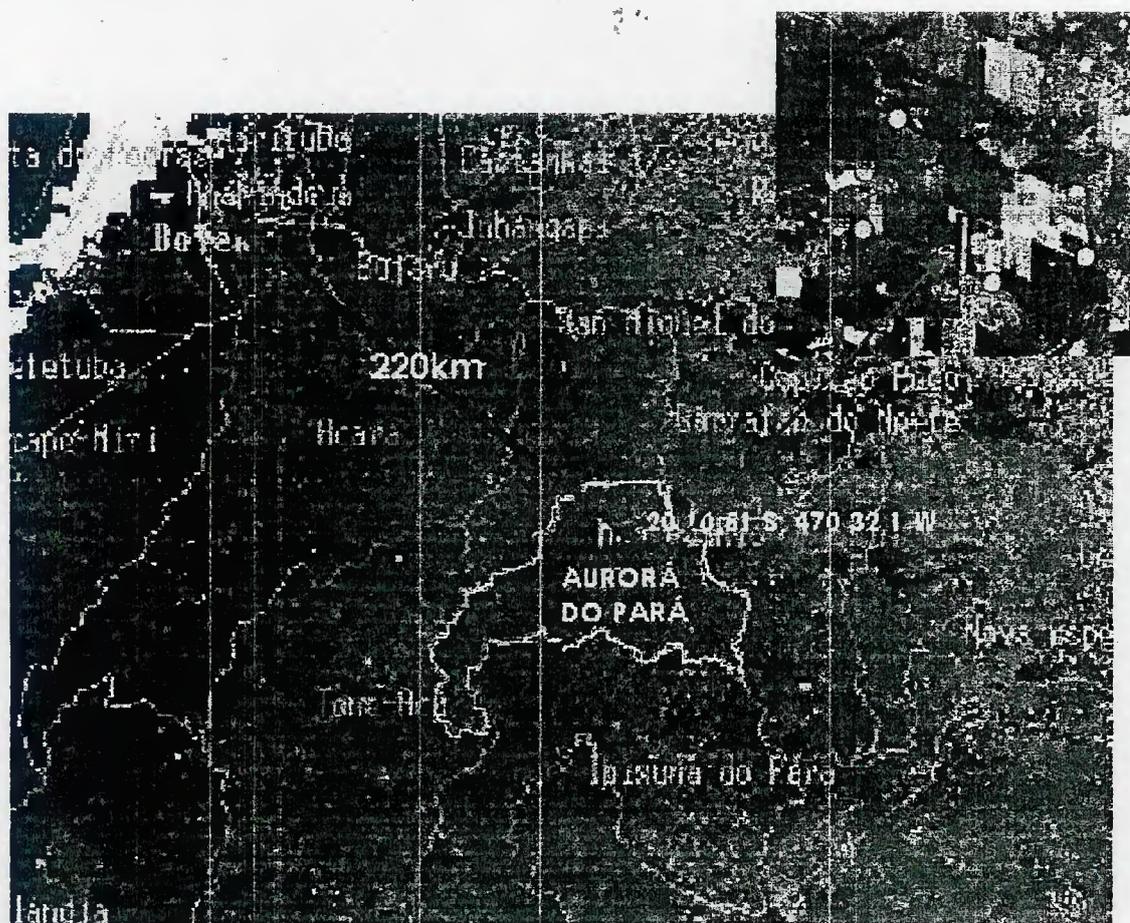


Figura 1: Imagem de satélite do município de Aurora do Pará e da área da Empresa Tramontina. Fonte: INPE. Maio/2006.

### 3.1.2 Condições climáticas

O município de Aurora do Pará apresenta-se com clima classificado como Afi, Ami, e Awi. Segundo os dados registrados na estação meteorológica da Tramontina, a temperatura média anual é de 27°C, umidade relativa do ar em torno de 88% e precipitação anual variando de 1000mm e 3600mm.

### 3.1.3 Histórico da área

A área foi anteriormente demarcada pelo ITERPA, por ocasião da abertura da Rodovia Belém-Brasília, para o assentamento de colonos, sendo utilizada por vários anos consecutivos, com plantio de culturas anuais. Posteriormente, foi vendida para pecuaristas e transformadas em pastagem. O alto grau de lixiviação proporcionou grande degradação do solo, e em 1992, a área foi adquirida pela Tramontina com a finalidade de promover a sua recuperação por meio da implantação de projetos de reflorestamento.

Em 2002, a empresa cedeu 16.810m<sup>2</sup> para instalação de um projeto de pesquisa, com objetivo inicial de avaliar o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*), mogno africano (*Khaya ivorensis*), cedro-australiano (*Toona ciliata*) e o nim (*Azadirachta indica*) em consórcios e sistemas agroflorestais, como alternativas de controle da broca *Hypsipyla grandella*. Este projeto foi financiado pelo Banco da Amazônia, vem gerando diversas informações sobre o cultivo do mogno na região amazônica, tendo como coordenador o Prof. Orlando Ohashi em parceria com a empresa Tramontina.

### 3.1.4 Cobertura vegetal e solo

A empresa Tramontina possui área total de 655,95ha, destes, 616 ha estão reflorestados com diferentes espécies florestais, como paricá (*Schyzolobium amazonicum*), freijó (*Cordia goeldiana*); mogno amazônico (*Swietenia macrophylla*), entre outras, e 16ha de área com vegetação secundária.

Os resultados das análises químicas e granulométricas antes da implantação dos sistemas agroflorestais, apresentados na Tabela 1, demonstraram que o solo da área de estudo, classificado como Latossolo Amarelo, textura arenosa (BATISTA, 2005), possui teores médios de matéria orgânica e C orgânico, acidez elevada (baixo pH e alto teor de alumínio

trocável) e baixos teores de base trocáveis (K, Ca e Mg). As análises granulométricas revelaram maior teor de areia, o que facilita a perda de nutrientes por lixiviação, característica de solo com baixa fertilidade.

Tabela 1 – Análise química e física do solo, antes da implantação do experimento com sistemas agroflorestais, no município de Aurora do Pará-PA, agosto de 2002.

M.O	N total g.kg <sup>-1</sup>	C.org.	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	P	pH	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> Al
			cmol.dm <sup>-3</sup>			mg.dm <sup>-3</sup>		cmol.dm <sup>-3</sup>	
33,50	1,67	19,48	0,03	1,90	0,60	3,80	5,2	0,09	1,56
AREIA FINA (%)	AREIA GROSSA (%)	SILTE (%)			ARGILA (%)				
21,31	67,02	5,63			6,04				

Fonte: Batista, 2005.

## 3.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

### 3.2.1 Áreas de estudo

Para a implantação do experimento em 2002, a área foi arada e gradeada, e aplicado nas covas, de todos os sistemas agroflorestais, 500g de esterco de galinha e 100g da formulação de NPK 10x28x10. As parcelas experimentais foram compostas por 36 plantas.

O modelo de sistema agroflorestal implantado na área é do tipo Taungya, onde foi plantado nos dois primeiros anos e nas entrelinhas dos tratamentos, o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) var. BR3 - Traquateua, com a finalidade de contribuir para recuperação da área, que por vários anos foi utilizada como pasto, onde predominava o capim quicuío (*Brachiaria humidicola*), por meio do aumento do nível de fertilidade e obtenção de sustentabilidade na formação do sistema.

A área de pastagem, distanciada 5 metros da área experimental, é formada por capim quicuío (*Brachiaria humidicola*), implantada há mais de cinco anos. Ao lado da área de pastagem está localizada a capoeira, com grande diversidade de espécies e com mais sete anos de pousio.

As áreas com as seguintes coberturas vegetais foram utilizadas para coletas das amostras de solo e liteira: área de regeneração natural ou capoeira; SAF<sub>1</sub> = *Swietenia macrophylla* (mogno brasileiro); SAF<sub>2</sub> = *Azadirachta indica* (nim); SAF<sub>3</sub> = *Toona ciliata* (cedro australiano); SAF<sub>4</sub> = *Swietenia macrophylla* (mogno brasileiro) x *Azadirachta indica* (nim); SAF<sub>5</sub> = *Swietenia macrophylla* (mogno brasileiro) x *Toona ciliata* (cedro australiano); área de pastagem formada por capim quicuío (Figura 2).

### 3.2.2 Tratamentos e delineamento experimental:

Para determinação das propriedades biológicas e químicas do solo em função dos tratamentos, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 7x2x2, correspondente a sete tipos de coberturas vegetais (capoeira, SAF1, SAF2, SAF3, SAF4, SAF5 e pastagem), duas épocas de coleta do solo (estação seca e estação chuvosa) e duas profundidades de amostragem do solo (0-5 e 5-20cm), com três repetições. Na avaliação do acúmulo de liteira o esquema fatorial utilizado foi o de 7x2, referente a sete tipos de coberturas vegetais (capoeira, SAF1, SAF2, SAF3, SAF4, SAF5 e pastagem) e duas épocas de coleta (estação seca e estação chuvosa), com três repetições.

### 3.2.3 Variáveis analisadas

As propriedades biológicas do solo estudadas, foram o carbono orgânico (C<sub>orgânico</sub>), carbono da biomassa microbiana (CBM), nitrogênio total (N<sub>total</sub>), nitrogênio da biomassa microbiana (NBM), relações C<sub>orgânico</sub>:CBM, NBM/N<sub>total</sub>, relação C/N, respiração basal e quociente metabólicos (qCO<sub>2</sub>), enquanto as propriedades químicas analisadas foram a matéria orgânica, os elementos N, P, K, Ca, Mg, Al e o pH. Da liteira foram consideradas as variáveis N, P, K, Ca, e Mg.

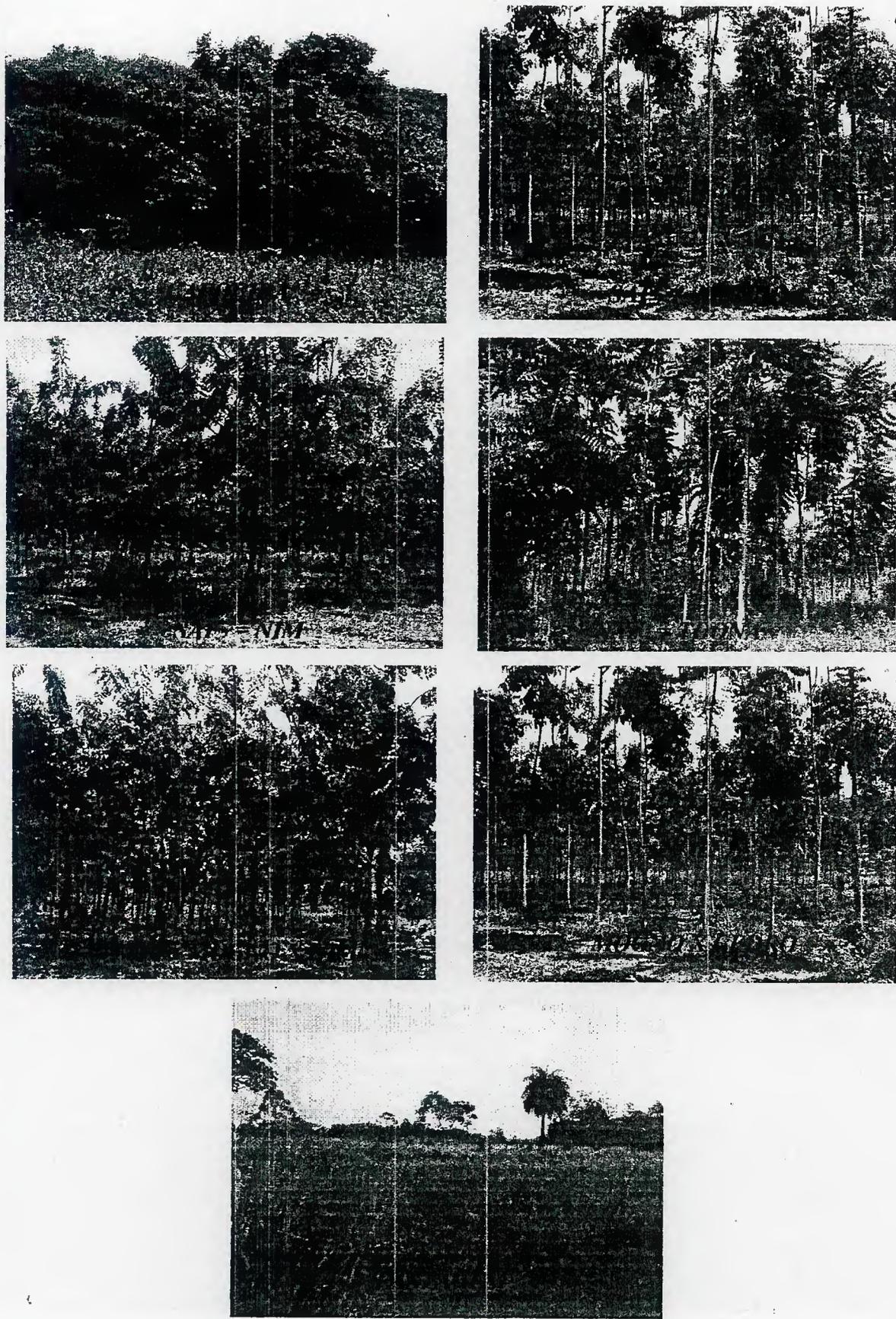


Figura 2 : Fotos das áreas experimentais com capoeira, sistemas agroflorestais e pastagem.

### 3.3 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

#### 3.3.1 Coleta das amostras de solo

Foram coletadas amostras compostas, a partir de quatro amostras simples, para cada parcela dos sistemas agroflorestais, nas áreas de pastagem e capoeira, nas profundidades de 0-5cm e 5-20cm, nos meses de outubro de 2004 (estação seca) e maio de 2005 (estação chuvosa). Em seguida após serem acondicionadas em sacos de polietileno foram transportadas em caixa de isopor com gelo para análise no Laboratório de Solos da Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA.

#### 3.3.2 Análises das propriedades químicas do solo

As amostras de solos coletadas foram secadas ao ar, peneiradas e analisadas para determinação dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), carbono (C), alumínio ( $Al^+$ ), matéria orgânica e valores de pH, no laboratório de Análises Químicas do Solo, da UFRA, seguindo-se a metodologia proposta no Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1979).

O método colorímetro foi utilizado para determinação do C-orgânico, e para o N-total foi usado o método de Kjeldahl por destilação a vapor. (BREMNER, 1965).

#### 3.3.3 Análises das propriedades biológicas

Para determinação da biomassa microbiana foi necessária, primeiramente, a determinação da umidade do solo das amostras. A capacidade de campo foi determinada na mesa de tensão, pela diferença do peso do solo úmido e o peso do solo seco. A determinação da umidade do solo foi feita através do método proposto pela EMBRAPA (1997), secando-se as amostras em estufa a  $105^{\circ}C$  por 24 horas.

Em seguida procedeu-se a determinação do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana.

### 3.3.3.1 Determinação do Carbono e Nitrogênio Microbiano

Após a coleta, as amostras foram peneiradas em malha de 4mm para proceder à determinação do Carbono da Biomassa Microbiana (CBM) e Nitrogênio da Biomassa Microbiana (NBM).

O CBM e NBM foram estimados pelo o método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987), onde após a pesagem de 25g de solo, utilizando-se subamostras em triplicatas, as mesmas foram acondicionadas em dessecador e submetidas à fumigação com clorofórmio, livre de álcool, por 24 horas. Logo após, o clorofórmio foi removido por aspirações sucessivas. Em seguida, as amostras foram agitadas durante 30 minutos, em solução de  $K_2SO_4$  0,5M e passadas em filtro Whatmam 42. Para as amostras não fumigadas foi feita a extração com  $K_2SO_4$  a 0,5M, e também, a posterior filtragem.

Para determinação do CBM utilizou-se o método proposto por Walkley-Black modificado, e titulação, a partir de uma alíquota do extrato, com  $K_2SO_4$  a 1 N.

O CBM foi calculado pela seguinte fórmula:

$$CBM = \frac{Cf - Cnf}{k_c}$$

onde  $k_c = 0,26$ .

A obtenção do NBM foi feita a partir dos extratos das amostras fumigadas e não fumigadas, pela técnica de Kjeldahl, ajustando-se os resultados por meio do cálculo utilizando-se as seguintes equações:

$$NBM = \frac{Nf - Nnf}{k_c}$$

onde o  $k_c = 0,54$

Os resultados obtidos para CBM e NBM foram expressos em grama (g)/quilograma (kg) de solo.

### 3.3.3.2 Determinação da Atividade Microbiana do solo

A atividade microbiana é quantificada a partir da evolução do  $CO_2$  que é produzido através da respiração dos microrganismos existentes no solo. Foi utilizado o método proposto por Jenkinson e Powlson (1976), onde foram pesados 30g do solo em copos

descartáveis, sendo em seguida acondicionados em um recipiente hermeticamente fechado, juntamente com um becker contendo 10 ml de hidróxido de sódio a 0,5 M. Os recipientes foram incubados no escuro por 10 dias, após esse período foi feita a leitura da titulação.

### 3.4 RELAÇÕES DETERMINADAS

Depois de obtidos os resultados para CBM, NBM e atividade microbiana do solo, foram efetuadas as seguintes relações:

A relação  $C_{\text{microbiano}}/C_{\text{orgânico}}$  expressa em porcentagem, indica a fração de carbono orgânico que está contida na biomassa microbiana do solo e, conseqüentemente, na dinâmica da matéria orgânica do solo, nos diferentes sistemas analisados. As relações  $N_{\text{microbiano}}/N_{\text{total do solo}}$  determinaram o percentual de nitrogênio existente na BMS.

A respiração foi determinada através do quociente metabólico ( $q\text{CO}_2$ ), que representa a quantidade de  $\text{CO}_2$  liberada por unidade de biomassa em determinado tempo, medidas em  $\mu\text{g de CO}_2 \mu\text{g C-BM}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ .

### 3.5 PROCEDIMENTOS PARA COLETA E ANÁLISE DE NUTRIENTES DA LITEIRA

A quantidade de liteira para cada uma das coberturas vegetais estudadas, foi determinada em maio de 2005, sendo coletadas folhas e ramos, próximas aos locais de amostragem do solo, em quadrado de madeira com área interna de  $484 \text{ cm}^2$ . De cada área foi coletada uma amostra composta formada a partir de cinco amostras simples, que foi acondicionada em saco plástico e encaminhada para análise no Laboratório de Análises Químicas do Solo da UFRA.

#### 3.5.1 Análise de nutrientes da liteira

O material coletado foi secado em estufa de circulação forçada de ar à  $65^\circ\text{C}$ , pesado e triturado. Em seguida as amostras foram digeridas, usando-se uma mistura de ácido nítrico (concentrado) perclórico, na relação 5:1, onde obteve-se o extrato para análise de P, K, Ca e Mg. Os elementos potássio, cálcio e magnésio foram determinados na solução

utilizando-se espectrofotômetro de absorção atômica. O fósforo foi determinado fotocolorimetricamente, e o nitrogênio através da técnica padrão de Kjeldahl.

### 3.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos para as propriedades químicas e biológicas do solo, no esquema fatorial  $7 \times 2 \times 2$ , referente a sete tipos de coberturas vegetais (capoeira, SAF1, SAF2, SAF3, SAF4, SAF5 e pastagem), duas estações de coleta (seca e chuvosa), e duas profundidades de amostragem (0-5 e 5-20cm), com três repetições, foram submetidos à análise de variância e comparação de média pelo teste de Duncan com 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAEG 8.1.

Os dados calculados para CTC, saturação por bases e matéria orgânica, não foram submetidos análise estatística, sendo considerado os resultados dos valores absolutos no EXCEL, para comparação entre os diversos tratamentos.

Efetou-se Análise de Correlação Canônica entre as propriedades biológicas e químicas do solo, que é um procedimento estatístico multivariado que permite medir a existência da intensidade da associação entre dois grupos de variáveis, encontrando um pequeno número de combinações lineares, para cada um dos conjuntos de variáveis, de modo a maximizar as correlações possíveis entre os grupos.

Neste trabalho objetivou-se estimar a máxima correlação entre as combinações lineares das propriedades biológicas (NBM, CBM e  $CO_2$ ) e propriedades químicas do solo (N, C, P, K, Ca, Mg, Al, pH), supondo-se que o primeiro conjunto de variáveis (biológicas) seja definido por  $a_1NBM$ ,  $a_2CBM$ ,  $a_3CO_2$  e as inerentes ao segundo conjunto de variáveis (químicas) seja denominado de  $b_1C$ ,  $b_2N$ , ..... $b_8pH$ . A técnica consiste em determinar as combinações lineares  $v$  e  $w$ , ou seja, obter  $V = a_1NBM, a_2CBM, a_3CO_2$  e  $W = b_1C, b_2N, .....b_8pH$ , de tal maneira, que a correlação  $r_{zw}$  entre essa combinações lineares de  $z$  e  $w$  atinja o máximo valor possível.

Sendo  $v_1, v_2, v_3$  e  $w_1, w_2, w_3$  as combinações lineares pertencentes as variáveis biológicas e químicas do solo, respectivamente, foram definidas as seguintes funções:

$$V_1 = a_{11}NBM + a_{12}CBM + a_{13}CO_2;$$

$$V_2 = a_{21}NBM + a_{22}CBM + a_{23}CO_2;$$

$$V_3 = a_{31}NBM + a_{32}CBM + a_{33}CO_2;$$

$$W_1 = b_{11}N + b_{12}C + \dots + b_{18}pH;$$

$$W_2 = b_{21}N + b_{22}C + \dots + b_{28}pH;$$

$$W_3 = b_{31}N + b_{32}C + \dots + b_{38}pH;$$

Onde:

$(v_1, w_1)$  : Primeiro par de variável canônica;

$(v_2, w_2)$  : Segundo par de variável canônica;

$(v_3, w_3)$  : Terceiro par de variável canônica.

Para verificar a significância da correlação canônica nos pares canônicos, foi utilizado o teste da razão da máxima verossimilhança, cuja estatística é a Lambda ( $\lambda$ ) de Wilks, analisado através do programa estatístico SAS, versão 9.0. O coeficiente de correlação canônica, para cada par canônico, mede a intensidade da correlação, enquanto a composição das variáveis canônicas exprime a natureza da associação.

Os dados dos nutrientes extraídos da liteira, composto pelo fatorial 7x2, referentes a sete tipos de coberturas vegetais (capoeira, SAF1, SAF2, SAF3, SAF4, SAF5 e pastagem) e duas estações de coleta (seca e chuvosa), com três repetições, foram submetidos análise de variância e comparação de média pelo teste de Duncan com 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAEG 8.1.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, CAPOEIRA E PASTAGEM

As médias das variáveis correspondentes aos atributos químicos do solo estudado, em função do efeito isolado dos parâmetros cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, encontram-se na Tabela 2. O resumo de análise de variância destas variáveis encontra-se na tabela correspondente ao apêndice A.

De acordo com os resultados obtidos para análise de variância, verificou-se efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem nos teores de fósforo sem, no entanto haver efeito das interações. Foi observado a seguinte ordem decrescente de valores para o parâmetro fósforo do solo em função da cobertura vegetal: SAF4 > SAF2 > SAF5 > SAF1 > SAF3 > Capoeira > Pastagem (Tabela 2). Os maiores teores de fósforo foram encontrados nos sistemas com mogno e nim, SAF4, (3,15 mg. dm<sup>-3</sup>), no SAF2 (3,04 mg. dm<sup>-3</sup>), SAF5 (2,85 mg. dm<sup>-3</sup>) e SAF1 (2,64 mg. dm<sup>-3</sup>), que não diferiram estatisticamente entre si, mas superaram as demais coberturas vegetais. Na pastagem (1,33 mg. dm<sup>-3</sup>) foi obtida a menor concentração de P, demonstrando haver diferença significativa com a capoeira (1,95 mg. dm<sup>-3</sup>) e os sistemas agroflorestais. Os níveis de fósforo encontrados são classificados como muito baixo, de acordo Tomé Jr. 1997. Segundo Kamprath (1973) a disponibilidade de fósforo em Latossolos geralmente é muito baixa, devido a maior parte desse elemento se encontrar na forma de composto altamente insolúveis de Fe e Al.

Provavelmente, os maiores teores de P encontrados nos sistemas agroflorestais, são devidos à adubação de implantação (NPK) e o aumento da matéria orgânica pelo acúmulo dos restos vegetais deixados após a colheita do caupi, nos dois primeiros anos de plantio dos SAF's. Em avaliação de diferentes arranjos de sistemas agroflorestais com leucena, Mafra et al. (1998), verificaram o aumento do P nestes SAF's, em comparação ao solo de cerrado, justificando este resultado pelo efeito da adubação verde adicionada às áreas.

Tabela 2 - Médias das concentrações de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), valores de acidez potencial (H+Al) e pH, em função do efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, em um Latossolo Amarelo, textura média, no Município de Aurora do Pará-Pa.

Variáveis Independentes	P mg. dm <sup>-3</sup>	Variáveis Independentes	K	Ca	Mg	Al	Variáveis Independentes	H+Al	Variáveis Independentes	pH H <sub>2</sub> O
cmol.c. dm <sup>-3</sup>										
<b>COBERTURA VEGETAL</b>		<b>COBERTURA VEGETAL</b>					<b>COBERTURA VEGETAL</b>		<b>COBERTURA VEGETAL</b>	
SAF 4	3,15 a	Capoeira	0,06 a	1,25 a	0,58 a	0,59 a	Capoeira	4,48 a	Pastagem	5,32 a
SAF 2	3,04 a	SAF 1	0,05 a	0,90 a	0,40 a	0,27 a	SAF 4	4,26 a	SAF 5	5,20 ab
SAF 5	2,85 ab	SAF 2	0,05 a	0,96 a	0,53 a	0,32 a	SAF 2	3,78 b	SAF 2	5,15 ab
SAF 1	2,64 ab	SAF 3	0,05 a	1,18 a	0,39 a	0,20 a	SAF 3	3,35 c	SAF 3	5,14 ab
SAF 3	2,32 bc	SAF 4	0,04 a	1,43 a	0,39 a	0,30 a	SAF 1	3,24 c	SAF 4	5,12 ab
Capoeira	1,95 c	SAF 5	0,04 a	1,09 a	0,42 a	0,22 a	SAF 5	3,22 c	SAF 1	5,05 ab
Pastagem	1,33 d	Pastagem	0,08 a	0,86 a	0,39 a	0,21 a	Pastagem	3,00 c	Capoeira	4,80 b
Média	2,46	Média	0,05	1,09	0,44	0,30	Média	3,61	Média	5,11
<b>ÉPOCA DE COLETA</b>		<b>ÉPOCA DE COLETA</b>					<b>ÉPOCA DE COLETA</b>		<b>ÉPOCA DE COLETA</b>	
Estação Chuvosa	3,09 a	Estação Seca	0,05 a	1,11 a	0,49 a	0,38 a	Estação Chuvosa	3,94 a	Estação Seca	4,98 a
Estação Seca	1,84 b	Estação Chuvosa	0,06 a	1,07 a	0,38 a	0,22 a	Estação Seca	3,30 b	Estação Chuvosa	5,24 b
Média	2,46	Média	0,55	1,09	0,43	0,30	Média	3,62	Média	5,11
<b>PROFUND.(cm)</b>		<b>PROFUND (cm)</b>					<b>PROFUND.(cm)</b>		<b>PROFUND.(cm)</b>	
0-5	2,94 a	0-5	0,07 a	1,33 a	0,48 a	0,24 a	5-20	3,70 a	0-5	5,25 a
5-20	1,99 b	5-20	0,04 a	0,86 b	0,39 a	0,36 a	0-5	3,54 a	5-20	4,98 b
Média	2,46	Média	0,05	1,09	0,43	0,30	Média	3,62	Média	5,11

Obs: Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si, pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (cedro australiano); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x cedro).

Para os parâmetros época de coleta e profundidade de amostragem, os maiores valores para fósforo do solo, foram encontrados na época chuvosa ( $3,09 \text{ mg.dm}^3$ ) e na profundidade de 0-5 cm ( $2,94 \text{ mg.dm}^3$ ), em comparação às médias do nutriente encontradas na época seca ( $1,84 \text{ mg.dm}^3$ ) e na profundidade de 5-20cm ( $1,99 \text{ mg.dm}^3$ ), com diferenças significativas entre estes valores. De acordo com Tomé Jr.(1997), o teor de P disponível tende a diminuir com a profundidade, acompanhando o teor de matéria orgânica, além disso o fósforo é de baixa mobilidade, e isso deve ser levado em consideração quando da adubação fosfatada, fazendo-se a aplicação localizada, pois deixa resíduos por 3 a 4 anos. Gama (2002), em estudo da vegetação secundária em solos da Amazônia, observou maior acúmulo de fósforo no mês de janeiro e na camada de 0-10cm.

Apesar da ANOVA ter demonstrado que não houve significância do efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, nos teores de potássio do solo, os maiores valores foram encontrados na área de pastagem ( $0,08 \text{ cmol.dm}^3$ ), estação chuvosa ( $0,06 \text{ cmol.dm}^3$ ) e na profundidade de 0-5cm ( $0,07 \text{ cmol.dm}^3$ ), sendo que em todos os sistemas agroflorestais foram observadas as menores quantidades deste elemento ( $0,04$  a  $0,05 \text{ cmol.dm}^3$ ). Contudo estes valores são considerados baixos pela capacidade de uso da terra, que considera que o nível mínimo absoluto de K requerido por culturas agrícolas é de  $0,10 \text{ cmolc. dm}^{-3}$  (FEARNSIDE; LEAL FILHO, 2002).

Com relação aos resultados observou-se efeito significativo da profundidade de amostragem sobre o cálcio do solo, com o maior valor encontrado nos cinco primeiros centímetros do solo ( $1,33 \text{ cmol.dm}^3$ ). Entretanto, analisando os valores de cálcio dentro das coberturas vegetais, foi possível verificar que no sistema agroflorestal, formado com as espécies mogno e nim (SAF4), obteve-se o maior teor ( $1,43 \text{ cmol.dm}^3$ ), e o menor na área de pastagem ( $0,86 \text{ cmol.dm}^3$ ), contudo, sob todas as coberturas vegetais, os valores para este nutriente no solo, não apresentaram diferenças significativas. Dentre as épocas de coleta a que se destacou foi a estação seca com  $1,11 \text{ cmol.dm}^3$  de Ca. Os índices de cálcio obtidos nesta pesquisa são menores que  $2,0 \text{ cmol.dm}^3$ , considerados baixos, segundo Tomé Jr. 1997. Bernardes (2005) verificou que os maiores teores de Ca se encontravam no SAF e são, provavelmente, resultados das adições deste nutriente pela adubação e da sua melhor conservação no solo pela proteção fornecida pela cobertura vegetal, semelhante aos resultados encontrados neste trabalho.

Não foi observado significância do efeito isolado dos tratamentos utilizados sobre as médias obtidas de magnésio, entretanto, foi possível verificar que a capoeira ( $0,58 \text{ cmol.dm}^3$ ), estação seca ( $0,49 \text{ cmol.dm}^3$ ) e camada superficial ( $0,48 \text{ cmol.dm}^3$ ), tenderam a apresentar as maiores concentrações deste nutrientes. Os menores valores de Mg foram obtidos nos SAF3, SAF4 e na

pastagem, todos com  $0,39 \text{ cmol.dm}^3$ . As concentrações de Mg abaixo de  $0,50 \text{ cmol.dm}^3$  são consideradas insuficientes para cultivos agrícolas, conforme Lopes; Guilherme (1992).

Os resultados encontrados para Ca e Mg são corroborados por Pereira et al. (2000), que analisando as propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagem na Amazônia, não obtiveram interação significativa entre o período seco e o chuvoso para o Ca e Mg, entretanto esses nutrientes apresentaram valores significativamente superiores durante o período chuvoso, provavelmente devido ao acúmulo de matéria orgânica no solo.

Para os resultados obtidos de Al trocável, não foi possível verificar efeito da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem, entretanto as menores concentrações deste elemento, foram obtidos no SAF3, sistema agroflorestal com cedro australiano ( $0,20 \text{ cmol.dm}^3$ ), e as maiores na capoeira ( $0,59 \text{ cmol.dm}^3$ ). Observou-se que  $\text{Al}^+$  diminui na estação chuvosa ( $0,22 \text{ cmol.dm}^3$ ), e na camada superficial do solo ( $0,24 \text{ cmol.dm}^3$ ). Tais resultados podem ser explicados pelo fato que nas áreas com sistemas agroflorestais foram feitas calagem e adubação de implantação, que consequentemente aumentaram os índices de pH e reduziram o Al trocável. Corrêa et al. (2001), verificaram que valores do Al trocável foram alterados significativamente em função do uso agrícola do solo, onde ocorreu aumento do  $\text{Al}^+$  com o aumento da profundidade amostragem na área cultivada.

Analisando os resultados de acidez potencial ou acidez total ( $\text{H} + \text{Al}$ ) verificou-se que esta foi mais elevada na capoeira ( $4,48 \text{ cmol.dm}^3$ ), diferindo significativamente em quase todos os tratamentos, exceto no SAF4 ( $4,26 \text{ cmol.dm}^3$ ). Houve diferença significativa entre as épocas de coleta do solo, com maior valor obtido na estação seca ( $3,94 \text{ cmol.dm}^3$ ). Entretanto, quando analisada a profundidade de amostragem, foi verificado que não houve diferença estatística entre estas variáveis, porém os valores aumentaram na camada de 5-20cm ( $3,70 \text{ cmol.dm}^3$ ), quando comparados com a camada de 05-cm ( $3,54 \text{ cmol.dm}^3$ ).

Foi observado efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem sobre o pH com os índices obtidos em função da cobertura vegetal variando de 4,8 (capoeira) a 5,32 (pastagem), na estação seca (4,98) e estação chuvosa (5,24), e entre as profundidades 0-5cm (5,25) e 5-20cm (4,98). A redução da acidez nos SAF's, em relação à capoeira, é justificada pela correção do solo, através da adição de calcário, feita na implantação destes sistemas. Estes valores estão de acordo com os encontrados para os solos da Amazônia, por diversos autores, que estão na faixa de 4,0 a 5,5 (SILVA et al. no prelo). Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2005), em Marabá foi evidenciado forte acidez nos solos de floresta (4 até 4,6) na superfície do solo. Porém, nas parcelas cultivadas com arroz, mandioca, pastagem e capoeira a acidez era muito elevada (4,6 a 6,1).

O aumento do pH com a profundidade é explicado por Tomé Jr. (1997), onde comenta que em solos ácidos, pode-se esperar que o pH aumente nas camadas mais baixas em comparação com as camadas de cima, caso o resultado seja ao contrário é bastante provável que esse solo já tenha recebido aplicações de calcário. Pereira et al. (2000), encontraram maiores valores de pH, em áreas de pastagem, no período chuvoso, o que concorda com os resultados encontrados neste trabalho.

Analisando os resultados obtidos para a capacidade de troca de cátions (CTC), na Figura 3, verificou-se que houve influência da época de coleta, com redução acentuada da CTC do solo na estação chuvosa. Em ambas as épocas as maiores médias foram observadas na cobertura vegetal da capoeira ( $7,72 \text{ cmolc/dm}^3$  - seca e  $6,57 \text{ cmolc/dm}^3$  - chuvosa) e na profundidade de 0-5cm, mostrando decréscimo da CTC com o aumento da profundidade de amostragem. No entanto, foi na área de pastagem, profundidade de 5-20cm e em ambas as estações que se obtiveram os menores valores de CTC ( $3,73 \text{ cmolc/dm}^3$  - estação chuvosa e  $4,21 \text{ cmolc/dm}^3$  - estação seca). De um modo geral, sob todas as coberturas vegetais, os valores da CTC do solo, independente da época de amostragem, ou foram semelhantes ou foram superiores aos encontrados na profundidade de 5-20cm.

Segundo Lopes e Guimarães (1992), os solos com CTC entre 1 a  $5 \text{ cmolc/dm}^3$  são compostos por alta percentagem de areia e/ou baixo teor de matéria orgânica, apresentam alta lixiviação de N e P e menor capacidade de retenção de umidade. Para Correia et al. (2001) a redução da CTC pode ser atribuída às alterações na quantidade de matéria orgânica e no pH, principalmente, em áreas cultivadas por um longo período.

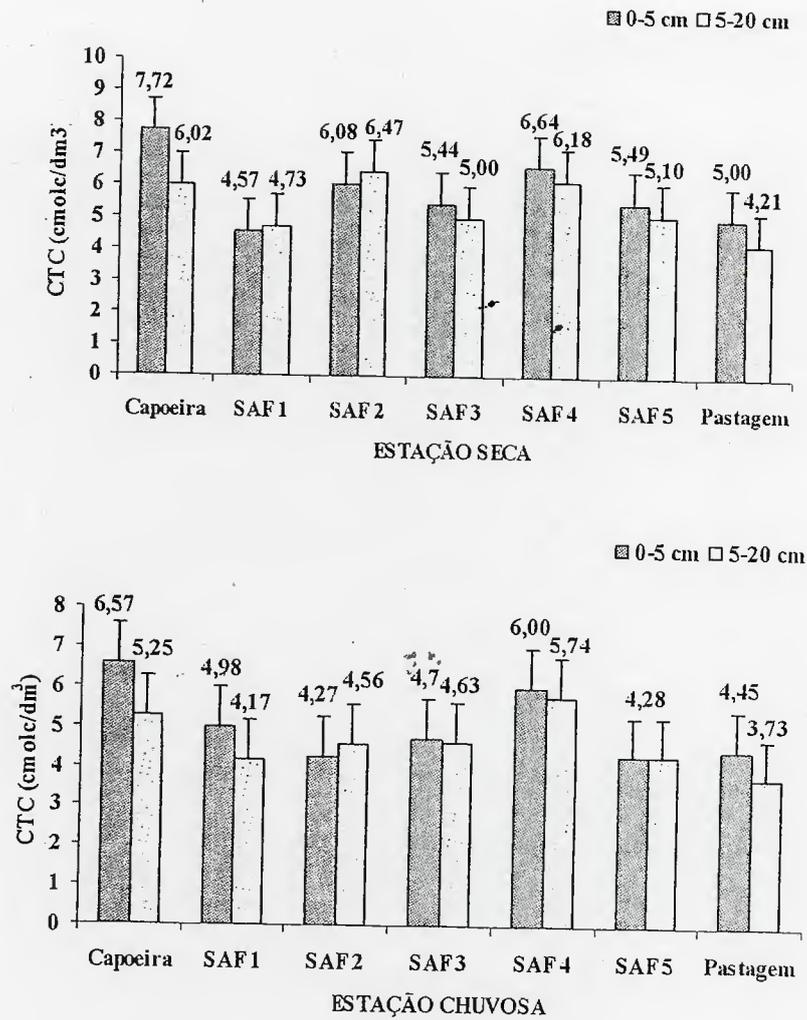


Figura 3 – Efeito da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na capacidade de troca de cátions (CTC), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.

A Figura 4 demonstra os valores para saturação por bases encontrados nos sistemas de uso estudados, em diferentes épocas de coleta e profundidades de amostragem do solo. Os resultados indicaram que na estação seca e na profundidade de 0-5cm, a pastagem se diferenciou das demais coberturas vegetais, com 41% de V. Entretanto, o valor foi bastante reduzido na capoeira na profundidade de 5-20cm e na estação seca (15,95%). Na estação chuvosa o maior valor obtido foi de 44% na capoeira e nos primeiros centímetros do solo. De um modo geral, não houve expressiva variação nas médias obtidas nos sistemas agroflorestais, em ambas as estações e nas duas profundidades avaliadas.

A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo e quando se apresenta com valores menores que 50% indica que o solo é de baixa fertilidade, conforme resultados obtidos neste trabalho. Diversos autores confirmaram estes resultados, relatando que ocorre redução na saturação por bases com a substituição da vegetação nativa para implantação de cultivos agrícolas ou florestais, provocando modificações nas propriedades dos solos (SANCHES, et. Al, 1999; RAIJ, 1991).

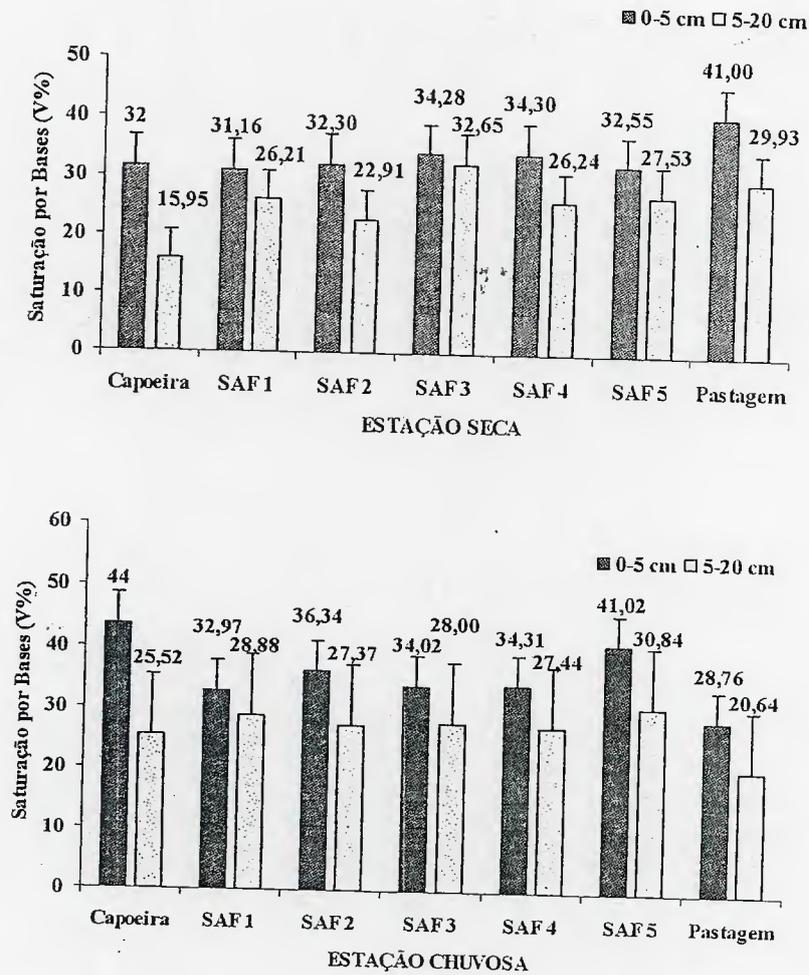


Figura 4 – Valores médios de saturação de base dentro das coberturas vegetais, profundidades de amostragem e época de coleta, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.

De maneira geral, independentemente do tipo de cobertura vegetal, os maiores acúmulos de matéria orgânica foram verificados na estação seca em relação à chuvosa e na profundidade de 0-5cm (Figura 5). O sistema agroflorestal formado por mogno e nim (SAF4), apresentou-se com os maiores teores de matéria orgânica em ambas as estações (20,02 g/kg - seca e 15,53 g/kg - chuvosa) e na profundidade de 0-5cm. Na estação seca, os menores valores foram obtidos na pastagem com a profundidade de 0-5cm (12,49g/kg) e no SAF3 na camada de 5-20cm (12,41 g/kg). Por outro lado, na estação chuvosa os menores teores foram observados no SAF5, tanto na profundidade 0-5cm (9,78g/kg) quanto na camada de 5-20cm (8,61g/kg).

As maiores quantidades de matéria orgânica no sistema agroflorestal com mogno e nim (SAF4), provavelmente, se deve ao maior aporte de resíduos vegetais produzidos, principalmente, pelo nim, ou por sua baixa taxa de mineralização, conforme explica Tomé Jr., 1997, para quem o teor de matéria orgânica do solo é resultado do balanço entre os processos de adição de material orgânico e perdas resultantes da decomposição desses materiais pelos microrganismos. Provavelmente este fato tenha ocasionado os maiores teores de matéria orgânica encontrados na estação seca, pois a atividade dos microrganismos decompositores depende diretamente do teor de umidade no solo.

Nas condições de clima tropical e subtropical (temperaturas elevadas e umidade abundante) é grande a produção de biomassa (elevada adição), mas a velocidade de mineralização da matéria orgânica também é muito elevada. Mafra et al. (1998) evidenciaram maior teor de matéria orgânica nos sistemas agroflorestais avaliados, em função do aporte de fitomassa e dos restos culturais produzidos nos cultivos em aléias. Theodoro et al. (2002), verificaram uma diminuição do teor de matéria orgânica com aumento da profundidade, evidenciando diferenças entre o solo sob cultivo e sob mata, nas duas profundidades estudadas (0-20 e 20-40cm).

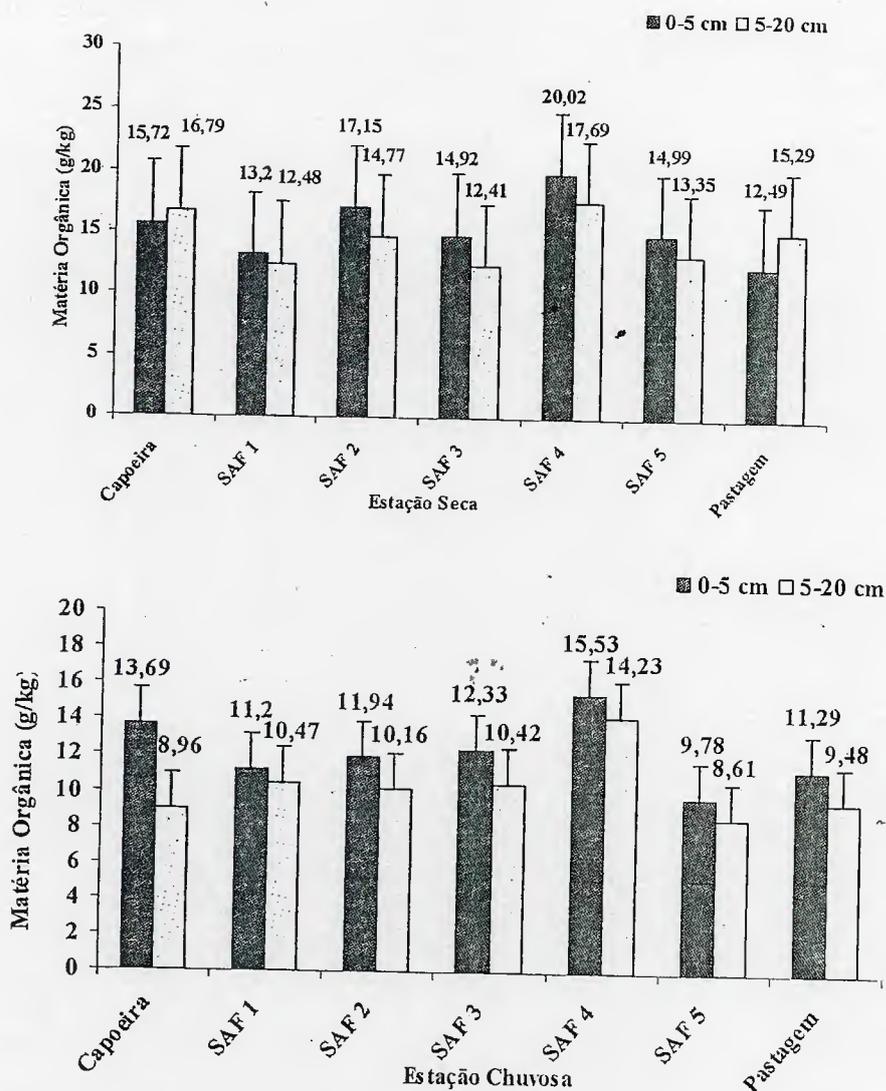


Figura 5 – Valores médios de matéria orgânica dentro das coberturas vegetais, profundidades de amostragem e época de coleta, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.

#### 4.2 AVALIAÇÃO DOS TEORES DO CARBONO ORGÂNICO, CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA E ATIVIDADE MICROBIANA DO SOLO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS, CAPOEIRA E PASTAGEM

As médias das variáveis correspondentes aos atributos biológicos do solo, estudados em função do efeito isolado dos tratamentos, são mostrados na Tabela 3. O resumo da análise de variância destas variáveis, encontra-se na Tabela 2-A, em anexo.

#### 4.2.1 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem nos teores de carbono orgânico do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem

Os efeitos isolados da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem influenciaram no carbono orgânico do solo (Tabela 3). Foram observados os maiores valores de  $C_{\text{orgânico}}$  no SAF4 (9,62 g/kg), no entanto, foi encontrada a menor quantidade no SAF5 (6,67 g/kg), ambos diferindo significativamente em comparação as demais coberturas vegetais. Não houve diferença significativa entre os valores de carbono obtidos nos SAF1, SAF2 e SAF3 e nas áreas de capoeira e pastagem. Verificou-se redução significativa do C em função da época de coleta e profundidade de amostragem, com as maiores quantidades de C encontradas na estação seca (8,74 g/kg) e na profundidade de 0-5cm (8,00 g/kg<sup>-1</sup>). Estes resultados estão diretamente relacionados com as maiores quantidades de matéria orgânica encontradas na época seca e na camada superficial do solo, promovidas pela maior deposição de restos vegetais do nim, grande produtora de biomassa vegetal, em associação com o mogno (SAF4), e também pela baixa atividade dos microrganismos decompositores da matéria orgânica, que esta diretamente relacionada com o teor de umidade no solo, durante este período.

Tabela 3 – Efeitos isolados da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem do solo, no carbono orgânico (C), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

Variável Independente	C
	(g/kg <sup>-1</sup> de solo)
<b>COBERTURA VEGETAL</b>	
SAF 4	9,62 a
Capoeira	7,99 b
SAF 2	7,81 bc
SAF 3	7,26 bc
Pastagem	7,04 bc
SAF 1	6,86 bc
SAF 5	6,67 c
<b>ÉPOCA DE COLETA</b>	
Seca	8,74 a
Chuvosa	6,47 b
<b>PROFUNDIDADE(cm)</b>	
0-5	8,00 a
5-20	7,22 b

Obs: Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (cedro australiano); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x cedro-australiano).

Neves et. al. (2003) verificaram que os teores de carbono orgânico foram influenciados pela profundidade em todos os sistemas de manejo estudado, com maior valor encontrado na camada superficial, onde houve maior acúmulo de matéria orgânica. Em estudo realizado por Cerri et al. (1985) foi possível verificar que o carbono remanescente de sistema florestal após cinco anos, ainda apresentava-se superior ao C introduzido por gramíneas.

O Carbono orgânico é considerado um indicador sensível às alterações promovidas no solo, no entanto algumas pesquisas citam que o curto tempo de estudo, impossibilita detectar alterações na sua concentração. De acordo com Turco et al. (1994), estas alterações podem levar mais de 2 anos para serem observadas.

Os dados apresentados na Tabela 4 demonstram que houve efeito da interação cobertura vegetal com a época de coleta e com a profundidade de amostragem, sobre o carbono orgânico do solo.

Tabela 4 - Efeito da interação da cobertura vegetal com época de coleta e profundidade de amostragem, no carbono orgânico (C), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

Variável Independente	COBERTURA VEGETAL						
	Capoeira	SAF 1	SAF 2	SAF 3	SAF 4	SAF 5	Pastagem
	<u>C<sub>orgânico</sub> (g/kg<sup>-1</sup> de solo)</u>						
<b>ÉPOCA DE COLETA</b>							
Estação Seca	9,43 abA	7,45aA	9,21 bcA	7,93 bcA	10,93 aA	8,22 bcA	8,05 bcA
Estação Chuvosa	6,56 bB	6,28 bA	6,42 bB	6,60 bA	8,31 aB	5,12 bB	6,02 bB
<b>PROF.(cm)</b>							
0-5	8,53 aB	7,08 aB	8,43 aB	7,90 aB	10,18 aA	6,97 aB	6,89 aB
5-20	7,46 aAB	6,65 aB	7,20 aB	6,62 aB	9,07 aA	6,36 aB	7,18 aB

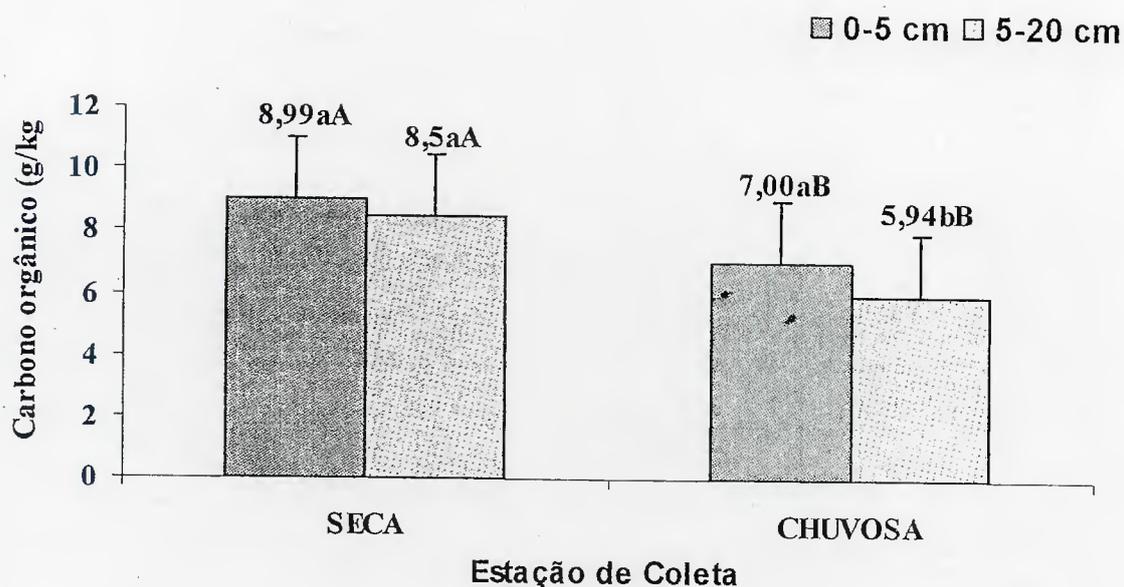
Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro da linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente para época de coleta e profundidade de amostragem na cobertura vegetal, pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (cedro australiano); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x cedro austriano).

De um modo geral, os teores de carbono do solo, obtidos na estação seca, para todos os sistemas de uso, superaram significativamente as médias obtidas na estação chuvosa. Verificou-se que o sistema agroflorestal formado por mogno e nim (SAF4) foi o que apresentou o maior teor de C,

tanto na estação seca (10,93 g/kg), quanto na profundidade de 0-5cm (10,18 g/kg), porém apenas demonstrando diferença significativa entre as épocas de coleta e dentro da camada superficial. Houve redução de 24% do carbono orgânico na época chuvosa e 10,9% na profundidade de 5-20cm. Os menores valores foram encontrados no SAF5 na estação chuvosa (5,12 g/kg) e na profundidade de 5-20cm (6,36 g/kg), representando redução de 53% e 37%, respectivamente, no  $C_{total}$  do solo.

O preparo de área, aração e gradagem na implantação dos SAF's, além dos arranjos com duas espécies florestais produtoras de grande quantidade de biomassa, como são o mogno e o nim (SAF4), contribuíram para o aumento do teor de  $C_{orgânico}$  neste sistema. Os resultados encontrados são concordantes com análises feitas por Ferreira et al. (2004) onde, em função da maior deposição de material vegetal no solo das áreas de mata secundária e do sistema agroflorestal analisado, encontraram maior concentração de carbono orgânico até a profundidade de 30 cm do solo. Santos et al. (2004) obtiveram maiores teores de carbono orgânico em solos de pousio na profundidade de 0-5cm, sendo 60% superiores aos valores observados nas outras coberturas vegetais. Também, Basante et al. (2002) verificaram pouca influência do tipo de cobertura (floresta plantada e nativa) no teor de carbono orgânico do solo, com o maior valor (15,86 g/kg) ocorrendo em área de floresta plantada no período chuvoso, evidenciando o maior aporte de resíduos orgânicos neste tipo de cobertura vegetal, sendo observada maior variação com o aumento da profundidade de coleta.

Os efeitos da interação entre a época de coleta e profundidade de amostragem sobre o  $C_{orgânico}$  do solo foram significativos (Figura 6), sendo que os maiores valores do solo foram observados na estação seca e na profundidade de 0-5 cm, obtendo-se 8,99 g/kg, e as menores médias na estação chuvosa e na profundidade de 5-20cm (5,94 g/kg). Verificou-se que houve diminuição dos teores de C na estação chuvosa, porém não houve diferença significativa entre as médias obtidas para as duas profundidades. Também, foi observada diferença significativa para as profundidades dentro da estação chuvosa.



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Figura 6 - Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem no carbono orgânico do solo, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará, Estado do Pará.

Marchiori Jr. e Melo (2000) verificaram que as maiores reduções no teor  $C_{orgânico}$  no solo ocorreram na profundidade 0-10cm, e as menores na camada de 10-20cm, avaliando diferentes sistemas de manejo com culturas anuais, perene e mata natural. Em estudo dos solos da Amazônia, Cerri et al. (1985), obtiveram como resultados que a biomassa microbiana está concentrada nos primeiros centímetros do solo, e o cultivo seguido de pousio, diminuiu o carbono total do solo com o aumento da profundidade. Corroboram com resultados deste trabalho, estudos realizados por Silva Jr. et al. (2003) onde foi verificado que o  $C_{orgânico}$  foi afetado tanto pela época como pela profundidade de coleta do solo, com maior valor ocorrendo na camada de 0-5cm, havendo redução do C em função do aumento da profundidade nas duas épocas amostradas.

#### 4.2.2 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem nos teores do carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem

Na Tabela 5 estão apresentadas às médias de carbono da biomassa microbiana, sob os efeitos isolados da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem. O CBM apresentou comportamento semelhante ao observado para o  $C_{orgânico}$ , com maiores valores no SAF4, e na estação seca (ambos com 0,43g/kg), e nos primeiros centímetros do solo (0,40g/kg), sem, no entanto demonstrar diferença significativa entre os diferentes tratamentos.

Concordando com os resultados da pesquisa realizada por Neves et al. (2003) em plantio solteiro de eucalipto, SAFs e pastagem, onde foi encontrado o maior valor de CBM na superfície do solo (0-5 cm), que segundo os autores há maior acúmulo de matéria orgânica e também, as condições das camadas inferiores do solo são menos favorável ao desenvolvimento dos microrganismos em função da baixa aeração e pela menor disponibilidade de carbono orgânico.

Tabela 5 – Efeitos isolados da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem do solo no carbono microbiano do solo (CBM), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

Variável Independente.	CBM ( $g/kg^{-1}$ de solo)
<b>COBERTURA VEGETAL</b>	
SAF 4	0,43 a
Capoeira	0,42 a
SAF 3	0,38 a
Pastagem	0,39 a
SAF 1	0,36 a
SAF 2	0,36 a
SAF 5	0,35 a
<b>ÉPOCA DE COLETA</b>	
Seca	0,43 a
Chuvosa	0,34 a
<b>PROFUNDIDADE(cm)</b>	
0-5	0,40 a
5-20	0,37 a

Obs: Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (cedro australiano); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x cedro australiano).

Os resultados do CBM expressos na Tabela 6, mostraram que não houve efeito da interação da cobertura vegetal com a época de coleta e profundidade de amostragem, contudo foi possível verificar uma tendência de maiores valores na área de pastagem na estação seca (0,53 g/kg) e no SAF4 dentro da profundidade de 5-20 cm (0,48 g/kg). Os valores variaram de 0,25 g/kg a 0,53 g/kg sob o efeito da interação entre as coberturas vegetais e as épocas de coleta, e 0,31g/kg a 0,48g/kg, na interação cobertura vegetal versus profundidade de amostragem.

Este fato está relacionado com os maiores teores de matéria orgânica obtidos na estação seca e no SAF4 (Figura 5), pois é amplamente conhecido que o CBM aumenta com aumento da matéria orgânica no solo. Outro fato que também contribuiu para o aumento da matéria orgânica foi a manutenção nos SAF's dos restos culturais do caupi cultivado por dois anos consecutivos. Porém, a maioria dos trabalhos publicados indica que o CBM tem relação direta com a umidade do solo, pois com aumento na disponibilidade de água aumentaria a atividade microbiana. Oliveira et al. (2001) justifica os maiores valores de CBM encontrados em pastagem, devido a maior densidade de raízes e, conseqüentemente, maior efeito rizosférico, aumentando a disponibilidade de substratos orgânicos para a comunidade microbiana do solo.

Tabela 6 - Efeito da interação da cobertura vegetal com época de coleta e profundidade de amostragem, no carbono da biomassa microbiana, de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

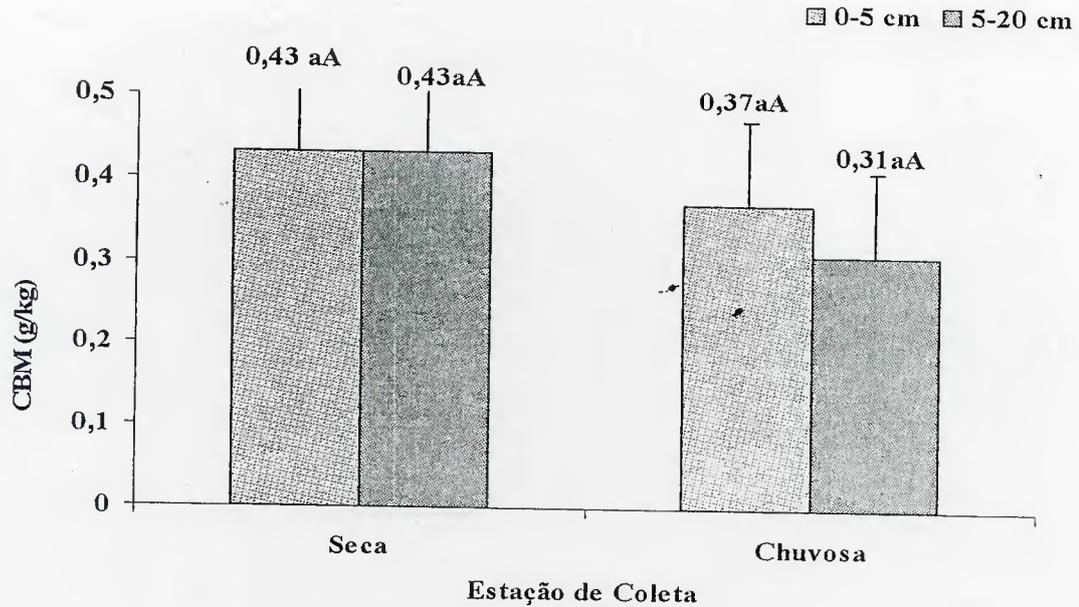
Variável Independente	COBERTURA VEGETAL						
	Capoeira	SAF 1	SAF 2	SAF 3	SAF 4	SAF 5	Pastagem
	CBM (g/kg <sup>-1</sup> de solo)						
<b>ÉPOCA DE COLETA</b>							
Seca	0,33 aA	0,35 aA	0,44 aA	0,45 aA	0,43 aA	0,45 aA	0,53 aA
Chuvosa	0,52 aA	0,36 aA	0,29 aA	0,31 aA	0,42 aA	0,25 aA	0,25 aA
<b>PROF.(cm)</b>							
0-5	0,45 aA	0,35 aA	0,40 aA	0,42 aA	0,38 aA	0,39 aA	0,40 aA
5-20	0,39 aA	0,36 aA	0,33 aA	0,34 aA	0,48 aA	0,31 aA	0,38 aA

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro da linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente para época de coleta e profundidade de amostragem na cobertura vegetal, pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (toona); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x toona).

No trabalho realizado por Vasconcelos (2002), foram obtidas respostas similares, quantificando maiores teores de CBM na estação seca em vegetação secundária. Em estudo realizado por Neves et al., 2003, foram encontrados maiores valores de CBM em solo de pastagem. Luizão et al. (1999) verificaram maiores percentuais de carbono da biomassa microbiana na camada superficial do solo (0-5cm) do que na camada de (5-20cm), fato este explicado por Vasconcelos et al. (1999) mencionando que a biomassa microbiana promove uma imobilização do carbono quando os resíduos vegetais ficam na superfície.

Através da Figura 7, verifica-se que não houve influência da interação época de coleta e profundidades de amostragem, sobre o CBM, observando-se, entretanto, tendência de superioridade no período seco onde os valores foram maiores ( $0,43 \text{ g/kg}^{-1}$ ), nas duas profundidades amostradas. Na estação chuvosa obteve-se  $0,37 \text{ g/kg}^{-1}$  nos cinco primeiros centímetros do solo. Os teores de CBM variaram de 28% dentre as estações. Provavelmente, estes resultados estejam relacionados à ocorrência de nutrientes prontamente disponíveis da biomassa microbiana do solo morta e à intensificação da queda de folhas provocada pelo estresse hídrico que ocorre durante a estação seca, somados às eventuais chuvas, que podem ter aumentado a atividade da população microbiana do solo, segundo as justificativas descritas no trabalho realizado por Vasconcelos (2002), para maiores valores de CBM encontrados na estação seca.

O CBM mantém correlação positiva com o aumento da disponibilidade de água, acreditando-se que maior teor de umidade favorece o aumento da atividade da microbiota do solo (Luizão, 1989). Duarte et al. (2003), verificaram que maiores quantidades de CBM ocorreram em área de capoeira nas duas profundidades amostradas e no período chuvoso, demonstrando que a mesma foi afetada pelo uso da terra. Também Silva Jr. et al. (2003), analisando solos de mata explorada, cultivos de grãos e pastagem em declínio, encontraram maiores valores na profundidade de 0-5cm em todos os sistemas de manejo.



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Figura 7 - Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem, na relação carbono da biomassa microbiana do solo, de um Latosolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

#### 4.2.3 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na relação $CBM:C_{orgânico}$ do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem

Avaliando-se os efeitos isolados das diferentes coberturas vegetais, época de coleta e profundidade de amostragem sobre a relação  $CBM/C$  (Tabela 7), foi possível observar uma tendência de superioridade na capoeira (5,81%), na estação chuvosa (5,52%) e na profundidade de 5-20 (5,30%). O menor valor percentual, para o parâmetro cobertura vegetal, foi obtido no sistema agroflorestal com mogno e nim – SAF4 (4,84%). Entretanto, o efeito isolado dos tratamentos, não influenciou significativamente os resultados encontrados. Estes valores foram maiores que os obtidos por Cerri et al. (1985), em estudos dos solos amazônicos, com 1,3% ocorrendo nas camadas superficiais em solos de floresta primária e 1,42% em solo de capoeira com três anos de pousio.

Rozanski et al. (2003) determinaram a maior relação  $CBM/C$  em área de mata (2 %) quando comparada com cultivo de pinus e campo nativo, porém não foi possível discriminar os impactos sobre a qualidade do solo.

Tabela 7 – Efeitos isolados da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem do solo, na relação  $CBM:C_{orgânico}$ , de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

Variável Independente.	$CBM/C_{orgânico}$
	(%)
<b>COBERTURA VEGETAL</b>	
Capoeira	5,81 a
SAF 1	5,43 a
Pastagem	5,39 a
SAF 5	5,29 a
SAF 3	5,24 a
SAF 2	4,85 a
SAF 4	4,84 a
<b>ÉPOCA DE COLETA</b>	
Chuvosa	5,52 a
Seca	5,01 a
<b>PROFUNDIDADE(cm)</b>	
5-20	5,30 a
0-5	5,23 a

Obs: Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (cedro australiano); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x cedro australiano).

Verificou-se o efeito da interação entre a cobertura vegetal e época de coleta sobre a relação  $CBM/C_{orgânico}$ . Foi observada variação da relação  $CBM:C$  de 3,51% a 8,12% entre as estações seca e chuvosa. A capoeira se destacou com 8,12% na estação chuvosa, diferindo significativamente dentro dos sistemas de uso do solo e entre as estações (Tabela 8). Os menores percentuais foram obtidos na capoeira (3,51%) com a estação seca, e nas amostras de solos da pastagem (4,11%) na estação chuvosa.

Tabela 8 - Efeito da interação da cobertura vegetal com época de coleta e profundidade de amostragem, na relação  $CBM/C_{orgânico}$ , de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

Variável Independente	COBERTURA VEGETAL						
	Capoeira	SAF 1	SAF 2	SAF 3	SAF 4	SAF 5	Pastagem
	$CBM/C_{orgânico}$ (%)						
<b>ESTAÇÃO</b>							
Seca	3,51 bB	4,83 abA	4,79 abA	5,69 abA	4,06 bA	5,52 abA	6,67 aA
Chuvosa	8,12 aA	6,04 bA	4,90 bA	4,80 bA	5,61 bA	5,05 bA	4,11 bB
<b>PROF.(cm)</b>							
0-5	5,50 Aa	5,30 aA	4,89 aA	5,29 aA	4,27 aA	5,61 aA	5,77 aA
5-20	6,13 aA	5,57 aA	4,80 aA	5,20 aA	5,40 aA	4,96 aA	5,00 aA

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro da linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente para época de coleta e profundidade de amostragem na cobertura vegetal, pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (cedro australiano); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x cedro australiano).

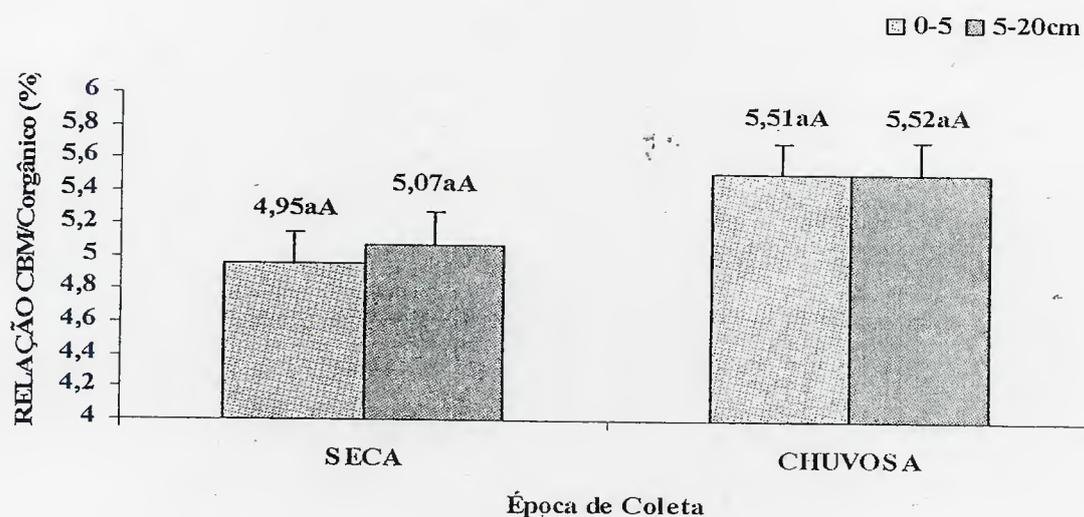
De maneira geral, os índices de obtidos no solo coletado na época chuvosa foram maiores que na amostragem na época seca, indicando maior acúmulo de biomassa microbiana, em condições favoráveis de umidade, resultados semelhantes também encontrados por Sena (2006).

Os valores da relação  $CBM/C_{orgânico}$  não demonstraram efeito da interação entre a cobertura vegetal e profundidade de amostragem, porém o maior percentual foi obtido na capoeira na profundidade de 5-20cm (6,13%), e os menores no SAF4 nas amostras coletadas na camada de 0-5cm (4,27%).

Tem sido observado que a biomassa microbiana encontra-se sob condições de estresse em solos com matéria orgânica de baixa qualidade nutricional, tornando-se incapaz de utilizar totalmente o C orgânico do solo (Mercante et al., 2000). Para Sparling (1992), as possíveis mudanças na relação  $CBM:C$  refletem o padrão de entrada de matéria orgânica nestes solos, a eficiência de conversão do carbono microbiano, as perdas do C do solo e a estabilização do  $C_{orgânico}$  pela fração mineral do solo. Em trabalho publicado por Duarte, et al. (2003) mostraram que a quantidade de C imobilizado como biomassa microbiana foi menor no período chuvoso em todos os sistemas de uso da terra avaliados (SAF's, capoeira) e ambas as camadas estudadas (0-5cm e 5-10cm).

No presente trabalho, a relação  $CBM/C_{orgânico}$ , pode ser considerada como boa indicadora das alterações na matéria orgânica, em função do manejo do solo. Os índices apresentados indicam a ocorrência de acúmulo de carbono no ecossistema, conforme disposto por Anderson e Domsch (1989).

A ANOVA não detectou efeito da interação época de coleta e profundidade de amostragem sobre a relação  $CBM/C_{orgânico}$  (Figura 8). Houve pouca variação dentro das estações, onde a tendência de maiores percentuais foi obtida na estação chuvosa nas profundidades de 5-20 (5,52 %) e 0-5 cm (5,51%). Na estação seca o maior valor observado foi na profundidade de 5-20cm (5,07%). Tem sido observado que um sistema de manejo afeta a biomassa microbiana mais rapidamente do que o teor de matéria orgânica do solo, como consequência, a relação de  $C_{microbiano} : C_{orgânico\ total}$  aumenta e diminui (rápido) conforme ocorra elevação ou redução da matéria orgânica do solo num sistema ecológico, e que a constância desta relação indica o novo equilíbrio desse sistema (Grisi, 1996).



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Figura 8 - Efeito da interação entre época de coleta e profundidade de amostragem, na relação carbono da biomassa microbiana e carbono orgânico do solo, de um Latossolo Amarelo, Município de Aurora do Pará-Pa.

Estudos realizados por Basante et. al. (2002), mostraram que a quantidade de carbono imobilizado pela biomassa microbiana aumentou com aumento da profundidade e foi maior na época chuvosa na floresta plantada.

#### 4.2.4 Avaliação dos efeitos da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na atividade microbiana do solo sob sistemas agroflorestais, capoeira e pastagem

##### 4.2.4.1 Respiração Basal (CO<sub>2</sub>)

Analisando os efeitos isolados dos tratamentos sobre a respiração basal acumulada no período de 10 dias, de acordo com os resultados apresentados na Tabela 9, obteve-se a seguinte ordem decrescente de valores, em relação à cobertura vegetal: capoeira > pastagem > SAF4 > SAF1 > SAF5 > SAF3 > SAF2. Os maiores acúmulos de CO<sub>2</sub> foram observados na capoeira (344,63 µg de CO<sub>2</sub>/g de solo) e na área de pastagem (267,28 µg de CO<sub>2</sub>/g de solo), que diferiram significativamente entre si e dos menores valores obtidos nas coberturas vegetais, formadas pelos arranjos com sistemas agroflorestais. Também, através da Tabela 9 é possível observar que houve diferença significativa entre os valores encontrados, em função das estações de coleta e das duas profundidades de amostragem do solo, sendo que as maiores médias foram obtidas na estação chuvosa (324,87 µg de CO<sub>2</sub>/g de solo) e na profundidade de 0-5cm (234,29 µg de CO<sub>2</sub>/g de solo).

Diversos estudos demonstraram que a quantidade de substrato disponível para ação dos microrganismos influencia na respiração, isto em função das perturbações ocasionadas pelo manejo do solo, provocando maior liberação de CO<sub>2</sub> (Cerri et. al., 1985; Carter, 1986). Provavelmente, a maior respiração obtida na capoeira deve-se a maior atividade microbiana neste sistema de uso do solo. Assis Junior et al. (2004), conseguiram resultados similares com avaliação da biomassa microbiana em sistemas agroflorestais, monocultivos e pastagens, determinado que a maior atividade microbiana foi obtida em área de mata nativa e nas pastagens.

É possível justificar a maior respiração ocorrida na estação chuvosa é na profundidade superficial do solo, neste trabalho, por meio da maior atividade microbiana concentrada nos primeiros centímetros do solo, onde há maior fonte/reservatório de nutrientes, e seu aumento em função da maior disponibilidade de água no solo, conforme resultados semelhantes obtidos por Balota et. al. (1998) e Luizão et. al., (1999).

Tabela 9 – Efeito isolado da cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem do solo na respiração basal (RESP), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

Variáveis Independente.	RESPIRAÇÃO ( $\mu\text{g}$ de $\text{CO}_2/\text{g}$ de solo)
<b>COBERTURA VEGETAL</b>	
Capoeira	344,63 a
Pastagem	267,28 b
SAF 4	210,19 c
SAF 1	197,41 c
SAF 5	193,65 c
SAF 3	181,17 c
SAF 2	178,38 c
<b>ÉPOCA DE COLETA</b>	
Chuvosa	324,87 a
Seca	124,47 b
<b>PROFUNDIDADE(cm)</b>	
0-5	234,29 a
5-20	215,05 b

Obs: Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferente significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (cedro australiano); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x cedro australiano).

Foi verificado efeito da interação da cobertura vegetal com época de coleta e com a profundidade de amostragem, sobre a respiração basal (Tabela 10). Os valores para  $\text{CO}_2$  obtidos em todos os sistemas de uso foram maiores na estação chuvosa, com destaque para a pastagem ( $407,85 \mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2/\text{g}$  de solo). Somente a capoeira apresentou valores não significativos nas duas estações de coleta. Na estação seca, a maior atividade microbiana ocorreu na área de capoeira ( $345,51 \mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2/\text{g}$  de solo), e a menor no SAF2 ( $47,99 \mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2/\text{g}$  de solo). Não houve diferença estatística entre os sistemas agroflorestais. Os menores valores foram observados no sistema agroflorestal formado por nim solteiro (SAF2) na estação seca ( $47,99 \mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2/\text{g}$  de solo) e no SAF1 na estação chuvosa ( $285,47 \mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2/\text{g}$  de solo).

Em relação à profundidade, as maiores taxas respiratórias foram observadas na capoeira na camada de 5-20cm ( $364,66 \mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2/\text{g}$  de solo) diferindo estatisticamente das demais coberturas. Na profundidade de 0-5cm os maiores valores foram obtidos nos solos da pastagem ( $325,34 \mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2/\text{g}$  de solo) e da capoeira ( $324,61 \mu\text{g}$  de  $\text{CO}_2/\text{g}$  de solo), que não diferiram entre si, mas

superaram estatisticamente os sistemas agroflorestais. Para Melloni et al. (2001), o aumento da respiração basal deve-se a uma maior reciclagem da população microbiana, necessitando de um maior acúmulo de energia para a sua sobrevivência.

Tabela 10 - Efeito da interação entre a cobertura vegetal, época de coleta e profundidade de amostragem na respiração basal ( $\text{CO}_2$ ), de um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-Pa.

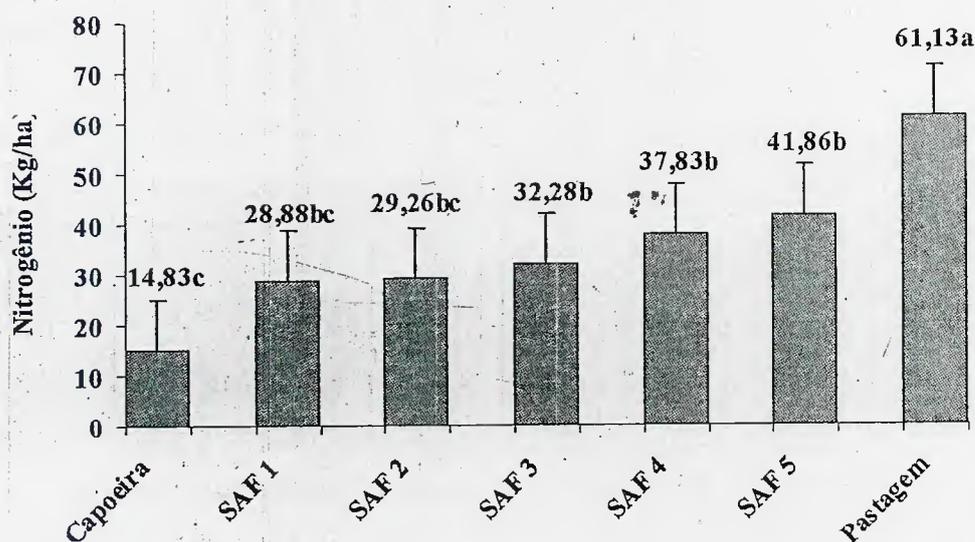
Variável Independente	COBERTURA VEGETAL						
	Capoeira	SAF 1	SAF 2	SAF 3	SAF 4	SAF 5	Pastagem
	<b>Respiração (<math>\mu\text{g}</math> de <math>\text{CO}_2/\text{g}</math> de solo)</b>						
<b>ÉPOCA DE COLETA</b>							
Seca	345,51aA	109,37bcB	47,99dB	67,13cdB	86,35 bcdB	88,25 bcdB	126,72bB
Chuvosa	343,76bA	285,45cA	308,77bcA	295,20 bcA	334,03bcA	299,05bcA	407,85aA
<b>PROF. (cm)</b>							
0-5	324,61aA	181,97 bA	195,83 bA	203,46 bA	216,99 bA	191,84 bA	325,34 aA
5-20	364,66aA	212,85bA	160,93 bA	158,87 bA	203,39 bA	195,47 bA	209,23 bB

Obs: Médias seguidas da mesma letra minúscula dentro da linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente para época de coleta e profundidade de amostragem na cobertura vegetal, pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade. SAF1 (mogno); SAF2 (nim); SAF3 (cedro australiano); SAF4 (mogno x nim); SAF5 (mogno x cedro australiano).

As maiores taxas respiratórias apresentadas na capoeira, podem estar ligadas, possivelmente, a um grande aporte de resíduos vegetais, que além de servir como fonte de carbono e nutrientes, propicia o acúmulo de matéria orgânica, composta de frações com menor taxa de decomposição, possibilitando maior atividade microbiana (Anger et al. 1993).

Assis Junior et al. (2003), em pesquisa sobre a atividade microbiana concluíram que a atividade biológica apresentou valores acumulados das taxas de respiração do solo, aos 20 dias, de 3,56 a 6,03 meq  $\text{C-CO}_2/100$  g de solo no laboratório e de 165,16 a 559,37  $\text{mg CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{h}$  no campo, na área desmatada e na mata nativa, respectivamente. Em ambos os ensaios, a atividade foi maior na mata nativa e nas pastagens, tanto em monocultivo quanto em SAF's. Em trabalho publicado sobre a flutuação sazonal da biomassa microbiana em agroecossistema, Espindola et al. (2001), concluíram que a respiração do solo variou de acordo com a temperatura do ar e a taxa de precipitação pluviométrica, mostrando-se inteiramente associada com o teor de umidade do solo.

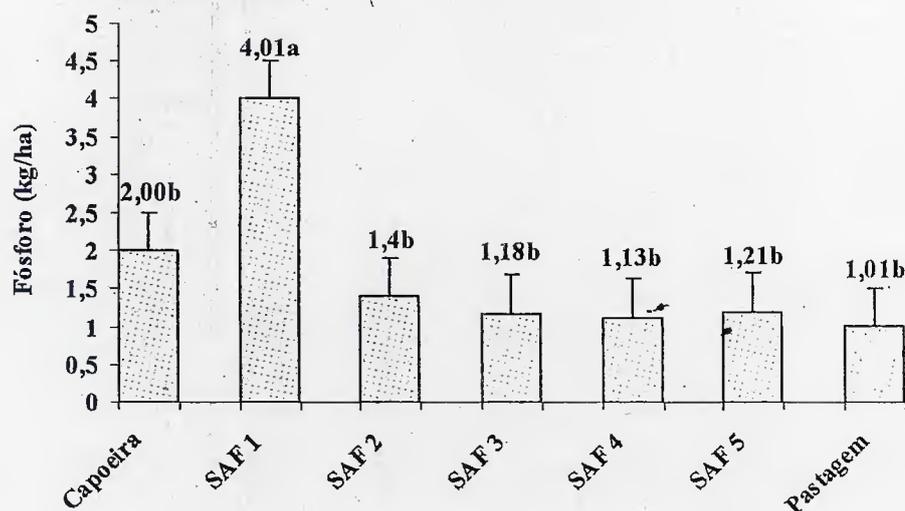
que a quantidade de raízes das gramíneas, tenha proporcionado maior absorção e exportação de N para a parte aérea da pastagem, retornando ao solo na forma de biomassa, contribuindo para os maiores teores obtidos na liteira deste sistema. Em resultados semelhantes Luizão, et. al (1999), encontraram maiores percentuais de N na serrapilheira de pastagem com dois anos de implantação, comparando com os índices na floresta.



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Figura 15 – Efeito isolado da cobertura vegetal no nitrogênio extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-Pa.

Houve diferença significativa na quantidade de fósforo extraído da liteira, onde o SAF1, com 4,01kg/ha, diferiu significativamente das demais coberturas vegetais (Figura 16). Verificou-se uma tendência do P em se manter estável nos demais sistemas agroflorestais e na pastagem, com valores variando de 1,01 (pastagem) a 2,0 kg/ha (capoeira). O maior aporte de P nos sistemas agroflorestais é devido a manutenção na área dos restos culturais do caupi, aumentando a matéria orgânica nos SAF's. Gama-Rodrigues, et al. (2003), obtiveram diferença do P nos plantios mistos com espécies florestais, onde ocorreu maior liberação de N nestes sistemas e de P na capoeira.

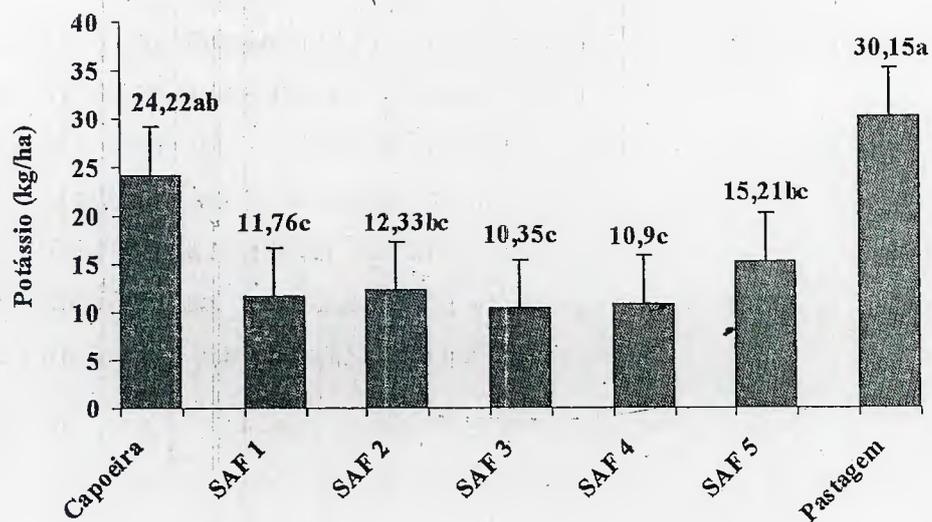


Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Figura 16– Efeito isolado da cobertura vegetal no fósforo extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-Pá.

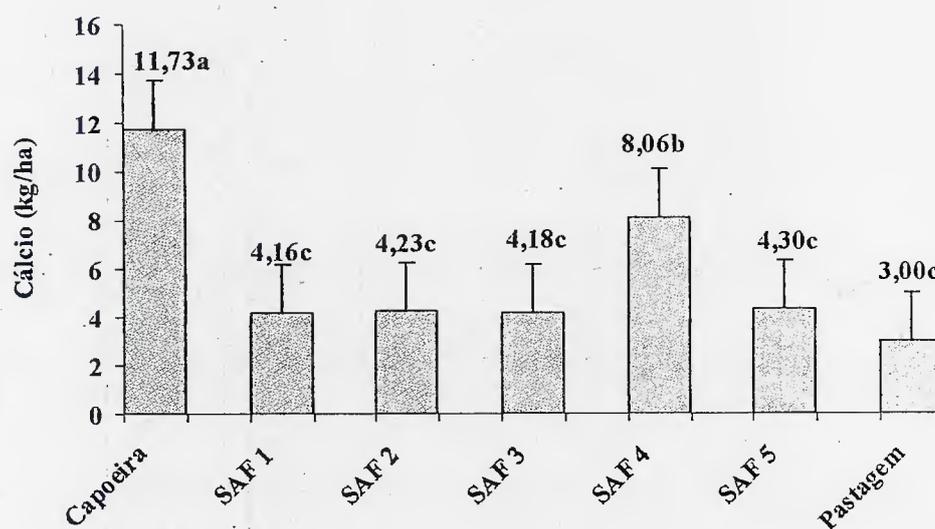
O maior valor de potássio foi obtido na liteira da área de pastagem (30,15kg/ha) não diferindo estatisticamente da capoeira (24,22 kg/ha), mas significativamente superior aos sistemas agroflorestais. No sistema agroflorestal com cedro australiano (SAF3) foi obtido o menor teor de magnésio (10,35 kg/ha). O K quantificado na pastagem foi 60% significativamente superior aos sistemas agroflorestais (Figura 17). Pezzotto (2004) encontrou maiores valores de K (18,06 g/kg) nas áreas de campo analisadas.

Para o nutriente cálcio foi detectada diferença significativa na área de capoeira (11,73kg/ha) com as demais coberturas vegetais, o segundo maior valor foi obtido no sistema agroflorestal com mogno e nim - SAF4, (8,06kg/ha), diferindo das demais coberturas vegetais. O menor valor foi extraído na pastagem (3,0 kg/ha) diferindo estatisticamente do SAF4 e da capoeira (Figura 18).



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

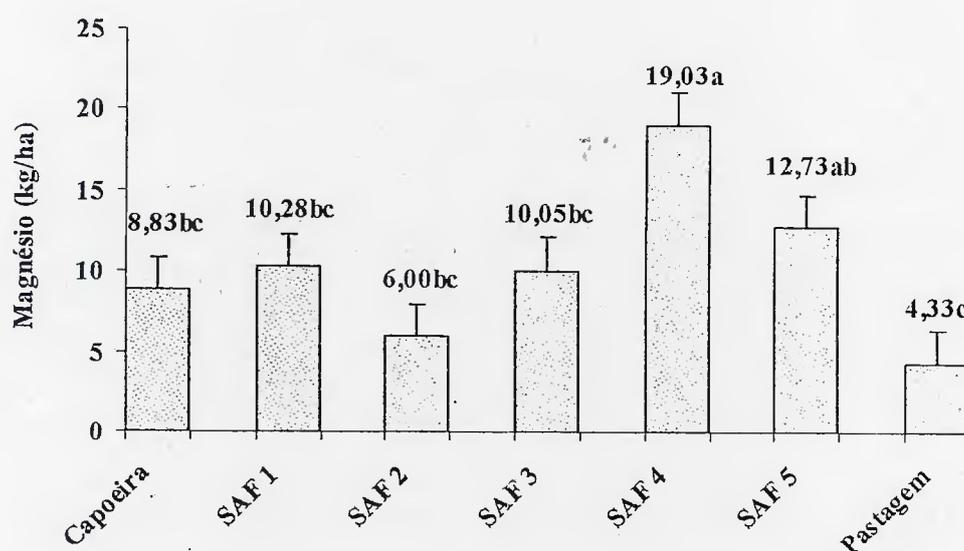
Figura 17 – Efeito isolado da cobertura vegetal no potássio extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-Pa.



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Figura 18 – Efeito isolado da cobertura vegetal no cálcio extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-Pa.

No sistema agroflorestal (SAF4) formado por mogno e nim (19,03kg/ha) encontrou-se a maior quantidade de magnésio (Figura 19), demonstrando diferença significativa das demais coberturas vegetais, exceto com o SAF5. Foi verificado valor significativamente menor na liteira da pastagem (4,33kg/ha). Em estudo de recuperação de solo degradado com sistema agroflorestal no extremo sul da Bahia, Bernardes (2005), verificou que o maior teor de magnésio encontrado no SAF, foi justificado provavelmente, pelo resultado da adição deste nutriente com a adubação e da sua melhor conservação no solo pela proteção propiciada pela cobertura vegetal.



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Figura 19 – Efeito isolado da cobertura vegetal no magnésio extraído da liteira, no Município de Aurora do Pará-Pa.

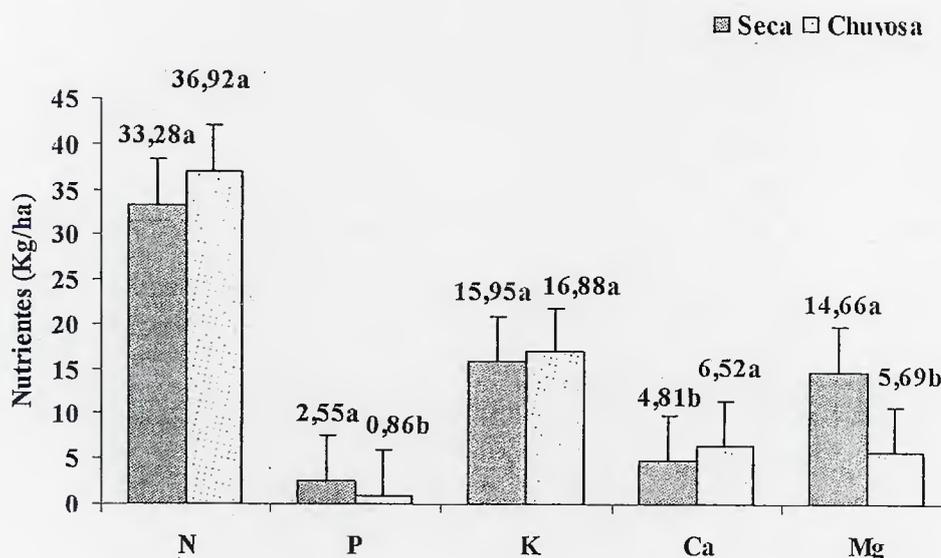
O nitrogênio foi o nutriente com maior participação na ciclagem através da liteira nas coberturas vegetais na seguinte ordem: Pastagem (62%), SAF1 (56%); SAF2 e SAF5 (55%); SAF4 (50%); SAF3 (49%). Na capoeira a maior participação foi do K com 40%, e os menores percentuais foram obtidos para o P, com variação de 1 a 7%, entre as coberturas vegetais.

Concordando com estes resultados, Luizão, et al. (2002), avaliando diferentes modelos de sistemas agroflorestais, obtiveram maiores estoques de N nos sistemas agrossilvipastoril com

cobertura de *Desmodium* e *Brachiaria*, e com os nutrientes extraídos seguindo a seguinte ordem: N>Ca>Mg>K>P, em todos os SAFs estudados. Entretanto, a maioria dos trabalhos publicados evidencia maiores aportes de N, P, K, Ca e Mg, em sistemas agroflorestais, em função da maior reciclagem de minerais fornecidos pela serrapilheira (Mafra, et al., 1998; Nóbrega, et al., 2002; Locatelli, et al., 2002; Hauer, et al., 2002).

Verificou-se efeito isolado da época de coleta nos nutrientes fósforo, cálcio e magnésio da liteira, demonstrados na Figura 20. Em geral os nutrientes N e K foram extraídos em maior quantidade na estação chuvosa (36,92kg/ha; 16,88kg/ha, respectivamente), não sendo observado diferença significativa entre as épocas de coleta.

Houve diferença significativa no fósforo e magnésio entre as estações, com maior valor observado na estação seca 2,55kg/ha e 14,66kg/ha, respectivamente. Entretanto, o cálcio foi significativamente superior na estação chuvosa (6,52 kg/ha). Observou-se redução significativa de 66% e 61% nos teores de fósforo e magnésio, respectivamente, na estação chuvosa. Espindola et al. (2001), observaram flutuações sazonais na produção de fitomassa de pastagem, na quantidade de N, P e K. Também, Teixeira et al. (2001) encontraram maiores quantidades de P, Ca e Mg nos períodos de maior precipitação pluviométrica.



Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada variável não diferem significativamente entre si pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Figura 20 – Efeito da época de coleta nos nutrientes da liteira de SAF's, capoeira e pastagem, no Município de Aurora do Pará-Pa.

## 5 - CONCLUSÕES

- 1) As propriedades químicas do solo foram influenciadas pela cobertura vegetal, com os maiores teores de P, Ca, Mg, matéria orgânica e índices de pH encontrados nos solos dos sistemas agroflorestais.
- 2) As características químicas do solo foram influenciadas pela época de coleta e profundidade de amostragem, com maior acúmulo na estação seca de Ca, Mg, Al e H+Al, e de P, K e pH na estação chuvosa. Em geral os nutrientes foram encontrados em maiores quantidades na camada de 0-5cm, com elevação do pH acompanhando o aumento da profundidade do solo.
- 3) Os teores de carbono da biomassa microbiana e nitrogênio da biomassa microbiana não foram eficientes em demonstrar às alterações ocorridas nos solos nos diferentes sistemas de uso, nas duas épocas de coleta e nas profundidades de amostragem do solo.
- 4) Atividade microbiana, através da respiração basal e do quociente metabólico, quando associados ao carbono e nitrogênio da biomassa microbiana, são considerados como bons indicadores do potencial de funcionalidade dos diferentes arranjos e dos diferentes sistemas de uso, nas duas épocas de coleta e nas profundidades de amostragem do solo.
- 5) A relação C/N indica que a taxa de mineralização dos microrganismos é maior na área de pastagem, tendo sido influenciada pela estação chuvosa e na profundidade de 5-20cm.
- 6) As propriedades biológicas e químicas do solo não são consideradas independentes. As associações entre estes grupos foram estabelecidas, com maior importância relativa, pela influência da respiração basal e nitrogênio da biomassa microbiana com o carbono e nitrogênio do solo.
- 7) O nitrogênio foi o nutriente com maior participação na liteira das coberturas vegetais analisadas. Na capoeira a maior participação foi do K com 40%. Houve efeito da interação época de coleta nos nutrientes da liteira, maiores estoques na estação chuvosa.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O.; DAVIDE, A. C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos, **Ciênc, Agrotec**, Lavras, v.23, n.3, p.617-625, 1999.
- ANDERSON, T. H.; DOMSCH, K. M. The metabolic quotient for CO<sub>2</sub> as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils, **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, p. 393-395, 1993.
- ARAÚJO, J. S.; LIMA, S. P. de. Armazenamento de liteira em diferentes ecossistemas florestais e agroecossistemas na região de Belém, Pará, Brasil. 2000.11f. Monografia (Especialização) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2000.
- ARAÚJO, L. V. C. de; RODRIGUES, L. C. E.; PAES, J. B. Características físico-químicas e energéticas da madeira de nim indiano. **Scientia florestalis**, n. 57, p. 153-159, Jun/2000.
- ASSIS JUNIOR, S. L. de; ZANUNCIO, J. C.; KASUYA, M. C. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Re Árvore**, v.27, n.1, p.35-41, jan./fev. 2003.
- BALOTA, E. L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **R. bras. Ci. Solo**, n. 22, p.641-649, 1998
- BARETTA, C. R. D. M.; Klauberg Filho, O.; AMARANTE, C.V. T. do. Análise multivariada de atributos microbiológico e químicos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. UFSC. no prelo.
- BARROS, A. V. de; OHASHI, S. T.; SILVA, P. T. E. da. Componentes e arranjos de espécies em sistemas agroflorestais praticados por agricultores nipo-brasileiros no município de Tomé-Açu-Pará, In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: EMBRAPA, 2002.CD-Rom.
- BASANTE, F. T.; SILVA JR., M. L. da; MELO, V. S.; COSTA, L. G. da S. Atividade, carbono da biomassa microbiana de latossolo amarelo com diferentes texturas sob floresta nativa e floresta plantada com Eucalipto. In: Seminário de Iniciação Científica da FCAP, 11, 2001, Belém, **Anais ...** Belém:FCAP, 2001.p 52-54.
- BATISTA, T. F. C. Resistência induzida ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King) por Meliáceas resistentes no controle da boca *Hypsipyla grandella* Zeller, 1848 em consórcio e em sistema agroflorestal. 2005. 80 f., Dissertação (Doutorado), UFRA, Belém, 2005.

- BERNARDES, M. S. Recuperação de solo degradado com sistema agroflorestal no extremo sul da Bahia. Disponível em: <http://www.guiabioagri.com.br/Textos/Pesquisa/Recuperacao-de-Solo-Degradado-co>. Acesso em: 7 jul. 2005.
- BITTENCOURT, K. do S. Q. de. **Biomassa Microbiana e matéria orgânica leve em um argissolo vermelho e amarelo sob vegetação de cerrado e de cultivo de grãos em Redenção-Pa.** 2003.119 f Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2003.
- BRASIL, Presidência da República Civil. Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Decreto nº 3.607, de 13 de fevereiro de 2003. Suspende a exploração da espécie mogno (*Swietenia macrophylla* King) no território nacional, pelo período de cento e cinquenta dias, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2003/D4722.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4722.htm). Acesso em: > 24 nov. 2004.
- BRILHANTE, M. de O et al. Avaliação comportamental inicial de espécies madeireiras em sistemas agroflorestais no estado do Acre. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 5, 2004, Curitiba. CD-Rom. Curitiba: EMBRAPA, 2004.
- CARTER, M.R. Microbial biomass as an index for tillage-induced changes in soil biological properties. *Soil Till. Res.*, 7:29-40, 1986.
- CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B. P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **R. bras, Ci, Solo**, v.9, p. 14, 1985,
- COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D. V.; BALOTA, E.L. Atividade microbiana em solos cultivados em sistemas de plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 208, p.84-91, jan.fev.2001.
- COPIJN, A.N. **Agroforestry based ecologically sound agricultural systems**. Leusden; E.T.C Foundation/AME Programme, 1987. 42 p.
- CORRÊA, C. A. Produção de liteira e teores de nutrientes em três ecossistemas na Amazônia Oriental. 1996. 58 f., Dissertação (Mestrado), FCAP, Belém, 1996.
- CORRÊA, M. C. de M. ; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 3, n. 5, p. 1159-1163, 2001.
- DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G, A; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 389-411.
- DUARTE, A. N.; MELO, V. S.; SILVA JUNIOR, M. L. da.; GAZEL, P. E.; SANTOS, M. M. L. S.; SOARES, N. T. Carbono da biomassa microbiana em sistemas agroflorestais sobre podzólico amarelo de Igarapé-Açu-PA. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO**, 29, 2003, Ribeirão Preto. CD-Rom. Ribeirão Preto: UNESP, 2003.

DUBOIS, J. C. L.; VIANA, V. M.; ANDERSON, A. **Manual agroflorestal para a Amazônia**. Rio de Janeiro; REBRAf, 1996. 228 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo. **Manual de métodos de análise de solo**, Rio de Janeiro, 1997, 247 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Alternativas agroflorestais para os sistemas de produção agrícola e pecuária, Rondônia, 2003. Disponível em: [http://www.cpafrro.embrapa.br/Artigos/Altern\\_agr.html](http://www.cpafrro.embrapa.br/Artigos/Altern_agr.html). Acesso em: 20 mai. 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira, 2003. Disponível em: [http://www.cpafrro.embrapa.br/Artigos/sist\\_agro\\_amaz.html](http://www.cpafrro.embrapa.br/Artigos/sist_agro_amaz.html). Acesso em: 17 mai. 2005.

ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da. Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema, **Floresta e Ambiente**. v. 8, n. 1, p. 104-113, 2001.

FALESI, I. C.; GALEÃO, R. R. Recuperação de áreas antropizadas da mesorregião nordeste paraense através de sistemas agroflorestais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.

FEARNSIDE, P. M.; LEAL FILHO, N. Solo e desenvolvimento na Amazônia: lições do projeto dinâmica biológica de fragmentos florestais. 2002. Disponível em: [http://www.philip.inga.gov.br/publ\\_livres/mss%20.pdf](http://www.philip.inga.gov.br/publ_livres/mss%20.pdf). Acesso em: 19 abr. 2006.

FEIGI, B. J.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Balanço de carbono e biomassa microbiana em solos da Amazônia, In: MELO, I. S. de; AZEVEDO, J. L. de. (Ed) **Ecologia microbiana**, Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1998. Cap. 17, p. 423-441.

FERREIRA, C. P.; KATO, O. R.; COSTA, C. A. C. Carbono orgânico, nitrogênio e a razão C/N em solo sob sistemas agroflorestais no nordeste paraense. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 5, 2004, Curitiba. CD-Rom. Curitiba: EMBRAPA, 2004.

GAMA, M. A. P. Dinâmica do fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativos ao de corte e queima no nordeste paraense. 2002. 110 f. Tese Doutorado. ESALQ, Piracicaba, 2002.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L. Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. **R. bras. Ci. Solo**, n. 217 p.1021-1031, 2003.

GAMA-RODRIGUES, E. F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes, In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistema tropicais e subtropicais. Porto Alegre; Gênese, 1999. p. 227-243.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da.; BARROS, N. F. de. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais, **R. bras. Ci. Solo**, n. 21, p.361-365, 1997.

GAMA-RODRIGUES, E. F. da; GAMA-RODRIGUES, A. C. da.; REBOUÇA MACHADO, R. C.; MULLER, M.W. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de cultivo de cacau no sul da Bahia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 5, 2004, Curitiba. CD-Rom. Curitiba: EMBRAPA, 2004.

GAMBOA, I. C. Estudo fitoquímico da raiz de *Toona ciliata* e do cavalo do enxerto de *Toona ciliata/Cedrela odorata*: uma contribuição à quimiosistemática e a ecologia na interação *Hypsipyla/Meliácea*. Disponível em: <http://www.dq.ufscar.br/ppg-Q/histórico/teses/123d.html>, Acesso em: 17 maio. 2005.

GRISI, B. M. Biomassa e a atividade de microrganismos do solo: revisão metodológica, **R. Nord. Biol.** n. 10, p. 1-22, 1995.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH E AGROFORESTRY. Alternatives to Slash & Burn: A global Stragy. Martinique, 1991.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. N. Microbial biomass in soil: measurement and turnover, In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Ed). **Soil Biochemistry**, New York, v.5, p.415-471, 1981,

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos, ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas**: possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Cooperação Técnica, República Federal da Alemanha, Eschborn; 1990. 342p.

LEEUWEN et, al, **Desenvolvimento e avaliação de sistemas agroflorestais para a Amazônia**. Disponível em: [www.mct.gov.br/prog/ppg7/projetos/proj870.pdf](http://www.mct.gov.br/prog/ppg7/projetos/proj870.pdf). Acesso em 4 mar. 2004.

LEITE, J. B. V.; VIRGENS, A. C. Sistemas agroflorestais no Sudeste da Bahia: uma revisão conceitual, In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.

LIEBEREI, R.; GASPAROTTO, L. Sustainable land use systems in Central Amazon rain forests, In: ELBASSAM, W.; BELL, R. K.; PROCHNOW, B. (Ed). **Sustainable agriculture for food, energy and industry**: proceedings, Joshpur: J&J, 1998. p. 1130-1134. International conference, 1997, Braumchweig, Alemanha.

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; SOUZA, V. F. de.; QUISEN, R. C. composição nutricional e serrapilheira em sistema agroflorestal em solo de baixa fertilidade. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.

LOPES. A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações**. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim Técnico, n. 2).

LUIZÃO, F.; LUIZÃO, R.; TAPIAL-CORAL, S.; ALFAIA, S. Estoques de liteira fina e nutrientes sobre o solo de sistemas agroflorestais com diferentes composições de espécies e idades. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. *Anais... Ilhéus*: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.

LUIZÃO, R.; FREITAS, M. de ; LUZIÃO, F. & ALFAIA, S. Nutrientes da camada de liteira, biomassa microbiana e mineralização do nitrogênio nos sistemas agroflorestais do RECA, em Rondônia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. *Anais... Ilhéus*: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.

LUIZÃO, R.C.C.; COSTA, E. S.; LUIZÃO, F.J. Mudanças na biomassa microbiana e nas transformações de nitrogênio do solo em uma sequência de idades de pastagem após a derruba e queima da floresta na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, v. 29, n.1, p. 43-56. 1999.

MACHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W. J. de. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos, *Pesq. Agropec. bras.* Brasília, DF, v.35, n. 6; p 1177-1182. 2000.

MAFRA, A.L.; MIKLÓS, A.A.W.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A.H.; MENDOZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*. v. 22. p. 43-48. 1998.

MARINHO, M. V. Manejo pode ameaçar mogno, diz estudo, *Folha Online-Ciência*, 2003. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u10026.shtml>, 2003, 2p.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa Microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). *R. Bras. Ci. Solo*. V.27 n.3. p. 1-12. 2003.

MARTINEZ, S. S. *O nim – Azadirachta indica*: natureza, usos múltiplos, produção. Instituto agrônômico do Paraná. 2002. 142p.

MELLE, P. M; CARTER, M. R. Effect of climatic factors on the use of microbial biomass as an indicator of changes in soil organic matter, In: MULONGOY, K.; MERCKY, R. (Ed), *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*, New York, John Wiley & Sons, 1993. p. 57-64.

MELO, A. C. G. de; SILVA NETO, P. J. da; MARTINS, A. C. de S. Enfoques sobre cacau em sistemas agroflorestais. In: SILVA NETO, P. J. da; MATOS, P. G. G. de; MARTINS, A. C. de S.; SILVA, A. de P. *Sistema de Produção de Cacau para a Amazônia Brasileira*, Belém: CEPLAC, 2001. p101-109.

MELONI, R. ; PEREIRA, E. G. ; TRANNIN, I. C. B.; SANTOS, D. R. dos.; MOREIRA, F. M. S. ; SIQUEIRA, J. O. Características biológicas de um solo sob mata ciliar e campo cerrado no sul de Minas Gerais. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 25, n. 1, p. 7-13, 2001.

MERCANTE, F. M.; FABRÍCIO, A. C.; GUIMARÃES, J. B. R. Biomassa microbiana como parâmetro indicador de qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo. Dourado-MS: Embrapa, 2000, 5p. (Comunicado Técnico, n. 27)..

MONTEIRO, M. T. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana: Indicadores da qualidade do solo e da serrapilheira em sítios florestais do norte fluminense, Campos dos Goytacazes,. 2001. 77 f. **Dissertação (Mestrado)**. UENF, 2001.

MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. **Pesq. agropec. bras.** Brasília-DF, v. 39, n. 11, p. 1103-1110, 2004.

MÜLLER, A. A. Produção de liteira e retorno de fósforo, potássio, cálcio e magnésio ao solo em agrossistema de cacau e em regeneração natural. 1986. 72 f. **Dissertação (Mestrado)**, INPA/FUA, Manaus, 1986.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1993. 499 p.

NAIR, P. K. R.; BURESH, R. J.; MUGENDI, D. N.; LATT, C. R. Nutrient cycling in tropical agroforestry systems: myths and science, In: BUCK, L. E.; LASSOIE, J. P.; FERNANDES, E. C. M. (Ed), **Agroforestry in sustainable agricultural systems**. Washington, D.C. CRC Press, 1999. p. 1-31. (Advances in agroecology).

NDAW, S. M.; GAMA RODRIGUES, E.F.da; ROSADO, A. S. Influência da qualidade nutricional e orgânica da serrapilheira sobre a atividade e biomassa microbiana. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO**, 29, 2003, Ribeirão Preto. CD-Rom. Ribeirão Preto: UNESP, 2003.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; MACEDO, R. L. G. Carbono orgânico e carbono da biomassa microbiana em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região nordeste do estado de Minas Gerais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO**, 29, 2003, Ribeirão Preto. CD-Rom. Ribeirão Preto: UNESP, 2003.

OLIVEIRA NETO et. alli, Impacto ambientais das atividades agrosilvipastoris sobre ecossistemas amazônicos e opções de sustentabilidade. Disponível em: [http://www,mct.gov.br/proj/ppg7/projetos/proj\\_841.pdf](http://www,mct.gov.br/proj/ppg7/projetos/proj_841.pdf), 14p. Acesso em: 11 jul 2005.

OLIVEIRA, J. R. A.; MENDES, I. C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: Avaliação dos métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração. **R. bras. ci. Solo.** n. 25. p.863-871, 2001.

PEREIRA, R. S.; FERNANDES, V. T. Comportamento ecofisiológico do Mogno (*Swietenia macrophylla*, King), no município de Miguel Pereira-RJ, **Floresta e Ambiente**, v 5, n 1, p. 139-145, 1998.

PEREIRA, W. L. M. ; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. Propriedades químicas de um latossolo amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental. **Sci. Agric**, v 57, n.3, 2000. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid). Acesso em: 25 abr. 2006.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M.L.G.; MCMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesq. Agropec. bras.** Brasília, DF, v.40, n. 2, p 137-144. 2005.

PEZZATTO, A. W. Composição florística e ciclagem de macronutrientes em diferentes seres sucessionais nas margens de reservatório de hidrelétrica no oeste do Paraná. 2004. 100 f., Dissertação (Mestrado), UFPR, Curitiba, 2004.

PINHEIRO, A. L.; LANI, J. L.; COUTO, L. **Cedro-australiano: cultivo e utilização (Toona ciliata M, Roem, Var, australis (F,Muell.) Bahadur.** Viçosa: UFV. 2003. 42 p.

PLANETA ORGÂNICO: insumos agroecológicos . Outros usos potenciais do nim. 2004. Disponível em <http://www.planetaorganico.com.br/nim2.htm>. Acesso em: 17 maio. 2005.

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

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. 9 ed. São Paulo, Nobel,1990. 549p.

QUISEN, R. C.; SOUZA, V. F.; CASTILLA, C. Avaliação da biomassa e conteúdo de nutrientes em liteira em sistema agroflorestal em solo baixa fertilidade. In: **CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL**, 3. 1996, Brasília, DF. Resumos...Brasília, DF: UNB: Sociedade de Ecologia do Brasil, 1996. 90 p.

RADIOBRÁS: Árvore indiana adaptada ao Brasil tem aproveitamento de 100%. Disponível em: [http://www.radiobras.gov.br/ct/2001/materia\\_230301\\_4.htm](http://www.radiobras.gov.br/ct/2001/materia_230301_4.htm). Acesso em: 17 maio 2005.

RAIJ, B. V. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Agronômica Ceres, **Potafos**, 1991. 343 p.

REVISTA AMAZÔNIA. Reflorestamento: Nim – mais uma boa opção, jan. 2004. Disponível em <http://www.amazonia.com.br>. Acesso em: 27 jan 2004.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e sócio-econômicos. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. Anais... Ilhéus: EMBRAPA, 2002.CD-Rom.

RODRIGUES, E. R.; SILVA, I. C.; BELTRAME, T. P. Avaliação sócio-econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de área de reserva legal e assentamento de reforma agrária na Região do Paranapanema, São Paulo. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**, 4, 2002, Ilhéus. Anais... Ilhéus: EMBRAPA, 2002.CD-Rom.

ROZANSKI, A. A.; FIGUEIREDO, S. R.; BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; KLAUBERG, F. O.; MALUCHE, C. R. D.; MANFROI, A. F. Biomassa Microbiana em mata nativa, floresta de pinus campo nativo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO**, 29, 2003, Ribeirão Preto. CD-Rom. Ribeirão Preto: UNESP, 2003.

RUIVO, M, de L, P. **Vegetação características do solo como indicadores de reabilitação de áreas mineradas na Amazônia Oriental**. 1998. 100 f. Tese (Doutorado). UFV, 1998.

SANCHES, A. C.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A; RIGOLIN, A. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um podzólico vermelho-amarelo. **R. bras. ci. Solo**. n. 23, p 91-99, 1999.

SANTOS, M. J. C. dos. **Viabilidade econômica em sistemas agroflorestais no estado do Amazonas: um estudo de caso**. 2004. 158 f. Tese (Doutorado). UFV. 2004.

SILVA JUNIOR, M. L. da.; MELO, V. S. de.; MORAIS, F. I. de O.; CHAVES, L. C. da S.; SOARES, N. T. Atividade e carbono orgânico e carbono da biomassa microbiana como indicadores da qualidade de um latossolo amarelo do sudeste paraense sob mata explorada, cultivo de grãos e pastagem. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO**, 29, 2003, Ribeirão Preto. CD-Rom. Ribeirão Preto: UNESP, 2003.

SILVA NETO, P. J.; MELO, A. C. G. de; COSTA, F. C. de M. da. Avaliação do sistema agroflorestal cacauero (*Theobroma cacao* L.) e mogno (*Swietenia macrophylla*) em Medicilândia-PA. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**, 4, 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.

SILVA, G. R. da.; SILVA JUNIOR, M. L. da.; MELO, V. S. de. Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do estado do Pará. No prelo.

SOUSA, S. G. A; RODERJAN, C. V. Avaliação preliminar da produção de liteira em floresta ombrófila mista aluvial, rio Barigüi, Araucária-PR, <http://www.floresta.ufpr.br/online/c1.htm>, Capturado em 04/03/2004.

SOUZA, M. S. de.; MENDES, A. M. Avaliações de indicadores de sustentabilidade do solo em latossolo vermelho amarelo na Amazônia Ocidental. Disponível em: <http://www.adaltech.com.br/evento/museogoldi/resumos/r1155-2.htm>, Acesso em : 17 fev 2004.

SOUZA, V. V. de; PINHO, R. C. de; JUCKSCH, I. Produção e composição de serrapilheira em um sistema agroflorestal com café (*Coffea arabica*) em Viçosa-MG. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS**, 4, 2002, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de; MARTINS, P. F. S. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes, **Revista de Ciências Agrárias do Pará**, Belém, 2001, n, 36, 19-27 p.

THEODORO, V. C. de A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; MOURÃO JUNIOR, M. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob mata nativa e sistemas de produção orgânico, em conversão do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na região sul de Minas Gerais. Abr. 2002. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/trabVanessa1.htm>. Acesso em: 25 abr 2006.

TOCANTINS, Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado do Tocantins. Nim (Neem) *Azadirachta indica* A. Juss. Disponível em: <http://www.seagro.to.gov.br/v-dicas.php?id=5265>. Acesso em: 17 mai 2005.

TOMÉ Jr., J. B. Manual para interpretação de análise de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. et al. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal com toona (*Toona ciliata*) e cafeeiro (*Coffea arabica*) implantado na região da zona da mata de Minas Gerais: Um estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4, 2002, Ilhéus. Anais... Ilhéus: EMBRAPA, 2002. CD-Rom.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO<sub>2</sub> e N mineral de um podzólico vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **R. bras. ci. Solo**, n. 24, p 35-42, 2000.

VAN LEEUWEN, J.; GOMES, J. B. M.; MENEZES, J. M. T. et al. **Desenvolvimento e Avaliação de Sistemas Agroflorestais para a Amazônia.**

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 19, n.6, p. 703-707, 1987.

VASCONCELOS, C. A.; CAMPOLINA, D. C. A.; SANTOS, F. G. Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **R. bras. ci. Solo**, n. 23, p. 67-77, 1999.

VASCONCELOS, L. G. T. R. Biomassa microbiana de um solo sob vegetação secundária na Amazônia Oriental. 2002. 80 f. FCAP, Dissertação (Mestrado), FCAP, Belém, 2002.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Valores do teste F e os respectivos níveis de significância de atributos químicos do solo sob diferentes coberturas vegetais, estação de coleta e profundidade de amostragem, em um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.

Fonte de Variação	GL	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	pH
Época de Coleta (E)	1	85,51*	3,07 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	14,53 <sup>NS</sup>	73,97 <sup>NS</sup>	32,60*	66,68*
Cobertura Vegetal (C)	6	13,21*	7,82 <sup>NS</sup>	8,69 <sup>NS</sup>	5,10 <sup>NS</sup>	27,99 <sup>NS</sup>	14,33*	14,19*
Profundidade (P)	1	49,58*	54,60 <sup>NS</sup>	82,80*	9,96 <sup>NS</sup>	38,09 <sup>NS</sup>	1,99 <sup>NS</sup>	68,36*
E x C	6	2,73 <sup>NS</sup>	5,15 <sup>NS</sup>	5,65 <sup>NS</sup>	1,31 <sup>NS</sup>	30,57 <sup>NS</sup>	4,41 <sup>NS</sup>	4,28 <sup>NS</sup>
E x P	1	3,41 <sup>NS</sup>	1,27 <sup>NS</sup>	0,03 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,17 <sup>NS</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,62 <sup>NS</sup>
C x P	6	1,36 <sup>NS</sup>	1,78 <sup>NS</sup>	6,99 <sup>NS</sup>	1,08 <sup>NS</sup>	2,17 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>
E x C x P	6	0,09 <sup>NS</sup>	1,57 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>	0,41 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	0,54 <sup>NS</sup>	0,38 <sup>NS</sup>
Resíduo	56							
Média Geral		2,47	0,58	1,09	0,44	0,30	3,62	5,11
C. V (%)		25,15	29,74	21,86	29,34	29,18	14,32	2,90

Obs: NS = não significativo; \* = significativo(5% de probabilidade); \*\* = altamente significativo (1% de probabilidade).

APÊNDICE B – Valores do teste F e respectivos níveis de significância para os atributos biológicos de solos sob diferentes coberturas vegetais, época de coleta e profundidade de amostragem, em um Latossolo Amarelo, no Município de Aurora do Pará-PA.

Fonte de Variação	GL	NBM	CBM	CO <sub>2</sub>	qCO <sub>2</sub>	C	N	NBM/N	CBM/C	C/N
Época de Coleta (E)	1	31,54 <sup>NS</sup>	9,22 <sup>NS</sup>	442,16*	48,39**	55,16**	0,52 <sup>NS</sup>	13,37*	1,67 <sup>NS</sup>	21,85*
Cobertura Vegetal (C)	6	20,21 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	23,23*	1,11 <sup>NS</sup>	6,25**	9,54 <sup>NS</sup>	3,31*	0,44 <sup>NS</sup>	3,19*
Profundidade (P)	1	13,91 <sup>NS</sup>	1,18 <sup>NS</sup>	4,07**	0,00 <sup>NS</sup>	6,42**	3,41 <sup>NS</sup>	0,20 <sup>NS</sup>	0,02 <sup>NS</sup>	0,67 <sup>NS</sup>
E x C	6	9,54 <sup>NS</sup>	4,89 <sup>NS</sup>	14,35*	4,53*	0,92*	4,89 <sup>NS</sup>	2,32*	4,79*	4,44**
E x P	1	3,59 <sup>NS</sup>	1,12 <sup>NS</sup>	12,34**	3,26*	0,89*	0,25 <sup>NS</sup>	0,01*	0,02 <sup>NS</sup>	1,00*
C x P	6	12,87 <sup>NS</sup>	0,84 <sup>NS</sup>	4,42**	0,40*	0,50*	6,32 <sup>NS</sup>	1,77*	0,43 <sup>NS</sup>	6,10**
E x C x P	6	1,35 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	0,56 <sup>NS</sup>	1,10 <sup>NS</sup>	3,11 <sup>NS</sup>	1,77 <sup>NS</sup>	0,57 <sup>NS</sup>	1,16 <sup>NS</sup>
Resíduo	56									
Média Geral		0,14	0,38	224,68	31,29	7,61	0,56		5,26	5,26
C. V (%)		22,81	32,14	19,43	70,55	18,41	23,46		34,09	34,09

Obs: NS = não significativo; \* = significativo(5% de probabilidade); \*\* = altamente significativo (1% de probabilidade).

APÊNDICE C – Valores do teste F e respectivos níveis de significância dos nutrientes da liteira do solo sob diferentes coberturas vegetais, épocas de coleta e profundidades de amostragem, Município de Aurora do Pará-PA.

Fonte de Variação	GL	N	P	K	Ca	Mg
Época de Coleta (E)	1	18,30 <sup>NS</sup>	6,36*	7,81 <sup>NS</sup>	16,02*	9,87*
Cobertura Vegetal (C)	6	2,04*	27,72*	0,20*	8,47*	60,26*
E x C	6	19,82 <sup>NS</sup>	7,26 <sup>NS</sup>	24,36 <sup>NS</sup>	6,53 <sup>NS</sup>	6,95 <sup>NS</sup>
Resíduo	28					
Média Geral		35,10	1,70			10,18
C. V (%)		23,57	60,63			36,78

Obs: NS = não significativo; \* = significativo (5% de probabilidade); \*\* = altamente significativo (1% de probabilidade).