



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO AGROPECUÁRIO  
NÚCLEO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR  
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**CURSO DE MESTRADO EM AGRICULTURAS FAMILIARES E  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**ANDERSON BORGES SERRA**

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DO SOLO EM  
SISTEMAS ALTERNATIVOS AO USO DO FOGO, BASEADOS  
NOS PRINCÍPIOS DA AGROECOLOGIA, DESENVOLVIDOS  
POR AGRICULTORES FAMILIARES NA REGIÃO DA  
RODOVIA TRANSAMAZÔNICA – OESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Pará e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.  
Orientadora: Profa. Dra. Tatiana Deane de Abreu Sá

**BELÉM**

**2005**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) –  
Biblioteca Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural / UFPA, Belém-PPA**

---

Serra, Anderson Borges

Indicadores de sustentabilidade do solo em sistemas alternativos: ao uso do fogo, baseados nos princípios da agroecologia, desenvolvidos por agricultores familiares na região da Rodovia Transamazônica / Anderson Borges Serra; orientadora, Tatiana Deane de Abreu Sá - 2005

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Pará, Centro de Agropecuário, Programa de Pós-Graduação em Agriculturas Amazônicas, Belém, 2005

1. Agricultura familiar – Rodovia Transamazônica (Brasil). 2. Ecologia agrícola – Rodovia Transamazônica (Brasil). 3. Solos – Manejo – Rodovia Transamazônica (Brasil). I Título.

---

CDD – 22.ed. 338.10981155



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CENTRO AGROPECUÁRIO  
NÚCLEO DE ESTUDOS INTEGRADOS SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR  
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA –  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**CURSO DE MESTRADO EM AGRICULTURAS FAMILIARES E  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**ANDERSON BORGES SERRA**

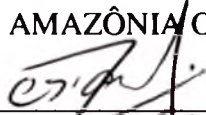
**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DO SOLO EM  
SISTEMAS ALTERNATIVOS AO USO DO FOGO, BASEADOS  
NOS PRINCÍPIOS DA AGROECOLOGIA, DESENVOLVIDOS  
POR AGRICULTORES FAMILIARES NA REGIÃO DA  
RODOVIA TRANSAMAZÔNICA – OESTE DO PARÁ.**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agriculturas Familiares e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Pará e da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Amazônia Oriental, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Data de defesa: 25 de agosto de 2005.

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Dra. Tatiana Deane de Abreu Sá (orientadora)  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Cláudio José Reis de Carvalho  
(examinador)  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Gládis Ferreira (examinadora)  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL

*Homenagem*

*Ademir Alfeu Federicci – “Dena”*

Agricultor de Medicilândia – Coordenador do MPTX  
Denunciou esquemas de desvios de verbas da SUDAM  
Liderou processo de discussão sobre UHE-Belo Monte  
Assassinado em agosto de 2001.

*Bartolomeu Morais da Silva – “Brasília”*

Agricultor de Castelo dos Sonhos - Altamira – Dirigente Sindical  
Denunciou trabalho escravo, grilagem de terra e assassinato de agricultores  
Assassinado julho de 2002

*Dorothy Mãe Stang – “Irmã Dorothy”*

Missionária religiosa da Igreja católica no Arapu  
Liderou resistência à grilagem de terras,  
Idealizou modelo de assentamento para produtores familiares  
Assassinada fevereiro em 2005

Almas generosas que eu tive o prazer de conhecer  
Lutavam por uma Transamazônica para todos e para sempre,  
Pelo desenvolvimento da agricultura familiar  
Mas tiveram suas vidas interrompidas pela barbárie

*Dedicatória.*

A Raí, minha mãe, pelos ensinamentos.

Ao Clóvis, meu pai, pelo exemplo de bom homem.

A Oziane, minha irmã, pelo carinho que tem por mim.

Ao Raphael, meu irmão, pelo companheirismo enquanto estive morando em Belém.

Ao Monteiro, meu amigo, pelas lições de vida.

A Fabiana Nunes, minha namorada, pelo companheirismo e amizade.

Aos agricultores de Medicilândia, pela iniciativa de experimentar os sistemas de Roça Sem Queimar.

## AGRADECIMENTOS.

A CAPES, pela concessão da Bolsa de Estudos, que permitiu minha estadia em Belém.

Ao mandato do Deputado Airton Faleiro, que me concedeu apoio financeiro para compra de reagentes e pagamento de assessoria na realização dos trabalhos de laboratório.

A Fundação Viver, Produzir e Preservar, pela ajuda logística e financeira para realização dos trabalhos de campo, viagens para Medicilândia e Uruará.

A Professora Tatiana Deane de Abreu Sá, que desde o início do curso tem me orientado para os trabalhos e me animado com votos de entusiasmo e perseverança.

Ao Dr. Cláudio José Reis de Carvalho, em especial, pelo apoio em todo o processo de análise dos dados, nas orientações do trabalho.

Aos amigos Raimundo Parente, Bruno Serrão e Lívia Vasconcelos, pelas orientações em todo o processo de construção do trabalho, nas análises estatísticas e nas reflexões sobre os resultados encontrados.

Ao Sr. Monteiro e Sr. Benvindo, de Medicilândia e Uruará, respectivamente, por concordarem em ceder suas propriedades para coleta de solos, e na descrição das práticas adotadas nas áreas.

Aos Jovens Aristeu e César, pelas contribuições nas coletas de solo, respectivamente em Medicilândia e Uruará.

Ao pessoal do laboratório da Embrapa, Ivanildo Trindade, Cleo Marcelo orientações e contribuições na análise dos dados.

A Tereza Primo e Ronaldo Oliveira, em especial, pela contribuição nas análises laboratoriais.

Ao Gabriel Medina, amigo de longas datas, pelo companheirismo, enquanto estive em Belém.

Aos amigos Allan Messias e Leandro Castro, companheiros de residência, pelos momentos de descontração em nossa residência aqui em Belém.

*"O tempo está comprovando que a crise ambiental é, efetivamente, uma crise civilizatória e que o movimento agroecológico se inscreve no que podemos qualificar como uma grande transformação, que talvez leve a reverter o processo e as inércias que desembocam no holocausto ecológico através da idéia do progresso e do crescimento sem limites. Para isso, será necessário construir uma racionalidade ambiental que incorpore um novo modelo de produção, fundado nos princípios da produtividade neguentrópica. Isso deverá de conduzir a uma regularização da vida que reverta as inércias que estão levando para uma hiperurbanização. Para isso, a ciência e as técnicas da Agroecologia devem articular-se a uma nova teoria da produção e a novas técnicas produtivas; à construção de um mundo no qual predomine o ser das coisas sobre sua utilidade mercantil, onde se revalorize a terra e o trabalho e onde o ser humano possa reconhecer-se em seus saberes e no sentido de suas ações".*

**Enrique Leff, 2002.**

## RESUMO

A agricultura é uma atividade antrópica essencial para toda e qualquer sociedade, independente do nível de desenvolvimento. A grande questão contemporânea é saber como mantê-la produtiva sem afetar drasticamente os diferentes ecossistemas terrestres. O solo pode ser considerado a base de sustentação dos sistemas agrícolas. Assim, perdas nas propriedades, que reduzam a capacidade de sustentar o crescimento vegetal ou que impliquem riscos ambientais, causam impacto negativo de grande significação para as comunidades rurais, com repercussões no meio urbano. Entre os fatores que tornam o solo insustentável em termos produtivos e ambientais, está o uso do fogo como forma de limpeza das áreas para a implantação de cultivos agrícolas. O fogo, uma das mais antigas tecnologias incorporadas aos sistemas de produção, é utilizado até os dias atuais, por facilitar a limpeza da área e por tornar os nutrientes da vegetação prontamente disponíveis para a fase de cultivo, através das cinzas. Apesar disso, constitui grande problema devido aos seus efeitos negativos. Foi dentro desse contexto, que um grupo de agricultores familiares, sob articulação de uma organização regional, a Fundação Viver, Produzir e Preservar, resolveu iniciar uma experiência objetivando testar práticas de implantação de sistemas agrícolas sem o uso de fogo, pretendendo manter a fertilidade do solo. Esses sistemas alternativos, que se convencionou chamar de "Roça Sem Queimar", são caracterizados pela implantação de Sistemas Agroflorestais baseados nos princípios da agroecologia. O presente estudo busca entender de que forma esses "sistemas de roça sem queimar", podem influenciar na manutenção da sustentabilidade do solo, perpetuamente sua capacidade de colheita e remoção da biomassa dos sistemas. Para tanto, foram estudados como indicadores de sustentabilidade do solo alguns atributos ligados à Matéria Orgânica e a Biomassa Microbiana do solo, por haver uma crescente percepção de considerá-los indicadores de sustentabilidade. Foram feitas coletas de solo nos municípios de Medicilândia e Uruará, no final do período seco, janeiro de 2005, nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30. Os sistemas escolhidos para serem acompanhados tinham como componente principal o cacau, por ser uma cultura importante economicamente na região Transamazônica e Xingu. Os resultados mostraram que o estoque de serrapilhira no solo, a biomassa microbiana de carbono, os teores de carbono orgânico e nitrogênio total, a respiração basal e os índices derivados (relação carbono orgânico / nitrogênio total, relação carbono microbiano / carbono orgânico e quociente metabólico) dos solos estudados mostraram-se indicadores sensíveis às alterações ocorridas no solo nos manejos estudados. Os dados permitem dizer que os agroecossistemas de "roça sem queimar", são capazes de estocar grandes quantidades de material orgânico, com tendência para estoque de carbono e manutenção da fertilidade do solo, tornando-se, portanto, uma prática agrícola promissora para o desenvolvimento da agricultura familiar em bases sustentáveis.

**PALAVRAS CHAVES:** Alternativa ao uso do fogo. Indicadores de sustentabilidade do solo. Matéria orgânica do solo.

## ABSTRACT

Agriculture is a human activity essential for society, for all level of development. The big question today is how to keep it productive without dramatically affecting the various terrestrial ecosystems. Soil can be considered the basis for sustaining agricultural systems. Thus, losses in properties, which reduce the ability to sustain plant growth or that involve risks, negative impact of great significance to rural communities, with repercussions on the urban environment. Among the factors that make the land productive and unsustainable in environmental terms, is the use of fire as a way of cleaning the areas for implementation of agricultural crops. The fire, one of the oldest technologies incorporated into production systems, is used to this day, for easy cleaning of the area and make the nutrients readily available to the vegetation stage of cultivation, through the ashes. Nevertheless, it is major problem due to its negative effects. It was within this context that a group of farmers under the articulation of a regional organization, the Foundation Live, Produce and Preserve, decided to begin an experiment aimed at testing practical implementation of agricultural system without using fire, intending to maintain soil fertility. These alternative systems, so-called "Roca Without Burning," are characterized by the implementation of agroforestry systems based on the principles of agroecology. This study seeks to understand how these "systems of farm without burning, can influence the maintenance of sustainability of the soil, its ability to perpetually harvest and renewal of biomass systems. For both, were studied as indicators of sustainability of some attributes related to soil organic matter and soil microbial biomass, because there is a growing perception consider them indicators of sustainability. Soil samples were made in the municipalities of Medicilândia Uruará and at the end of the dry season, January 2005, at depths 0-5, 5-10, 10-20 and 20-30. The systems were chosen to be monitored as the main component of cocoa to be an economically important crop in the Tran-region. The results showed that the stock of litter in soil microbial biomass carbon, soil organic carbon and total nitrogen, basal respiration and derived indices (ratio organic carbon / total nitrogen, compared microbial carbon / organic carbon and metabolic quotient) indicators studied are not sensitive to changes in soil management system. The data support the idea that the agroecosystems of "slash without burning," are capable of storing large amounts of organic material, with a tendency for carbon storage and maintenance of fertility soil, making it therefore a promising agricultural practice for the development of family farming on a sustainable basis.

**KEYWORDS:** Alternative to Slash and burn. Indicators of soil sustainability. Soil organic matter.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01:	Mapa da região Transamazônica e Xiingu, municípios de atuação da FVPP.	16
FIGURA 02:	Broca da área e plantio de leguminosa ((mucuna-preta) no 1º. Ano	17
FIGURA 03:	Roço em trilha e plantio da cultura definitiva (cacau) no 2º. Ano	17
FIGURA 04	Derrubada e trituração manual da área ((facão, foice e motosserra)	17
FIGURA 05	Derrubada e trituração manual da área (facão, foice e motosserra) (b).	17
FIGURA 06	Mapa de localização das áreas onde foram feitas as coletas de campo. Município de Uruará e Medicilândia	19
FIGURA 07	Temperatura e umidade nos municípios de Uruará e Medicilândia	20
FIGURA 08	Área preparada sem fogo – “entrelinha da cultura”	21
FIGURA 09	Área preparada sem fogo – local sob a “projeção da copa” do cacau	23
FIGURA 10	Área preparada com fogo – “entrelinha da cultura”	24
FIGURA 11	Área preparada com fogo – local sob a “projeção da copa” do cacau	24
FIGURA 12	Área preparada sem fogo – vista panorâmica do sistema (a)	24
FIGURA 13	Área preparada sem fogo – vista panorâmica do sistema (b)	24
FIGURA 14	Coleta de serrapilheira e interface do solo (a)	26
FIGURA 15	Coleta de serrapilheira e interface do solo (b)	26
FIGURA 16	Coleta de solos (a)	26
FIGURA 17	Coleta de solos (b)	26
FIGURA 18	Croqui da área.	27

## LISTA DE SIGLAS

BMS – Biomassa Microbiana do Solo

CEPLAC – Comissão Executiva da Lavoura Cacaueira

Cmic – Carbono da Biomassa Microbiana

Corg – Carbono orgânico do solo

CQ-TR – Área com queima em solo terra roxa

DA – Densidade Aparente

ES – Estoque de serrapilheira

F – Fumigado

FE – Fumigação Extração

FI – Fumigação Incubação

FVPP – Fundação Viver, Produzir e Preservar.

ha – Hectares

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

Kg – Quilograma

M-LA – Área de mata em solo latossolo amarelo.

MOS – Matéria orgânica do solo

MPST – Movimento Pela Sobrevivência da Transamazônica e Xingu

MT – Estado do Mato Grosso

MT-DNIT – Ministério dos Transportes – Departamento Nacional de Infra-estrutura

M-TR – Área de mata em solo terra roxa

PA – Estado do Pará

NF – Não-fumigado

Ntotal – Nitrogênio total do solo

ONGs – Organizações Não-Governamentais

RESP – Respiração basal

RSQ – Roça Sem Queimar

SAF – Sistema Agroflorestal

SQ – LA – Área sem queima em solo latossolo amarelo

SQ-TR – Área sem queima em solo terra roxa

STR – Sindicato de Trabalhadores Rurais.

TRBM – Taxa de respiração específica da biomassa microbiana

µg – Micrograma

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2 OBJETIVOS</b>	1
2.1 OBJETIVO GERAL	1
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b>	1
3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, AMAZÔNIA E AGRICULTURA FAMILIAR – UM RETROSPECTO NECESSÁRIO	1
3.2 AGRICULTURA FAMILIAR COMO BASE PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AMAZÔNIA	2
3.3 O SURGIMENTO DO PROJETO ROÇA SEM QUEIMAR NA TRANSAMAZÔNICA E XINGU	2
3.4 PROJETO ROÇA SEM QUEIMAR: UMA EXPERIÊNCIA À LUZ DOS PRINCÍPIOS DA AGROECOLOGIA	30
<b>3.4.1 Formas e práticas para preparo da área em sistema de roça sem queima.</b>	31
3.5 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DO SOLO NO CONTEXTO DO PROJETO ROÇA SEM QUEIMAR	31
<b>3.5.1 Estoque de serrapilheira no Solo</b>	33
<b>3.5.2 Matéria Orgânica do Solo</b>	39
<b>3.5.3 Carbono da Biomassa Microbiana do Solo</b>	41
<b>3.5.4 Atividade Microbiana - Respiração Basal</b>	42
<b>3.5.5 Carbono Orgânico do Solo</b>	42
<b>3.5.6 Nitrogênio Total do solo</b>	44
<b>3.5.7 Índices derivados</b>	45
3.5.7.1 Relação Carbono Microbiano / Carbono orgânico	45
3.5.7.2 Relação Carbono Orgânico / Nitrogênio total	46
3.5.7.3 Quociente metabólico - Taxa de respiração específica	46
<b>4 MÉTODOS</b>	47
4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA	47
<b>4.1.1 Localização</b>	47
<b>4.1.2 Clima</b>	47
<b>4.1.3 Vegetação e Solo</b>	48
<b>4.2 Caracterização e histórico das parcelas estudadas</b>	50
<b>4.2.1 Apresentação visual das áreas estudadas.</b>	51
4.3 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS NO CAMPO	53
4.4 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO	56

<b>4.4.1 Características químicas e granulométricas do solo</b>	5
<b>4.4.2 Estoque de serrapilheira</b>	5
<b>4.4.3 Matéria orgânica</b>	5
<b>4.4.4 Carbono orgânico do solo</b>	5
<b>4.4.5 Nitrogênio total do solo</b>	5
<b>4.4.6 Conversão dos dados para estoque / área (MOS, C<sub>org</sub>, N<sub>total</sub>).</b>	5
<b>4.4.7 Carbono Biomassa Microbiana do solo</b>	5
<b>4.4.8 Respiração basal da biomassa microbiana do solo</b>	5
<b>5.1 SOLO DE MEDICILÂNDIA (ÁREA SEM QUEIMA – SQ-TR, COM QUEIMA CQ-TR E MATA M-TR).</b>	6
<b>5.1.1 Estoque de serrapilheira (ES) – Matéria Orgânica do Solo (MOS).</b>	6
<b>5.1.2 Carbono orgânico do solo (C<sub>org</sub>) – Nitrogênio total do solo (N<sub>total</sub>) – Relação Carbono orgânico e Nitrogênio total (C<sub>org</sub> / N<sub>total</sub>).</b>	6
<b>5.1.3 Carbono da biomassa microbiana (C<sub>mic</sub>) – Relação Carbono microbiano e carbono orgânico (C<sub>mic</sub> / C<sub>org</sub>) – Respiração Basal (Resp ) – Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>).</b>	6
<b>5.2 SOLO DE URUARÁ – (ÁREA SEM QUEIMA – SQ-LA, E ÁREA DE MATA – M-LA)</b>	7
<b>5.2.1 Estoque de serrapilheira (ES) – Matéria orgânica do solo (MOS).</b>	7
<b>5.2.2 Carbono orgânico do solo (C<sub>org</sub>) – Nitrogênio total do solo (N<sub>total</sub>) – Relação Carbono orgânico e nitrogênio total (C<sub>org</sub>/N<sub>total</sub>)</b>	7
<b>5.2.3 Carbono da biomassa microbiana (C<sub>mic</sub>) – Relação Carbono microbiano e carbono orgânico (C<sub>mic</sub> / C<sub>org</sub>) – Respiração Basal (Resp ) – Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>).</b>	7
<b>6. CONCLUSÕES</b>	7
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	7

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade antrópica essencial para toda e qualquer sociedade, independente do nível de desenvolvimento. A grande questão contemporânea é saber como mantê-la produtiva sem afetar drasticamente os diferentes ecossistemas terrestres (GUALBERTO et al., 2003).

O desenvolvimento da agricultura nos ambientes tropicais evoluiu à custa da deteriorização progressiva dos recursos naturais, em função da perda da biodiversidade associada à remoção da vegetação original e conseqüente degradação do solo, em função da redução da fertilidade e aumento da erosão. A definição de um manejo sustentável requer o entendimento do funcionamento do ecossistema em resposta às práticas agrícolas utilizadas, tanto no que diz respeito à produção, quanto no que envolve o ambiente.

O solo pode ser considerado a base de sustentação dos sistemas agrícolas. Assim, perdas nas propriedades, que reduzam a capacidade de sustentar o crescimento vegetal ou que impliquem riscos ambientais, causam impacto negativo de grande significação para as comunidades rurais com repercussões no meio urbano. Por outro lado, a melhoria do ambiente edáfico em efeitos positivos sobre todo o ambiente, revestindo de grande importância o conhecimento da qualidade do solo e sua quantificação via indicadores físicos, químicos e biológicos (REICHERT et al., 1990).

São vários os fatores que contribuem para a degradação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como por exemplo, i) retirada da vegetação nativa (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 2000); ii) cultivo contínuo e intensivo (PAIVA et al., 2001); iii) retirada dos nutrientes do sistema pelas colheitas sucessivas (ALVIN, 1989); iv) sistemas de cultivo com revolvimento do solo (GONÇALVES; CERETTA, 1999); v) uso da mecanização (ALVARENGA; DAVIDE, 1999).

Entre os fatores que tornam o solo insustentável em termos produtivos e ambientais está o uso do fogo como forma de limpeza das áreas para a implantação de cultivos agrícolas (FEARNSIDE, 1993; HOMMA, 1998; NEPSTAD et al., 1999).

O fogo, uma das mais antigas tecnologias incorporadas aos sistemas de produção utilizado até os dias atuais, por facilitar a limpeza da área e por tornar os nutrientes da vegetação prontamente disponíveis para a fase de cultivo, através das cinzas. Apesar de constituir grande problema devido aos seus efeitos negativos (CERRI et al., 1985; EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2002; KATO; KATO, 1999).

Para a agricultura, os principais efeitos negativos da queima da vegetação durante a fase de preparo da área para o plantio são as perdas de nutrientes retidos na biomassa da vegetação, que atingem valores de 96% do nitrogênio, 47,77% do fósforo, 48% do potássio, 35% do cálcio, 40% do magnésio e 76% do enxofre, comprometendo a sustentabilidade do sistema de produção da agricultura familiar (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2002).

Na região Amazônica, o uso do fogo além do imediato comprometimento da fertilidade do solo ganha maior repercussão pelo impacto ambiental causado, pois com o desmatamento que o antecede, contribui para a diminuição da biodiversidade da floresta amazônica (FEARNSIDE, 2003), e é responsável pela emissão de gases formadores do efeito estufa, quando da queima do material vegetal restante (NEPSTAD, 2002).

Foi dentro desse contexto, que na região da BR-230, Rodovia Transamazônica, Estado do Pará, no município de Medicilândia, um grupo de agricultores familiares, sob a articulação de uma organização regional, a Fundação Viver, Produzir e Preservar, resolveu iniciar uma experiência objetivando testar e desenvolver práticas de implantação de sistemas

agrícolas sem o uso do fogo, pretendendo manter a fertilidade do solo e contribuir com o ambiente pelo fim do uso do fogo (Informação verbal)<sup>1</sup>.

Esses sistemas alternativos, que se convencionou chamar de Roça Sem Queimadas, são caracterizados pela implantação de sistemas agroflorestais baseados nos princípios da agroecologia (FUNDAÇÃO VIVER, PRODUZIR E PRESERVAR, 2000).

Os sistemas agroflorestais – SAFs, são formas de uso e manejo da terra nas quais árvores ou arbustos são utilizados em associação com cultivos agrícolas e/ou com animais numa mesma área de maneira simultânea ou numa seqüência temporal (VIANA et al., 1996).

Os sistemas agroflorestais além de fornecer produtos úteis para o agricultor, preenchem também um papel importante na manutenção da fertilidade do solo (VIANA et al., 1996). Os SAFs vêm sendo, em especial nas duas últimas décadas, apontados como opções de uso agrícola da terra preferenciais, principalmente para as regiões tropicais, pelo elevado potencial que ofereceriam para aumentar o nível de sustentabilidade no uso da terra, quanto aos aspectos agrônômicos, sociais, econômicos, e ecológicos (ALVIM, 1989; FERNANDES SERRÃO, 1992 apud SÁ, 1994; VERGARA, 1987).

A agroecologia é uma abordagem que fornece uma estrutura metodológica de trabalho para a compreensão mais profunda tanto da natureza dos agroecossistemas como dos princípios segundo os quais eles funcionam. Trata-se de uma nova visão que integra os princípios agrônômicos, ecológicos e socioeconômicos à compreensão e avaliação do uso das tecnologias sobre os sistemas agrícolas e a sociedade como um todo (ALTIERI, 2001).

Uma abordagem agroecológica incentiva os pesquisadores a penetrar no conhecimento e nas técnicas dos agricultores e a desenvolver agroecossistemas com uma dependência mínima de insumos agroquímicos e energéticos externos. O objetivo é trabalhar com

---

<sup>1</sup> Informação levantada através de entrevista semi-estruturada em novembro de 2004, com o senhor Francisco Monteiro de Assis. Técnico agrícola, agricultor familiar. Faz parte da direção do Sindicato de Trabalhadores Rurais de Medicilândia e foi um dos idealizadores do Projeto Roça Sem Queimar.



alimentar sistemas agrícolas complexos onde as interações ecológicas e sinergismos entre componentes biológicos criam, eles próprios, a fertilidade do solo, a produtividade e proteção das culturas (ALTIERI, 1987).

As unidades de Roça Sem queimar articulam três fases consecutivas de “preparo de terra, com manejo de espécies florestais da vegetação originária da área, e “implantação de sistemas” com incremento principalmente de leguminosas entre outras espécies arbóreas, ambos com o objetivo de promover a fertilidade do solo, pela manutenção da cobertura do solo e pela produção de biomassa vegetal, que será incorporada ao solo (CAMPOS, 2003; SERRA, 2004; VLKE, 2003).

Partindo dessa perspectiva, o presente estudo busca entender de que forma os “sistemas de roça sem queima”, que combina sistemas agroflorestais e agroecologia, pode influenciar na manutenção da sustentabilidade do solo, perpetuamente sua capacidade de colheita e renovação da biomassa dos sistemas.

Para tanto, serão estudados como indicadores de sustentabilidade do solo alguns atributos ligados à Matéria Orgânica do solo e Biomassa Microbiana do solo, por haver uma crescente percepção de considerá-los indicadores de sustentabilidade (DORAN; PARK, 1994), muito embora sabendo, que a sustentabilidade dos solos também depende de outros fatores (REICHERT 2003).

Uma das características afetadas no processo de degradação do solo é o teor de matéria orgânica do solo (MOS), que normalmente decresce com os cultivos convencionais. Esta constatação toma maior importância em solos mais intemperizados, nos quais, a matéria orgânica tem maior participação nos fenômenos de atividade superficial dos seus constituintes (BURLE et al., 1995).

A matéria orgânica do solo é a chave para sua fertilidade e produtividade, e ela é uma parte preponderante em todos os aspectos da fertilidade do solo, isto é, quími-

biológica e fíia já que constitui o principal receptor de nutrientes para as plantas, particularmente N, P e S (BURLE et al., 1995).

Por sua vez a biomassa microbiana é um componente crítico de todos os ecossistemas naturais ou manipulados pelo homem, porque é o agente regulador da taxa de decomposição da matéria orgânica e da ciclagem dos elementos, atuando, portanto, como fonte e sumidouro (“source” e “sink”) dos nutrientes necessários ao crescimento das plantas. Já foram constatadas relações estreitas entre a biomassa microbiana e a produtividade das plantas, a taxa de mineralização, taxa de decomposição de resíduos vegetais e a biomassa dos níveis tróficos superiores (RECHERT, 2003).

A hipótese principal desta pesquisa é a de que nos sistemas de “roça sem queimar” existe maior possibilidade da manutenção dos níveis de fertilidade e sustentabilidade.

a) Nos sistemas em solo tipo terra roxa, o sistema sem queimar contribui para a manutenção da sustentabilidade do solo, pois traz menos impacto na implantação do cultivo agrícola, e a tendência para alcançar os índices encontrados na área de vegetação natural.

b) Nos sistemas em solo tipo terra roxa, o uso do fogo traz impacto negativo para a fertilidade e qualidade do solo, diminuindo suas condições de sustentabilidade, comparativamente ao sistema com vegetação natural.

c) No sistema em solo tipo latossolo amarelo, o sistema sem queimar, mantém os mesmos níveis de sustentabilidade que em uma área de mata, pois o manejo adotado contribui para a manutenção de índices desejáveis de fertilidade do solo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo objetiva entender a partir da análise de indicadores de sustentabilidade relacionados à matéria orgânica e a biomassa microbiana do solo, a influência no solo os manejos que foram adotados dentro dos princípios do Projeto Roça Sem Queimar.

Os indicadores de sustentabilidade estudados serão: a) Estoque de serrapilheira no solo, b) Matéria orgânica do solo, c) Carbono orgânico do solo, d) Nitrogênio total do solo, e) Relação entre Carbono orgânico e nitrogênio total do solo, f) Relação entre Carbono da biomassa e Carbono orgânico do solo, g) Respiração basal, h) Quociente metabólico.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Estudar nas áreas de maior fertilidade natural, em solo do tipo terra roxa estruturada do município de Nacilândia, se existe diferença no solo pelo manejo adotado, comparando um sistema preparado a partir dos princípios do projeto roça sem queimar, com um sistema preparado pelo método tradicional de corte e queima, com uso do fogo.

b) Estudar em solo de menor fertilidade natural, em solo do tipo latossolo amarelo do município de Uruará, os efeitos do manejo sem queima comparativamente ao um sistema com vegetação natural.

### 3. REVISÃO II LITERATURA

#### 3.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, AMMAZÔNIA E AGRICULTURA FAMILIAR – UM NECESSÁRIO RETROSPECTO

O Desenvolvimento em bases sustentáveis, a irreção amazônica e a agricultura familiar<sup>2</sup> enquanto categoria de análise são temas que se relacionam e são “a bola da vez” na agenda do debate acadêmico, das organizações da sociedade e do poder público enquanto ação política.

Obviamente, essa não é a oportunidade mais adequada para se discutir em profundidade estas temas. Não é esse o propósito deste trabalho. No entanto, é necessário pelo menos um esclarecimento e embasamento conceitual, fazendo uma tentativa de relacionar os resultados deste estudo, mesmo que específicos tratando da fertilidade do solo, mas de alguma maneira pela análise de índices de sustentabilidade, contribui para avaliar uma prática que pretende ser “mais sustentável” e desenvolvida pela agricultura familiar, possibilitando de tal modo, o “desenvolvimento sustentável no meio amazônico”.

O conceito de desenvolvimento sustentável emergiu recentemente num esforço para abordar os problemas ambientais causados pelo crescimento econômico. Há muitas interpretações diferentes do desenvolvimento sustentável, mas seu objetivo principal é descrever um processo de crescimento econômico que não cause destruição ambiental (BANERJEE, 2001).

Vários cientistas, de diversas áreas do conhecimento, buscaram entender e explicar, do ponto de vista técnico, o que viria a ser o desenvolvimento sustentável. É possível dizer as

---

<sup>2</sup> A agricultura familiar pode ser caracterizada da seguinte forma: a direção do trabalho do estabelecimento é exercida pelo produtor; o trabalho familiar é superior ao trabalho contratado (GUANZOLI et al. 2001).

concepções desses autores em dois segmentos. No primeiro deles incluem-se os que têm por base o conceito oficial, apresentado pelo Relatório Brundtland, e tentam, de várias maneiras, dar-lhe plausibilidade teórica, quer seja redefinindo ou ampliando seus significados. Outro segmento, vão ser encontrados aqueles que edificam suas análises sob a base de uma concepção crítica do conceito. Na verdade, este grupo não considera o modelo de Desenvolvimento sustentável como um novo modelo de desenvolvimento, como se fizera. Suas análises se preocupam, principalmente, em entender os arranjos ideológicos e políticos e as relações de poder que orientam o discurso do desenvolvimento sustentável no contexto da nova ordem econômica mundial (FERNANDES, 2003).

Entendendo que a discussão acerca do desenvolvimento sustentável não é um debate suprido, e nem tão pouco existe unanimidade para o termo (compreendendo também a unanimidade emprece o conceito, e por princípio, sendo alcançada, será a supremacia de uma visão em detrimento de outras), o conceito de desenvolvimento que tomo para mim, e que por conseguinte, orienta minha prática acadêmica e meu ativismo político (numa relação dialética), é aquele onde os interesses de homens e mulheres devem ser garantidos, assim como as mais diversas formas de manifestação cultural. Nesse conceito de desenvolvimento sustentável, o sistema econômico vigente deverá ter como limite mínimo a satisfação comum esta de todos os homens e mulheres e como limite máximo, que os meios de produção e propriedade não sejam apropriados sob poderes absolutistas, mas sim de forma democrática e solidária com as gerações presentes e futuras. Sobre o meio ambiente e natureza, acredito que as formas de produção devem garantir a manutenção da mesma base do patrimônio natural existente (suprimindo o conceito de recurso natural), para as gerações futuras. Para isso é preciso que a relação homem-natureza seja fundamentada em novos valores, onde o homem deve ser entendido como parte da natureza, aquele que inclusive desenvolveu consciência

A Amazônia tem sido palco de um amplo debate sobre projetos voltados para seu desenvolvimento. Várias questões relativas à Amazônia têm sido interpretadas, com frequência, a partir de visões completamente irreais e, muitas vezes, mitológicas que têm prejudicado especialmente as políticas públicas voltadas ao desenvolvimento regional (KITAMURA, 199).

Entre as décadas de 50 e 90 a integração – fomentada e mesmo *manu militari* – da Amazônia às economias externas, nacional e internacional, seguiu o velho modelo do homem agrícola: substituição de sua floresta por campos de pastagem, culturas comerciais, cultivos de subsistência e qualquer outra forma das já conhecidas: de abertura de fronteira, com sua “faixa” acompanhada de estradas de rodagem, cidades, hidrelétricas e outros (PINTO, 2003).

Essa fantástica incorporação de recursos naturais não realizou os sonhos de progresso da fronteira, onde está a maior reserva de recursos biológicos do planeta. Os resultados mais recentes aferidos dessas quatro décadas mostram que a Amazônia ficou exatamente igual ao Brasil mais antigo, ou pior. O Atlas do Desenvolvimento humano, lançado em 2003, mostrou que a Amazônia cresce menos do que as outras regiões brasileiras, de onde parte a frente de expansão rumo norte, e o produto da atividade produtiva é partilhado por um número cada vez maior de pessoas (PINTO, 2003).

Ocorre que os programas oficiais de desenvolvimento regional, organizados em convertidos programas de ocupação e colonização, subsidiadores de empreendimentos empresariais voltados à exploração dos recursos florestais, minerais hídricos e agro-pastais, demonstraram que pouco contribuiu à melhoria do padrão de vida das populações locais: ao contrário, geraram devastação ambiental, desagregação de modos de vida secularmente organizados e conflito social. Em outras palavras, se desencadearam progresso econômico para uma fatia minoritária de grandes e médios empresários e criaram fontes alternativas de arrecadação estatal, por outro deixaram as massas populacionais às margens dos benefícios da

“modernização”. Essas, expropriadas de suas terras, expulsas de seu habitat, subordinadas a novos padrões de produção em relação aos quais, quando não é excluída, é transformada em mão-de-obra de baixíssimo custo, vêm sofrendo um progressivo processo de empobrecimento ao longo dos últimos anos, a exemplo dos segmentos majoritários da população brasileira das demais regiões do país (MELLO, 1994).

Todavia, nas últimas décadas, graças a uma sistemática atividade científica (Biologia, Sociologia, Economia, Antropologia e outras ciências) sobre o meio ambiente amazônico várias dessas visões – tais como de sua homogeneidade, de riqueza fácil, de grande vazão demográfico, da cultura nativa como sinônimo de atraso – vêm sendo derrubadas permitindo uma percepção mais objetiva do seu meio ambiente e também mostrando as possibilidades e linhas para um desenvolvimento sustentável (KITAMURA, 1994).

A região amazônica tem se caracterizado ainda por uma nova configuração voltada para o seu desenvolvimento em bases sustentáveis; políticas descentralizadas, valorização da escala local, pulverização de projetos de financiamentos, cooperação intermunicipal, interconexão de escalas (do local ao global), multiplicação dos atores de desenvolvimento (organizações populares, Ongs, igrejas, redes diversas) circuitos complexos de financiamento (LIMA, 2002).

Em linhas gerais, as formas produtivas da Amazônia, que são o sustento da economia, se caracterizam por uma grande diversidade de atividades e estão moldadas a partir da base do patrimônio natural existente na região. Os meios de produção vão desde a extração direta da floresta e rios (aproveitamento madeireiro, coleta de castanha-do-paí, extração anilina, copaíba, cascas, fibras e óleos, pesca artesanal, pesca comercial etc.) extração da base mineral (aproveitamento das reservas de ouro, ferro-gusa, bauxita, cassiterita), passando pelas atividades agropecuárias (criação extensiva de gado, criação de pequenos animais, culturas perenes, culturas anuais), chegando até o processamento desses produtos de origem

vegetal e animal (agroindústrias do leite, filetagem de peixes, laminadoras de madeira, silcúgicas, etc).

Um dos sujeitos importantes que se destititaca nesse processo são os produtores familiares rurais (agricultores, extrativistas, pescadores artesanais, populações indígenas, entre outros). O papel relevante desse segmento produtivo está relacionado ao número elevado de unidades familiares que intervêm no meio rural e o impacto que isso pode causar tanto no equilíbrio como no desequilíbrio de ecossistemas, solos, recursos aquáticos e florestas (FALEIRO, 2001).

### 3.2. AGRICULTURA FAMILIAR COMO BASE PARA O DESENVOLVIMENTO RURAL DA AMAZÔNIA

Trabalhos acadêmicos das mais variadas origgens demonstram, de forma definitiva, as enormes vantagens da agricultura familiar comparativamente às grandes propriedades rurais. As unidades familiares, a par de atenderem melhor aos interesses sociais do País, são mais produtivas, asseguram melhor a preservação ambiental e são economicamente viáveis (INRA/FAO, 2000).

Sem exceção, todos os países desenvolvidos tiveram na agricultura familiar um sustetculo do seu dinamismo econômico e de uma saudável distribuição da riqueza nacional. Todos eles, em algum momento da história, promoveram a reforma agrária e a valorização da agricultura familiar (INCRA/FAO, 2000).

No Brasil, vários estudos foram produzidos buscando dar visibilidade à agricultura familiar destacando o seu papel central como produtora de alimentos, geradora de renda e impulsionadora do desenvolvimento local, particularmente nos municípios com características rurais seja, fundamentalmente aqueles com até 20 mil habitantes (TORRES, 2001).



Um levantamento recente revelou que, entre 1989 e 1999, as propriedades com menos de 10 hectares apresentaram taxa de crescimento anual médio do rendimento físico da produção na ordem de 5,80% contra 3,29% na agricultura patronal. A taxa anual média de crescimento da quantidade produzida na agricultura familiar no mesmo período, por outro lado foi de 3,79% an, contra 2,60% na agricultura patronal (PÁDUA, 2003).

O domínio desse setor na produção de alimentos de consumo básico interno é evidente, sendo responsável, por exemplo, por 84% da mandioca, 67% do feijão e 49% do milho produzidos. Mas mesmo nas lavouras de exportação, a produção familiar é expressiva, representando 32% da soja, 33% do algodão e 25% do café produzidos. Segundo os dados coletados em 1995-1996, a agricultura familiar era responsável por 37,9% do valor bruto da produção e empregava 13,8 milhões de trabalhadores, apesar de receber apenas 25,3% do financiamento total (cerca de 938 milhões de reais) (PÁDUA, 2003).

Na estratégia modernizadora adotada no Brasil e em outros países em desenvolvimento, as propriedades patronais foram consideradas mais adequadas para a imitação do padrão convencional. A agricultura familiar foi relegada à segundo plano, principalmente, no que se refere a incentivos e acesso a crédito (EHLERS, 1999).

Mesmo assim, dados recentes da FAO e do INCRA mostram que essas propriedades – que ocupam 25% de área cultivada no Brasil – superam as propriedades patronais – que ocupam 75% da área – no que se refere à oferta agropecuária de quinze importantes produtos: canola e de aves, leite, ovos, batata, trigo, cacau, banana, café, milho, feijão, algodão, tomate, mandioca e laranja. A agricultura patronal só supera a familiar no abastecimento de carne bovina, cana-de-açúcar, arroz e soja (EHLERS, 1999).

Na região amazônica, a agricultura familiar mesmo tendo 85,4% no número de estabelecimentos, e estando distribuídos em apenas 37,5% da área total, respondem por 51,3% do valor bruto total da produção agropecuária. Em termos fundiários, apesar de ter em média

apenas 57 ha, contra 1008 ha da agricultura patronal, a agricultura familiar é responsável por 82,5% do pessoal ocupado (INCRA/FAO, 2000).

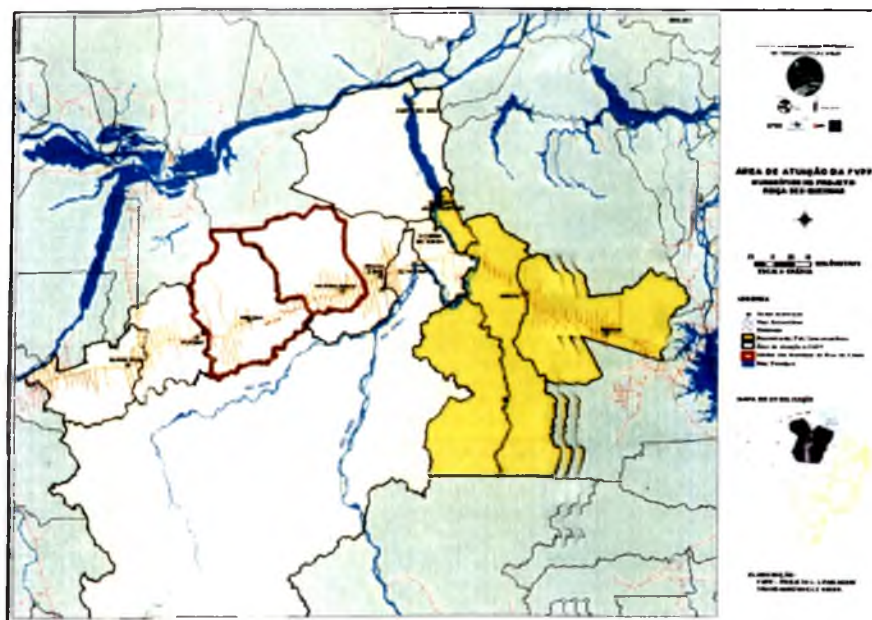
Pelos números apresentados acima, a agricultura familiar deve ser pauta prioritária de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento rural sustentável. Ações que integrem uma política agrícola, política de crédito e de preços, melhoria de estradas e condições de escoamento, armazenamento dos produtos, estratégias de valorização cultural, educação rural diferenciada, assistência técnica e pesquisa agropecuária eficiente e gratuita, são entre outros fatores mecanismos que irão contribuir para um sustentável desenvolvimento da agricultura na Amazônia.

Nesse conjunto de medidas para uma agricultura familiar sustentável, é fundamental ainda, formas de produção que mantenham índices desejáveis de produtividade do solo e dos ecossistemas a ele relacionados. É dentro desse contexto que este trabalho se insere, procurando de alguma forma verificar se o sistema “roça sem queimar” que não usa fogo para o preparo de área, contribui de fato para a manutenção da sustentabilidade dos solos agrícolas.

### 3.3 SURTIAMENTO DO PROJETO ROÇA SEM QUEIMAR NA TRANSAMAZÔNICA E XINGU

A região aqui denominada Transamazônica (ou Xingu) compreende 11 (onze) municípios ao longo da rodovia BR-230 e da bacia do médio e baixo rio Xingu, na região Oeste do Pará. Os municípios do eixo da rodovia são os originários e ainda influenciados diretamente pela dinâmica da colonização oficial do INCRA que, no início dos anos 70, promoveu uma migração em massa de pequenos agricultores do Centro-Sul e Nordeste do país dentro da geopolítica de ocupação territorial da Amazônia (BRASIL, 2004). Esses

municípios são: Pacajá, Anapu, Brasil Novo, Medicilândia, Uruará, Placas e Rurópolis. Os municípios da margem do Xingu são - Altamira, Vitóriaria do Xingu, Senador José Porfírio e Poté e Moz. Estes, possuem ocupação que remonta o final do século XIX e início do século XX, ocupados na época da colonização do Rio Amazonas, por grupos econômicos interessados nos produtos da floresta e dos rios (extração da seringa, pesca peixe-boi, caça ariana e gato do mat etc.) (BRASIL, 2003).



**Figura 1** Mapa da região Transamazônica e Xingu, municípios de atuação da FVPP – Destaque em vermelho - Uruará e Medicilândia (municípios onde foi realizada a pesquisa), e municípios em azul – Senador José Porfírio, Anapu e Pacajá (municípios que fazem parte do Pólo do ProAmbiente na Transamazônica). Fonte: Laboratório de Sensoriamento Remotoo – FVPI-Altamira.

Nas décadas de 80 e 90, na região Transamazônica e Xingu deflagrou-se uma série de manifestações populares e de organizações de classe em torno da reivindicação de políticas públicas, para que os governos estadual e federal pudessem dar suporte a produção agropecuária, atendimento aos serviços básicos de saúde e educação, entre outras ações voltadas a amparar o enorme contingente de pessoas que haviam sido deslocadas para a região no intuito de ocupá-la, mas estavam desamparadas pelo poder público.

Esse processo culminou, em 1992, com a criação do MPST – Movimento Pela Sobrevivência da Transamazônica, que aglutinava organizações de trabalhadores do campo e da cidade, entidades de classe, pessoas da sociedade civil em geral (professores, profissionais liberais, intelectuais, estudantes, servidores públicos, etc.). Concomitantemente foi criada a FVPP – Fundação Viver, Produzir e Preservar, como entidade jurídica voltada para administrar projetos que colocassem em prática ações voltadas para o desenvolvimento da Transamazônica e Xingu, e que seriam executadas pelo movimento social em parceria com o poder público.

FVPP possui hoje 115 (cento e quinze) entidades filadas, de todos os 11 municípios da Transamazônica e Xingu, que são de sua área de atuação, e desde sua criação vêm se identificando como a principal organização articuladora dos movimentos sociais e do poder público em ações e propostas voltadas para o desenvolvimento regional de sua área de atuação.

Nesse sentido, a FVPP a partir de discussões com suas entidades filadas e com setores do poder público, municipal, estadual e federal, tem elaborado um Plano de Desenvolvimento Regional que prevê ações e metas de desenvolvimento para a região Transamazônica e Xingu. Esse plano está montado em 04 (quatro) eixos: Eixo 01 – Políticas de desenvolvimento social; Eixo 02 – Infra-estrutura de suporte à produção e a promoção social, Eixo 03 – Ordenamento territorial e gestão ambiental; Eixo 04 – Estratégias Produtivas e Desenvolvimento Econômico.

Em relação ao eixo das estratégias produtivas, a FVPP desde o início de suas atividades e discussões, resolveu enfrentar o problema dos agricultores familiares que tinham um decréscimo no rendimento de suas roças, com o sucessivo uso do fogo, usado no processo de limpeza da área (Fundação Viver, Produzir e Preservar, 2000).

Em conta dessa questão, no ano de 1995, a FVPP enviou uma de suas lideranças, o Sr.

Friso de Assis Monteiro, para participar de uma capacitação voltada para técnicos que atuam na Amazônia. Nesta capacitação foram abordados os princípios da Agroecologia e reatise experiências desenvolvidas em outras regiões do país. Ela foi promovida pela entidade ecumênica Alemã “Pão para o Mundo”, uma Chaçada do Guimarães, Estado do Mato Grosso.

A partir dos assuntos vistos na capacitação, no ano de 1997, o Sr. Monteiro implantou em sua propriedade, no município de Medicilândia, uma área para testar formas de implantar a Roça Sem Uso do Fogo, baseado nos princípios da agroecologia. Foram constatados alguns resultados positivos e isso motivou vizinhos e outros agricultores ligados ao Sindicato de Trabalhadores Rurais a implantarem também áreas de Roça Sem Queimar.

Diante dos resultados considerados “surpreendentes e promissores” de Medicilândia, em 1998, a FVPP conseguiu apoio financeiro do Governo Federal do Brasil - Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Coordenação da Amazônia, e resolveu expandir as experiências de “Roça Sem Queimar” para todos os municípios de sua base de atuação. Desta forma executou-se o que se convencionou chamar de Projeto Roça Sem Queimar, que objetava expandir as experiências de Medicilândia para os demais 10 municípios da Transamazônica e Xingu. O projeto foi desenvolvido por 03 (três) anos, de 2000 a 2002, e por 150 (cento e cinquenta) agricultores e agricultoras familiares distribuídos nos respectivos municípios.

Ainda no âmbito das “estratégias produtivas e desenvolvimento econômico”, previsto no Plano de Desenvolvimento Regional da FVPP, existe uma outra linha de ação, a coordenação do Programa PROAMBIENTE.

O PROAMBIENTE é um programa de desenvolvimento rural socioambiental direcionado aos produtores familiares da Amazônia para a produção em Sistemas equilibrados

conheço integra dos recursos naturais em toda a unidade de produção (PROAMBIENTE, 2003).

Na região Transamazônica e Xingu existe um pólo Pioneiro do Programa PROAMBIENTE, envolvendo 364 famílias de agricultores, 10 municípios de Pacajá, Anapu e São José Porfírio.

Diversos tipos de serviços ambientais estão sendo trabalhados no programa: desmatamento evitado, sequestro de carbono atmosférico, restabelecimento de funções hidrológicas dos ecossistemas, conservação e preservação da biodiversidade, conservação dos solos e redução da inabitabilidade das paisagens (TURA, 2002).

Em uma perspectiva geral, os sistemas implantados no âmbito do projeto Roça Sem Queima são vistos em termos técnico-agronômico de “casificar” as práticas sem uso do fogo em “positivas” em se tratando dos serviços ambientais do PROAMBIENTE, prioritariamente – sequestro de carbono atmosférico, preservação da biodiversidade e conservação dos solos, que seriam viabilizados a partir do manejo e manejo que é feito no sistema “Roça Sem Queimar”.

Portanto, a consolidação das experiências de sistemas produtivos em Roça Sem Queima são vistas com especial interesse pelo Programa PROAMBIENTE, pois proposta é que esses sistemas alternativos ao uso do fogo, portanto “promissores” em termos de serviços ambientais, sejam adotados nas propriedades de agricultores e fazem parte do ProAmbiente (Junqueira<sup>3</sup> – Informação verbal).

Neste sentido, é de relevante importância que seja realizado estudos e acompanhamentos sistêmicos e de processo das experiências de “Roça Sem Queima”, como forma de identificar quais as limitações e possibilidades não somente para a viabilidade agrônoma,

<sup>3</sup> Informação levantada através de entrevista semi-estruturada em novembro de 2004, com o senhor Juraci da Costa. Agricultor familiar em Medicilândia, participou da organização das atividades do Projeto Roça Sem Queimar em sua implementação.

prática financeira de implantação e sustentabilidade (e por conseguinte ser difundido entre os produtores da Transamazônica e Xingu), como também para serem usadas com o objetivo de ser como sistema que atende aos serviços ambientais do ProAmbiente (sendo usado não somente no Pólo Transamazônica, como também nos demais pólos na Amazônia).

### 3.4 O PROJETO ROÇA SEM QUEIMAR: UMA EXPERIÊNCIA À LUZ DOS PRINCÍPIOS DA AGROECOLOGIA

Como visto anteriormente, o objetivo do Projeto Roça Sem Queimar foi desenvolver uma prática alternativa ao uso do fogo, como forma de plantio de culturas agrícolas, a partir de um enfoque agroecológico.

A Agroecologia tem sido reafirmada como uma ciência ou disciplina científica, ou seja, um campo de conhecimento de caráter multidisciplinar que apresenta uma série de princípios conceituais e metodologias que nos permitem estudar, analisar, dirigir, desenhar e avaliar agroecossistemas (ALTIERI, 2001; CAPORAL, 2002; GUZMÁN, 2001; LEFF, 2002).

Em essência, o Enfoque agroecológico corresponde à aplicação de conceitos e princípios da Ecologia, da Agronomia, da Sociologia, da Antropologia, da ciência da Comunicação, da Economia Ecológica e de tantas outras áreas do conhecimento, no planejamento e no manejo de agroecossistemas que queremos que sejam mais sustentáveis através do tempo. Trata-se de uma orientação cujas pretensões e contribuições vão além de aspectos meramente tecnológicos ou agronômicos da produção agropecuária, incorporando dimensões mais amplas e complexas, que incluem tanto variáveis econômicas, sociais e ecológicas como variáveis culturais, políticas e éticas (CAPORAL, 2002).

O processo de criação do Projeto Roça Sem Queimar, teve como embasamento conceitual, os princípios da Agroecologia. E nesse sentido, duas questões foram centrais.

**A) Condução pelos agricultores do processo de experimentação** - A condução dos agricultores no processo de execução do Projeto é conceituada como “agricultura participativa”, que pretende fazer um desenvolvimento participativo de tecnologias agrícolas, com a intenção que permite fortalecer a capacidade local de experimentação e inovação dos agricultores, com os recursos naturais específicos de seu agroecossistema. Trata-se, pois de criar e avaliar tecnologias autóctones, articuladas com tecnologias externas que, mediante ensaio e adaptação, possam ser incorporadas ao acervo cultural dos saberes e aos sistemas e valores próprios de cada comunidade (FUNDAÇÃO VIVER, PRODUZIR E PRESERVAR, 2002).

A partir desse princípio, buscou-se ao máximo envolver os agricultores participantes nas fases de execução do projeto. Este envolvimento se materializou/efetivou em reuniões para decidir o calendário do projeto durante o ano, na definição de quantos e quais os locais usados para os “dias de campo” e principalmente, na liberdade que os agricultores tinham para “recombinar” formas de plantio das roças, “inovar” em suas unidades experimentais. A coordenação do projeto contribuía na orientação dos princípios da Agroecologia e na apresentação de como foram feitas as práticas “benéficas de Medicilândia”. A partir daí, os agricultores implantavam em seus respectivos lotes, da forma que fosse conveniente para cada realidade.

**a) Ocupação com o manejo do solo** – Existia uma atenção voltada para a manutenção da cobertura do solo, seja com o material orgânico da vegetação originária da área que era mantida e manejada, como também pela implantação de leguminosas, que eram implantadas, principalmente feijão de porco e mucuna-preta.



A adição de coberturas ao solo pretende aumentar a infiltração, reduzir a perda de matéria orgânica do solo, além de estimular o desenvolvimento dos microorganismos benéficos à fertilidade do solo (FUNDAÇÃO VIVER, PRODUZIR E PRESERVAR, 2002).

Esses eram os dois pressupostos fundamentais do projeto Roça Sem Queimar; a liberdade dos agricultores na gestão de seus experimentos, e a preocupação na manutenção e melhoria da fertilidade do solo. Destaque para este último, que motivou a realização deste trabalho de pesquisa.

**b) Respeito ao conhecimento empírico de cada agricultor/experimentador** – Deu-se liberdade para que os agricultores inovassem na implantação das roças em seus estabelecimentos, objetivando o resgate, valorização e aperfeiçoamento do conhecimento empírico da experiência de vida que cada agricultor possuía.

**c) Motivar o intercâmbio das experiências** – Foram realizados “dias de campo”, onde todos os agricultores preparavam juntos uma área de “Roça Sem Queimar”. A ideia era que essa dinâmica proporcionasse uma interação e envolvimento entre os agricultores, para que eles pudessem discutir conjuntamente os resultados que eles estavam alcançando em seus lotes proporcionando uma reciprocidade e intercâmbio das práticas e experiências desenvolvidas.

**d) Conservação da biodiversidade existente na área** – Primava-se pelo manejo e valorização da vegetação existente na área onde foram implantadas as roças. Geralmente foram preservadas as espécies de interesse diverso (medicinal, frutos, madeireiro, óleos e caseira, alimentação, manutenção da sombra, produção de biomassa vegetal). Segundo relato de alguns agricultores (FUNDAÇÃO VIVER, PRODUZIR E PRESERVAR, 2002), se foi um dos grandes benefícios da “Roça Sem Queimar”, tendo em vista que no sistema tradicional “corte e queima”, não há como selecionar e preservar as espécies existentes na área.

e) **Diversificação de espécies, cultivo e plantio seqüencial** – Além da diversidade e riqueza usada pelo manejo das espécies que são mantidas na área pelo não uso do fogo, do incêndio principalmente de leguminosas para manutenção da cobertura do solo, os sistemas foram enriquecidos também pelo plantio de diversos cultivos (anual – feijão, arroz, semi-perene - banana, milho, e perene - cacau, café), além do plantio de árvores de interesse diverso (madeira, adeiro, medicinal etc). Isso tudo dentro de uma seqüência temporal (rotação, seqüência espacial (SAF's com distribuição lógica e interativas das espécies).

f) **Proibição do uso de insumos externos** – Uma regra rigorosa havia de ser cumprida pelos produtores, a de que não usassem agrotóxicos de nenhum tipo. Isso era inegociável. Não podiam ser usados, para nenhum fim, produtos sintéticos de origem agroquímica, nem fertilizante, nem para combate a infestação de plantas ou da regeneração natural ou insetos e mecanismos indesejáveis. A proposta era desenvolver um sistema com auto-regulação (regulação biótica, com aumento de agentes de controle natural), e com utilização somente recursos provenientes da propriedade. Foram testados alguns biofertilizantes (com uso direto e outros somente com plantas), para aumento da fertilidade do solo, e algumas "caldas" para proteger as plantas atacadas por fungos, bactérias e insetos.

#### **3.4.2.2. Políticas e práticas para preparo da área em sistemas de roça sem queima.**

Sistemas de Roça Sem Queimar, como dito, foram implantados seguindo vários princípios: estratégias agroecológicas, refletindo diretamente numa grande diversidade de sistemas e foram implantados pelos agricultores.

Entanto, tomando como base as avaliações da coordenação técnica do projeto em conjunto com os agricultores, na oportunidade de um seminário de avaliação do projeto, pode-

se diz a duas formas de preparo de área, e foram encontrados resultados mais promissores.

**a) Tipo Abafado** – Consiste em implantar na área plantas de cobertura com bom potencial de produção de biomassa vegetal, para abafar o material oriundo da vegetação original da área. Foram utilizados quatro sistemas de plantas de espécies diferentes e da combinação entre elas:

- 1- Sistema com Banana (*Musa sp*)<sup>4</sup>.
- 2- Sistema com Mucuna-preta (*Stizolobium aterrimum*) bastante conhecida na região devido seu potencial de produção de biomassa<sup>5</sup>.
- 3- Sistema com Mamona (*Ricinus communis*).
- 4- Sistema Diversificado - Outra possibilidade seria implantar duas ou mais espécies ao mesmo tempo.

Nesse “tipo abafado”, a área é preparada em duas etapas, descritas a seguir;

**1ª Etapa** – Fazer a roçada da área com foice, facão, e aula de motosserra. As árvores maiores são deixadas. Operação conhecida na região como “bna”.

**2ª Etapa** – Após a bna, é realizada a semeadura ou a implantação das espécies de cobertura no primeiro ano, no segundo ano, são implantadas as culturas definitivas<sup>6</sup>.

<sup>4</sup> A banana foi escolhida pelo seu crescimento rápido e sua formação de sombra cerrada, que atende às necessidades de abafar os galhos e troncos oriundos da capoeira (SILVA, 2003).

<sup>5</sup> A mucuna preta se desenvolve bem nas condições de monocultura da região logo depois da semeadura cresce rapidamente cobrindo toda a área, formando, segundo os agricultores um “tapete verde” (SILVA, 2003).

<sup>6</sup> As culturas definitivas são em geral culturas perenes. Nas seis experiências desenvolvidas no projeto, foram implantadas basicamente cacau, cupuaçu, pimenta-do-reino e café.



**Figura 02:** Roça da área e plantio de leguminosa (*Mucunannna*) no 1º. Ano. Figura 03: Roça em trilha e plantio da cultura definitiva (cacaú) no 2º. Ano. Destaque para a busca regeneração e manejo a vegetação natural da área. Anderson Serra.

b) **Roça em Picadinho** – Este forma de preparo do solo da área parte dos princípios desenvolvidos pelo agricultor Ernest Gosth, que prestou assessoria ao projeto no ano de 2000. Parte dos mesmos princípios do abafado, mas com algumas modificações na finalização. Após a derrubada da vegetação existente na área, os galhos e troncos são picados com facão e motosserra e são deixados sobre o solo. Em seguida, são implantadas as culturas definitivas a serem plantadas na roça. Nesse sistema, a cultura definitiva é implantada logo no primeiro ano de uso da área.



**Figura 04:** Derrubada e trituração manual da área (facão, facão e motosserra) para o solo que fica coberto com material vegetal. Foto: Anderson Serra.

O sistema de “Roça sem Queimar” segue a lógica dos sistemas de cultivos em faixas, conhecido também como “alley cropping”, sistema de cultivo de pousio contínuo ou pousio simultâneo, onde se procura reproduzir, na área cultivada, os efeitos semelhantes a de um pousio (ciclagem de nutrientes, diversificação do ecossistema, proteção do solo). A

subdivisão da área em faixas de produção de matéria orgânica e faixas de culturas de retenção permitem transferir nutrientes das primeiras, concentrando-os de forma concentrada para as faixas de cultivo (ROSA et al., 2000).

Observa-se de forma geral nas experiências desenvolvidas pelo projeto, uma grande heterogeneidade quanto às condições nas quais as roças experimentais foram implantadas. Relaciona-se a) vegetação original da área – vegetação primária e secundária, desta última, em diferentes períodos de pousio, b) tipos de solo – solos de menor fertilidade, terra roxa eutrófica, latossolo vermelho-amarelo distrófico entre outros.

Entre a diversidade de combinações das espécies implantadas nas roças, predomina entre as espécies florestais, o mogno (*Swietenia macrophila*), a copaíba (*Copaiba sp.*) o Ipê Amarelo (*Tabebuia Chrysotricha*), a Casanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*). Entre as culturas perenes, estão o cacau (*Theobroma cacao*), a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*), o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e o café canillon (*Coffea Canephora*) (FUNDAÇÃO VIVER, PRODUZIR E PRESERVAR, 2000:2).

Entretanto, observou-se também que apesar de alguma diversidade na combinação de espécies plantadas ao mesmo tempo ou de forma sequenciada as roças foram implantadas na lógica de haver uma espécie como componente principal, que é a produção vegetativa e consequente retorno econômico da atividade.

Neste quadro de diversidade dos sistemas de roça sem queimar, quando estivermos tratando o Sistema Cacau, que é objeto de enfoque para este estudo, estamos nos referindo a um Sistema Agroflorestal composto por espécies arbóreas, florestais e com outros cultivos (anuais e perenes) com diferentes interesses, que tem como componente principal a cultura do cacau. Critério para considerá-lo como cultura principal será como dito anteriormente, pelo interesse de produção e retorno econômico da espécie em como desdobramento prático usar as outras espécies do sistema como forma de contribuir para o melhor

desenvolvimento vegetativo do componente principal, no caso, o cacau. Como por exemplo, o plantio em fileira e o manejo de árvores da vegetação original da área como forma de proporcionar sombreamento temporário do cacau.

Conforme um levantamento feito pela Fundação Viver Produzir e Preservar, 2002, pode-se constatar que entre as formas de preparo de área e sistema de produção implantado, a utilização de cacaueira-preta e banana, assim como os sistemas de produção foram as mais utilizadas, respectivamente.

### 3.5 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE DO SOLO NO CONTEXTO DAS “ROÇAS QUEIMADAS”

A utilização do solo para fins agrícolas, seja em regiões tropicais úmidas ou em qualquer outra região, só pode ser sustentável ou continuada quando o agricultor utiliza práticas de manejo que sejam capazes de evitar o gradiente de empobrecimento da terra. Esse empobrecimento pode resultar tanto da retirada de nutrientes do solo pelas colheitas sucessivas quanto de alterações físicas e químicas e consequentemente da erosão, lixiviação e compactação do solo cultivado (ALVIM, 1989).

Portanto, esse sistema pretende tornar sustentável as formas de produção, para tanto é necessário investigar se tais práticas contribuem de alguma maneira para a manutenção da fertilidade e sustentabilidade do solo.

Esses sistemas têm impacto direto nas condições do solo, para tanto, escolhemos alguns indicadores ligados ao teor de matéria orgânica do solo (teor de serrapilheira no solo, teor orgânico, nitrogênio total, relação carbono orgânico e nitrogênio total), e a atividade biológica do solo (teor de carbono da biomassa microbiana, relação carbono

microbiano: carbono orgânico, respiração basal e quociente metabólico, dado pela relação entre a respiração basal e o carbono microbiano).

### 3.51 O Que é Serrapilheira no Solo

O compartimento formado pela serrapilheira e pelo solo é o sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. Entretanto, não significa que todos os fenômenos envolvidos nesse processo ocorram exclusivamente nessa estreita porção do ambiente, pois, assim que um tecido vegetal é fido, começa a ocorrer a sua decomposição. É nesse compartimento, porém, que se concentram os organismos responsáveis pela tarefa de fragmentar as cadeias carbônicas, elaboradas de maneira complexa pelos organismos autotróficos (CORREIA; ANDRADE, 1999).

O conjunto serrapilheira-solo não só representa a fonte de carbono e energia para os organismos do solo, mas também o habitat onde todas as ações do organismo ocorrem, garantindo sua sobrevivência e reprodução. A serrapilheira é a porção mais dinâmica desse conjunto, possivelmente, a mais variável não só entre as ecossistemas, mas também dentro de um mesmo sistema (CORREIA; ANDRADE, 1999).

O processo de retorno de matéria orgânica e nutrientes para o solo florestal se dá através da produção de serrapilheira, sendo considerado o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (VITAL et al., 2004).

Entre os diversos sistemas agropecuários da terra, são aqueles que acumulam maior ativo de biomassa. Portanto, são frequentemente admitidos como uma das formas adequadas de desenvolvimento dos trópicos úmidos (OSTERHOFF, 2002).

### 3.5.2 Matéria Orgânica do solo

Matéria orgânica do solo (MOS) é toda a fração orgânica, localizada abaixo da superfície do solo, e consiste de matéria morta (98% do total de C orgânico do solo) e viva (representa 4% do total de C orgânico do solo). Ela provém de plantas, microrganismos, da meso e macro fauna morta, e de resíduos animais e microorganismos do solo (DA SILVA; PASCAL, 2000).

Matéria orgânica do solo se constitui num importante componente da fertilidade do solo. Segundo acredita a maioria dos autores, a matéria orgânica do solo, ultimamente, tem surgido muitas controvérsias a esse respeito. A matéria orgânica exerce múltiplos efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, para melhor, o nível de fertilidade e produtividade (MELLO et al., 1989).

Matéria orgânica do solo é citada em diversas literaturas sobre o assunto como uma das variáveis capazes de detectar as alterações na qualidade do solo em função do manejo e, portanto, como indicador da boa fertilidade do solo (FEDIN, 2002; KAISER et al., 1999; DA SILVA; PASCAL, 2000).

Consenso em relação a MO como indicador de qualidade do solo emana de dois fatores principais. O primeiro, o teor de matéria orgânica no solo sensível em relação ao manejo, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, onde, nos primeiros anos de cultivo, mais de 50% da MO previamente acumulada é perdida por diversos processos, a decomposição microbiana e a erosão. Segundo, a maioria dos atributos do solo e do ambiente relacionados às funções básicas do solo, citadas na definição, tem estreita relação com a MO. Destacam-se a estabilidade dos agregados, estrutura, infiltração de água, resistência à erosão, atividade biológica e capacidade de troca de



cátios (CTC), disponibilidade de nutrientes para as plantas, lixiviação de nutrientes, liberação de CO<sub>2</sub> e outros gases para a atmosfera.

A adição de materiais orgânicos é fundamental à qualidade do solo, caracterizando-se pela liberação gradual de nutrientes, que reduz processos como lixiviação, fixação e volatilização, e dependam essencialmente da taxa de decomposição, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da decomposição química do material orgânico utilizado (LEITE et al., 2003).

Os estudos de matéria orgânica do solo e seus componentes são importantes na disponibilidade de nutrientes, agregação do solo e no fluxo de gases do efeito estufa entre a superfície terrestre e a atmosfera (LEITE et al., 2003).

A matéria orgânica do solo representa o principal reservatório de energia para os microrganismos e nutrientes para as plantas. O declínio ou crescimento da matéria orgânica serve para medir a preservação dos ecossistemas naturais e os desequilíbrios dos agroecossistemas, ou seja, é utilizado como critério na avaliação da sua sustentabilidade. (KAISER et al., 1995 apud PEREZ; RAMOS, 2004).

A matéria orgânica exerce influências benéficas sobre várias propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, importantes no que se refere à fertilidade do mesmo. Os principais fatores citados são, i) estruturação e aeração, ii) densidade aparente, iii) retenção e umidade (MELLO et al., 1989).

As diretrizes gerais para a manutenção da matéria orgânica do solo são, i) retornar todos os resíduos de plantas e de outros materiais orgânicos, ii) equilibrá-los com N extra, se necessário, iii) usar fertilizantes minerais e orgânicos, se necessário, iv) arar e gradear apenas o necessário v) evitar a erosão (MELLO et al., 1989).

### 3.5.3 Carbono e Biomassa Microbiana do solo

A biomassa microbiana do solo é definida como o componente microbiano vivo do solo e é composta por bactérias, fungos, microfauna e algas. A atividade dos microorganismos que compõem a biomassa microbiana, incluindo bactérias, actinobactérias, fungos, protozoários, algas e micofitas resulta na decomposição da matéria orgânica do solo, participando diretamente do ciclo biogeoquímico dos nutrientes e, conseqüentemente, mediando a sua disponibilidade no solo (MERCADANTE et al., 2000). Assim, a biomassa microbiana representa o elo central do ciclo de decomposição dos resíduos vegetais existentes sobre a superfície do solo, pode funcionar como compartimento de reserva, dreno ou como catalisador da decomposição da matéria orgânica (PAUL; CLARKE, 1989).

A biomassa microbiana do solo (BMS) é fonte potencial de nutrientes para plantas por ser o caminho de mais rápida ciclagem que ocorre da matéria orgânica. A sua quantificação é crucial para estudos da dinâmica de nutrientes e da matéria orgânica, facilitando o entendimento de processos biológicos em solos. Estimativas de C e N da biomassa microbiana do solo, juntamente ao carbono orgânico e nitrogênio orgânico total do solo e respiração microbiana, fornecem índices que podem funcionar como parâmetros cinéticos para o estudo da dinâmica do C e N do solo (VASCONCELOS, 2002).

A quantização da biomassa microbiana do solo em solos agrícolas é essencial nos estudos de ciclagem da matéria orgânica e de nutrientes, pois permite avaliar a contribuição da biomassa microbiana na decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, na fertilidade do solo (GAMA-RODRIGUES, 1997).

A maneira da quantificação da biomassa microbiana deve-se, portanto, à conveniência de usá-la como um índice mais sensível das alterações edáficas oriundas de

dação por ser o compartimento de mais rápido "turnover" da matéria orgânica do solo (GAMA-RODRIGUES, 1997).

Diversos os fatores ambientais bióticos e abióticos que interferem na biomassa microbiana: fatores químicos - teores de carbono e nitrogênio, relações com plantas, pH do solo, nutrientes e pesticidas, fatores físicos - textura do solo, microclima do solo, interações físicas, protozoários e nematóides, ácaros e colêmbolos e macrofauna.

A manutenção da produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, conseqüentemente, da biomassa microbiana do solo. A biomassa microbiana representa um importante componente ecológico e é responsável pela decomposição e mineralização dos resíduos vegetais no solo, principalmente constituídos por material facilmente e lentamente decomposto e material recalcitrante. Sendo também responsável pelos fluxos de nutrientes constituintes da matéria orgânica, de compostos recalcitrantes não protegidos e de material microbiano. Assim, a biomassa microbiana seria o compartimento central do ciclo de carbono no solo, e de acordo com as condições edafoclimáticas do ecossistema e da qualidade da matéria orgânica, poderia funcionar como depósito de reserva, dreno, ou como um catalisador da decomposição da matéria orgânica (JL; CLARK, 1989 apud GAMA-RODRIGUES, 1997).

A biomassa microbiana responde rapidamente à adição de carbono C e nitrogênio N prontamente disponíveis, o que sugere que a maioria dos componentes da microflora está limitada pelo C e pelo N (GAMA-RODRIGUES, 1997).

A aptidão e qualidade dos resíduos vegetais nos sistemas produtivos provocam alterações na composição da comunidade microbiana, influenciando a sua taxa de decomposição. Neste sentido, os sistemas de manejo do solo atuam diretamente na persistência dos resíduos no solo, no tamanho da biomassa microbiana e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas. Assim, a biomassa microbiana pode ser utilizada

para indicar nível de degradação do solo, em função do sistema de manejo utilizado (GAMA-RODRIGUES, 1997).

Considero que os princípios que nortearam as técnicas e práticas agrícolas no processo de implantação do sistema Cacaueiro nas roças passa facilmente pela preocupação na produção de biomassa vegetal para fins de depósito no solo, o que, por princípio, de que estas estratégias serão sentidas pelo indicador "biomassa microbiana no solo".

#### 3.5.4 Atividade Microbiana - Respiração Basal

A atividade dos microorganismos é medida em termos metabólicos, através de indicadores de  $O_2$  liberado,  $O_2$  absorvido, atividades enzimáticas e caloríficas, P e S mineralizados. Como respiração do solo é definido como absorção de  $O_2$  e/ou liberação de  $CO_2$  pelas plantas vivas e metabolizantes do solo. Já a respiração microbiana é definida como a absorção de  $O_2$  ou a liberação de  $CO_2$  pelas bactérias, fungos, algas e protozoários no solo, incluindo as formas gasosas que resultam de ambos os metabolismos aeróbio e anaeróbio. A vantagem de medir  $CO_2$ , ao invés de  $O_2$ , está no fato de  $CO_2$  refletir a atividade tanto de microorganismos aeróbios quanto de anaeróbios (GAMA-RODRIGUES, 1997).

#### 3.5.5 Carbono Orgânico do Solo

Estudos a respeito do carbono orgânico do solo sob diferentes sistemas fornecem subsídios importantes para a avaliação da qualidade do solo. Há interesse cada vez mais na identificação de sistemas de manejo de culturas e pastagens que promovam a melhoria do estoque de carbono no solo (FREITAS et al., 2000). O teor de carbono orgânico estocado no solo está diretamente relacionado com o aumento da emissão de  $CO_2$  para a

atmosférico pode estar aumentando o efeito estufa. Isso prova que o gás carbônico é um dos principais gases causadores desse efeito e cujas emissões no mundo cresceram verdadeiramente nos últimos 40 anos (ROCHA, 2000). Daí a importância do acompanhamento dos sistemas de Roca Sem Queimar, pelo indicador do carbono orgânico do solo.

A matéria orgânica do solo se constitui num componente importante da fertilidade do mesmo sendo acreditada a maioria dos autores. A matéria orgânica exerce múltiplos efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo alterando-lhe, para melhor, o nível de fertilidade e produtividade (MELLO, 1989).

O carbono orgânico é o elemento de maior participação na composição da matéria orgânica do solo. Portanto, comumente ele é usado para avaliar a quantidade de matéria orgânica do solo, pela convenção de que a matéria orgânica do solo é constituída de 58% de carbono orgânico (MELLO, 1989).

### 3.5.4 Nitrogênio total do Solo

O nitrogênio ocupa uma posição de destaque entre os elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas. Apesar de apresentar-se na camada arável do solo, em alguns casos em quantidades relativamente elevadas (mais de 7000 kg ha<sup>-1</sup>), sua baixa disponibilidade, somada à grande necessidade pelos vegetais faz com que seja um dos nutrientes limitantes à produtividade da maioria das culturas. Sua baixa disponibilidade é de tal modo que 95% ou mais do nitrogênio do solo encontra-se complexado na forma orgânica do solo somente uma pequena parte mineralizada pela microbiota do solo durante o ciclo de determinada cultura (CAMARGO, 1996).

### 3.5.7 Índices derivados

#### 3.5.7.1 Carbono microbiano/ Carbono orgânico

Considerando-se que a biomassa microbiana é um constituinte da matéria orgânica do solo, a quantificação da porcentagem de C microbiano, em relação ao C orgânico, permite acompanhar, de forma mais rápida, as perturbações sofridas pelo desequilíbrio ecológico e variações no total da matéria orgânica, ocasionadas pelo manejo do solo, pois reage com maior rapidez que os parâmetros físico-químicos (CATTEILHA; VIDOR, 1990).

A relação  $C_{mic}:C_{or}$  funciona como um parâmetro científico para avaliar a dinâmica da matéria orgânica e seu grau e potencial de decomposição no solo, assim como alterações sofridas pela BMS no espaço e no tempo. A relação  $C_{mic}:C_{or}$  aumenta ou diminui conforme o aumento ou a diminuição da matéria orgânica de baixa qualidade possuem menor relação  $C_{mic}:C_{org}$  do que solos com matéria orgânica de boa qualidade nutricional, mesmo quando os níveis do C orgânico do solo permanecem inalterados. Em uma região climática ou em um ecossistema, a relação  $C_{mic}:C_{org}$  pode ser uma constante em equilíbrio com o tempo. Desvios nessa relação podem indicar se está havendo perda ou acúmulo de C no solo e quanto o solo está distante do seu estado de equilíbrio (VASCONCELOS, 2002).

### 3.5.7.2 C/N orgânico / Nitrogênio total

A relação C/N da matéria orgânica do solo é em geral varia entre 10/1 e 12/1, podendo ser maior ou menor, de acordo com o estado de decomposição da matéria orgânica (MELLO, 1989).

A relação C/N tem sido comumente usada como indicador da qualidade da matéria orgânica do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997; MERCADANTE et al., 2000).

### 3.5.7.3 Quociente metabólico (relação respiração basal / carbono microbiano)

Alguns estudos têm procurado relacionar a quantidade de C-CO<sub>2</sub> com o C da biomassa microbiana na mesma amostra de solo. Essa proposta tem suporte na teoria de Odum (1982) segundo a qual a relação (respiração total)/(biomassa total) diminui com o tempo ou na sucessão num ecossistema. Esse modelo também pode ser interpretado pela relação (respiração microbiana) / (biomassa microbiana), no qual o quociente metabólico (TRBM) diminui com o aumento da maturidade do solo, podendo ser usado para definir e quantificar claramente a atividade microbiana e para caracterizar os riscos de degradação dos solos ricos em matéria orgânica. Nesse sentido, a TRM nula, prediz que, à medida que uma dada biomassa microbiana se torna mais eficiente, menos C é perdido como CO<sub>2</sub>, pela respiração e uma fração significativa de C é incorporada ao tecido microbiano. Desta forma, na biomassa microbiana “eficiente” teria menor taxa de respiração em relação a uma biomassa “ineficiente” (GAMA-RODRIGUES, 1989).

## 4 MÉTODOS

### 4.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA

#### 4.1.1 Localização

As áreas de estudo estão localizadas no município de Medicilândia e Uruará. As áreas estão em propriedades de agricultores familiares que participam do Projeto Roça Sem Queimar.

Os municípios de Medicilândia e Uruará estão situados na BR-230, Rodovia Transamazônica, respectivamente a 90 e 180 km da cidade de Altamira, no sentido para Itaituba, região Oeste do Pará.



**Figura 06: Mapa de localização das áreas onde foram feitas as coletas de campo. Município de Uruará e Medicilândia. Fonte: Laboratório de Sensoriamento Remoto da FVPP – Altamira-Pará.**

#### 4.1.2 Clima

A temperatura do ar é sempre elevada, com média térmica anual de 25,6°C e valores médios para a máxima de 31°C e para a mínima de 22,5°C. A umidade relativa apresenta valores acima de 80% em quase todos os meses do ano. A pluviosidade se aproxima dos 2.000mm anuais, entretanto, é um tanto irregular durante o ano. A estação chuvosa coincide



com o mês de dezembro a junho e, a menos chuvosa, de julho a novembro (CEPLAC, 1994). Sua normal climatológica é considerada para os municípios da rodovia Transamazônica e Xingu.

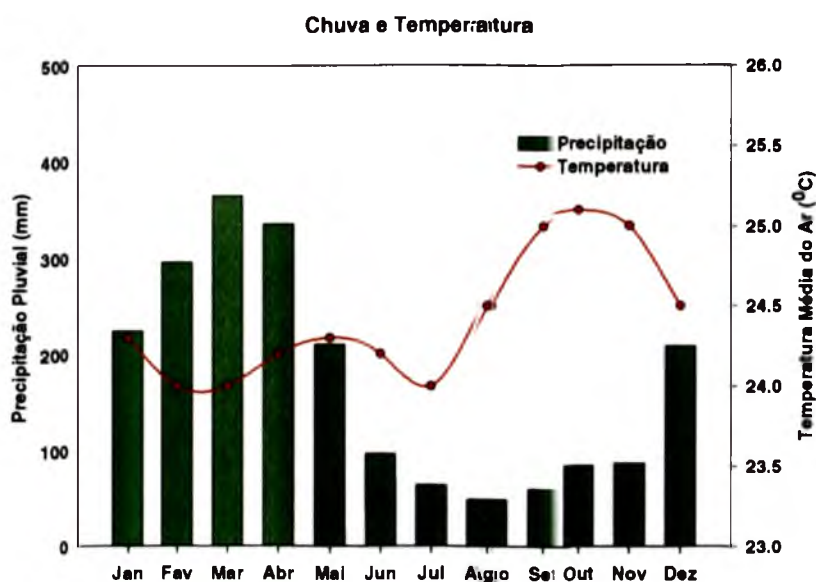


Figura 7 Temperatura e umidade nos municípios de Uruará e Medicilândia. Fonte: Aspectos agroecológicos do município de Medicilândia – CEPLAC, 1994

#### 4.1.3 Vegetação e Solo

A vegetação é representada, em sua maior extensão, pela Floresta Densa Xingu-Tapajó; pela Floresta Densa Submontana da Sub-região da superfície arrasada da Serra dos Carajás; pela Floresta Densa dos baixos platôs.

As margens da rodovia Transamazônica, intensos desmatamentos propiciaram o desaparecimento da Floresta Secundária ou Capoeira.

Os solos são representados, em maior porcentagem, pelo Latossolo Amarelo distrófico, em várias associações, incluindo a Areia Quantosa distrófica. Concrecionário Laterítico hidromórfico Indiscriminado e Gleyzados, até Latossolo Vermelho. Em pequena ocorrência em Medicilândia e Uruará, está o Podzólio Vermelho-Amarelo, também em associação com Solos Litólicos distróficos, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e Concrecionário Laterítico. Com grande presença nos dois municípios, em torno de 28% de sua área está presente a Terra Roxa Estruturada eutrófica em associações com Latossolo

vermelho distrófico ou com Latossolo Roxo distrófico (CEILAC, 1994; RADAM BRASIL 1973).

**Quadro 01: Propriedades química do solo em sistemas alternativos ao uso do fogo. Município de Medicilândia – solo tipo terra roxa estruturada eutrófica (sistema sem queima, sistema com queima e sistema de vegetação natural – mata – Município de Uruará – solo tipo latossolo amarelo distrófico (sistema sem queima e sistema de vegetação natural – mata).**

Tipo de Solo	Sistema Tratamento	Profundidade (cm)	pH em água	K	N	Ca	Ca+Mg	Al	H + Al	
				Mg/dm <sup>3</sup>			Cmol <sub>e</sub> /dm <sup>3</sup>			
Terra Roxa Estruturada Eutrófica Medicilândia	Roça sem queima	0-5	6,2	384	95	9,7	12,8	0,1	3,63	
		5-10	5,5	227	58	5,8	8,0	0,1	3,47	
		10-20	5,3	205	56	5,2	7,4	0,1	3,63	
		20-30	5,0	736	180	3,8	6,1	0,1	3,63	
	Roça com queima	0-5	7,4	107	33	15,2	17,0	0,0	2,15	
		5-10	6,8	60	19	11,3	13,0	0,1	1,98	
		10-20	6,7	45	17	9,6	11,5	0,1	1,82	
		20-30	6,3	54	17	7,4	9,6	0,1	0,50	
	Mata	0-5	6,4	269	64	11,3	14,5	0,1	2,81	
		5-10	5,8	43	15	5,4	7,6	0,1	2,64	
		10-20	5,3	54	17	5,8	8,0	0,1	2,81	
		20-30	5,7	29	10	4,4	6,9	0,1	2,64	
Latossolo Amarelo Distrófico Uruará	Roça sem queima	0-5	5,9	99	25	4,4	6,1	0,1	2,31	
		5-10	5,5	52	12	2,6	3,7	0,1	2,48	
		10-20	4,8	72	17	1,8	2,9	0,5	2,15	
	Mata	20-30	4,9	66	17	2,1	3,5	0,6	2,48	
		0-5	4,3	130	29	2,3	3,6	0,5	3,30	
		5-10	3,9	103	25	1,1	2,1	1,5	3,63	
			10-20	3,8	116	35	0,9	1,6	2,6	3,80
			20-30	3,7	205	48	0,6	1,3	3,0	3,63

Fonte: Pesquisa de Campo, 2005.

**Quadro 02: Características granulométricas do solo em sistemas alternativos ao uso do fogo. Município de Medicilândia – solo tipo terra roxa estruturada eutrófica (sistema sem queima, sistema com queima e sistema de vegetação natural – mata – Município de Uruará – solo tipo latossolo amarelo distrófico (sistema sem queima e sistema de vegetação natural – mata).**

Tipo de Solo	Sistema Tratamento	Profundidade (cm)	Granulometria (g/kg)			
			Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total
Terra Roxa Estruturada Eutrófica Medicilândia	Roça Sem queima	0-5	130	50	290	320
		5-10	120	50	100	520
		10-20	110	10	320	360
		20-30	100	20	260	420
	Roça Com queima	0-5	130	30	340	300
		5-10	110	10	260	420
		10-20	80	80	280	460
		20-30	90	70	280	460
	Mata	0-5	140	30	380	200
		10-20	130	30	340	240
		20-30	110	50	280	360
		30-40	90	80	310	420
Latossolo Amarelo Distrófico Uruará	Roça Sem queima	0-5	150	90	120	140
		5-10	110	50	80	260
		10-20	120	50	110	260
	20-30	140	50	100	220	
Mata	0-5	120	20	200	160	
	5-10	90	40	330	180	
	10-20	80	40	220	240	
		20-30	80	30	240	300

Fonte: Pesquisa de Campo, 2005.

## 4.2 Caracterização e Histórico da área – Unidades Experimentais do Projeto “Roça Sem Queimar”

As experiências a serem estudadas são agrupadas no quadro abaixo. A descrição das técnicas utilizadas para o preparo da área e forma de plantio das culturas foram as feitas dentro dos princípios e métodos do projeto Roça Sem Queimar. O critério para escolha dessas áreas baseou-se em dar condições de “comparação” das práticas de plantio do cultivo, com uso do fogo (com queima), no sistema tradicional, e sem uso do fogo (sem queima), no sistema alternativo proposto pelo Projeto Roça Sem Queimar. Portanto, os critérios foram os seguintes.

- a) **Localização e tipo de solo:** A localização deveria proporcionar condições de viabilidade logística para coleta das amostras e sobre o tipo de solo, deveria ser representativo da diversidade de solos da região Transamazônica e Xingu. No caso, os municípios de Medicilândia e Uruará estão relativamente próximos a Altamira e representam a diversidade de solos da região, este último, solo com menor fertilidade natural, e aquele, solo de maior fertilidade natural.
- b) **Antecedente da área e tipo de preparo:** As áreas deveriam ter o mesmo histórico de manejo (no caso nos dois municípios era uma capoeira de 15 anos de descanso, tendo sido lavoura branca de arroz por 3 anos, e mata nativa), e terem tipo o mesmo tratamento e forma de preparo (no caso, foram preparadas pelo sistema abafado com mucuna e banana), para que esses fatores não interferissem nos resultados. No caso, será necessário fazer um inventário para cada área a ser analisada, considerando.
- c) **Cultura representativa das experiências de Roça Sem Queimar:** Entre as culturas que foram desenvolvidas pelos agricultores, era necessário escolher uma que fosse representativa e que tivesse importância econômica para a região. No caso, a cultura do cacau

foi desenvolvido pela grande maioria dos agricultores do Projeto Roça Sem Queimar, além de ser uma cultura importante em termos econômicos para a região Transamazônica e Xingu.

Portanto, os sistemas escolhidos que atenderam aos critérios foram são os apresentados abaixo:

**Quadro 03: Descrição das experiências do manejo e itinerário técnicas dos sistemas alternativos ao uso do fogo.**

Parâmetro	Município Agricultor	Tipo de Solo	Vegetação Original	Idade	Tratamento	Preparo da Área	Demais Espécies Implantadas
Preparo de Área e implantação das culturas	Medicilândia Francisco Monteiro*	Terra Roxa Estruturada Eutrófica	Capoeira	15 anos	Roça Sem queima	Mucuna e Banana	Cacau, açaí, mogno, craubeira, pimenta, jacarandá, jaca, feijão guandu, feijão de porco e urucum
					Roça Queimada	Fogo	Cacau, banana, teça e mogno.
			Mata primária	-			Área de vegetação primária adjacente
	Uruará Benvindo da Silva*	Latossolo Amarelo distrófico	Capoeira	15 anos	Roça Sem queima	Mucuna e banana	Cacau, açaí, graviola, ingá, mogno, banana, mamona, feijão guandu
		Mata primária	-			Área de vegetação primária adjacente	

Fonte: Pesquisa de Campo, 2005.

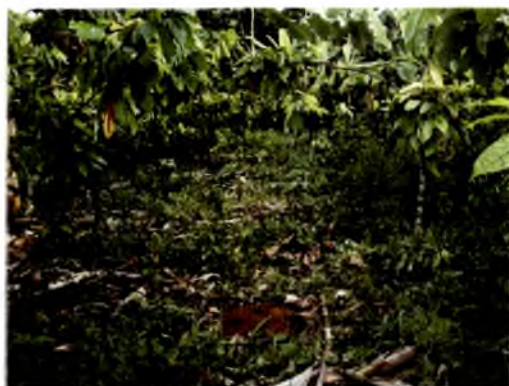
#### 4.2.1 Apresentação visual das áreas estudadas.

a) **Área 01 - Sistema Sem queima – Medicilândia - Terra Roxa Estruturada Eutrófica – vegetação original da área capoeira de 15 anos - Sistema Agroflorestal tendo como componente principal o cacau.**



**Figura 08: Área preparada sem fogo – “entrelinha da cultura” – Figura 09: Área preparada sem fogo – local sob a “projeção da copa” do cacau. Foto: Anderson Serra.**

b) **Área 02 - Sistema Com queima** – Medicilândia – Terra Roxa Estruturada Eutrófica – vegetação original da área capoeira de 15 anos – Sistema Agroflorestal tendo como componente principal o cacau.



**Figura 10: Área preparada com fogo – “entrelinha da cultura” – Figura 11: Área preparada com fogo – local sob a “projeção da copa” do cacau. Foto: Anderson Serra**

c) **Área 03 - Sistema Mata** – Medicilândia – Terra Roxa Estruturada Eutrófica – Vegetação natural da área.

d) **Área 04 - Sistema Sem fogo** - Uruará – Latossolo Vermelho Distrófico – vegetação original capoeira de 15 anos – Sistema Agroflorestal tendo como componente principal o cacau



**Figura 12 e 13: Área preparada sem fogo – vista panorâmica do sistema. Foto: Anderson Serra.**

e) **Área 05 – Sistema mata** – Uruará – Latossolo Vermelho Distrófico – vegetação original.

#### 4.3 COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS NO CAMPO

As coletas de solo foram feitas de tal maneira que representassem a heterogeneidade de cada sistema estudado, e que tivesse um número mínimo de amostras para poder à uma análise de variância, com comparação de medias entre os resultados analisados.

Para tanto, foram feitas 18 perfurações (amostras simples), que foram feitas para fazer 06 amostras compostas. De cada 3 simples, fez-se 01 amostra composta. As profundidades foram 05, sendo: Interface, 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm e 20-30cm. Entretanto, os resultados dos dados para interface apresentaram alta variação e não foram considerados para fim de discussão nesse trabalho.

As coletas foram feitas em dois momentos, em junho de 2004 no período chuvoso, e janeiro de 2005, que na verdade já é mês com precipitação em Ita (CEPLAC, 1994), porém o ano de 2005 foi um ano atípico, e ainda não havia começado a chover de forma acentuada. Existia uma programação para fazer a coleta no mês de novembro de 2004, mas não foi possível pois não havia veículo para viajar aos municípios de Uruará e Uruará.

Houve problema no manuseio das amostras coletadas em junho. Perdeu-se as amostras simples de tal maneira que ficaram apenas 02 amostras compostas em cada área, impossibilitando o procedimento da análise estatística. Dessa forma os dados aqui apresentados e discutidos referem-se às amostras coletadas em janeiro de 2005, período de fim de período seco nos sistemas, com 06 repetições para cada sistema estudado. Com exceção dos sistemas em área de mata, que foram feitas apenas 09 amostras simples, contabilizando 03 amostras compostas.

As amostras foram passadas em peneira de 2,0 mm (tela fina) e homogeneizadas. Em seguida foram retiradas as raízes e resíduos visíveis de plantas e animais. Armazenadas em

sacos plásticos, sendo protegidas da luz e mantidas em caixas térmicas antes de serem transportadas para o laboratório.

Em cada sistema, foi feita uma trincheira, onde retirou-se solo para o cálculo da DA = densidade aparente (peso seco do solo coletado / volume do cilindro usado para a coleta).

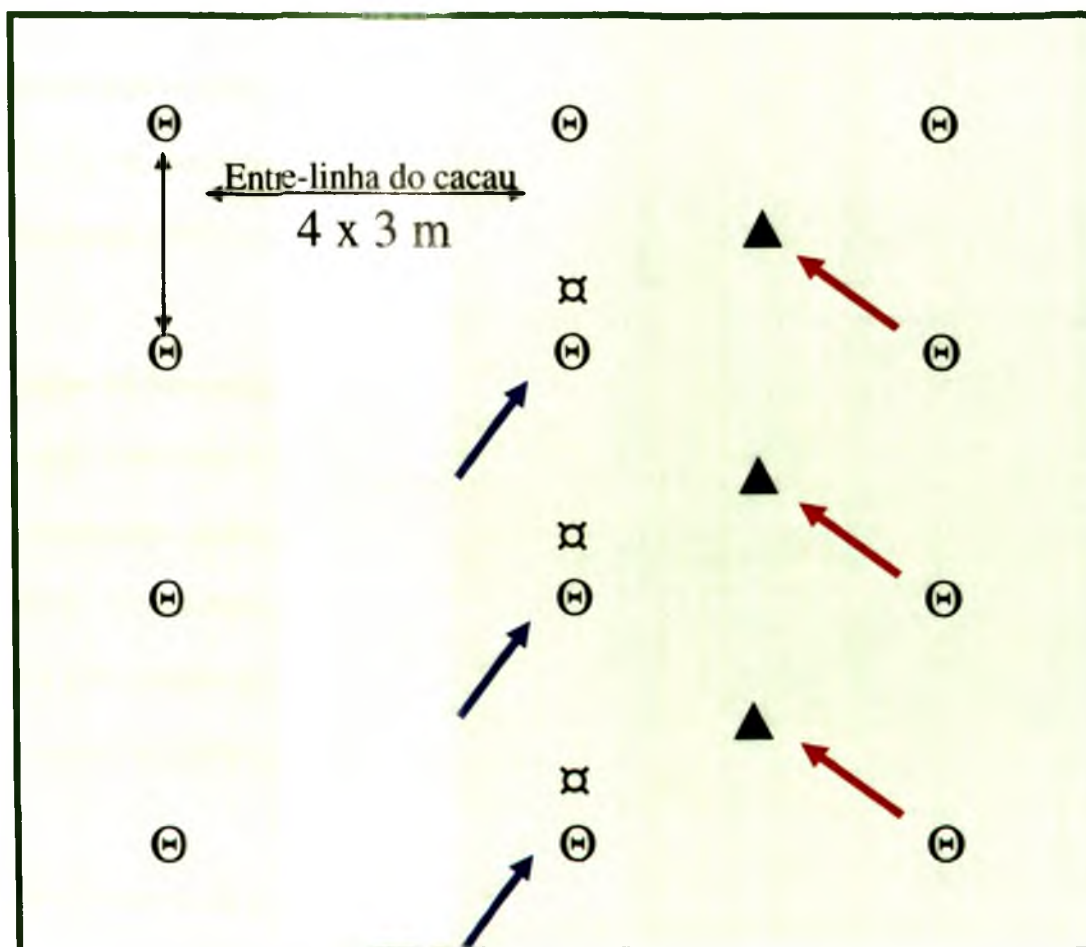
Esse solo usado para o cálculo da DA, foi usado também para a análise granulométrica.



**Figura 14 e 15: Coleta de serrapilheira e interface do solo. Foto: Anderson Serra.**



**Figura 16 e 17: Coleta de solos. Foto: Anderson Serra.**



**Figura 18: Croqui da Área, coleta de solos.**

Legenda:

⊕ Planta de cacau.

⊗ Ponto de coleta na 'linha do cacau' (projeção da copa), 30 cm da planta (seta azul)  
- interesse em verificar a influência da produção vegetal do cacau.

▲ Ponto de coleta na "entre linha do cacau", equidistante dos "pés" de cacau (seta vermelha)  
- interesse em verificar a influência da produção das leguminosas.

Obs. Esquema válido para as áreas sem queima e com queima de Medicilândia, e sem queima para Uruará. As duas áreas de mata, em Medicilândia e Uruará, foram feitas com distância de 5 metros entre as amostras, em linha reta.



#### 4.4 METODOLOGIA DE LABORATÓRIO

**4.4.1 Características químicas e granulométricas do solo** – Os valores de pH, K, Na, Ca, Ca+Mg, Al, H+Al, assim como os dados das características físicas do solo, foram analisados segundo Embrapa (1997), no laboratório de solos da Embrapa EMBRAPA/CIATU.

**4.4.2 Estoque de Serrapilheira** – A metodologia para quantificar a serrapilheira foi descrita por Embrapa Amazônia Oriental (2002). A serrapilheira é considerada aqui como todo material acumulado sobre o solo (folhas, galhos e cascas) em diferentes graus de decomposição. Foram utilizados quadrados de 0,25m. Essa serrapilheira coletada foi seca em estufa a 105 °C, depois pesado em balança analítica (precisão 0,01 g).

O cálculo utilizado para serrapilheira foi

$$BH \text{ (t/haa)} = (PSM/PFM) \times (PFT \times 4) \times 0,04$$

Onde: BH = biomassa da serrapilheira, matéria seca, PSM = peso seco da amostra coletada, PFM = peso fresco da amostra coletada, PFT = peso fresco por metro quadrado (no caso, multiplicou-se por 4, pois foram feitas coletas em quadrados de ¼ de metro – 0,25m.), e 0,04 = fator de conversão.

**4.4.3 Matéria orgânica** – Método de determinação por perda por ignição. Foram pesados cerca de 20g de TFSA, com repetição, colocado em estufa a 50 °C por 24 horas. Depois colocado em mufla por 550 °C por 3 horas.

A percentagem de matéria orgânica (%MO) foi calculada pela fórmula. (ALEF, 1995).

$$\%MO = \frac{(\text{Peso estufa} - \text{peso mufla}) \times 100}{(\text{Peso seco})}$$

**4.4.4 Carbono orgânico do solo** – O Carbono orgânico foi determinado por colorimetria (absorção de 590 nm) a partir da oxidação da matéria orgânica com solução sulfocrômica e aquecimento (BAKER, 1976 apud ANDERSON; INGRAMM, 19).

**4.4.5 Nitrogênio total do solo** – O nitrogênio total foi determinado pela digestão do solo com ácido nítrico e água oxigenada, seguida de destilação (método Kjeldahl) com hidróxido de sódio e absorção do coletado com indicador de ácido bórico e cloreto de clorídrico (ALEF, 1995).

#### 4.4.6 Cálculo dos dados para estoque / área (MOS, Corg e Ntotal).

Dados de MOS, Corg e Ntotal, foram trabalhados para o cálculo do estoque total por área, usando a expressão (FREIXO et al., 2002).

$$Est\ MOS / C / N = \frac{MOS / C / N * Ds * \varphi}{10^3}$$

Em que

Est – Estoque de matéria orgânica, ou C, ou N na camada estudada (Mg ha<sup>-1</sup>)

MOS / C / N – matéria orgânica, ou carbono orgânico ou nitrogênio total (g kg<sup>-1</sup>)

Ds – densidade do solo da camada estudada (kg dm<sup>-3</sup>)

φ - espessura da camada estudada.

#### 4.4.7 Cálculo Biomassa Microbiana do solo

Utilizado o método da fumigação-extração para a estimativa do C (VANCE et al., 1987; TATE et al., 1988). Amostras de aproximadamente 20g (peso seco) foram acondicionadas em dessecador e submetidas à fumigação com clorofórmio em solução de álcool por 48 horas, agitada por 1 hora em extratos (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 M) e filtrada em filtro whatman 42. Imediatamente após o início da fumigação foram submetidas à extração conforme citada

anteriormente. Os extratos foram armazenados em frascosss: pios sob congelamento até o início das análises químicas.

A determinação do C microbiano foi realizada pelo método colorimétrico (absorbância de 590) mm) a partir de uma alíquota do extrato juntamente com solução sulfocrônica e aquecimento (ANDERSON; INGRAM, 1993). Para o cálculo do C microbiano, utilizou-se a seguinte equação:

$$C-BM = (F - NF) / K_{ec}$$

Onde;

C-BM = C da biomassa microbiana em g de C por g de solo

F = quantidade de C extraído na amostra fumigada em g;

NF = quantidade de C extraído na amostra não fumigada em g

K<sub>ec</sub> = fator de eficiência de extração de C

Para a determinação do C-BM, foi utilizado K<sub>ec</sub> (3) perfeiçoado para solos da região amazônica pelo laboratório de ecofisiologia da Embrapa-CATU.

**4.4.8 Respiração basal da biomassa microbiana do solo** - Quantificação do CO<sub>2</sub> desprendido no processo de respiração microbiana, durante oxidação dos compostos orgânicos. Para isso, 20 gramas de solo (TFSA), livres de quaisquer possíveis insetos, foram incubados em frascos de plástico hermeticamente fechados, sendo um frasco menor com 20 ml de NaOH 0,5 N para capturar o CO<sub>2</sub>. Após 3 dias de incubação, os frascos com NaOH foram retirados e o CO<sub>2</sub> desprendido foi determinado por titulação com HCl 0,5 N, após a precipitação do carbonato de sódio pela adição de 2 mL de solução aquosa saturada de cloreto de bário (ALEF, 1995).

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância, teste de comparação de médias, à 5% de probabilidade, teste de TUKEY (PIMENTEL GOMES, 1990).

O programa estatístico usado foi o SIGMASTAT 3.1 (SYSTAT, 2004). As tabelas e dados foram tabuladas em no programa Microsoft Excel – versão 2003 e programa QuatroPROrel 2005.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Tabela 05: Indicadores de sustentabilidade do solo – Coleta Janeiro de 2005 - Estoque de serapilheira (ES), matéria orgânica do solo (MOS), carbono orgânico do solo (Corg), nitrogênio total (Ntotal), relação Corg/Ntotal, carbono microbiano (Cmic), relação Cmic/Corg, respiração basal (RESP) e quociente metabólico (qCO), em três ecossistemas (área sem queima, área com queima e mata), em dois tipos de solo, terra roxa estruturada eutrófica, localizado no município de Medicilândia, e solo tipo latossolo amarelo distrófico, localizado no município de Uruará – BR-230 Rodovia Transamazônica.

Indicadores de sustentabilidade	Prof. (cm)	Medicilândia - Terra Roxa Estruturada Eutrófica			Uruará – Latossolo Amarelo Distrófico	
		Sem Queima ** (SQ-TR)	Com Queima ** (CO-TR)	Mata * (M-TR)	Sem Queima ** (SQ-LA)	Mata * (M-LA)
Serapilheira (1)						
Mg hectare <sup>-1</sup>	-	11.158	1.997	8.753	6.543	7.998
MOS (1)						
Mg hectare <sup>-1</sup>	0-30	94.18 ± 6.14 A	88.48 ± 5.30 A	90.28 ± 2.62 A	76.59 ± 2.06 ns	80.26 ± 2.52 ns
Carbono Orgânico (1)						
Mg hectare <sup>-1</sup>	0-30	45.45 ± 0.309 A	36.56 ± 0.472 B	43.90 ± 2.182 A	38.22 ± 0.376 s	35.66 ± 1.595 s
Nitrogênio Total (1)						
Mg hectare <sup>-1</sup>	0-30	3.34 ± 0.192 A	2.17 ± 0.200 B	2.30 ± 0.046 B	2.49 ± 0.084 s	2.01 ± 0.142 s
Corgânico/Ntotal (%)	0-5	11.75	13.96	12.43	11.36	14.48
	5-10	12.26	15.84	18.02	12.43	18.17
	10-20	17.88	16.88	22.84	12.13	18.18
	20-30	23.65	24.46	24.37	18.17	21.15
Carbono Microbiano (2) (µg C.g <sup>-1</sup> )	0-5	948,32 ± 35,48 Aa	265,14 ± 13,26 Ba	637,67 ± 43,66 Ca	300,75 ± 29,28 Aa	420,88 ± 81,91 Ba
	5-10	466,90 ± 46,58 Ab	225,22 ± 17,31 Ba	273,25 ± 65,90 Bb	249,73 ± 21,15 Aab	275,41 ± 37,53 Abc
	10-20	271,62 ± 35,38 Ac	172,74 ± 08,29 Bb	208,10 ± 16,95 Bbc	195,29 ± 12,52 Ab	217,92 ± 25,71 Acd
	20-30	176,48 ± 35,45 Ac	146,33 ± 11,14 Bb	176,16 ± 16,88 Bbc	181,15 ± 37,46 Ab	184,01 ± 36,63 Ab
	20-30	228,49 ± 23,45 Ac	146,33 ± 11,14 Bb	176,16 ± 16,88 Bbc	181,15 ± 37,46 Ab	184,01 ± 36,63 Ab
Cmicrobiano Corgânico (1) (%)	0-5	2,95 ± 0,30 A	1,38 ± 0,12 B	3,36 ± 0,20 C	2,07 ± 0,10 A	2,71 ± 0,03 B
	20-20	1,98 ± 0,43 A	0,98 ± 0,16 A	1,26 ± 0,31 A	1,48 ± 0,11 A	1,67 ± 0,05 B
	20-30	1,05 ± 0,32 A	1,00 ± 0,43 A	1,12 ± 0,27 A	1,26 ± 0,23 A	1,54 ± 0,07 A
Respiração Basal (2) (µg C-CO <sub>2</sub> .g <sup>-1</sup> solo dia <sup>-1</sup> )	0-5	32.780 ± 3.088 Aa	23.637 ± 1.203 Ba	45.871 ± 5.713 Ca	22.803 ± 2.970 Ab	20.709 ± 1.218 Ab
	5-10	19.419 ± 3.342 Ab	18.876 ± 1.829 Ab	22.096 ± 5.821 Ab	21.580 ± 4.883 Abc	17.442 ± 0.668 Bbc
	10-20	15.111 ± 3.209 Ab	15.460 ± 1.871 Ac	21.957 ± 5.481 Ab	18.664 ± 2.507 Abc	15.705 ± 0.668 Abc
	20-30	14.598 ± 2.562 Ab	13.523 ± 4.254 Ac	17.365 ± 2.363 Ab	17.110 ± 0.914 Ac	13.954 ± 0.463 Ac
Quociente metabólico (1) qCO <sub>2</sub> (µg C-CO <sub>2</sub> .g <sup>-1</sup> de CBM dia <sup>-1</sup> )	0-5	0,0346 ± 0,0033 A	0,0893 ± 0,0064 B	0,0724 ± 0,0132 B	0,0765 ± 0,0138 A	0,0502 ± 0,0084 B
	5-10	0,0425 ± 0,0117 A	0,0842 ± 0,0101 B	0,0853 ± 0,0327 AB	0,0871 ± 0,0214 A	0,0642 ± 0,0098 B
	10-20	0,0566 ± 0,0166 A	0,0898 ± 0,0129 B	0,1049 (0,0215) AB	0,0957 ± 0,0125 A	0,0727 ± 0,0099 B
	20-30	0,0659 ± 0,0183 A	0,0938 ± 0,0361 B	0,1019 (0,0101) B	0,0907 ± 0,0108 A	0,0768 ± 0,0101 A

Medias seguidas de = desvio padrão. Letras maiúsculas comparam médias entre as áreas (linhas) e letras minúsculas comparam médias entre as profundidades de uma mesma área (colunas). Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si (peio teste de Tukey a 5%).

\*\* 06 (seis) repetições - \* 03 (três) repetições

Esquema estatístico: (1) – Análise de variância com 01 fator (tratamento) – (2) – Análise de variância com 02 fatores (tratamento x profundidade) Comparações somente entre os sistemas no mesmo tipo de solo (Medicilândia e Uruará).

## 5.1 SOLO DE MEDICILÂNDIA (ÁREA SEM QUEIMA/AAA SC-TR, COM QUEIMA CQ-TR E MATA M-TR).

### 5.1.1 Estoque de serrapilheira (ES) – Matéria Orgânica do Solo (MOS).

O maior estoque encontrado de ES foi para SQ-TR, em 11,158 t/ha, seguido M-TR, 8,753 t/ha, e CQ-TR, 1,997 t/ha. Os valores confirmam a hipótese que a serrapilheira é variável de acordo com o ecossistema considerado e seu estágio sucessional (DELITTI, 1989).

O ES na M-TR está de acordo com a descrição feita em outros trabalhos para áreas de floresta; 6,39 t/ha e 5,34 t/ha, em solos secos e molhados respectivamente para Floresta Atlântica – Interior de São Paulo (VITAL et al., 2004); 7,2 t/ha, em floresta tropical – Manaus-Amazonas (CORREIA; ANDRADE, 1999), e para floresta plantada com eucalipto de 07 anos, 7,46 t/há, município de Três Marias – MG (GILAM-RODRIGUES, 1997).

Pressupõe-se que o alto valor de ES tem relação direta com o manejo do sistema SQ-TR, que além do incremento de espécies leguminosas com o propósito de produção de biomassa vegetal, existe ainda a regeneração natural da vegetação da área que é manejada para o mesmo fim.

Algumas leguminosas arbóreas por desenvolverem-se de forma vigorosa em solos onde a fertilidade é fator limitante para a maioria das espécies vegetais, têm sido empregadas com o objetivo de fornecer nutrientes para espécies em consócio ou para recuperar os níveis de matéria orgânica de solos degradados (CORREIA; ANDRADE, 1999).

Esse sistema, fundamento dos sistemas de rotação sem queimar, provavelmente irá contribuir positivamente para a manutenção da fertilidade do solo, pois promove condições favoráveis às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo tendo em vista que a adição de cobertura ao solo pode aumentar consideravelmente a infiltração, reduzir a

evapotranspiração e a de matéria orgânica do solo, além de estimular as comunidades microbianas (CORREIA; ANDRADE, 1999).

No sistema QFR, as coberturas (no caso, a serra-pilheira original e o incremento de leguminosas), substituem a serra-pilheira original, servindo um misto de fonte de carbono, energia e habitat. Um aumento na disponibilidade de energia, associada à existência de novos habitats favoráveis à decomposição, contribui para um aumento da densidade e diversidade de todos os grupos da fauna do solo. Essa prática de manejo tem sido considerada como uma dos processos chave para a manutenção da estrutura e fertilidade dos solos tropicais (CORREIA; ANDRADE, 1999).

Diversos estudos com leguminosas confirmam a contribuição que estas dão à manutenção da qualidade do solo. As leguminosas, como o guandu (*Cajanus cajan*), eucera e mucuna-preta (*Stizobolus aterrinn*), promoveram aumento no teor de matéria orgânica do solo em função do material vegetal depositado na superfície do solo (MARTINS et al., 1990).

A incorporação dos restos vegetais das leguminosas promoveu um aumento proporcional na produção de grãos da cultura de sorgo, que havia sido plantada com as leguminosas. Verificou-se a deposição de material fisiologicamente inerte na superfície, as leguminosas forrageiras utilizadas como banco de proteínas, contribuíram para elevar o percentual de matéria orgânica do solo (MARTINS et al., 1990).

Para o sistema QFR, o valor de ES na ordem média de 1,09 t/ha, encontra-se baixo, pois em decorrência da queima, parte da serra-pilheira sofre combustão, liberando cinzas ricas em bases que se incorporam ao solo. A quantidade de resíduos vegetais sobre o solo decresce, juntamente com os ácidos alterados existentes no interior do solo. A quantidade de serra-pilheira diminui significativamente depois da queima, e continua decrescendo com o tempo (MARTINS et al., 1990).

A queima de áreas para fins de plantio ou colheita em efeitos negativos drásticos sobre as populações de animais do solo. Além da eliminação direta de praticamente todos os animais que vivem na superfície do solo, a destruição da serrapilheira esgota a fonte de carbono e energia e desestrutura o habitat. Sem essas condições e sem habitat a recolonização, quando ocorre, é lenta e restrita a poucos grupos (CORREIA; ANDRADE, 1999).

Inúmeras modificações das propriedades físicas, químicas, mineralógicas e biológicas do solo ocorrem a partir do momento em que o sistema natural é destruído pelo fogo e o solo utilizado para o cultivo é depois abandonado à capoeira (CORREIA et al., 1985).

Os valores de estoque de MOS são de 94,1 t/ha, 88,48 t/ha, e 10,28 t/ha, respectivamente os sistemas SQ-TR, CQ-TR e M-TR. Não há diferença significativa entre os sistemas. Isto pode estar relacionado com o fato de esse solo ser de alta fertilidade natural. Entretanto, o valor maior foi encontrado na área SQ > M-TR > CQ-TR.

Essa constatação permite deduzir que a queima da vegetação implicou na diminuição do estoque de MOS na área. Teores menores de MO foram observados, após a queima da vegetação, em solos tipo aluvial eutrófico de textura arenosa (JEZERRA et al., 1996).

Entretanto, a diminuição do teor de matéria orgânica do solo sob cultivo não se deve unicamente à redução da quantidade de resíduos adicionado, mas também ao aumento da atividade microbiana, causada por melhores condições de aeração, temperaturas mais elevadas e alternâncias mais frequentes de umedecimento e seagem do solo (STEVENSON, 1982 apud MALCHIORI JÚNIOR, 1999).

É oportuno estudar a correlação entre a MOS e o teor de argila para os sistemas CQ-TR e M-TR, pois o alto teor de argila comum em solos tipo terra roxa, pode ter influenciado complexando húmus, atuando como fonte de Al e Fe, conferindo estabilidade a matéria



orgânica do solo (EALDES, 1995). Daí o fato de não haver diferença significativa entre o estoque de MOS em Q-TR e M-TR.

Na comparação entre sistemas onde houve a queima da vegetação, com práticas orgânicas, práticas convencionais e área de mata nativa, em um solo podzólico vermelho amarelo, constatou-se a diminuição dos teores de MO do solo (GERALDES, 1995).

### 5.1.3.2 Carbono orgânico do solo (Corg) – Nitrogênio total do solo (Ntotal) – Equação Carbono orgânico/nitrogênio total (Corg / Ntotal).

Os estoques de Corg e Ntotal seguiram a mesma tendência observada para a MOS, com o maior estoque no sistema SQ-TR, depois para área de M-TR, e posteriormente para CQ-TR. Estoque cresceu de matéria orgânica em solos amazônicos foram atribuído ao aumento da fitomassa produção de matéria orgânica bruta com a sucessão (VIEIRA, 1990).

Não há diferença estatisticamente significativa entre a área SQ-TR e M-TR para Corg, com valores de 45,5 e 43,90 t/ha, respectivamente. Porém, entre o estoque observado no sistema M-TR com o sistema CQ-TR, com 36,56 t/ha, existe diferença significativa, com o maior estoque de Corg para área de M-TR. Resultado com maior quantidade de Corg para área de mata também foi encontrado quando comparado à sistemas com cana-de-açúcar, café e milho (GONÇALVES; CERETTA, 1999).

A quantidade de carbono orgânico acumulado no solo depende fundamentalmente da quantidade de matéria produzida pelos sistemas de cultivo (GONÇALVES; CERETTA, 1999). Este componente permite dizer que o estoque de Corg na área sem queimar é maior em função do manejo adotado, caracterizado pela grande produção de biomassa vegetal.

O estoque de Corg na área de mata é maior do que na área queimada, porque em solos com cobertura vegetal natural, o Corg encontra-se em equilíbrio dinâmico, com teores praticamente constantes com o tempo. Essa condição é alterada quando o solo é submetido ao cultivo, e um novo equilíbrio é atingido num nível que varia em razão das características do sistema de manejo adotado. Nos trópicos, a introdução de sistemas agrícolas em áreas com

vegetação nativa resulta, geralmente, numa rápida perda de C orgânico, em virtude da combinação entre calor e umidade (GONÇALVES; CERETTA, 1999).

Neves et al. (2004), acompanhando sistema agrosilvipastoril comparado à área de mata, também verificou diminuição no estoque de carbono orgânico do solo, em função do manejo, atribuindo tal comportamento ao aumento da oxidação de compostos orgânicos, ruptura mecânica dos agregados e exposição da superfície do solo ao impacto das gotas de chuva.

Os estoques de Ntotal ficaram em 3,34 t/ha, 2,30 t/ha e 2,17 t/ha, para áreas sem queima, mata e com queima, respectivamente.

Existe diferença significativa entre a área sem queima, comparando-a com as demais áreas, e não existe diferença significativa entre a área de mata e a área queimada.

Novamente o manejo do sistema pode ter influenciado no aumento do estoque de Ntotal na área sem queima, pois a adição de resíduos de leguminosa reflete em acréscimo no N total do solo em diferentes sistemas de preparo (convencional, reduzido e sem preparo).

A influência exercida pela presença da leguminosa não significa apenas a adição de carbono orgânico ao solo, mas, também, ao fato de ela fixar nitrogênio do ar, mediante bactérias do gênero *Rhizobium*.

Aumento no estoque de Corg e Ntotal em sistemas agrícolas está associado ao maior aporte de resíduos vegetais retornados ao solo, também foi constatado por Leite et al. (2004). Esta constatação permite dizer então que o estoque de serrapilheira influenciou positivamente na matéria orgânica do solo, através dos indicadores Corg e Ntotal, na área sem queima.

Por conseguinte, por meio dos benefícios causados à fertilidade e à estrutura do solo, as aplicações dos compostos orgânicos podem aumentar o rendimento das culturas e, portanto, contribuir para ganhos ainda maiores de Corg e Ntotal, a partir de maior aporte de resíduos vegetais, promovendo uma relação de causa-consequência.

A área com queima, apresentou o menor estoque de Ntotal no solo, indicando que houve mudança na cobertura vegetal. Esta constatação também foi encontrada em estudos em cronosequência de floresta-primária cupuaçu, em trabalho desenvolvido por Mori e Malavolta (2000) que afirmam ainda que a diminuição de Ntotal pode estar associada a mudanças significativas na estrutura do solo, afetando a sua atividade biológica.

O estoque de Ntotal foi significativamente maior na área sem queima. Pressupõe-se que o sistema de cultivo em queimar pela sua prática de adubação verde com o uso de espécies da família das leguminosas, possibilita que quantidades expressivas de nitrogênio podem ser adicionadas ao solo pela incorporação destas plantas, em função da fixação biológica de nitrogênio. A prática de adubação verde com uso de leguminosas resultando em menor necessidade de aplicação de adubos nitrogenados minerais para que altas produtividades sejam alcançadas (BRETTO, 1999).

Na relação Corg / Ntotal, com exceção da profundidade de 10-20, quando comparada com a mesma profundidade da área com queima, todas as demais profundidades da área sem queimar apresentaram menor relação Corg/Ntotal. Este comportamento está ligado à qualidade da matéria orgânica presente na área sem queima, que pode ter relação ao uso de leguminosas, constatação verificada por Amado et al. (1996), que indica que a utilização de sistemas de cultivo que incluam leguminosas determinaram uma grande adição de resíduos que se refletiram em maiores níveis no Ntotal do solo.

Amado et al. (1996), também identificaram que a diminuição da relação Corg/Ntotal em cronosequência de floresta-primária – cupuaçu, está relacionado ao aumento da população de leguminosas, que promoveu mudanças significativas na estrutura do solo, afetando sua atividade biológica.

É de se considerar ainda que mudanças nos teores de N total do solo são relacionados à uma série de fatores, como clima, pH, atividade microbiana, propriedades físicas do solo, manejo, vegetação e material de origem (LONGO, 1999).

### 5.1.3 Carbono da biomassa microbiana ( $C_{mic}$ ) – Reação Carbono microbiano / carbono orgânico ( $C_{mic} / C_{org}$ ) – Respiração Basal (Resp) – Quociente metabólico ( $qCO_2$ ).

Os valores de  $C_{mic}$  foram maiores em todas as profundidades no sistema SQ-TR, diferença estatisticamente significativa, comparado aos sistemas M-TR e CQ-TR. No sistema SQ-TR, os valores variam entre 226,49 e 948,32  $\mu g C.g^{-1}$ , para as profundidades 20-30cm e 0-5, respectivamente. O sistema CQ-TR teve os menores estoques para todas as profundidades.

Redução do C microbiano em função do cultivo também foi observado por Cerri et al. (1985). Em todos os tratamentos o comportamento do  $C_{mic}$  apresentou decréscimo de  $C_{mic}$  com o aumento da profundidade. Em cada uma das três áreas, houve diferença significativa entre as camadas 0-5cm e 5-10cm. Entre a camada 10-20cm e 20-30cm, não houve diferença significativa. Maior atividade microbiana, e por conseguinte maior estoque de C microbiano nos primeiros 15cm iniciais, também foi constatado por Cerri et al. (1985).

No sistema M-TR, ficou entre 170,19 a 637,67  $\mu g C.g^{-1}$ , para a profundidade 30cm e 0-5cm, respectivamente.

No sistema CQ-TR, que apresentou os menores valores para todas as profundidades ficou entre 146,33 a 265,14  $\mu g C.g^{-1}$ , para as camadas 20-30cm e 0-5cm respectivamente. Isso indica que o manejo-tratamento influenciou na dinâmica da biomassa microbiana.

Com a remoção da cobertura vegetal, o ciclo de equilíbrio dinâmico na ciclagem de nutrientes é quebrado, alterando a qualidade e a quantidade de matéria orgânica. Consequentemente, há uma diminuição da atividade microbiana, principal responsável pela ciclagem de nutrientes e pelo fluxo de energia dentro do solo e que exerce grande influência tanto na transformação da matéria orgânica quanto na estocagem do carbono e minerais, seja, na liberação e na imobilização de nutrientes (MALAVOLTA, 1987). Os efeitos

perturbação nas propriedades do solo interferem na capacidade de regenerar a flora mesmo na introdução de outras plantas.

A diminuição da biomassa microbiana foi observada por Cerri (1985), em área que tinha sido queimada para o plantio de sistemas agrícolas. Para o estudo citado, o comportamento foi atribuído à destruição da biomassa superficial pelo fogo, decorrente do aquecimento e da perda de água consecutivos à queimada, e também, à uma inadaptação dos microorganismos para utilizar o carbono do húmus do solo, uma vez que, com o fogo, rompeu-se o suprimento de substâncias orgânicas novas, derivadas da vegetação da serrapilheira.

Entretanto, alguns anos após a implantação dos cultivos, há uma adaptação da microflora e da microfauna, e também produtos orgânicos novos são gerados pelas plantas cultivadas, principalmente pelas raízes, restabelecendo a biomassa no solo (MARANINO 1982). Mesmo assim, o tempo de recuperação-reestabelecimento do sistema CQ-TR, já é suficiente para alcançar teores de C<sub>mic</sub> próximos ao sistema M-TR.

Ainda descrevendo sobre o sistema CQ-TR, verificamos que Maranino (1982), em seu estudo nos cultivos convencionais, percebeu que a aceleração da mineralização da matéria orgânica do solo, inicialmente e posteriormente por uma indução a mineralização da própria biomassa, aliados à menor disponibilidade de C orgânico no solo durante todo o ciclo de cultivo, não permitem o reestabelecimento da biomassa microbiana.

O fundamento C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> foi menor em todas as profundidades para o sistema CQ-TR, indicando que o C<sub>mic</sub> tem menor participação no C<sub>org</sub> do solo, mostrando baixa qualidade nutricional do solo. Cerri (1985) estudando uma terra roxa estruturada submetida a cultivo com algodoeiro por dez anos encontrou valores de C<sub>mic</sub> / C<sub>org</sub> na faixa de 0,7 a 0,8, valores que são menores à um sistema com mata nativa adjacente.

No sistema SQ-TR, a relação  $C_{mic}/C_{org}$  foi maior significativamente para as camadas iniciais, quando comparado ao sistema CQ-TR, indicando que na área SQ-TR a quantidade de carbono imobilizado como biomassa microbiana foi maior.

Os teores de  $C_{mic}/C_{org}$  no sistema M-TR estão de acordo com a bibliografia consultada; 1,7% para 0-10cm (GERALDES et al., 1995), 1,3% para 0-10cm; 1,29 para 10cm (CERRI et al., 1985).

Em todas as áreas existe uma tendência para diminuição da relação  $C_{mic} / C_{org}$  função da profundidade, indica que vai caindo a qualidade nutricional, e pela menor atividade microbiana.

A respiração basal tem sido maior no sistema M-TR, para todas as profundidades, existe diferença apenas na camada inicial entre as áreas, todas as demais não diferem estatisticamente. Indica que o sistema M-TR está dependendo  $CO_2$  pela atividade microbiana.

Vale destacar que os valores de respiração basal descritos na literatura são bastante variados. Insam et al. (1991), analisando amostras provenientes de solos cultivados na mesma cultura por até 77 anos, observaram que a respiração basal variou de 8,40 a 336  $\mu g\ g^{-1}\ dia^{-1}$  de C- $CO_2$  no solo. Rodrigues et al. (1994), por sua vez, constataram que a respiração basal, em solos coletados sob condição tropical, variou de 6,3 a 20  $\mu g\ g^{-1}\ dia^{-1}$  de C- $CO_2$  no solo. Tal variação pode ser influenciada pela diferença entre as fases de decomposição do solo (BALOTA et al., 1998), ou com a precipitação pluvionétrica, temperatura do ar e consequentemente, da umidade do solo (ESPINDOLA et al., 2001).

Em todos os sistemas, as quantidades de C- $CO_2$  desprendidas decrescem com a profundidade de amostragem, refletindo os maiores conteúdos de carbono, bem como maiores teores dos nutrientes nas camadas superficiais. Como nas camadas iniciais encontram os melhores índices de MO, sugere que a atividade microbiana é fortemente ligada

ao substrato orgânico Espindola et al. (2001) também observou resultados parecidos em sistema com eucalipto e mata nativa.

O menor valor de quociente metabólico foi constatado na área sem queimada, o que significa que a biomassa está se tornando mais eficiente para a liberação, pois tem a menor taxa de respiração. Segundo Espindola et al. (2001), o  $qCO_2$  decresce com o tempo de sucessão em um ecossistema, pois, na medida em que o ecossistema se desenvolve, ocorrem as melhores condições para a sobrevivência dos microrganismos no solo, reduzindo a energia de manutenção requerida. Segundo Balota et al. (1998), a respiração basal por unidade de biomassa microbiana diminui em agroecossistemas mais estáveis. Outra possibilidade é a de que altos teores de Cmic e baixos valores do quociente metabólico, sugerem que a biomassa microbiana funciona como um compartimento de reserva de nutrientes, evitando perdas através de processos de lixiviação. Comportamento observado por Espindola et al. (2001), na região da Bacia Fluminense.

## 5.2 SOLO DE URUAIA - (ÁREA SEM QUEIMA - SQ-LA, E ÁREA DE MATA - M-LA)

### 5.2.1 Estoque de serrapilheira (ES) - Matéria orgânica do solo (MOS).

O ES encontrado no sistema M-LA, foi maior, 7,64 t/ha, do que na área SQ-LA, 6,43 t/ha.

O valor de MOS também seguiu a mesma tendência, sendo maior no sistema M-LA com 10,26 t/ha, do que na área SQ-LA, 7,64 t/ha. Portanto, não existe diferença significativa entre as áreas.

Isto sugere que ao se alterar o manejo, a matéria orgânica sofre rápidas alterações, atingindo um novo equilíbrio, sendo maior na mata natural, menos em culturas permanentes (BALOTA et al., 1988).

Um outro fator que corrobora positivamente para o aumento da serrapilheira no solo é que o cultivo do cacau é considerado um cultivo protetor do solo e economicamente adequado para o ambiente regional da Transamazônica (MORAIS; SAAANTOS, 1986).

A biomassa da vegetação secundária em solos ácidos e degradados quando convertida em cinzas, não aumenta o status nutricional do solo. Assim, sugere-se o uso de práticas de manejo da biomassa da capoeira que sejam alternativas para a derruba e queima. Portanto, é importante que a biomassa seja utilizada como cobertura morta ou que as capoeiras sejam enriquecidas com espécies de valor econômico (MEDEIROS; CARVALHO, 1997).

### **5.2.2 Carbono orgânico do solo (Corg) – Nitrogênio total do solo (Ntotal) – Relação Carbono orgânico e nitrogênio total (Corg/Ntotal)**

Os valores de Corg e Ntotal foram maiores na área sem queimar do que na área de mata, havendo diferença significativa para ambos.

O estoque de Corg e Ntotal na área sem queimar, ficaram em 38,22 t/ha e 2,41 t/ha, respectivamente. Para área de mata, ficou em 35,66 t/ha e 2,01 t/ha, para Corg e Ntotal, respectivamente.

Novamente pressupõe-se que o manejo da área sem queima, com incremento de leguminosas, foi responsável pelo aumento no estoque de Ntotal, pois as leguminosas têm potencial de fornecimento de nitrogênio no solo através da fixação biológica. Na decomposição de folhas, caules e raízes, e pela morte de nódulos (ESPINDOLA et al., 2001). Solos deficientes de nitrogênio, as leguminosas fixadoras competem com vantagem com espécies não nodulíferas ou não leguminosas e são uma alternativa importante e econômica para adicionar o nitrogênio ao sistema solo-planta-animal (ESPINDOLA et al., 2001).

Entre as espécies leguminosas, mucuna-preta, usada na área sem queima em este estudo mostrou-se com maior potencial para a proteção do solo contra a erosão, quando comparada



crotalária e labelabe. Na comparação feijão bravo (*Crototylia floribunda*), mucuna cizta (Stizolobium niveum) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), a mucuna preta novamente apresentou melhor potencial para cobertura do solo (MEDEIROS; CAARVALHO, 1997).

Para o fundamento produtividade total de matéria seca, entre 14 espécies leguminosas estudadas, o labelabe, o feijão-de-porco e o guandu-comum, este último empregado também na área sem queima em estudo, foram as espécies que mais mostraram-se promissoras (BARRETO; FERNANDES, 1999).

Portanto, o incremento de leguminosas mostra-se como estratégia promissora para a manutenção da sustentabilidade dos sistemas em estudo.

Uma outra contribuição importante da leguminosidade para o manejo sem fogo, é o abafamento das espécies de crescimento espontâneo da área. Sendo esse um dos objetivos da roça sem queimar. Nessa perspectiva, a mucuna-preta, mostrou-se ser a mais eficiente neste abafamento de espécies de crescimento espontâneo, quando comparada o feijão-bravo e feijão-guandu (JUCKSCH et al., 1998).

Para o estoque de Corg na área de sem queima, o aporte de material vegetal também deverá ter influenciado positivamente, pois resíduos orgânicos depositados no solo, após decomposição, são essenciais no processo de adição e perda de C orgânico do solo (DOAL, 1980).

A relação Corg/Notal é maior na área de mata para todas as profundidades, isto pode estar relacionado ao fato de que na floresta primária, com o aumento da relação C/N há diminuição da mineralização da matéria orgânica do solo geralmente ocorrem pela quantidade de folhas, ramos e galhos, que são de difícil decomposição (VIEIRA; SANTOS, 1987).

### 5.2.3 Carbono da biomassa microbiana (C<sub>mic</sub>) — Relação Carbono microbiano e carbono orgânico (C<sub>mic</sub> / C<sub>org</sub>) – Respiração Basal (Resp) – Quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>).

Os teores de C<sub>mic</sub> entre os sistemas SQ-LA e M-LA, foram diferentes significativamente somente entre a primeira profundidade. Para as demais, não houve diferença significativa.

No sistema SQ-LA, o C<sub>mic</sub> ficou entre 191,15 e 300,75 µg C.g<sup>-1</sup>, nas camadas 20-30cm e 0-5, respectivamente. No mesmo sistema, quando se estuda o efeito em as camadas, verifica-se que existe diferença apenas nas duas camadas iniciais, mostrando maior atividade microbiana para as camadas iniciais. O decréscimo da população microbiana em profundidade deve-se provavelmente às condições mais desfavoráveis para o desenvolvimento dos microorganismos, tais como a menor aeração do solo e a menor disponibilidade de matéria orgânica (LUIZÃO et al., 1991).

No sistema M-LA, o C<sub>mic</sub> ficou entre 184,01 e 4420,88 µg C.g<sup>-1</sup>, para as camadas 30 e 0-5cm, respectivamente.

Entre o sistema SQ-LA e M-LA, houve diferença significativa entre o estoque de C<sub>orgânico</sub>, com maior estoque para a área SQ-LA. Entretanto, a mesma tendência não foi acompanhada para o teor de C<sub>mic</sub>, pois houve diferença significativa entre os tratamentos apenas na camada inicial. Teores de C<sub>orgânico</sub> tendem a diminuir e não necessariamente levam à redução de C<sub>microbiano</sub> do solo, pois esses valores nem sempre se relacionam (WARDLE, 1992).

A relação C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> decresce de acordo com o aumento da profundidade para os sistemas. Entretanto, as menores relações de C<sub>mic</sub>/C<sub>org</sub> foram encontradas no sistema SQ-LA, em todas as profundidades, indicando que os maiores teores de carbono imobilizado como biomassa microbiana foram maiores na área de floresta.

A respiração basal foi maior em todas as profundidades no sistema SQ-LA do que na área M-LA, com valores entre 17,110 e 22,803  $\mu\text{g C-CO}_2\cdot\text{g}^{-1}\text{ solo dia}^{-1}$ , para as profundidades 20-30 e 0-5 respectivamente, indicando que a comunidade microbiana nesse ecossistema é mais ativa. Um maior valor de respiração basal pode ser reflexo da maior deposição de matéria orgânica, reserva e fluxo de nutrientes (FERNANDES et al., 1997).

Comparado a área de mata, existe diferença apenas entre a segunda profundidade 5-10, para as demais não há diferença significativa.

O quociente metabólico foi menor no sistema M-LA para todas as profundidades variando entre 0,0502 e 0,0768  $\text{qCO}_2$  para as profundidades 0-5 e 20-30, respectivamente. Parece ocorrer uma relação inversa entre a biomassa microbiana e o quociente metabólico sugerindo que, em maiores teores de C, podem ocorrer aumento da biomassa microbiana e diminuição do quociente metabólico. Resultado encontrado também por Balota et al. (1998) em estudo com cultura trigo/soja e trigo/milho.

## 6 CONCLUSÕES

1. O estoque de serrapilheira no solo, a biomassa microbiana de carbono, os teores de carbono orgânico e nitrogênio total, a respiração basal e os índices derivados (relação carbono orgânico / nitrogênio total, relação carbono microbiano / carbono orgânico e quociente metabólico) estudados mostraram-se indicadores sensíveis às alterações ocorridas no solo nos manejos estudados.

2. No solo de Medicilândia o sistema sem queimar apresentou índices favoráveis à manutenção da sustentabilidade do solo, quando comparado ao sistema tradicional com uso do fogo.

3. No solo de Uruará, o sistema sem queimar apresentou índices próximos ao encontrado no sistema com vegetação natural, indicando que às práticas de roça sem queimar favorecem o restabelecimento das condições e níveis desejáveis de fertilidade do solo.

4. Os agroecossistemas de “roça sem queimar”, baseados nos princípios da agroecologia, são capazes de estocar grandes quantidades de material orgânico, com tendência para estoque de carbono e manutenção da fertilidade do solo, tornando-se, portanto, uma prática agrícola promissora para ser implantada nos Pólos do Programa ProAmbiente, como uma estratégia para o desenvolvimento da agricultura familiar em bases sustentáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEF, K. Soil Respiration: Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. In: KASSEM, A.A.; NANNIPIERI, P. (Ed.). **Estimation of Microbial Activities**. New York: Academic Press, 1995. Chapter 5. p. 215-220.
- ALTIERI, M.M. **Agroecologia: A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 3. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Agroecology: The scientific basis of alternative agriculture**. Boulder: Westview Press, 1987.
- ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escurro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, pp. 933-942, 1999.
- 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. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 617-625, jul./set. 1999.
- ALVIM, P. T. Tecnologias apropriadas para agricultura nos Trópicos Úmidos. **Revista Agrotrópica**, Ilhéus, v. 1, n. 1, p. 5-26, 1989.
- ANDERSON, J. M.; INGRAM, I. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods**. Wallingford, UK: CAB International, 1993.
- AREVALO, H. A.; ALEGRE, J. C.; MONTOYA, L. J. **Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Embrapa Florestas. Documentos, 73).
- BALOTA, E. I.; et al., M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-650, 1998.
- BANERJEE, S. B. Quem sustenta o desenvolvimento de quem? O desenvolvimento sustentável e a reinvenção da natureza. In: FERNANDES, M.; GUERRA, L. (Org.). **Contra-discurso do desenvolvimento sustentável**. Belém, PA: Associação das Universidades da Amazônia, 2003.
- BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Produtividade de fitomassa de leguminosas para adubação verde, em solo de tabuleiro costeiro. **Revista Agrotrópica**, Ilhéus, v. 11, n. 2, p. 89-96, 1999.
- BARROS, R. D.; et al., Uso da mucuna preta como adubo verde na cultura do milho. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos**. Manaus: UA/SBCS, 1996. p. 690-691.

- BAYER, C. J.; MIELNICZUK, B. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 105-111, 1997.
- BEZERRA, B. R.; SOUSA SOBRINHA, M. da C.; ILLUMINA, A. B. O efeito da queimada na fertilidade do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos**. Manaus: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996.
- BORGES, A. L.; KIEHL, J. C.; SOUZA, L. S. Alterações de propriedades físicas e atividade microbiana de um latossolo amarelo álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 1019-1025, 1999.
- BRASIL. Ministério do Planejamento. **Plano de desenvolvimento regional sustentável para a área de influência da Rodovia BR-163 – Cuiabá Santarém**. Brasília, DF, 2003.
- BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura. **Estudo de impacto ambiental relativo às obras de pavimentação de rodovias**. [Brasília, DF]: Ministério dos Transportes: Consórcio Oikos Engenharia e Maia Melo Engenharia, 2004.
- BROOKES, P. C.; et. al., Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen; a rapid direct extraction method to measure microbial biomass in soil. **Soil Biology and Biochemistry** v. 17, p. 837-842, 1985.
- BURLE, M. L.; PAVINATO, A.; MIELNICZUK, J. J. Alterações nos teores de carbono orgânico e de nitrogênio total do solo ao longo do tempo sob sistemas de cultura, in CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável: resumos expandidos**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 1995.
- CAMARGO, F. A. de O. **O fracionamento e dinâmica do nitrogênio orgânico em solos do Rio Grande do Sul**. 1996. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.
- CAMPOS, M. T. **Comentários sobre o Projeto Roçagem Sem Queimar**. [Brasília, DF]: IPAM, 2004.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: enfoque científico e estratégico. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, abr./jun. 2002.
- CATTELAN, A. J.; VIDOR, C. Sistemas de cultura e populações microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 125-132, maio/ago. 1990.
- CARTER, M. R. Microbial biomass as an index of tillage-induced changes in soil biological properties. **Soil & Tillage Research**, v. 7, p. 29-40, 1988.

CERRI, C. C.; VOLKOFFER, B.; EDUARDO, B. P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em latossolo amarelo da Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 1-4, 1985.

CEPLAC. **Aspectos agroecológicos do Município de Medicilândia e Uruará, PA**. Belém, PA, 1994. (Boletim técnico).

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. de. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Editora Gênese, 1999.

DECHEN, S. C. F.; LOMBARDI NETO, F.; CASTRO, O. M. de. Gramíneas e leguminosas e seus restos culturais no controle da erosão em latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 133-137, 1981.

DELLITI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Fundação Cargill, 1989. p. 88-98.

DORAN, J. W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v. 44, p. 765-771, 1980.

DORAN, J. W.; PARKINSON, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDARCEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment...** Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 3-35.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. Guaíba: Livraria Agropecuária, 1999.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Projeto Tipitamba: produzir sem queimar: Cartilha**. Belém, PA, 2002.

ESPINDOLA, J. A. A.; et al.; Flutuação sazonal da biomassa microbiana e teores de nitrato e amônio de solo coberto com *Paspalum notatum* em um agroecossistema. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 104-113, jan./dez. 2001.

FALEIRO, A. O desenvolvimento da Amazônia na visão dos produtores familiares rurais. In: VIANA, G.; SILVA, M.; DINIZ, N. (Org.). **O desafio da sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2001.

FATHEUER, T.; ARROYO, J. C. Desenvolvimento sustentável: elementos para discussão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 1998, Belém, PA. **Uma contribuição para a elaboração de Planos de Desenvolvimento e Agenda 21**. Belém, PA: [s.n.], 1998.

FEARSLIDE, P. M. **A Floresta Amazônica nas mudanças globais**. Manaus: INPA, 2003.

FERRARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazônia: the effect of population and land tenure. **Ambio**, v. 22, n. 8, p. 537-545, 1993.

FERRIDEN, A.; ALMEIDA, D. L. de; ASSIS, R. L. de. Processo de conversão de sistemas de produção convencionais para sistemas de produção orgânicos. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 19, n. 2, p. 179-204, maio/ago. 2002.

FERRINANDES, M. Desenvolvimento sustentável: Antinomias de um Conceito. In: FERRINANDES, M.; GUERRA, L. (Org.). **Contra-discurso do desenvolvimento sustentável**. Belém, PA: Associação das Universidades da Amazônia, 2003.

FERRINANDES, L. A.; et. al.; Propriedades químicas e bioquímicas de solos sob vegetação de mata e campo cerrado adjacentes. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 21, n. 1, p. 58-70, 1997.

FERRIREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 991-996, 1999.

FREITAS, P. L.; et. al.; Nível e natureza do estoque carbônico de latossolos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 157-170, jan. 2000.

FREIXO, A. A.; et. al.; Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002.

FUNDAÇÃO VIVER, PRODUZIR E PRESERVAR. **Projeto Roça Sem Queimar: Práticas alternativas ao uso do fogo**. Altamira: FVPP: Fetagri, 2000.

GAMMA-RODRIGUES, E. F. **Carbono e nitrogênio da biomassa microbiana do solo e da serrapilheira de povoamento de eucalipto**. 1997. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GERRALDES, A. P. A.; CERRI, C. C.; FEILGL, B. J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 19, p. 55-60, 1995.

GUANLBERTO, V.; MELLO, C. R.; NÓBREGA, J. C. A. O uso do solo no contexto agroecológico: uma pausa para reflexão. **Revista Informe Agropecuário**, v. 24, n. 220, p. 18-28, 2003.

GUANZIROLI, C.; et. al. **Agricultura família e reforma agrária no século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

GUZZMÁN, E. S. Uma estratégia de sustentabilidade a partir da agroecologia. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 2, n. 1, jan./mar. 2001.



- GONÇALVES, C. N.; CERETTA, C. A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 307-313, 1999.
- GRILLI, B. M.; GRAY, T. R. G. Comparação dos métodos de fumigação, taxa de respiração em resposta à adição de glicose, e conteúdo de ATP para estimar a biomassa microbiana dos solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 109-115, 1986.
- GRILLI, B. M.; GRAY, T. R. G. Biomassa microbiana de solo estimada do biovolume com o uso da microscopia de fluorescência. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 131-138, 1985.
- HANSEN, J. W. Is agricultural sustainability a useful concept? **Agricultural Systems**, v. 50, p. 117-143, 1996.
- HOMMA, A. K. O. The dynamics of extraction in Amazônia: a historical perspective. **Advances in Economic Botany**, v. 9, p. 23-32, 1992.
- HOMMA, A. K. O. (Ed.). **Amazônia: meio ambiente e desenvolvimento agrícola**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1998.
- INCRA/FAO. **Novo retrato da agricultura familiar: O Brasil redescoberto**. Brasília, DF, 2000. Projeto de Cooperação Técnica.
- INSAM, H.; MITCHELL, C. C.; DORMAAR, J. F. Relationship of soil microbial biomass and activity with fertilization practice and crop yield of three ultisols. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 23, p. 459-464, 1991.
- JENKINSON, D. S.; POWLSON, D. S. Residual effects of soil fumigation on soil respiration and mineralization. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 2, p. 99-108, 1976.
- KAISER, E. A.; MARTENS, R.; HEINEMEYER, O. Temporal changes in soil microbial biomass carbon in an arable soil. **Plant and soil**, v. 170, p. 287-295, 1995.
- KATO, M. S. A.; KATO, O. R. Preparo de Área sem Queima: uma alternativa para a agricultura de derrubada de Amazônia Oriental: aspectos agroecológicos. In: SEMINÁRIO SOBRE MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR DA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999, Belém, PA. **Anais...** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 69).
- KITAMURA, P. C. **A Amazônia e o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994.
- LEFF, E. Agroecologia e saber ambiental. **Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural**, v. 3, n. 1, jan./mar. 2002.

LEITE, L. F. C.; et. al. ; Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 821-832, 2003. . . .

LENA, P. As políticas de desenvolvimento sustentável para a Amazônia: problemas e contradições. In: ESTERCI, N. et. al. (Org.). **Rede Amazônia: Diversidade Sociocultural e Políticas Ambientais**. Rio de Janeiro: Instituto de Filosofia e Ciências Sociais, 2002.

LONGO, R. M. **Modificações em parâmetros físicos e químicos de latossolos argilosos decorrentes da substituição de florestas e de cerrados por pastagens**. 1999. Tese (Doutorado) – Universidade de Campinas, Campinas, 1999.

LUIZÃO, R. C.; CAMPISTA, D.; COSTA, E. S. Efeitos da idade e do manejo das pastagens da Amazônia Central sobre a biomassa microbiana e suas atividades no solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 2., 1991, São Paulo. **Resumos...** [S.l.: s. n.], 1991. p. 49.

MALAVOLTA, E. Fertilidade dos solos da Amazônia. In: VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C.T. C. (Ed.). **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. p. 374-416.

MARANINO, R. P.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Comparação do húmus de capoeira e de floresta natural em Latossolos Amarelos da região Amazônica, Brasil. In: COLÓQUIO REGIONAL SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO, 1., 1982, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CENA, 1982. p. 51-57.

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELLO, W. J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 257-263, 1999. . . .

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, J. de. Alterações na matéria orgânica e na biomassa microbiana em solo de mata natural submetido a diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 6, p. 1177-1182, jun. 2000.

MARTINS, P. F. da S.; et. al.; Conseqüências do cultivo e do pousio sobre a matéria orgânica do solo sob floresta natural na Amazônia Oriental. **Revista Acta Amazônica**, v. 20, n. Único, p. 19-28, 1990.

MELLO, A. F. de. Capitalismo, pesca e empobrecimento na Amazônia: A contraface da modernização. In: D'INCAO, M. A.; SILVEIRA, I. M. et. al. (Org.). **A Amazônia e a crise da modernização**. Belém, PA: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1994.

MELLO, F. de A. F.; et. al.; **Fertilidade do solo**. 3. ed. São Paulo: Nobel, 1989.

MERCANTE, F. M.; FABRÍCIO, A. C.; GUIMARÃES, J. B. R. **Biomassa microbiana como parâmetro indicador da qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 27).

MEILLLO, F. de A. F. **Fertilidade do solo**. [S.l.]: ESALQ-USP, 1989.

MOIRRAIS, F. I. de O.; SANTOS, M. M. dos. Efeitos do sistema de implantação do cacaueteiro nas propriedades químicas de solos da Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 10, p. 67-70, 1986.

NASSCIMENTO, C.; HOMMA, A. **Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola**. Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1984. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 27).

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. G.; ALENCAR, A. A. **A floresta em chamas: origens, impactos e prevenção de fogo na Amazônia**. Brasília, DF: Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, 1999. (Conservação e Desenvolvimento das Florestas Tropicais do Brasil).

NEWNES, C. M. N.; et. al.; Estoque de carbono em sistemas agrosilvipastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Revista Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, set./out. 2004.

NOBRE, C. A. Amazônia e o carbono atmosférico. **Revista Scientific América**, ano 1, n. 6, nov. 2002.

OSTERHOFF, von M. Manejo de Sistemas Agroflorestais. **Agroecologia Hoje**, v. 15, p. 12-133, 2002.

PADUA, J. A. de. **A Insustentabilidade da agricultura brasileira**. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA, 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa: FASE; Viçosa: Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata, 2003.

PAIVA, P. J. R.; et. al.; **Efeito do manejo do solo sobre os teores de matéria orgânica, nitrogênio mineral, fósforo e bases trocáveis**. Lavras: UFLA, 2001.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989.

PEREIRA, K. S. S.; RAMOS, M. C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 6, p. 567-573, jun. 2004.

PENNING, P.; EDUARDO, B. de P.; CERRI, C. C. Os métodos de fumigação-incubação e fumigação-extração na estimativa da biomassa microbiana de solos na Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, p. 31-37, 1992.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: ESALQ, 1990.

PINTO, L. F. Apresentação. In: FERNANDES, M.; GUERRA, L. (Org.). **Contra-discurso do desenvolvimento sustentável**. Belém, PA: Associação das Universidades da Amazônia, 2003.

PROAMBIENTE. **Cartilha de divulgação aos agricultores**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2003.

PROJETO RADAM BRASIL. **Levantamento de recursos minerais**: Folha AS 23: São Luís. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 1973. v. 3.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência e Ambiente**, v. 1, n. 1, jul. 1990.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; SILVA, V. R. da. Compactação do solo em sistema de plantio direto: limites críticos e mitigação. In: COUTO, E. G.; FRANCO, J. F. (Ed.). **Os (des) caminhos do uso da água na agricultura brasileira**. Cuiabá: UFMT, 2003. No prelo.

ROCHA, M. T. Aquecimento e o seqüestro de carbono em projetos agroflorestais. **Revista Ecologia**, n. 151, 2000.

RODRIGUES, E. F. da G.; et. al.; Biomassa microbiana de carbono de solos de Itaguaí (RJ): comparação entre os métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 427-432, 1994.

ROSA, L. dos S.; et. al.; Potencialidade do Sistema “Alley Cropping” para recuperação de solos alterados por atividades agrícolas no município de Igarapé-açu, Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 34, p. 107-120, 2000.

SÁ, T. D. de A. Aspectos climáticos associados aos sistemas agroflorestais: implicações no planejamento e manejo em regiões tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1.; ENCONTRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS NOS PAISES DO MERCOSUL, 1., 1994, Porto Velho. **Anais**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. p. 391-431. (EMBRAPA-CNPQ. Documentos, 27).

SAMPAIO, E. V. S. B. E.; SALCEDO, B. I. H.; MAIA, L. C. Limitações no cálculo da biomassa microbiana determinada pelo método da fumigação em solos com adição recente de substrato orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 31-35, 1986.

SERRA, A. B. **Projeto Roça Sem Queimar II**: Uma contribuição ao Desenvolvimento socioambiental da transamazônica e Xingu. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2004. PADEQ – Projetos Alternativos de Desmatamento e Queimada.

SERRA, A. B.; **Seminário de Avaliação do Projeto roça Sem Queimar**: relatório de atividade. Altamira. Fundação Viver, Produzir e Preserva, 2002.

SILVA, M. M. **Projeto Roça Sem Queimar**: uma proposta de manejo agroecológico para a região da Transamazônica – Pará. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis, 2003.

TATE, K. R.; ROSS, D. J.; FELTHAM, C. W. A direct extraction method to estimate soil microbial C: Effects of experimental variables and some different calibration procedures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p. 329-335, 1988.

TORRES, J. C. S. **Multiplicidade e diversidade da contribuição da agricultura familiar ao desenvolvimento local no Paraná.** In: RODADA DE AGROECOLOGIA DO ESTADO DO PARANÁ, 2., 2001, Londrina. **Anais.** Londrina: [s.n.], 2001.

TURA, L. R. Financiamento da transição para a agroecologia: a proposta do ProAmbiente. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA, 2002, Rio de Janeiro. **Anais.** Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa: FASE; Viçosa: Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata, 2003.

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

VARGAS, L. K.; SCHOLLES, D. Nitrogênio da biomassa microbiana, em solo sob diferentes sistemas de manejo, estimado por método de fumigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 411-417, 1998.

VASCONCELOS, L. G. T. R. **Biomassa microbiana de um solo sob vegetação secundária na Amazônia Oriental.** 2002. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, PA, 2002.

VAZ DA SILVA, L. de M.; PASCAL, A. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. **Revista Energia na Agricultura**, v. 14, n. 3, p. 13-24, 2000.

VIANA, G. Impactos ambientais da política de globalização da Amazônia. In: VIANA, G.; SILVA, M.; DINIZ, N. (Org.). **O desafio da sustentabilidade: um debate socioambiental no Brasil.** São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2001.

VIANA, M. V.; DUBOIS, J. C. L. **Manual agroflorestal para a Amazônia.** Rio de Janeiro: REBRAAF, 1996.

VIEIRA, I. C. G. **Forest succession after shifting cultivation in Eastern Amazônia.** 1996. 205 f. Tese (Doutorado) – University of Stirling, Scotland.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C. **Amazônia: seus solos e outros recursos naturais.** São Paulo: Ceres, 1987.

VITAL, A. R. T.; et. al.; Produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

WARDLE, D. A. A comparative assessment of factors with influence of microbial biomass carbon and nitrogen levels in soil. **Biological Review**, v. 67, p. 321-358, 1992.

WILKE, M. de L. **Avaliação dos resultados da execução da primeira fase do Projeto Roça Sem Queimar e dos Sistemas Praticados.** Brasília, DF: CEX/SCA/MMA, 2003.