

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E  
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA

AVALIAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE  
NUTRIENTES DA FITOMASSA DE CASTANHA-DO-BRASIL  
(*Bertholletia excelsa*), CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*) E  
GLIRICÍDIA (*Gliricidia sepium*) EM UM SISTEMA  
AGROFLORESTAL NO ESTADO DE RORAIMA

ELISELDA FERREIRA CORRÊA

MANAUS

2005

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E  
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA

ELISELDA FERREIRA CORRÊA

AVALIAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE  
NUTRIENTES DA FITOMASSA DE CASTANHA-DO-BRASIL  
(*Bertholletia excelsa*), CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*) E  
GLIRICÍDIA (*Gliricidia sepium*) EM UM SISTEMA  
AGROFLORESTAL NO ESTADO DE RORAIMA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia, Área de Concentração Agroecologia.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Hedinaldo Narciso Lima

MANAUS

2005



Eliselda Ferreira Corrêa

AVALIAÇÃO DA DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE  
NUTRIENTES DA FITOMASSA DE CASTANHA-DO-BRASIL  
(*Bertholletia excelsa*), CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*) E  
GLIRICÍDIA (*Gliricidia sepium*) EM UM SISTEMA  
AGROFLORESTAL NO ESTADO DE RORAIMA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito Parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia, Área de Concentração Agroecologia.

BANCA EXAMINADORA

Prof<sup>o</sup> Dr. Hedinaldo Narciso Lima, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>o</sup> Dr. Carlos Alberto Franco Tucci  
Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>o</sup> Dr. Wenceslau Geraldes Teixeira  
Embrapa – Amazônia Ocidental

*Aos meus pais  
Raimundo Castro Corrêa e M<sup>a</sup> Eleliane Ferreira;  
aos meus irmãos  
Edirley, Marcos, Marcelo,  
Magno, Elane, Márcia e João Felipe pelo apoio incondicional;  
e em especial a minha vó  
D. Orlandina (in memoriam),  
Dedico*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ajudar a concluir este trabalho;

À Universidade Federal do Amazonas – UFAM;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM pela bolsa de estudos;

À Embrapa Roraima pelo apoio logístico no desenvolvimento do trabalho;

Ao professor Dr. Hedinaldo Lima por sua paciência e orientação no desenvolvimento deste estudo;

Ao pesquisador M.Sc. Moisés Mourão pelo auxílio no desenvolvimento estatístico;

Ao pesquisador M.Sc. Marcelo Arco-Verde pela amizade e esclarecimentos objetivos no desenvolvimento do estudo;

Aos técnicos agrícolas João Eudes e Gilmar Lucas do Campo Experimental Confiança pelo apoio na instalação do trabalho;

Aos laboratoristas Luzia, Márcio, Geovanni, em especial ao Sr. Manuel Honorato pelo apoio e gentileza, e a supervisora dos laboratórios de Solos e Plantas da Embrapa Roraima Rita de Cássia;

Aos amigos de Laboratório de Solos da UFAM, Weliton e Sérgio;

Aos amigos Nascimento e Nazaré pelo apoio “administrativo”;

Aos amigos do curso de pós-graduação Albejamere, Fred, Ilzon, Izac, em especial ao incentivo e perseverança das amigas Líbia, Rose e Jainy pela estimada amizade e companheirismo;

A M<sup>a</sup> Ivoneide pelas palavras de incentivo e pelo seu maravilhoso senso de humor;

Especialmente a Oziel FurquinPinto pelo incentivo e apoio para finalização deste projeto;

A todos que de forma direta e indiretamente contribuíram para mais esta conquista.

*A vida é seqüência de conseqüências e experiências por toda a sua existência*

*Walter Grandó*

## RESUMO

A compreensão sobre a dinâmica do sistema solo e planta dos sistemas agroflorestais é parte essencial para estabelecer o manejo adequado de nutrientes e a sua sustentabilidade, proporcionando o incremento nos serviços ambientais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição e a liberação de nutrientes das folhas de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e gliricídia (*Gliricidia sepium*) e entre as mesmas, em um sistema agroflorestal com nove anos de idade. O estudo foi conduzido no campo experimental Confiança da Embrapa Roraima, de abril a setembro de 2004, que compreende o período chuvoso na região. As folhas das espécies em estudo foram alocadas em sacos de decomposição de tela de polietileno com dimensão de 0,40 x 0,40 m com malha de 1 mm, os quais foram distribuídos na superfície do solo e coletados quinzenalmente durante todo o período de avaliação. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com três repetições. Após cada coleta, a diferença de peso entre a coleta atual e a anterior foi considerada como taxa de decomposição. Os valores obtidos foram ajustados segundo modelo não linear do tipo logístico, tendo como critério de aderência o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ). As folhas da castanha-do-Brasil, do cupuaçu e da gliricídia apresentaram comportamento distintos quanto ao tempo de decomposição, sendo que as folhas da gliricídia apresentaram mais rápida decomposição, enquanto que as folhas de cupuaçu apresentaram mais lenta decomposição no tempo avaliado. Não se observou influência da associação das folhas sobre o tempo de decomposição. As folhas de gliricídia apresentaram alta liberação de nitrogênio, potássio, magnésio, e fósforo. As folhas de castanha-do-Brasil e cupuaçu apresentaram baixa liberação de nutrientes, especialmente nitrogênio. O cálcio foi o nutriente que apresentou a mais lenta liberação para todas as espécies estudadas, requerendo tempo superior aquele empregado neste estudo para a sua completa liberação.

Palavras-Chave: Ciclagem de Nutrientes, Matéria Orgânica do Solo, Sistemas Agroflorestais.

## ABSTRACTS

The understanding of dynamics of soil and agroforestry systems is the essential part to establish an appropriate handling of nutrients and their sustaining, since that they provide an increasing in environmental works. The purpose of this study was to evaluate the decomposition and availability of nutrients found in the phytomass of Brazilian chestnut trees, as well as cupuaçu – *Theobroma grandiflorum* (a Brazilian plant very closely related to the cacao tree), *Gliricidia sepium*, and other combinations among them, based on a agroforestry pattern of system, which is nine years old now. This experiment was carried out at Campo Experimental Confiança, in Roraima, between April and September, which is the period of rainy season. The phytomass of the researched species was put in sacks of decomposition with screens made of polyethylene measuring 0,40 x 0,40, and with mesh of one millimeter in thickness. Those materials were spread on the soil surface to be gathered fortnightly over the whole evaluation period. The experimental design was made with randomized blocks with five replicates. After each gathering, the weight difference between the current gathering and the previous one was regarded as decomposition rate. The values obtained were fitted according to a no linear pattern of logistic type, and having the adjusted coefficient of determination ( $R^2_{aj}$ ) as criterion of adherence. Brazil nut, cupuaçu and gliricidia leaves showed a distinct behavior relative to time for decomposition, as gliricidia presented rapid decomposition while cupuaçu leaves showed slowest decomposition considering time assessed. There was no influence concerning association of leaves over decomposition time. Gliricidia leaves presented high nitrogen, potassium, magnesium and phosphorus release. Brazil nut and cupuaçu leaves showed low nutrient release, specially nitrogen. Calcium was the nutrient that presented least release for all species under study, requiring a longer time than time utilized in this study for its complete release.

Key-words: Nutrient cycling, soil organic matter, agroforestry system.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS .....	14
2.1. Objetivo Geral .....	14
2.2. Objetivos Específicos .....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
3.1. Roraima: Características Gerais .....	15
3.1.1. Efeitos da Imigração do Estado de Roraima .....	16
3.1.2. Principais Ecossistemas do Estado de Roraima .....	17
3.1.3. Principais Atividades Agrícolas do Estado de Roraima .....	17
3.1.4. Agricultura Familiar do Estado de Roraima .....	18
3.2. Sistemas Agroflorestais (Saf) – Conceito E Aspectos Básicos .....	21
3.2.1. Importância da Matéria Orgânica .....	24
3.2.2. Decomposição da Matéria Orgânica .....	26
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	29
4.1. Histórico da Área de Estudo .....	29
4.2. Descrição do Método de Avaliação .....	31
4.3. Tratamento Estatístico dos Dados .....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
5.1. Velocidade e Taxa de Decomposição da Castanha-do-Brasil .....	36
5.2. Velocidade e Taxa de Decomposição do Cupuaçuzeiro .....	38
5.3. Velocidade e Taxa de Decomposição da Gliricídia .....	40
5.4. Dinâmica de Liberação de Nutrientes .....	45
5.4.1. Dinâmica de liberação de Nutrientes da Castanha-do-Brasil .....	46
5.4.2. Dinâmica de Liberação de Nutrientes do Cupuaçu .....	47
5.4.3. Dinâmica de Liberação de Nutrientes da Gliricídia .....	49
6. CONCLUSÕES .....	56
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios e erro padrão da média de perda de peso ( $\text{gm}^{-2}$ ) e da taxa de decomposição das folhas de castanha-do-Brasil, em função do tempo (dias).....	37
Tabela 2 - Parâmetros do modelo logístico de decomposição das folhas de castanha-do-Brasil.....	38
Tabela 3 - Valores médios e erro padrão de perda de peso ( $\text{gm}^{-2}$ ) e taxa de decomposição da folha do cupuaçu, em função do tempo (dias).....	39
Tabela 4 - Parâmetros do modelo logístico de decomposição das folhas de cupuaçu.....	40
Tabela 5 - Valores médios e erro padrão de decomposição ( $\text{gm}^{-2}$ ) e taxa de decomposição das folhas de gliricídia, em função do tempo (dias).....	41
Tabela 6 - Parâmetros do modelo logístico de decomposição das folhas de gliricídia.....	42
Tabela 7 - Quadro de análise de variância da dinâmica de nutrientes da castanha-do-Brasil..	45
Tabela 8 - Teores médios de macronutrientes da castanha-do-Brasil (CAS) avaliados aos 15, 30 e 150 dias de avaliação .....	46
Tabela 9 - Quadro de análise de variância da dinâmica de nutrientes do cupuaçu.....	48
Tabela 10 - Teores médios de macronutrientes do cupuaçu (CUP) aos 15, 30 e 150 dias de avaliação .....	48
Tabela 11 - Quadro de análise de variância da dinâmica de nutrientes da gliricídia.....	50
Tabela 12 - Teores médios de macronutrientes da gliricídia (GLI) após 15,30 e 150 dias de avaliação.....	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui do modelo agroflorestal .....	31
Figura 2 - Taxa de decomposição ( $\text{gm}^{-2}$ ) da castanha-do-Brasil em função do tempo (dias) das folhas homogênea e em interação com as espécies cupuaçu e gliricídia .....	38
Figura 3 - Taxa de decomposição de cupuaçu, em função da folhas em condição homogênea e em interação com as espécies castanha-do-Brasil e gliricídia .....	41
Figura 4: Taxa de decomposição de gliricídia, em função do tipo de folhas na condição homogênea e em interação com as espécies castanha - do - Brasil e cupuaçu .....	42

## INTRODUÇÃO

Na busca de alternativas para minimizar os impactos da agricultura itinerante, os sistemas agroflorestais representam uma importante forma de uso do solo com potencial para recuperar áreas abandonadas, reintegrando-as ao sistema produtivo e reduzindo o avanço sobre novas áreas de vegetação primária. Além disso, constituem uma alternativa viável de plantio para os agricultores de baixa renda, comparado ao tradicional sistema de uso da terra. Dentre os benefícios da agrofloresta, destaca-se a adição contínua de matéria orgânica que difere da formada nas comunidades naturais de plantas. Essa característica é proveniente da seleção dos componentes arbóreos e não arbóreos para composição dos sistemas agroflorestais.

Um importante aspecto para a sustentabilidade dos sistemas agroflorestais é ciclagem de nutrientes. Desta forma é necessário compreender os efeitos das interações da matéria orgânica dos diferentes componentes arbóreos e não arbóreos, responsáveis pela formação da liteira nesses agroecossistemas, sendo que a constituição dos materiais formadores da liteira pode restringir ou impulsionar o processo de decomposição. A possibilidade de conhecer o comportamento dos nutrientes dos componentes arbóreos e não arbóreos dos sistemas agroflorestais pode proporcionar o manejo através de podas e colheitas, possibilitando manusear o período de decomposição do resíduo orgânico. Nesse sentido, pode-se promover a manutenção dos cultivos através da eficiência da ciclagem de nutrientes que ocorre entre a biomassa e a matéria orgânica do solo.

Para os produtores de regiões pouco desenvolvidas o eficiente uso da matéria orgânica pode ser considerado uma técnica de baixos custos que pode minimizar o uso de fertilizantes industrializados, possibilitando redução nos custos de produção e de possíveis efeitos de poluição no solo ocasionados com o manejo inadequado desses insumos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a decomposição e a liberação de nutrientes da fitomassa de castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), e gliricídia (*Gliricidia sepium*) em um sistema agroflorestal no Estado de Roraima.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar a influência da associação das folhas na decomposição da liteira das espécies componentes do sistema agrossilvicultural;

Avaliar a liberação de N, P, K, Ca e Mg das folhas em condição homogênea e em associação das espécies em estudo.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. RORAIMA: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Situado no norte do Brasil, o Estado de Roraima é constituído de 15 municípios, possui superfície de 225.116 km<sup>2</sup>, representando 2,64% do território nacional e 5,81% da Região Norte (MELO *et al.*, 2004). Roraima é uma das nove unidades federativas que integram a Amazônia Legal, limitando-se a Leste com a Guiana, ao Sul e a Sudeste com o Estado do Amazonas, a Sudeste com o Estado do Pará e ao Norte e Nordeste com a Venezuela.

O Estado possui cerca de 324.397 habitantes e a capital Boa Vista concentra cerca de 76,14% da população (IBGE, 2000).

Segundo a classificação de Köppen, o Estado apresenta três tipos climáticos, todos com altas temperaturas, associados aos tipos característicos de vegetação, cujas médias mensais apresentam uma amplitude anual que não ultrapassa a 5° C. o Tipo Af é constantemente úmido e ocorre na região de florestas tropicais. O tipo Aw apresenta um regime hídrico bem diferenciado, com uma estação seca e uma chuvosa de aproximadamente seis meses, abrangendo as savanas tropicais. Entre os tipos Af e Aw, ocorre uma faixa de floresta de transição associada ao tipo climático Am, que apesar de apresentar uma estação seca de pequena duração, possui umidade suficiente para sustentação de florestas de características tropicais chuvosas (BRASIL, 1975; BARBOSA, 1997). A atuação do clima e da vegetação, além de outros organismos vivos, sobre sedimentos distribuídos em diferentes condições de relevo e por diferentes períodos de tempo, deram origem a classes de solos que se distinguem por características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas.

Os principais tipos de solos presentes no Estado são: Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos e Argissolos Vermelho-Amarelo, Plintossolos, Planossolos e Neossolos Quatzarênicos Hidromórficos (BRASIL, 1975; EMBRAPA, 1982a, 1982b, 1983, 1990a e 1990b citados por MELO *et al.*, 2004).

O Estado apresenta uma situação fundiária muito complexa. Cerca de 46,35% do Território constituem áreas indígenas, 7,51% são áreas de conservação (excluídas as sobrepostas às áreas indígenas), as áreas militares correspondem a 3,17%, as áreas alagadas são 7,92% e as rochosas cerca de 2,58%, restando cerca de 32,47%. Considerando-se, com base na legislação vigente, 35 e 80% das áreas de savana e de floresta, respectivamente, devem ser destinadas para preservação permanente. Em suma, as áreas disponíveis para o setor produtivo, excluindo-se aquelas sem aptidão agrícola, são aproximadamente 7% (EMBRAPA, 2004).

Partes dessas terras disponíveis estão tituladas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA e são usadas para fins de assentamentos rurais e o restante está sob administração do Governo Federal, uma situação que perdura desde 1988 quando da transformação do Território Federal em Estado da Federação.

### 3.1.1. Efeitos da Imigração no Estado de Roraima

A ocupação de Roraima aconteceu a partir de pulsos migratórios que visavam basicamente o garimpo (ouro e diamante) e a abertura de fronteiras agrícolas. Os migrantes são principalmente do nordeste, especialmente do Estado do Maranhão.

As fronteiras agrícolas, inicialmente, foram usadas para formar lavouras e renovar pastagens às áreas abertas (savanas).

Nas savanas, a prática usual dos colonos tem sido a queima da vegetação. Em épocas mais recentes, como parte do processo de colonização e com o avanço da fronteira agrícola, áreas florestais começaram a ser desmatadas, usando-se o fogo para eliminar os resíduos das derrubadas.

### 3.1.2. Principais Ecossistemas do Estado de Roraima

O Estado apresenta basicamente dois grandes ecossistemas. O primeiro formado predominantemente por um extrato graminóide conhecido como savana ou lavrado, ocupando cerca de 17% do Estado (40 mil km<sup>2</sup>). A vegetação predominante é formada pelos gêneros *Andropogon*, *Trachypogon* e *Axonopus*, com ou sem arbustos esparsos e biomassa variando de pequena até média. Dentre os arbustos destacam-se o caimbé ou lixeira (*Curatella americana*) e o murici (*Byrsonima* spp), enquanto que os buritizais (*Mauritia flexuosa*) identificam os pequenos cursos de água (DANTAS & RODRIGUES, 1982). O segundo correspondente as florestas tropicais úmidas ocupando cerca de 83% do território (EMBRAPA, 2004).

### 3.1.3. Principais Atividades Agrícolas do Estado de Roraima

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Roraima-Embrapa/Roraima (2004), as principais atividades agrícolas do Estado basicamente estão simplificadas na:

1. Produção de arroz irrigado em áreas de várzea: são explorados atualmente cerca de 18.000 hectares com rendimento médio de 6.500 kg/ha, cerca de 20% da produção destinam-se ao abastecimento do mercado local e os 80% são comercializados no Amazonas e Pará.
2. Produção de grãos: a produção de soja destaca-se com uma área cultivada 11.500 hectares.
3. Fruticultura: nas áreas de savana, a fruticultura encontra excelentes condições para produção de fruta de boa qualidade, notadamente com o uso da irrigação durante o período seco do ano e com a produção da entressafra dos demais estados brasileiros.
4. Área de florestamento: existem aproximadamente 20000 hectares plantados com *Acácia mangium* cuja produção será destinada para celulose e fabricação de móveis com alto valor agregado.
5. Setor madeireiro: no ecossistema de floresta, que ocupa 83% da área territorial do Estado, existe a extração de madeira, cujo setor encontra-se bem estruturado e distribuído por todas as regiões.
6. Pecuária: a bovinocultura possui rebanho estimado em 450.000 cabeças para uma taxa de desfrute de 12 a 15%. A pecuária de corte pode ser considerada como a segunda atividade em importância econômica dentro do setor agropecuário. A pecuária leiteira, cuja produção é comercializada na forma *in natura* ou beneficiada em pequenas usinas, ainda é muito incipiente.

#### 3.1.4. Agricultura Familiar do Estado de Roraima

Outra atividade importante do ponto de vista socioeconômico refere-se à produção agropecuária em áreas de floresta alterada. A agricultura familiar tem destaque dentro dos projetos de colonização/assentamentos coordenados pelo INCRA e o Governo do Estado. O produtor em geral possui baixo nível de escolaridade, baixo acesso a investimentos, pouco

conhecimento das tecnologias de produção e pouca habilidade para gestão e comercialização (EMBRAPA, 2004).

Em 2002, havia cerca de 600.000 hectares de áreas desmatadas, os quais são utilizados predominantemente com espécies de ciclo curto, principalmente arroz, feijão, mandioca e milho, além de fruteiras principalmente, banana, cupuaçu, melancia e citros, associados ou não a pecuária.

Os lotes destinados aos produtores possuem entre 60 a 100 ha, dos quais apenas 20% podem ser usadas para fins agrícolas.

Os sistemas de produção da agricultura familiar apresentam-se quase sempre na agricultura de subsistência baseada no tradicional método de “derruba e queima”, o qual se caracteriza por baixos níveis de mecanização, alta demanda de mão-de-obra, erosão do solo e perda de nutrientes. O balanço de nutrientes desse sistema em geral é negativo, com exportações excedendo grandemente as entradas (FERNANDES, 2001).

A agricultura de familiar enfrenta um grande problema da baixa sustentabilidade do método derruba e queima. Segundo Rodrigues *et al.* (2004), essa insustentabilidade é devida, principalmente, a deficiência de nutrientes, a acidez elevada, a baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e a degradação do solo, resultando em baixa produção agrícola.

Segundo Hölscher *et al.* (1997) citado por Rodrigues *et al.* (2004) a diminuição da produção no sistema de cultivo tradicional normalmente esta associada à redução da fertilidade do solo ocasionada pelas perdas de nutrientes por lixiviação, volatilização durante a queima da capoeira, no momento do preparo da área para plantio, além da exportação pelas colheitas.

Em áreas com baixa densidade populacional, a agricultura itinerante, segundo Fernandes (2001), sustenta pessoas há séculos com impactos mínimos sobre os ecossistemas. Áreas de floresta são incorporadas ao processo produtivo pelo processo de derruba e queima,

liberando nutrientes para os cultivos agrícolas, permanecendo sob cultivo por três ou quatro anos. Após o “abandono” a terra cultivada retorna à floresta secundária de 20 a 60 anos dependendo das características do ambiente, fornecendo uma amplitude de produtos (frutas, plantas medicinais, animais de caça) e serviços (estabilidade da paisagem), na medida em que o solo se regenera (SNEADAKER & GAMBLE, 1969; TURNER *et al.*, 1977).

O período de regeneração da área cultivada, denominado “pousio”, tem como papel principal possibilitar a recuperação da capacidade produtiva da terra, sem aplicação de fertilizantes industrializados (DUBOIS, 1996). Os arbustos e árvores que se desenvolvem durante o período de pousio florestal, formam o que se classifica de “capoeira”, em outras palavras às capoeiras são florestas secundárias jovens que nascem em roçados ou pastagens abandonados.

Com o aumento da pressão populacional e da escassez de florestas, os períodos de pousio da terra foram reduzidos à medida que os agricultores começaram a inovar e intensificar a produção agrícola (BOSERUP, 1965). As altas taxas do crescimento populacional, combinada com a perda das terras cultiváveis para a degradação e a urbanização, aumentaram a pressão sobre as florestas remanescentes no mundo.

A conversão de florestas em áreas agrícolas resulta em redução dos estoques de carbono do ecossistema, por motivo da remoção da biomassa aérea e a perda de carbono e nutrientes dos sistemas (FERNADES *et al.*, 1997; VAN NOORDWIJK *et al.*, 1997).

Baseada na prática do método de derruba e queima a floresta tende a sofrer impactos irreversíveis que alteram de forma direta e indireta a qualidade de vida do homem. Adicionalmente, a biodiversidade da fauna e flora também é reduzida drasticamente, levando a extinção de determinados exemplares do ecossistema. Neste aspecto, a agricultura itinerante deixa de ser um sistema desejável para o uso da terra (MONTAGNINI, 1992).

Em várias regiões do Brasil, a atividade agrícola tem sido desenvolvida sem a aplicação de tecnologias apropriadas que, associado à escassez de investimentos em produtividade, tem provocado a degradação acelerada dos recursos naturais (OLIVEIRA & ALMEIDA, 2004).

Os fertilizantes químicos podem ser utilizados para manutenção da fertilidade do solo e incremento da produção agrícola, entretanto, este recurso não é adotado amplamente pelos pequenos agricultores por várias razões, mas principalmente devido ao custo relativamente alto de aquisição desses insumos (VLEK, 1990).

No contexto da produção agropecuária, o sucesso da atividade implica em conhecer os recursos disponíveis na propriedade e buscar conhecimentos e informações sobre os sistemas agrícolas conservacionistas, a exemplo das técnicas conhecidas, como o manejo da matéria orgânica do solo: emprego dos resíduos de culturas, cultivos de cobertura (adubação verde) e adubação orgânica (esterco, compostagem).

Para os produtores de regiões pouco desenvolvidas, o eficiente uso da matéria orgânica, pode ser considerado uma técnica de baixos custos que pode minimizar o uso de fertilizantes industrializados, possibilitando uma redução nos custos de produção e dos possíveis efeitos de poluição do solo ocasionados com o manejo inadequado desses insumos.

Na busca de tecnologias que minimizem os impactos da agricultura itinerante, responsável importante do desmatamento e abertura de novas áreas de floresta, os sistemas agroflorestais, surgem como uma das alternativas que se adaptam ao meio ambiente da região amazônica por: sua alta quantidade de biomassa por unidade de superfície, a qual armazena o capital químico de produção; uma rede densa e permanente de raízes, que realça a ciclagem de nutrientes; uma cobertura vegetal permanente, que protege o solo contra a erosão e as altas temperaturas. Com essas características, os sistemas agroflorestais constituem uma das poucas opções para o uso da terra mais sustentável na Amazônia (VAN LEEUWEN *et al.*, 1999).

## 3.2. SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF) – CONCEITO E ASPECTOS BÁSICOS

Os SAF referem-se ao sistema de uso da terra com árvores ou arbustos que crescem em associação com os cultivos e/ou pasto em um arranjo espacial em que se tenha interação tanto ecológica quanto econômica entre os componentes arbóreos e não-arbóreos do sistema, resultando no aumento e na otimização da produção agrícola de forma sustentável. (YOUNG, 1990; FASSBENDER, 1993).

SAF, portanto, não é um novo conceito, mas sim, um novo termo empregado para designar um conjunto de práticas e sistemas de uso da terra já tradicionais em regiões tropicais e subtropicais (MONTAGNINI, 1992). Como exemplos de SAF, esse autor cita cultivos perenes (café e cacau) sob a sombra de árvores, quintais caseiros mistos, combinações de árvores com pastos, plantações de árvores para forragem, cultivos em faixas, cercas vivas, cortinas quebra-vento e algumas formas de agricultura familiar.

Krishnamurthy & Ávila (1999) destacam como característica distintiva nos SAF a interação árvore e cultivo com limites discretos de separação entre esse e outros sistemas de uso da terra. A distinção entre os diferentes tipos de SAF é destacada a seguir:

1. Componentes de produção: os três componentes principais nos SAF são árvores, cultivos e animais/pasto. A predominância desses componentes define as seguintes categorias estruturais: sistemas agrossilviculturais (árvores e cultivos), sistemas silvopastoris (árvores e animais/pasto), sistemas agrossilvipastoris (árvores, cultivos e animais/pasto);
2. Arranjo no espaço (horizontal e vertical): descreve-se com base no componente arbóreo;
3. Arranjo no tempo: simultâneo (árvores e os componentes de produção são cultivados ao mesmo tempo); seqüencial (árvore e os componentes são cultivados em rotação na mesma área);

4. Regime de manejo: refere-se às técnicas usadas para assegurar que o sistema forneça produtos e serviços esperados; e
5. Função ou papel: prover com o proporcionado pelos componentes lenhosos, como melhoramento da fertilidade do solo, controle de erosão, produção de forragem, diversificação de produtos.

De acordo com Higuera (1989) citado por Medrado (2000) as propriedades rurais das regiões tropicais incluem árvores como um componente importante de suas atividades produtivas, especialmente no caso de pequenos e médios produtores. Nessas propriedades elas estão presentes como cercas-vivas, quebra-ventos, árvores frutíferas, árvores para proteção de animais, pomares caseiros, produtoras de forragem, medicinais. Entretanto, muitos agricultores consideram o plantio de árvores como competidoras com os seus cultivos agrícolas.

A maioria dos produtores descarta o plantio de árvores em sua propriedade, pelo fato de elas lhes tirarem áreas destinadas à agricultura ou à pecuária; a agrossilvicultura, por sua vez, se constitui em excelente opção para reverter tal situação. Os SAF apresentam várias vantagens, frente aos sistemas de monocultivos, tais como: utilização mais eficiente do espaço, redução efetiva da erosão, sustentabilidade da produção e estímulo à economia de produção, com base participativa (MEDRADO *et al.*, 1994; MEDRADO, 2000).

Os SAF podem contribuir para recuperar áreas alteradas ou degradadas, reintegrando-as novamente ao sistema produtivo, bem como solucionar problemas com o uso de recursos naturais devido às funções biológicas e socioeconômicas que podem cumprir. Esses agroecossistemas podem representar uma alternativa para o uso dos recursos naturais, que aumente ou mantenham a produtividade da terra sem ocasionar degradação (MONTAGNINI, 1992).

Do ponto de vista biológico, existem numerosas interações que podem prover vantagens quando bem manejadas: a presença de árvores favorece os sistemas de produção em aspectos tais como a manutenção da ciclagem de nutrientes e o aumento da diversidade de espécies; a ciclagem de nutrientes entre a biomassa e o solo contribui para manter a produtividade; o uso de árvores fixadoras (leguminosas) de nitrogênio ( $N_2$ ) como espécies de sombra em cultivos perenes tende a aumentar a produção, além de ofertar produtos; ao mesmo tempo se obtém novos benefícios, tais como lenha e madeira entre outros (MONTAGNINI, 1992). Diversas espécies leguminosas arbóreas são capazes de fixar  $N_2$  atmosférico por meio de simbiose com bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium* (FOSKET, 1994).

A partir dessa simbiose, essas plantas tornam-se auto-suficientes em nitrogênio, potencializando suas capacidades de absorção de água e nutrientes, principalmente o fósforo (SOUZA & SILVA, 1996 citados por OLIVEIRA, 2003), favorecendo com isso a produção de fitomassa (ANDRADE *et al.*, 2000). Devido suas capacidades de fixação de  $N_2$  tais espécies são especialmente requeridas na recuperação de áreas alteradas e como componentes de SAF (CATIE, 1992; FOSKET, 1994).

A transferência do nitrogênio fixado, para as culturas associadas não-leguminosas, ocorre pela decomposição dos nódulos presentes nas raízes, resíduos da parte aérea das plantas, podendo ser influenciada pela taxa de decomposição das diferentes partes da planta leguminosa, demanda dos microrganismos do solo por nitrogênio, desnitrificação, volatilização e ainda, pela habilidade da espécie não-leguminosa em competir pelo nitrogênio liberado (KASS *et al.*, 1997).

A importância desse processo de fixação e transferência de  $N_2$ , em SAF pode ser destacada com estudos de Roskowski (1982), citado por Montagnini (1992), o qual avaliando monocultivo de café e café consorciado com leguminosas, *Inga jinicuil* e *Inga vera*, e não-leguminosas, banana e laranja, observou que nos sistemas com *I. jinicuil* foram incorporados

cerca de 40 kg de N/ha/ano, equivalente a 53% da quantidade de fertilizante nitrogenado requerido para produzir uma colheita de café, enquanto que nos outros sistemas foi menor que 1 kg N.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>.

### 3.2.1. Importância da Matéria Orgânica

A matéria orgânica formada pela fitomassa das espécies componentes dos SAF difere da encontrada em florestas naturais, pois essas espécies são selecionadas e os seus componentes arbóreos e cultivos são manejados através de podas e colheitas (YOUNG, 1990, ARCO-VERDE, 1998). O compartimento formado pela liteira e pelo solo é o sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes (CORREIA & ANDRADE, 1999).

A matéria orgânica do solo (MOS) é resultante da deposição e decomposição de resíduos de origem animal e vegetal (FASSBENDER, 1993), incluindo tecidos e células de organismos que vivem no solo e substâncias produzidas pelos mesmos (KASS, 1996). Galhos, folhas, flores e frutos constituem um conjunto de resíduos orgânicos que se deposita e se acumula na superfície do solo, formando uma camada denominada de “liteira” ou “serapilheira” (MARINO *et al.*, 1980). A liteira é uma fonte de nutrientes e energia para os animais do solo e as plantas, especialmente em ecossistemas sobre solos pobres (SINGH, 1968). Os resíduos orgânicos depositados sobre a superfície do solo sofrem inicialmente decomposição parcial pela mesofauna e, posteriormente, ação decompositora dos microorganismos. Parte do carbono presente nos resíduos é liberada para a atmosfera como CO<sub>2</sub> e o restante passa a fazer parte da matéria orgânica, como um componente do solo (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

Por meio de uma série de reações intermediárias a serrapilheira é convertida em substâncias de difícil degradação, como a lignina, cutina e outras substâncias húmicas (ácidos

fortes, ácido fúlvico hidrossolúvel, ácidos húmicos coloidais e substâncias húmicas polimerizadas e estáveis) (LARCHER, 2004).

A velocidade de decomposição e deliberação de nutrientes da serrapilheira depende das características químicas dos resíduos, do pH do meio onde ocorrerá decomposição e dos fatores climáticos (LARCHER, 2004).

A disponibilidade de nutrientes da fração orgânica é muito variável e nem sempre imediata, já que requer uma mineralização prévia. A liberação lenta e progressiva é uma garantia de que os elementos mais móveis no solo como o nitrogênio, permaneçam retidos e não sejam facilmente perdidos por lixiviação (KASS, 1996).

Os nutrientes estão predominantemente associados à fase sólida (matéria orgânica + fração mineral) (MALAVOLTA *et al.*, 1997), apenas uma pequena fração (menor que 0,2 %) (LARCHER, 2004), está dissolvida na solução do solo. A fase sólida atua como uma reserva, a qual, por meio do intemperismo dos minerais e da decomposição e mineralização dos resíduos orgânicos, libera lentamente os nutrientes para as plantas.

Nos solos agrícolas a matéria orgânica constitui uma pequena fração (KASS, 1996) e sua manutenção é especialmente importante na agricultura sem insumos externos, nos solos com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), nos quais a maioria das cargas negativas está associada aos radicais orgânicos, e em solos argilosos susceptíveis a compactação (SÁNCHEZ, 1981). Em solos com menores problemas nas propriedades físicas, as práticas de fertilização podem diminuir a importância de conservar a matéria orgânica, uma vez que a prática adequada de fertilização química aumenta o seu conteúdo devido ao aumento da decomposição das raízes e resíduos das colheitas (SÁNCHEZ, 1981).

Os nutrientes são incorporados aos tecidos vegetais, tornando-se componente ou ativador das enzimas, ou ainda regulando a atividade enzimática por meio do efeito coloidal que exerce no grau de hidratação do protoplasma (LARCHER, 2004). Cada nutriente tem uma

função específica e essencial no metabolismo da planta, como o N e o P que são constituintes das proteínas e ácidos nucleicos; Mg e os micronutrientes (com exceção do Cl) podem atuar como constituintes de estruturas orgânicas, predominantemente enzimas moleculares; K não forma parte de estruturas orgânicas, mas tem função de osmorregulador, mantendo o equilíbrio eletroquímico nas células e em seus compartimentos como também na regulação das atividades enzimáticas (MARSCHER, 1986).

### 3.2.2. Decomposição da Matéria Orgânica

O termo decomposição é usado para descrever os processos em que a matéria orgânica é decomposta em partículas menores e formas solúveis de nutrientes que podem ser absorvidos pelas plantas (WARING & SCHLESINGER, 1985; COLEMAN & CROSSLEY, 1996).

Uma fase importante da ciclagem de nutrientes é a decomposição da manta orgânica sobre o piso florestal, formada pela queda da liteira. A decomposição da matéria orgânica pode ser dividida em três processos básicos que ocorrem simultaneamente: lixiviação (perda rápida de material solúvel do resíduo pela ação da água da chuva), intemperismo (ruptura mecânica dos resíduos) e ação biológica (fragmentação gradual e oxidação dos resíduos pelos organismos vivos).

O processo de decomposição inicia-se no momento em que a folha se forma e continua por toda a sua vida através do ataque de organismos (HAAG, 1985), algumas folhas verdes podem abrigar, ainda na própria árvore, microorganismos e insetos que iniciam o processo de decomposição. As folhas também liberam continuamente, de acordo com sua idade e estado fitossanitário, carboidratos, ácidos orgânicos, aminoácidos e, sobretudo, potássio (CORREIA & ANDRADE, 1999).

Segundo Fassbender (1993), a composição bioquímica dos restos vegetais varia segundo a idade e função dos tecidos. Os tecidos verdes são mais ricos em carboidratos e proteínas e os tecidos lenhosos apresentam maiores conteúdos em compostos fenólicos (lignina) e celuloses. Espécies de “mulch” geralmente têm menores teores de N e conteúdos mais elevados de lignina, do que biomassas verdes. O conteúdo de polifenóis é menos previsível e pode aumentar ou diminuir com a idade, dependendo da espécie (MAFONGOYA *et al.*, 1998).

A combinação e a proporção dos compostos orgânicos determina a qualidade e a taxa de decomposição dos resíduos das plantas. Os compostos orgânicos de alta qualidade apresentam alto conteúdo de N, baixo conteúdo de lignina e polifenóis, são decompostos rapidamente e liberam nutrientes em curto prazo para as plantas. Em contraste, os compostos orgânicos de baixa qualidade apresentam baixos níveis de N, altos conteúdos de lignina e polifenóis e apresentam lenta liberação de nutrientes, protendendo-os da lixiviação ou reciclagem até serem mineralizados (YOUNG, 1990; NYAMAI, 1992).

As espécies com alto conteúdo de N e polifenóis podem ser divididas em duas categorias: a) espécies com pouca capacidade de ligar-se a proteínas a exemplo *Leucaena leucocephala* com folhas de rápida decomposição que liberam grande quantidade de N apesar da presença de polifenóis; e b) espécies como a *Calliandra calothyrsus* com grande capacidade para ligar-se a proteínas e com baixa decomposição das folhas que liberam pouco N (MAFONGOYA *et al.*, 1998). Diversos índices de qualidade têm sido propostos como bons indicadores da taxa de decomposição e liberação de nutrientes, principalmente N, a partir da determinação de alguns constituintes orgânicos e nutricionais. Desses, os reconhecidos de maior influência, são as relações C/N, polifenol/N, lignina/N, lignina+polifenol/N, lignina+celulose/N (PALM & SÁNCHEZ, 1991; HANDAYANTO *et al.*, 1997; GAMA-RODRIGUES *et al.*, 1999; PALM *et al.*, 2001). Todos esses índices são válidos, porém cada

um apresenta vantagens e limitações de uso (CADISCH & GILLER, 1997). Os modelos obtidos são, de maneira geral, de aplicabilidade específica de cada sítio, pois são modelos empíricos, ou seja, restritos a condição edafoclimática, o tipo de sistema agroflorestal, as espécies associadas e o manejo. Apesar disso, é possível obter razoável precisão de predição das taxas de decomposição dos materiais vegetais que são normalmente usados em sistemas agroflorestais.

Os sistemas agroflorestais são dinâmicos quanto aos seus componentes arbóreos, desde da seleção a substituição de espécies, como das interações existentes entre os mais variados componentes, visto que, a interação é o efeito de um componente de um sistema na performance de outro componente e/ou sobre o sistema inteiro (NAIR, 1993). A compreensão sobre as funções ecológicas do sistema solo e planta dos sistemas agroflorestais é a parte essencial para estabelecer o manejo adequado da dinâmica de nutrientes e, por conseguinte, sua sustentabilidade, além de proporcionar o incremento nos serviços ambientais, e também aumentar a biodiversidade local (GAMAS – RODRIGUES, 2002).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no campo experimental Confiança, pertencente a Embrapa Roraima, a 90 km de Boa Vista, localizado no município do Cantá (RR): 02°15' latitude norte e 60°40' longitude oeste. A área apresenta vegetação de floresta e clima Ami, segundo a classificação de Köppen, caracterizado como tropical chuvoso com nítida estação seca e amplitude térmica inferior a 5° C entre as médias do mês mais quente e do mês mais frio. A precipitação pluvial varia entre 1.795 a 2.385 mm ano<sup>-1</sup>, 55% do total concentrados nos meses de maio, junho e julho, sendo maio o mês de maior precipitação (292 a 552 mm mês<sup>-1</sup>), o solo da área do estudo foi classificado como sendo um Argissolo Vermelho-Amarelo textura argilosa (MOURÃO JR. *et al.*, 2003).

### 4.1. HISTÓRICO DA ÁREA DE ESTUDO

Na área de estudo, a experiência com sistemas agroflorestais teve início em 1995. O preparo do solo consistiu na derrubada de uma capoeira de aproximadamente três anos, seguida da queima da vegetação. Os modelos de SAF implantados foram classificados em: agrossilviculturais e agrossilvipastoris, na presença e ausência de insumos (ARCO-VERDE *et al.*, 2002).

No presente estudo utilizou-se o sistema agrossilvicultural sob condição de presença de insumos (com calagem equivalente a 2 t ha<sup>-1</sup> (PRNT 100%), aplicação inicial de 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 50 de kg ha<sup>-1</sup> de FTE BR 12). O modelo agrossilvicultural teve as seguintes características: composto de castanha-do-Brasil, (*Bertholletia excelsa*), cupiúba (*Goupia glabra*), pupunha (*Bactris gasipaes*) para produção de palmito e fruto, cupuaçu (*Theobroma*

*grandiflorum*), banana (*Musa* sp. cv. Missouri), ingá-de-metro (*Inga edulis*) como árvore adubadora e gliricídia (*Gliricidia sepium*) como cerca viva. As espécies foram plantadas num espaçamento geral de 3,0 x 2,0 m com as seguintes proporções para cada espécie/hectare: 52 mudas de castanha-do-Brasil, 52 de cupiúba, 338 de pupunha, 416 de cupuaçu, 416 de banana, 360 de ingá-de-metro e 200 de gliricídia. Na figura 3 apresenta-se a distribuição das plantas no modelo em estudo.

No primeiro ano de implantação (1995), em todas as parcelas do modelo agrossilvicultural, foi cultivado o milho, como cultural anual; o milho foi adubado com 300 kg/ha de 04-28-20+Zn e 200 kg/ha de uréia. No segundo ano (1996) foram cultivadas a soja e a mandioca, recebendo adubação de manutenção recomendada para cada cultura; a soja recebeu adubação de 3 g de 10-26-26/cova.

Na implantação do experimento do presente estudo as espécies banana e ingá não estavam mais constituindo o sistema agroflorestal.

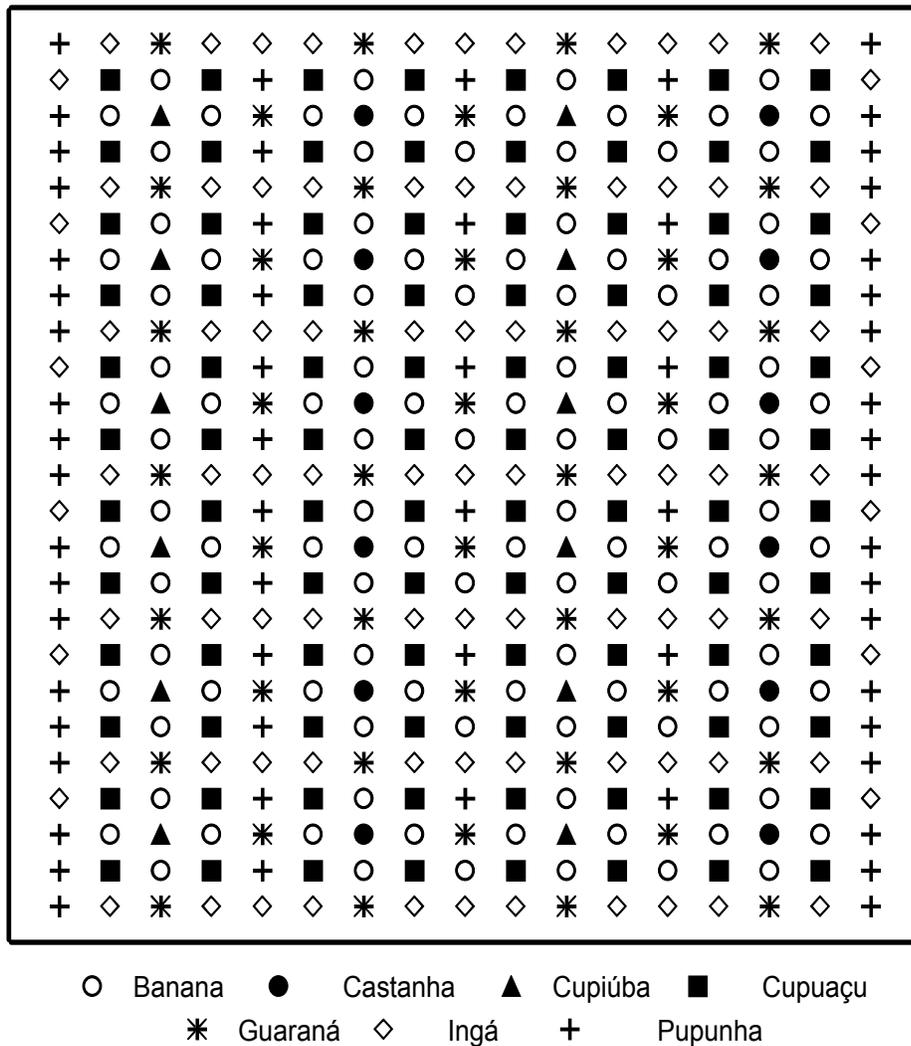


Figura 1 Croqui do modelo agroflorestal localizado no campo experimental Confiança, onde a gliricídia encontra-se como cerca-viva, limitando a parcela

#### 4.2. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO

A castanha-do-Brasil e o cupuaçu foram selecionados dentre as demais espécies componentes dos SAF, devido à frequência de aproximadamente 60% (WANDELLI & SOUZA, 2002) nos diversos modelos agroflorestais encontrados na região amazônica. A gliricídia por ser considerada uma espécie de múltiplos usos, foi selecionada devido ao seu

rápido crescimento, adaptação aos solos pobres e ácidos, além de apresentar boa propagação através de estacas.

As avaliações da decomposição das folhas das espécies em estudo ocorreram nas seguintes condições: 1<sup>a</sup>) sacos de decomposição nos quais foram alocadas somente folhas de castanha-do-Brasil (CAS), folhas de cupuaçu (CUP) e folhas de gliricídia (GLI), desta forma denominada na condição de folhas homogêneas; 2<sup>a</sup>) sacos de decomposição no quais foram alocadas misturas das folhas nas combinações castanha-do-Brasil + cupuaçu (CAS+CUP), castanha-do-Brasil + gliricídia (CAS+GLI), cupuaçu + gliricídia (CUP+GLI), denominada na condição interação de folhas associadas.

Foram confeccionados sacos de decomposição de 1 mm de malha (ANDERSON & INGRAM, 1989) entretanto, as dimensões dos sacos de decomposição foram modificadas de 0,20 x 0,20 m para 0,40 x 0,40 m (0,16m<sup>2</sup>) para o melhor acondicionamento das folhas da castanha e do cupuaçu. O material do saco de decomposição foi em tela comum de polietileno. O material fresco (folhas) alocado nos sacos de decomposição foi resultante da poda de folhas da castanha e cupuaçu. As árvores foram selecionadas na área central das parcelas, excluindo as espécies da bordadura. Um dos manejos utilizados para manutenção do sistema agrossilvicultura é a poda da cerca viva de gliricídia, a qual é distribuída e depositada sobre a superfície do solo dentro das parcelas. As amostras de gliricídia foram coletadas das árvores que compõem a cerca-viva.

A quantidade inicial de folhas alocadas nos sacos de decomposição foi correspondente a 48,92 g (cupuaçu), 43,24 g (castanha) e 80,45 g gliricídia. Os pesos foram calculados com base no peso verde das folhas das espécies que foram pesadas em balança digital e posteriormente secas em estufa com ventilação forçada a 65° C para obtenção do peso seco.

O experimento utilizou blocos casualizados, com três repetições. Os sacos de decomposição foram aleatoriamente distribuídos em cada parcela de área total de 2.304 m<sup>2</sup> (48x48m).

Foram utilizados 180 sacos de decomposição, distribuídos na superfície do solo sob as copas das plantas em estudos nas áreas úteis da parcela (60 bolsas/parcela). Os sacos de decomposição com as folhas de cupuaçu foram colocados sob os cupuaçuzeiros, os sacos com as folhas de castanha-do-Brasil sob a castanheira e os sacos com as folhas de gliricídia sob as plantas de gliricídia. Os sacos de decomposição com as folhas associadas foram alocados entre as espécies onde ocorre naturalmente à transição de materiais.

O período de avaliação iniciou-se com a instalação do experimento em campo no final do mês de abril e as coletas iniciaram na primeira quinzena de maio até a primeira semana de setembro. Os meses de avaliação compreenderam o período chuvoso da região.

Aleatoriamente, foram coletados seis sacos de decomposição de cada parcela aos 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 e 150 dias após deposição. O intervalo quinzenal para coleta ocorreu em função da velocidade de decomposição da gliricídia que é muito rápida (meia vida de 16,4 dias) comparada com o ingá (meia vida de 25,5 dias) (WANDELLI et al., 2000).

Nas coletas do material, as amostras foram limpas manualmente para a remoção de raízes e resíduos do solo com água destilada, e posteriormente encaminhado para secagem em estufa com ventilação forçada a 65°C até obtenção de peso constante. Após secagem o material foliar foi pesado em balança digital e direcionado para moagem em moinho de facas, tipo wiley, para análise de macronutrientes.

Nos sacos de decomposição das folhas associadas, as folhas das espécies combinadas foram separadas para determinação da contribuição de cada espécie e obtenção da matéria seca remanescente e cada espécie.

A análise dos macronutrientes consistiu na adição prévia de  $H_2O_2$  que propicia uma pré-digestão da amostra pelo  $H_2SO_4$ , em que a temperatura atinge 180 a 190 °C. Esta oxidação parcial de compostos orgânicos evita a formação de espuma e freqüente perda de material após a adição de  $H_2SO_4$ , no início do aquecimento (TEDESCO, 1982). Esta metodologia possibilita a determinação dos cinco macroelementos. Para determinação do nitrogênio utilizou-se alíquota de 20 ml do extrato que foi destilado em micro-destilador, após adição de NaOH, recebendo-se o destilado em indicador ácido bórico e titulando-se com  $H_2SO_4$  diluído; o fósforo foi determinado por espectrofotometria; o potássio foi determinado por fotometria por chama; o cálcio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (TEDESCO, 1982).

### 4.3. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Em cada um dos tipos de cultivo, os valores restantes das folhas foram tomados como taxas de decomposição, após diferença entre os respectivos valores iniciais. Estes valores foram ajustados segundo modelo não linear do tipo logístico (1), tendo como critério de aderência o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ).

$$y = \frac{a}{1 + \left(\frac{t}{x_0}\right)^b} \quad (1)$$

Em que:  $y$  – taxa de decomposição;  $a$ ,  $x_0$ ,  $b$  – coeficientes de modelo;  $t$  – tempo de avaliação.

Os valores finais de taxa de decomposição foram avaliados segundo o modelo linear geral via ANOVA de fator único e testado por meio de F. Os dados foram tabulados e gerenciados na planilha eletrônica Excel. As análises foram conduzidas com o auxílio da proc nlin e da proc glm do SAS System, sendo os gráficos confeccionados com auxílio do pacote estatístico STATISTICA 5.5.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. VELOCIDADE E TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA CASTANHA-DO-BRASIL

A decomposição das folhas proveniente da castanha-do-Brasil apresentou peso remanescente de 20 a 20,74  $\text{gm}^{-2}$  aos 15 dias, correspondendo a taxa de decomposição de 52 a 53% da fitomassa inicial (Tabela 1). A perda inicial em peso de magnitude elevada, estar associada a uma significativa perda de água, entretanto, esta redução abrupta nas folhas da castanha-do-Brasil é associada com frequência na literatura (MAFONGOYA *et al.*, 1997; HANDAYANTO *et al.*, 1997; GAMA-RODRIGUES, 2002). Em razão disso, o resíduo fresco decompõe mais rápido do que aquele seco ao sol. Aos 60 dias observou-se o valor de 21,35  $\text{gm}^{-2}$ , o qual poderia ser proveniente de erro na amostra, oriunda de má secagem ou maior quantidade de material alocado no saco de decomposição das folhas de castanha-do-Brasil. Entretanto, o intervalo de 60 dias pode ser desconsiderado, pois de acordo com a figura 2 observou-se uma tendência na taxa de decomposição das folhas de castanha-do-Brasil até o final do experimento. Até os 75 dias não foram assinaladas diferenças significativas ( $F_{(2,6)} = 0,62$ ;  $p < 0,60$ ), entre as condições de folhas homogênea e a interação das folhas de castanha-do-Brasil, cupuaçu e gliricídia, sendo que neste período, a quantidade de folhas remanescentes foi de 13 a 16,6  $\text{gm}^{-2}$ , correspondendo a uma taxa de decomposição de 61 a 68%. Aos 90 e 105 dias o peso remanescente variou de 14 a 17,9  $\text{gm}^{-2}$ , correspondendo a uma taxa de decomposição de 58 a 64%. Nos 120 e 135 dias a perda de peso não ultrapassou os 16,8  $\text{gm}^{-2}$  (Tabela 1).

Até os 150 dias não foram assinaladas diferenças significativas ( $F_{(2;6)} = 0,60$ ;  $p < 0,58$ ), sendo que o peso remanescente foi em torno de 10-12  $\text{gm}^{-2}$  correspondendo a taxa de decomposição 70-75% do peso inicial das folhas-de-castanha-do-Brasil.

Os ajustes da taxa de decomposição em relação à quantidade de folha inicial (Figura 2), assinalaram curvas de tendências semelhantes entre a folhas homogênea e em interação com o cupuaçu e gliricídia. Observou-se uma elevada taxa de decomposição na primeira quinzena ( $\cong 53\%$ ), um leve aumento aos 45 dias ( $\cong 61\%$ ) e um menor aumento aos 75 dias ( $\cong 68\%$ ).

As curvas de tendências seguem até aos 150 dias de avaliação. No início do estudo os extremos de intervalos de taxa de decomposição são de 52 a 72%.

Tabela 1 Valores médios e erro padrão da média de perda de peso ( $\text{gm}^{-2}$ ) e da taxa de decomposição entre parênteses das folhas de castanha-do-Brasil, em função do tempo (dias)

Tempo	CAS	CAS+CUP	CAS+GLI	Média Geral
0	43,24	43,24	43,24	43,24
15	20,38 $\pm$ 4,09 (52,9 $\pm$ 9,5)	20,12 $\pm$ 1,18 (53,5 $\pm$ 2,7)	20,74 $\pm$ 0,54 (52 $\pm$ 1,2)	20,41 $\pm$ 2,16 (52,8 $\pm$ 5)
30	18,59 $\pm$ 1,76 (57 $\pm$ 4,1)	18,38 $\pm$ 0,47 (57,5 $\pm$ 1,1)	16,71 $\pm$ 1,26 (61,4 $\pm$ 2,9)	17,89 $\pm$ 1,42 (58,6 $\pm$ 3,3)
45	15,77 $\pm$ 2,14 (63,5 $\pm$ 4,9)	18,56 $\pm$ 2,17 (57,1 $\pm$ 5)	16,63 $\pm$ 3,64 (61,5 $\pm$ 8,4)	16,99 $\pm$ 2,68 (60,7 $\pm$ 6,2)
60	21,35 $\pm$ 0,15 (50,6 $\pm$ 0,3)	15,96 $\pm$ 1,81 (63,1 $\pm$ 4,2)	15,74 $\pm$ 2,93 (63,6 $\pm$ 6,8)	17,68 $\pm$ 3,25 (59,1 $\pm$ 7,5)
75	14,62 $\pm$ 2,42 (66,2 $\pm$ 5,6)	13,64 $\pm$ 3,24 (68,4 $\pm$ 7,5)	16,66 $\pm$ 4,38 (61,5 $\pm$ 10,1)	14,97 $\pm$ 3,27 (65,4 $\pm$ 7,6)
90	17,95 $\pm$ 4,07 (58,5 $\pm$ 9,4)	16,29 $\pm$ 0,26 (62,3 $\pm$ 0,6)	14,43 $\pm$ 0,62 (66,6 $\pm$ 1,4)	16,22 $\pm$ 2,56 (62,5 $\pm$ 5,9)
105	15,49 $\pm$ 4,55 (64,2 $\pm$ 10,5)	14,49 $\pm$ 1,30 (66,5 $\pm$ 3)	15,75 $\pm$ 2,25 (63,6 $\pm$ 5,2)	15,24 $\pm$ 2,68 (64,7 $\pm$ 6,2)
120	16,80 $\pm$ 1,67 (61,2 $\pm$ 3,9)	13,28 $\pm$ 3,45 (69,3 $\pm$ 8)	11,59 $\pm$ 5,17 (73,2 $\pm$ 12)	13,89 $\pm$ 3,96 (67,9 $\pm$ 9,1)
135	16,44 $\pm$ 3,19 (62 $\pm$ 7,4)	11,52 $\pm$ 3,84 (73,4 $\pm$ 8,9)	12,04 $\pm$ 4,30 (72,2 $\pm$ 9,9)	13,33 $\pm$ 4,04 (69,2 $\pm$ 9,3)
150	12,52 $\pm$ 1,00 (71 $\pm$ 2,3)	10,60 $\pm$ 3,06 (75,5 $\pm$ 7,1)	12,99 $\pm$ 2,43 (70 $\pm$ 5,6)	12,04 $\pm$ 2,30 (72,2 $\pm$ 5,3)

Em que: CAS: castanha – do – Brasil em folhas homogênea; CAS+CUP – interação das folhas de castanha – do – Brasil e cupuaçu; CAS+GLI – interação das folhas de castanha-do-Brasil e gliricídia.

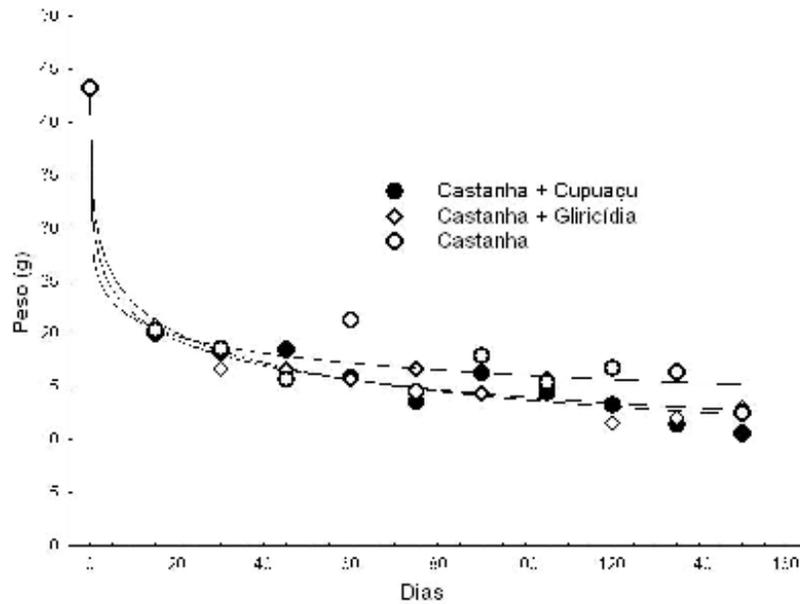


Figura 2: Taxa de decomposição ( $\text{gm}^{-2}$ ) da castanha-do-Brasil em função do tempo (dias) das folhas homogênea e em interação com as espécies cupuaçu e glicíndia

Tabela 2 Parâmetros do modelo logístico de decomposição das folhas de castanha-do-Brasil

Parâmetros	CAS+CUP	CAS+GLI	CAS
a	43,202	43,236	43,234
b	0,383	0,328	0,219
$x_0$	13,793	10,713	9,265
$R^2_{aj.}$	0,975	0,979	0,931

Em que: a,  $x_0$ , b – coeficientes de modelo não linear do tipo logístico, tendo como critério de aderência o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ).

## 5.2. VELOCIDADE E TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DO CUPUAÇUZEIRO

A decomposição das folhas provenientes do cupuaçuzeiro apresentou peso remanescente de 19 a  $22,74 \text{ gm}^{-2}$  aos 15 dias, correspondendo a uma taxa de decomposição de 53 a 60% da fitomassa inicial, entretanto, a elevada perda inicial de peso, semelhante ao caso anterior da castanha-do-Brasil estar associada a uma significativa perda de água existente nas folhas do cupuaçu. Aos 45 dias, as folhas do cupuaçu apresentaram peso médio remanescente de  $21,75 \text{ gm}^{-2}$ , com taxa de decomposição de 55,5 % (Tabela 3).

Aos 75 dias não foram assinaladas diferenças significativas ( $F_{(2;6)} = 0,31$ ;  $p < 0,75$ ) entre as folhas em condição homogênea e em interação com gliricídia e castanha-do-Brasil, sendo que aos 75 dias, a quantidade de folhas remanescente do cupuaçu foi de 19 a 22,21 $gm^{-2}$ , correspondendo a uma taxa de decomposição de 54 a 59,6 %. Observou-se aos 15 dias maior perda de peso referente ao peso inicial, desse período aos 150 dias não foram observados decréscimos no peso remanescente das folhas do cupuaçu, apresentando estabilidade na decomposição das folhas do cupuaçu. Os ajustes da taxa de decomposição em relação à quantidade de folha inicial assinalaram curvas de tendências semelhantes entre as folhas em condição homogênea do cupuaçu e as em condição de interação com a castanha-do-Brasil e gliricídia (Figura 3), apresentando um intervalo de taxa de decomposição estável, oscilando entre 53 a 60%. Até os 150 dias não houve diferenças significativas entre as folhas em interação do cupuaçu ( $F_{(2;6)} = 0,31$ ;  $p < 0,74$ ). As amostras no tempo de 60 dias apresentaram valores acima do previsto, no poderia ser explicada por erro na quantidade inicial alocada no saco de decomposição ou má secagem do material.

Tabela 3 Valores médios e erro padrão de perda de peso ( $gm^{-2}$ ) e taxa de decomposição entre parênteses da folha do cupuaçu, em função do tempo (dias).

Tempo	CUP	CUP+CAS	CUP+GLI	Média Geral
0	48,92	48,92	48,92	48,92
15	21,77±1,26 (55,5±2,6)	22,74±2,18 (53,5±4,4)	19,53±6,64 (60,1±13,6)	21,35±3,83 (56,4±7,8)
30	22,25±2,38 (54,5±4,9)	24,07±4,83 (50,8±9,9)	22,2±4,94 (54,6±10,1)	22,84±3,77 (53,3±7,7)
45	21,66±1,82 (55,7±3,7)	21,88±2,53 (55,3±5,2)	21,71±3,03 (55,6±6,2)	21,75±2,17 (55,5±4,4)
60	27,04±2,59 (44,7±5,3)	22,35±1,88 (54,3±3,8)	15,24±11,02 (68,9±22,5)	21,54±7,71 (56±15,8)
75	22,21±1,66 (54,6±3,4)	19,75±5,44 (59,6±11,1)	20,57±3,59 (58±7,3)	20,85±3,53 (57,4±7,2)
90	19,27±0,62 (60,6±1,3)	19,56±3,68 (60,0±7,5)	20,19±3,47 (58,7±7,1)	19,67±2,58 (59,8±5,3)
105	19,74±0,87 (59,6±1,8)	21,14±3,21 (56,8±6,6)	19,59±1,26 (59,9±2,6)	20,16±1,92 (58,8±3,9)
120	18,99±1,59 (61,2±3,2)	17,27±3,74 (64,7±7,7)	21,45±2,03 (56,2±4,2)	19,23±2,91 (60,7±6)
135	20,52±2,68 (58,1±5,5)	22,92±2,77 (53,1±5,7)	19,77±0,61 (59,6±1,2)	21,07±2,42 (56,9±4,9)
150	17,65±3,50 (63,9±7,2)	20,3±0,75 (58,5±1,5)	19,29±0,41 (60,6±0,8)	19,08±2,14 (61±4,4)

Em que: CUP: cupuaçu em folha homogênea; CUP+CAS – interação das folhas de cupuaçu e castanha-do-Brasil; CUP+GLI - interação das folhas de cupuaçu e gliricídia

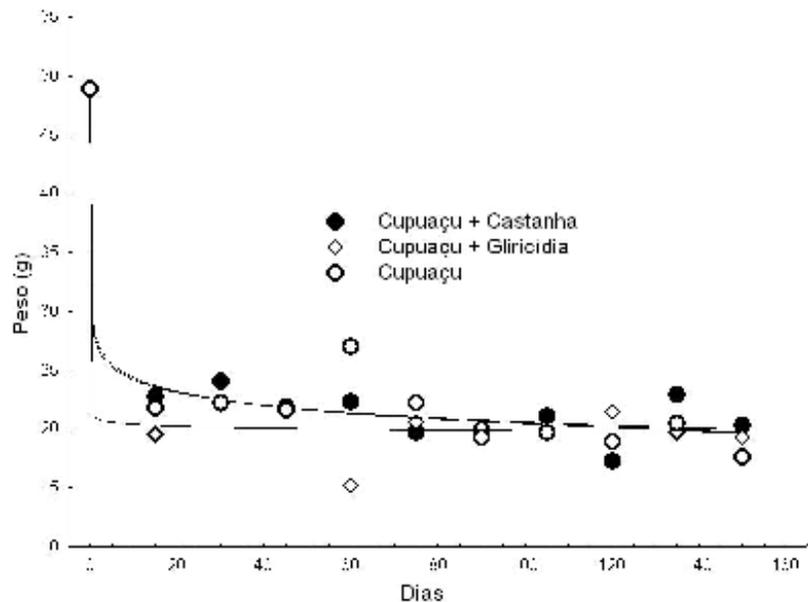


Figura 3: Taxa de decomposição de cupuaçu, em função da folhas em condição homogênea e em interação com as espécies castanha-do-Brasil e gliricídia.

Tabela 4 Parâmetros do modelo logístico de decomposição das folhas de cupuaçu

Parâmetros	CUP+CAS	CUP+GLI	CUP
a	48,919	48,920	48,908
b	0,129	0,020	0,140
$x_0$	8,424	$7,33 \cdot 10^{-7}$	9,536
$R^2_{aj.}$	0,958	0,947	0,924

Em que: a,  $x_0$ , b – coeficientes de modelo não linear do tipo logístico, tendo como critério de aderência o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ).

### 5.3. VELOCIDADE E TAXA DE DECOMPOSIÇÃO DA GLIRICÍDIA

A decomposição das folhas proveniente da gliricídia apresentou peso remanescente de 9 a 16,62  $gm^{-2}$  do valor inicial. Porém, a elevada perda inicial em peso, assim como observado anteriormente na castanha-do-Brasil e nas folhas do cupaçu, estar associada a uma significativa perda de água, no intervalo inicial de 15 dias, o que vem ressaltar que uma das fases iniciais da decomposição é a perda de umidade da massa. Observou-se na primeira quinzena que mais de 50% do peso das folhas da gliricídia foi decomposta (Tabela 5). Aos 75 dias não foram assinaladas diferenças significativas ( $F_{(2;6)} = 0,73$ ;  $p < 0,50$ ) entre a condição de folhas homogêneas da gliricídia e na interação das folhas da gliricídia com as demais

espécies em estudo: castanha-do-Brasil e cupuaçu. A quantidade de folhas de gliricídia remanescentes foi de 0,13 a 2,51 gm<sup>-2</sup>. Aos 150 dias a decomposição foi completa.

Os ajustes da taxa de decomposição em relação a quantidade de folha inicial de gliricídia (Figura 4), assinalaram curvas de tendência semelhante entre as condições de folhas homogêneas e em interação com as espécies castanha-do-Brasil e cupuaçu. Aos 150 dias não houve diferenças significativas ( $F_{(2;6)} = 0,72$ ;  $p < 0,52$ ). Na figura 4 observa-se uma elevada taxa de decomposição na primeira quinzena ( $\cong 85\%$ ), mantendo o aumento até 75 dias ( $\cong 98\%$ ).

Tabela 5: Valores médios e erro padrão de decomposição (gm<sup>-2</sup>) e taxa de decomposição entre parênteses das folhas de gliricídia, em função do tempo (dias).

Tempo	GLI	GLI+CAS	GLI+CUP	Média Geral
0	80,45	80,45	80,45	80,45
15	10,63±2,72 (86,78±3,38)	16,62±2,56 (79,35±3,19)	9,13±0,96 (88,65±1,19)	12,13±3,94 (84,93±4,89)
30	6,37±1,32 (92,08±1,64)	4,53±4,24 (94,37±5,27)	2,6±1,73 (96,76±2,15)	4,5±2,89 (94,4±3,59)
45	4,3±1,12 (94,66±1,39)	2,56±2,23 (96,81±2,77)	0,85±0,83 (98,95±1,03)	2,57±1,99 (96,81±2,47)
60	2,66±0,77 (96,69±0,95)	1,52±1,56 (98,11±1,94)	8,41±7,61 (89,55±9,46)	4,2±5,04 (94,78±6,27)
75	2,51±3,62 (96,88±4,5)	0,13±0,22 (99,84±0,27)	1,61±2,22 (97,99±2,75)	1,42±2,37 (98,24±2,94)
90	0,8±0,21 (99,00±0,26)	0,16±0,28 (99,8±0,35)	0,23±0,39 (99,72±0,49)	0,4±0,4 (99,51±0,5)
105	0,98±1,42 (98,79±1,77)	0,96±1,47 (98,81±1,82)	0,13±0,14 (99,84±0,18)	0,69±1,11 (99,14±1,38)
120	1,15±1,74 (98,57±2,16)	1,18±0,54 (98,54±0,67)	0,42±0,44 (99,47±0,55)	0,92±1 (98,86±1,25)
135	0,29±0,27 (99,64±0,34)	0,33±0,57 (99,59±0,71)	2,5±3,92 (96,89±4,87)	1,04±2,27 (98,71±2,82)
150	0 (100)	0 (100)	0 (100)	0 (100)

Em que: GLI: gliricídia em folha homogênea; GLI+CAS – interação das folhas de gliricídia e castanha-do-Brasil; GLI+CUP - interação das folhas de gliricídia e cupuaçu.

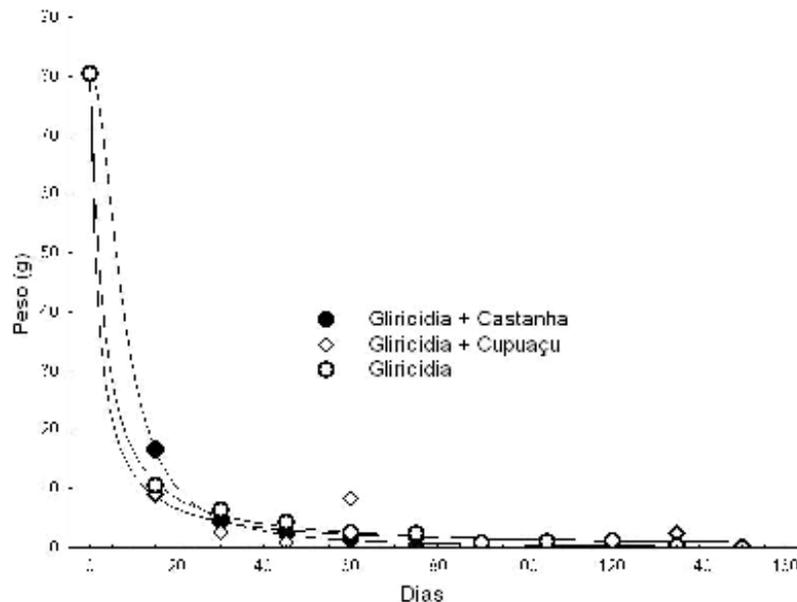


Figura 4 Taxa de decomposição de gliricídia, em função do tipo de folhas na condição homogênea e em interação com as espécies castanha - do - Brasil e cupuaçu.

Tabela 6: Parâmetros do modelo logístico de decomposição das folhas de gliricídia

Parâmetros	GLI+CAS	GLI+CUP	GLI
a	80,451	80,451	80,446
b	2,018	1,037	1,129
$x_0$	7,685	1,938	2,959
$R^2_{aj}$	0,999	0,999	0,999

Em que: a,  $x_0$ , b – coeficientes de modelo não linear do tipo logístico, tendo como critério de aderência o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ).

Em todas as associações a cinética do processo de decomposição das folhas apresentou um padrão semelhante, com uma fase inicial mais rápida até os 15 dias, seguida de outra mais lenta. Aos 30 dias após a deposição dos sacos de decomposição, 58 e 53 % de folhas remanescentes do peso inicial de castanha-do-Brasil e cupuaçu, respectivamente, permaneciam na superfície do solo. As folhas da leguminosa gliricídia apresentaram comportamento diferente das outras espécies. Em outros estudos Ranells & Wagner (1992). Da Ros (1993) e Giacomini & Aita (2003), observaram que a taxa de decomposição de leguminosas superou a das não leguminosas. Outro aspecto que poderia corroborar na rápida

decomposição da leguminosa gliricídia é referente a granulometria de suas folhas (material fino decompõe mais rápido do que material grosseiro) (GAMAS-RODRIGUES, 2002).

Nota-se na tabela 1 que as folhas remanescentes da castanha-do-Brasil na combinação CAS+GLI e CAS+CUP apresentaram perda de peso aos 105 dias, em que a CAS+CUP apresentaram peso remanescente de 14,49 para 10,60  $\text{gm}^{-2}$ . Na associação CAS+GLI o peso remanescente foi mantido na faixa de 11,59 a 12,99  $\text{gm}^{-2}$ . Na condição de folha homogênea de CAS, após a redução inicial, o peso remanescente apresentou-se estável até os 135 dias com 16,44  $\text{gm}^{-2}$ , chegando aos 150 dias com 12,52  $\text{gm}^{-2}$ . Teixeira *et al.*, (2001), identificaram que a associação de castanha-do-Brasil com cacauero foi o ambiente que apresentou maior acumulação de liteira, provavelmente, devido a maior lentidão da decomposição do material vegetal oriundo da castanha-do-Brasil.

Na tabela 3 a condição de folha homogênea e em interação do cupuaçu manteve-se estável em todo o período de avaliação. Observou-se que as folhas do cupuaçu apresentaram baixa taxa de decomposição comparada com as demais espécies em estudo. A menor taxa de decomposição do cupuaçu indica uma composição mais rica em estruturas mais resistentes aos processos de decomposição. De acordo com esse resultado é necessário que os estudos referentes a fitomassa do cupuaçu sejam conduzidos por tempo superior àquele empregado neste estudo. GALLARDO-ORDINOLLA (1999), avaliando a decomposição da liteira de cupuaçu (CUP), gliricídia (GLI), ingá (ING), CUP+GLI, CUP+ING e GLI+ING, também verificou baixa decomposição da liteira do cupuaçu comparada as duas espécies leguminosas em estudo. Segundo esse autor, na associação GLI+CUP, o cupuaçu aparentemente estaria retardando o processo de decomposição da leguminosa.

Na coleta dos sacos de decomposição observou-se na interação de GLI+CUP e GLI+CAS a presença de folhas remanescentes de gliricídia entre as folhas de cupuaçu e castanha-do-Brasil após 60 dias de avaliação, haja vista, que não foram significativos às

interações das folhas combinadas. Ao contrário de outros estudos (MAFONGOYA, 1995; GAMA-RODRIGUES & BARROS, 2002; AITA & GIACOMINI, 2003), em que a interação das folhas de espécies com diferentes taxas de decomposição apresentaram efeitos significativos, no presente estudo não se observaram efeitos na interação entre as combinações das folhas das espécies avaliadas. Ao contrário da CAS e CUP, a GLI perdeu mais da metade do peso inicial (aproximadamente 85%) nos primeiros 15 dias de avaliação (Tabela 5), sendo que o tempo médio para perde 50% do peso inicial (meia-vida) é 16,4 dias (GALLARDO-ORDINOLA, 1999; WANDELLI *et al.*, 2000). Outro estudo realizado por Arco-Verde (1998) mostrou que a gliricídia perdeu mais da metade do seu peso inicial aos 20 dias, apresentando elevada taxa de decomposição. Mclean (1991) e Tian et al. (1992), também observaram rápida perda de peso da gliricídia nos primeiros 40 dias de ensaio. A velocidade de decomposição dentre as espécies CUP, CAS e GLI em estudo apresentou a seguinte ordem: GLI>CAS>CUP.

Gallardo-Ordinola (1999), estudando várias espécies, observou que as perdas de peso da matéria seca durante a decomposição sempre foram mais rápidas nas espécies leguminosas (gliricídia e ingá), usadas isoladamente ou combinadas entre si.

A menor decomposição da fitomassa da castanha e cupuaçu constitui função ecológica na cobertura da superfície do solo por maiores períodos, contribuindo para a manutenção da umidade e para a sua proteção contra o efeito erosivo da chuva. O estabelecimento da gliricídia em sistemas agroflorestais, onde se encontram a castanheira e o cupuaçu que contribuem com a formação de liteira (CORRÊA *et al.*, 2002), é extremamente importante, porque as espécies apresentam atributos ecofisiológicos complementares (espécies com altas taxas de ciclagem biogeoquímica com espécies de grande eficiência de uso de nutrientes).

## 5.4. DINÂMICA DE LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

### 5.4.1. Dinâmica de Liberação de Nutrientes da Castanha-do-Brasil

A variação temporal foi observada em todos os nutrientes, a exceção do cálcio (Ca), que se manteve estável durante todo o período de avaliação (Tabela 7). Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N), magnésio (Mg) e potássio (K) apresentaram diferenças significativas na fonte de variação Tempo, sendo que o Mg também se apresentou influenciado pela fonte de variação Associação da fitomassa.

Tabela 7 Quadro de análise de variância da dinâmica de nutrientes da castanha-do-Brasil

	g.l.	N	Ca	Mg	P	K					
Associação	2	1,47	n.s.	0,26	n.s.	0,13	*	0,0004	n.s.	0,04	n.s.
Tempo (Dias)	2	7,02	*	0,12	n.s.	0,15	*	0,0853	**	0,11	*
Associação*Tempo	4	2,83	n.s.	0,84	n.s.	0,10	n.s.	0,0004	n.s.	0,01	n.s.
Erro	18	2,34		0,68		0,05		0,0004		0,03	

n.s. – não significativo ( $p \geq 0,05$ )\*significativo ( $p \leq 0,05$ ), \*\*altamente significativo ( $p \leq 0,001$ )

Tabela 8: Teores médios de macronutrientes da castanha-do-Brasil (CAS) avaliados aos 15, 30 e 150 dias de avaliação

Nutrientes	Associação	Tempo							
		15 dias	30 dias	150 dias	Total				
N (g.100g <sup>-1</sup> )	CAS	6,72	b	5,16	a	6,97	a	6,29	a
	CAS+CUP	9,04	a	5,53	a	6,70	a	7,09	a
	CAS+GLI	6,55	b	6,42	a	6,87	a	6,61	a
	Total	7,44	A	5,70	B	6,85	B	6,66	
Ca (g.100g <sup>-1</sup> )	CAS	1,31	a	2,19	a	1,22	a	1,57	a
	CAS+CUP	1,98	a	1,81	a	1,68	a	1,82	a
	CAS+GLI	1,62	a	1,56	a	2,51	a	1,90	a
	Total	1,64	A	1,85	A	1,80	A	1,76	
Mg (g.100g <sup>-1</sup> )	CAS	0,94	a	0,97	a	0,55	b	0,82	b
	CAS+CUP	1,13	a	0,88	a	1,14	a	1,05	a
	CAS+GLI	1,05	a	0,96	a	0,66	b	0,89	b
	Total	1,04	A	0,94	A	0,78	B	0,92	
P (g.100g <sup>-1</sup> )	CAS	0,09	a	0,05	a	0,24	a	0,13	a
	CAS+CUP	0,08	a	0,06	a	0,24	a	0,13	a
	CAS+GLI	0,08	a	0,08	a	0,25	a	0,14	a
	Total	0,08	B	0,06	B	0,24	A	0,13	
K (g.100g <sup>-1</sup> )	CAS	0,36	a	0,12	a	0,09	a	0,19	a
	CAS+CUP	0,17	a	0,08	a	0,03	a	0,10	a
	CAS+GLI	0,33	a	0,23	a	0,08	a	0,21	a
	Total	0,29	A	0,14	B	0,07	C	0,17	

Em que: CAS – Folhas de castanha-do-Brasil, CAS+CUP – interação das folhas de castanha-do-Brasil e cupuaçu, CAS+GLI - interação das folhas de castanha-do-Brasil e gliricidia.

Valores ordenados segundo o teste de Duncan [CAS] ~ Letras minúsculas na coluna, efeito dos tratamentos em cada avaliação. Letras maiúsculas efeito do tempo

O nitrogênio remanescente aos 15 dias apresentou concentração média de 7,44%. A maior concentração ocorreu na interação CAS+CUP com 9,04 %, sendo que após os 15 dias, todas as interações apresentaram-se equivalentes (Tabela 8), com concentrações de 5,16-6,42% aos 30 dias e de 6,70-6,97 % aos 150 dias. Na tabela 8 nota-se que ocorreu um decréscimo dos 15 para os 30 dias, onde a concentração média de 7,44 % foi para 5,70 %. Dos 30 até os 150 dias as concentrações tornaram-se equivalentes, 5,70 a 6,85 %, respectivamente.

O cálcio manteve-se estável em todo o período de avaliação (1,64-1,85 g.100g<sup>-1</sup>). Na condição de folhas homogêneas e na interação também apresentou estabilidade em suas concentrações remanescentes (1,57-1,9 g.100g<sup>-1</sup>).

O magnésio remanescente apresentou concentração equivalente nos 15 e 30 dias (1,04-0,94 g.100g<sup>-1</sup>), em todas as interações. Aos 150 dias a interação CAS+CUP apresentou elevada concentração de magnésio remanescente (1,14 g.100g<sup>-1</sup>) (tabela 8). As folhas de CAS e as folhas da interação CAS+GLI foram equivalentes aos 15 e 30 dias (Tabela 5), e após este período tiveram um decréscimo de 0,55 e 0,66 g.100g<sup>-1</sup>, respectivamente aos 150 dias.

O fósforo restante foi equivalente nos 15 e 30 dias de avaliação com total médio no tempo de 0,08-0,06 g.100g<sup>-1</sup>. Aos 150 dias o teor de fósforo restante foi de 0,24-0,25 g.100g<sup>-1</sup>, em todas as interações.

A liberação do potássio foi gradualmente decrescendo no tempo (tabela 8), com concentração média de 0,29 para 0,07 g.100g<sup>-1</sup>. Não houve diferença significativa na liberação de potássio entre as interações. Entretanto, observou-se que o potássio foi liberado mais lentamente das folhas em condição de interação do que a condição de folhas homogêneas. Aita & Giacomini (2003), observaram que no consórcio de aveia+ervilhaca, o potássio apresentou menor liberação do que observado em material solteiro dessas espécies.

#### 5.4.2. Dinâmica de Liberação de Nutrientes do Cupuaçu

A variação temporal foi observada em todos os nutrientes, a exceção do nitrogênio (N), que se manteve estável durante todo o período de avaliação (Tabela 9). Dentre os nutrientes, somente cálcio (Ca) apresentou-se influenciado pelas fontes de variação associação e tempo (Tabela 9).

Tabela 9 Quadro de análise de variância da dinâmica de nutrientes do cupuaçu

	g.l.	N	Ca	Mg	P	K					
Associação	2	0,19	n.s.	0,30	*	0,05	n.s.	0,00	n.s.	0,00	n.s.
Tempo (Dias)	2	2,11	n.s.	0,34	*	0,37	**	0,06	**	0,18	**
Associação*Tempo	4	0,82	n.s.	0,10	n.s.	n.d	n.s.	0,00	n.s.	0,00	n.s.
Erro	18	3,93		0,08		0,02		0,00		0,01	

n.s. – não significativo ( $p \geq 0,05$ )\*significativo ( $p \leq 0,05$ ), \*\*altamente significativo ( $p \leq 0,001$ )

Tabela 10 Teores médios de macronutrientes do cupuaçu (CUP) aos 15, 30 e 150 dias de avaliação

Nutrientes	Associação	Tempo							
		15 dias	30 dias	150 dias	Total				
N ( $\text{g.100g}^{-1}$ )	CUP	6,82	a	6,05	a	5,96	a	6,28	a
	CUP+CAS	6,43	a	6,04	a	5,63	a	6,03	a
	CUP+GLI	6,91	a	5,22	a	6,73	a	6,29	a
	Total	6,72	A	5,77	A	6,11	A	6,20	
Ca ( $\text{g.100g}^{-1}$ )	CUP	1,17	a	1,52	a	0,79	a	1,16	a
	CUP+CAS	0,84	b	1,21	a	0,88	a	0,98	a
	CUP+GLI	0,77	b	0,84	b	0,77	a	0,79	b
	Total	0,93	A	1,19	A	0,81	B	0,98	
Mg ( $\text{g.100g}^{-1}$ )	CUP	1,03	a	0,79	a	0,63	a	0,82	a
	CUP+CAS	1,12	a	0,96	a	0,74	a	0,94	a
	CUP+GLI	1,15	a	0,96	a	0,71	a	0,94	a
	Total	1,10	A	0,90	A	0,70	B	0,90	
P ( $\text{g.100g}^{-1}$ )	CUP	0,08	a	0,06	b	0,23	a	0,12	a
	CUP+CAS	0,09	a	0,06	b	0,22	a	0,13	a
	CUP+GLI	0,09	a	0,12	a	0,24	a	0,15	a
	Total	0,09	B	0,08	B	0,23	A	0,13	
K ( $\text{g.100g}^{-1}$ )	CUP	0,26	a	0,14	a	0,05	a	0,15	a
	CUP+CAS	0,35	a	0,07	b	0,03	a	0,15	a
	CUP+GLI	0,33	a	0,12	a	0,05	a	0,17	a
	Total	0,31	A	0,11	B	0,04	B	0,16	

Em que: CUP – Folhas de cupuaçu, CUP+CAS – interação das folhas de cupuaçu e castanha-do-Brasil, CUP+GLI - interação das folhas de cupuaçu e gliricidia.

Valores ordenados segundo o teste de Duncan [CUP] ~ Letras minúsculas na coluna, efeito dos tratamentos em cada avaliação. Letras maiúsculas: efeito do tempo

O nitrogênio remanescente apresentou estabilidade nas concentrações em todo o período de avaliação. Também não foram observadas variações significantes entre as

interações. Os valores médios de concentração de nitrogênio remanescente foram de 6,03 a 6,29 % (Tabela 10).

A concentração de cálcio remanescente foi equivalente aos 15 e aos 30 dias, sendo que as folhas de cupuaçu apresentaram maior concentração ( $1,17\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ). Aos 30 dias a menor concentração foi encontrada na interação das folhas de CUP+GLI ( $0,84\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ). Aos 150 dias todas as associações apresentaram decréscimos na concentração do cálcio remanescente.

O magnésio remanescente apresentou concentração equivalente aos 15 e aos 30 dias ( $1,10-0,9\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) em todas as associações. Aos 150 dias ocorreu um decréscimo da concentração do magnésio remanescente em todas as interações (Tabela 10).

O fósforo restante apresentou concentrações equivalentes aos 15 e 30 dias de avaliação. Aos 30 dias observa-se uma elevada concentração de fósforo na interação CUP+GLI com  $0,12\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ . Aos 150 dias a concentração de fósforo é maior em todas as associações.

O potássio remanescente apresentou maiores concentrações nos 15 dias de avaliação em todos as interações. Aos 30 dias somente a interação CUP+CAS apresentou menor concentração de potássio ( $0,07\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) comparada com as demais interações que mantiveram valores superiores de  $0,12$  e  $0,14\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ . Aos 150 dias as concentrações foram de  $0,03$  a  $0,04\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$  em todas as associações. Nota-se que após os 15 dias, ocorre o decréscimo do potássio no tempo.

#### 5.4.3. Dinâmica de Liberação de Nutrientes da Gliricídia

A variação temporal foi observada em todos os nutrientes. Dentre todos os nutrientes, nenhum apresentou-se influenciado pela associação dos cultivos (Tabela 11).

Tabela 11 Quadro de análise de variância da dinâmica de nutrientes da gliricídia

	g.l.	N	Ca	Mg	P	K					
Associação	2	4,182	n.s.	0,008	n.s.	0,003	n.s.	0,001	n.s.	0,043	n.s.
Tempo (Dias)	2	239,879	**	3,254	**	3,266	**	0,082	**	1,181	**
Associação*Dias	4	1,541	n.s.	0,059	n.s.	0,006	n.s.	0,001	n.s.	0,081	n.s.
Erro	18	2,980		0,132		0,025		0,001		0,059	

n.s. – não significativo ( $p \geq 0,05$ )\*significativo ( $p \leq 0,05$ ), \*\*altamente significativo ( $p \leq 0,001$ )

Tabela 12 Teores médios de macronutrientes da gliricídia (GLI) após 15, 30 e 150 dias de avaliação

Nutrientes	Associações	Tempo							
		15 dias	30 dias	150 dias	Total				
N (g.100g <sup>-1</sup> )	GLI	11,77	a	7,47	a	0,00	a	6,41	a
	GLI+CAS	9,51	a	6,55	a	0,00	a	5,35	a
	GLI+CUP	9,13	a	6,30	a	0,00	a	5,14	a
	Total	10,14	A	6,77	B	0,00	C	5,64	
Ca (g.100g <sup>-1</sup> )	GLI	1,12	a	0,86	a	0,00	a	0,66	a
	GLI+CAS	0,92	a	1,20	a	0,00	a	0,71	a
	GLI+CUP	1,03	a	1,11	a	0,00	a	0,71	a
	Total	1,03	A	1,06	A	0,00	B	0,69	
Mg (g.100g <sup>-1</sup> )	GLI	1,20	a	0,71	a	0,00	a	0,64	a
	GLI+CAS	1,15	a	0,82	a	0,00	a	0,66	a
	GLI+CUP	1,20	a	0,82	a	0,00	a	0,68	a
	Total	1,18	A	0,78	A	0,00	B	0,66	
P (g.100g <sup>-1</sup> )	GLI	0,20	a	0,13	a	0,00	a	0,11	a
	GLI+CAS	0,17	a	0,09	a	0,00	a	0,09	a
	GLI+CUP	0,20	a	0,08	a	0,00	a	0,09	a
	Total	0,19	A	0,10	A	0,00	B	0,10	
K (g.100g <sup>-1</sup> )	GLI	0,48	b	0,15	a	0,00	a	0,21	a
	GLI+CAS	0,57	b	0,12	a	0,00	a	0,23	a
	GLI+CUP	0,97	a	0,05	b	0,00	a	0,34	a
	Total	0,67	A	0,11	B	0,00	C	0,26	

Em que: GLI – Folhas de gliricídia, GLI+CAS – interação das folhas de gliricídia e castanha-do-Brasil, GLI+CAS - interação das folhas de gliricídia e castanha-do-Brasil

Valores ordenados segundo o teste de Duncan [CUP] ~ Letras minúsculas na coluna, efeito dos tratamentos em cada avaliação. Letras maiúsculas: efeito do tempo

O nitrogênio remanescente apresentou concentração média 10,14 % aos 15 dias, em que as folhas homogêneas de gliricídia apresentaram 11,77%, no qual superou as demais interações. Até os 30 dias observou-se um decréscimo na concentração de nitrogênio remanescente em todas as associações. Aos 150 dias não havia material remanescente para avaliação (Tabela 11).

Até os 30 dias o cálcio remanescente apresentou-se equivalente na avaliação. Não foi observado decréscimo da concentração do nutriente nesse período.

O magnésio estatisticamente foi equivalente tanto no tempo como na interação da gliricídia com a castanha e cupuaçu. Entretanto, nota-se um decréscimo na concentração dos 15 aos 30 dias, em que a concentração média  $1,18 - 0,78 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$  (Tabela 11).

Observou-se que a concentração de fósforo restante tende a diminuir no tempo, a concentração média variou de 0,19 para  $0,10 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ , entre os 15 e 30 dias (Tabela 11).

O potássio remanescente apresentou maior concentração na interação GLI+CUP ( $0,97 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ ) aos 15 dias, e, aos 30 dias apresentou a menor concentração ( $0,05 \text{ g.}100\text{g}^{-1}$ ). O potássio apresentou uma cinética de liberação gradual no tempo.

De modo geral, a maior quantidade de elementos remanescentes, avaliada pelo somatório de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, foi observada na fitomassa da gliricídia (40840 g/ha) e suas associações, seguida da castanha (37940 g/ha) e cupuaçu (31020 g/ha) nos 15 dias de avaliação. Aos 30 dias a gliricídia obteve 17730 g/ha de elementos remanescentes, correspondendo a 43% do peso remanescente dos 15 dias. A castanha-do-Brasil aos 30 dias obteve peso remanescente de 35600 g/ha e aos 150 dias 35750 g/ha, mantendo-se equivalentes. O cupuaçu apresentou menor concentração remanescente dos elementos aos 30 dias com 28570 g/ha, e 23910 g/ha aos 150 dias. Pode-se classificar quanto

à qualidade nutricional das folhas que a gliricídia é mais rica em nutrientes e com maior velocidade de decomposição, a castanha encontra-se intermediária e o cupuaçu com baixa qualidade e menor velocidade de decomposição. Contudo a castanha e o cupuaçu apresentaram maior capacidade de conservação de nutrientes imobilizados nas suas folhas.

Aos 15 dias de avaliação a quantidade remanescente de nutrientes das folhas da gliricídia correspondeu a 24,8% de nitrogênio, 28,9% de magnésio, 4,7% de fósforo, 16,4% de potássio e 25% de cálcio. Aos 30 dias a fitomassa remanescente foi de 8,2% de nitrogênio, 9,8% de magnésio, 2,2% de fósforo, 13,8% de potássio. O cálcio foi o único elemento que apresentou estabilidade, mantendo o seu teor de 25% aos 15 e 30 dias.

Na fitomassa do cupuaçu o nitrogênio remanescente representou 21,7% do total dos macronutrientes analisados aos 15 dias. Observou-se ainda baixa taxa de liberação, nos períodos subsequentes 18,6% aos 30 dias e 19,6% aos 150 dias. O cálcio apresentou comportamento semelhante apresentado na gliricídia. Por sua vez os teores de magnésio com 35,5% e potássio com 9,9% correspondentes as folhas do cupuaçu, apresentaram teores remanescentes correspondentes a 6,5% e 6,4% aos 30 dias.

Nas folhas da castanha-do-Brasil com 19,6% de nitrogênio e 43,2% de cálcio apresentaram comportamento similar ao descrito para as folhas do cupuaçu, mantendo imobilizados estes nutrientes. O magnésio equivalente a 27,4% das folhas da castanha-do-Brasil, disponibilizou 2,6% aos 30 dias e 6,9% de diferença aos 150 dias. O potássio com 7,6% apresentou uma liberação de 6,1% aos 30 dias e 1,3% aos 150 dias.

A baixa concentração de nitrogênio na fitomassa da castanha-do-Brasil e do cupuaçu, constituem um dos principais fatores de limitação a sua decomposição, devido a uma elevada relação C/N, retardando a velocidade de decomposição das fitomassas de castanha-do-Brasil e

cupuaçu. Destaca-se que valores elevados da relação C/N constituem-se em limitantes ao processo de decomposição da biomassa.

As folhas da castanha-do-Brasil e do cupuaçu apresentaram comportamentos similares em relação à liberação de magnésio e potássio, caracterizadas por uma liberação gradual no tempo. Cerca de 10% do teor total do magnésio das folhas está contido nas moléculas de clorofila. No processo de senescência ocorre rapidamente a desestruturação da clorofila, permitindo posteriormente, a liberação do magnésio da liteira (GAMA-RODRIGUES & MIRANDA, 1991). Segundo Gama-Rodrigues & Barros (2002), a mineralização do magnésio parece estar estreitamente associada à decomposição da liteira, pois não houve acumulação e nem acentuada redução do elemento que indicassem relevantes perdas por lixiviação.

O potássio apresentou em todas as associações liberação decrescente no tempo, comparada com os demais elementos. Certamente, a não participação do potássio em composto estrutural nas plantas, especialmente nas folhas (GAMA-RODRIGUES & MIRANDA, 1991), pode ser apontada como uma das principais razões para sua rápida disponibilização (ANDRADE *et al.*, 2000).

Andrade *et al.*, (2000), estudando espécies arbóreas, observaram que o potássio foi o nutriente de mais rápida liberação da serrapilheira. Este comportamento foi observado no presente estudo e tem sido observado em outros ecossistemas sob diferentes coberturas florestais e condições edafoclimáticas (GAMA-RODRIGUES, 1997).

Na concentração de nutrientes remanescentes, as culturas apresentaram o seguinte comportamento pouco variável.

A castanha-do-Brasil apresentou aos 15 e aos 30 dias concentrações remanescentes na seguinte ordem decrescente: cálcio > magnésio> nitrogênio> potássio> fósforo e aos 150 dias cálcio > magnésio  $\cong$  nitrogênio > fósforo> potássio.

O cupuaçu apresentou a seguinte ordem decrescente de concentração remanescente aos 15 dias magnésio> cálcio> nitrogênio> potássio> fósforo, aos 30 dias onde cálcio> magnésio > nitrogênio> potássio > fósforo e aos 150 dias cálcio> magnésio> nitrogênio> fósforo> potássio. Gama-Rodrigues & Barros (2002), observaram o enriquecimento relativo de nitrogênio e fósforo no folheto de eucalipto em floresta natural.

Briones & Ineson (1996) observaram aumentos do conteúdo de nitrogênio da liteira de *Eucalyptus globulus* na mistura com a liteira de *Quercus petraea* e *Betula pendula*, mas decréscimos com *Fraxinus excelsior*. Esses autores postularam que a movimentação interespecífica de nutrientes que ocorre em liteiras heterogêneas seja governada pelo gradiente de nutrientes. Situação análoga foi reportada por Wood (1974), que observou aumentos do conteúdo de N durante a decomposição do folheto de *Eucalyptus delegatensis*, devido a translocação do elemento pelas hifas de fungos. Esse mecanismo também foi proposto em relação à acumulação de P durante a decomposição dos folhedos de *Eucalyptus globulus*, *Cupressus lusitanica*, *Juniperus procera* em floresta natural altimontana na Etiópia (LISANERWORK & MICHELSEN, 1994, citado por GAMA-RODRIGUES & BARROS, 2002). No presente estudo o valor elevado de fósforo aos 150 dias poderia ser explicado por eventual contaminação no preparo das amostras, por ser uma análise muito sensível, qualquer erro por menor que seja pode ser refletido de forma muito significativa. Entretanto, nota-se no presente trabalho que o fósforo apresenta decréscimos no decorrer do tempo.

De maneira geral, a acumulação de nutrientes na serrapilheira durante a fase de decomposição poder ser decorrente de um ou mais fatores: aporte de serrapilheira,

precipitação, lixiviação do dossel e do tronco, fertilidade do solo, fauna edáfica e presença de hifas de fungos (SWIFT *et al.*, 1979; O'CONNELL, 1988).

A mineralização do cálcio no período avaliado foi muito reduzida nas associações de castanha-do-Brasil e cupuaçu. Resultados similares foram encontrados nos povoamentos de eucalipto e dandá, onde o cálcio manteve-se estável até os 180 dias (GAMA-RODRIGUES & BARROS, 2002).

A gliricídia apresentou a seguinte ordem de concentração de nutrientes remanescente aos 15 dias magnésio > nitrogênio  $\cong$  cálcio > potássio > fósforo e aos 30 dias cálcio > magnésio  $\cong$  nitrogênio > potássio > fósforo.

A associação de leguminosas com não-leguminosas pode constituir-se em benefício para o sistema, devido à redução da velocidade de liberação de nutrientes, especialmente o N, em relação ao uso isolado da leguminosa. Podendo ser empregado visando otimizar a sincronia entre a liberação de nitrogênio dos seus resíduos culturais e a demanda de nitrogênio pelas culturas que se deseja instalar em sucessão. Todavia, os resultados deste estudo não evidenciaram a redução na velocidade de liberação de nitrogênio dos resíduos culturais.

As espécies castanha-do-Brasil, cupuaçu e gliricídia apresentam capacidade diferenciada de reciclagem de nutrientes. A fitomassa de gliricídia foi a mais rica em nutrientes e com menor tempo de residência. A fitomassa de castanha apresenta comportamento intermediário e o cupuaçu com maior tempo de residência. Os diferentes tempos de decomposição de espécies leguminosas e não leguminosas podem ser utilizados como estratégia para complementar necessidades nutricionais de culturas econômicas em sistemas agroflorestais e, ou para auxiliar na recuperação de solos degradados.

## 6. CONCLUSÕES

As folhas da castanha-do-Brasil, do cupuaçu e da gliricídia apresentaram comportamento distintos quanto ao tempo de decomposição, sendo que as folhas da gliricídia apresentaram mais rápida decomposição, enquanto que as folhas de cupuaçu apresentaram mais lenta decomposição no tempo avaliado;

Não se observou influencia da associação das folhas sobre o tempo de decomposição.

As folhas de gliricídia apresentaram alta liberação de nitrogênio, potássio, magnésio, e fósforo.

As folhas de castanha-do-Brasil e cupuaçu apresentaram baixa liberação de nutrientes, especialmente nitrogênio.

O cálcio foi o nutriente que apresentou a mais lenta liberação para todos as espécies estudadas, requerendo para o cupuaçu tempo superior a 150 dias para sua liberação completa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e associadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 27:601-612. 2003

ANDERSON, J.N.; INGRAM, J.S.I. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. Wallingford: CAB International, 1989. 171 p.

ANDRADE, A.G.; COSTA, G.S.; FARIA, S.M. deposição e decomposição da serrapilheira em povoamentos de *Mimosa caesalpinifolia*, *Acacia mangium* e *Acacia holosericea* com quatro anos de idade em planossolo. 2000. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.24. p. 777-785.

ARCO-VERDE, M. F. Tasa de descomposición, disponibilidad de nutrientes y efecto de la aplicación de compuestos orgánicos en el cultivo de maíz en um Humic Andosol de Costa Rica. 1998. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 105 p. (Tese de Mestrado)

ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D. R.; DUARTE, O. R.; XAUD, H. A. M.; LOPES, C. E. V.; MOURÃO JR, M.; SANTOS, G. Avaliação silvicultural, agrônômica e sócio-econômica de sistemas agroflorestais em áreas desmatadas de ecossistemas de mata e cerrado de Roraima. In: TECNOLOGIA, Ministério da Ciência E. (Org.). *Resultados de Projetos de Pesquisa Dirigida (PPDs) - PPG7*. 2002, p. 94-99.

BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: Barbosa, R.I.; Ferreira, E.J.G.; CATELLON, E.G. *Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima*. INPA, Manaus. 1997. p 325 – 335.

BAYER, C.; MIETNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: *Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais* Porto Alegre: Gênese. 1999. 508 p. 09-23 p.

BOSERUP, E. *The conditions of agricultural growth*. London: Allen and Unwin. 1965.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Projeto RADANBRASIL. Folha NA. 20 Boa Vista parte das folhas NA. 21. Tumucumaque, Na. 20 Roraima e NA. 21. RJ.v8. 1975

BRIONES, M.J.I.; INESON, P. Decomposition of eucalyptus leaves in litter mixtures. *Soil Biol. Bioch.* v.28. n 10/11. p 1381-1388. 1986.

CADISCH, G.; GILLER, K.E. Driven by nature: Plant litter quality and decomposition. Wallingford, CAB International. 1997. 409 p.

CATIE-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. *Acacia mangium* Will: especie de árbol de uso múltiple en América Central. 1992. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 58 p. (Serie Técnica. Informe Técnico, 169).

COLEMAN, D.C.; CROSSLEY, D.A. JR. Fundamentals of soil ecology. Academic Press. 1996. 205 p.

CORRÊA, E.F.; COSTA, M.I.S.; MOURÃO JR.; ARCO-VERDE, M;F. Produção de biomassa de diferentes interações em sistemas agroflorestais no estado de Roraima. In:IV Congresso Brasileiro: Sistemas agroflorestais, tendências da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida. Ilhéus. Bahia. 2002. CD-ROM.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. DE. Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Ed. SANTOS, G,A. & CAMARGO, F.A.de O. Porto Alegre: Gênese. 1999. p. 197-225. 508p.

DA ROS, C.O. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 85 p. (Tese de Mestrado).

DANTAS, M.; RODRIGUES, I. A. Estudos fitoecológicos do trópico úmido brasileiro: VI – Levantamento bico em campos do Rio Branco. Belém, PA: Embrapa/CPATU, 1982. 31 p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 01)

DENICH, M.;KANASHIRO,M. Possibilidades de utilização e manejo adequado de áreas alteradas e abandonadas na Amazônia brasileira. Brasília: MCT/CNPQ, 1998. 157 p.

DUBOIS, J.C.L. Manual agroflorestal para a Amazônia. Rio de Janeiro REBRAf. 1996. 228 p.

EMBRAPA RORAIMA. 2002. II Plano Diretor Embrapa Roraima. 2002 – 2003. Boa Vista, 2002. 35 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 4).

EMBRAPA RORAIMA. 2004. III Plano Diretor Embrapa Roraima. 2004 – 2007. Boa Vista, 2004. 26 p.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. SNLCS/EMBRAPA Rio de Janeiro. 1997. 212 p.

FASSBENDER, H.W. Modelos Edafológicos de los sistemas de producción agroforestales. 2 ed. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza. 1993. 530 p. (serie de materiales nº 29).

FERNANDES, E.C.M. Agrofloresta – aproveitamento agroecológico visando as paisagens resilientes e produtivas. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais (3.:2000:Manaus, AM) – Palestras. (Embrapa Amazônia Ocidental) 2001. 248p. p 76-102.

FERNANDES, E.C.M.; BIOT, Y.; CASTILLA, C. CANTO, A.C.; MATOS, J.C.; GARCIA, S.; PERIN, R.; WANDELLI, E. The impact of selective logging and forest conversion for subsistence agriculture and pastures terrestrial nutrient dynamics in the Amazon. 1997. *Ciência e Cultura*. v 49. n. 1. p. 34-47.

FOSKET, D.E. Plant growth and development: a molecular approach. 1994. San Diego: Academic Press. 579 p.

GALLARDO-ORDINOLA, J.L.E. Produção e qualidade da leiteira em sistemas agroflorestais e seu efeito sobre as propriedades químicas do solo. Manaus. INPA/FUA. 72 p. 1999. (Tese de Mestrado).

GAMA-ROGRIGUES, A.C. Ciclagem de nutrientes por espécies florestais em povoamentos puros e mistos, em solos de tabuleiro da Bahia, Brasil. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa. 107 p. 1997. (Tese de Doutorado).

GAMA-ROGRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.; MENDONÇA, E.S. Alterações edáficas sob plantios puros e mistos de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. *R. Brás. Ci. Solo*, 23: 581 – 592, 1999.

GAMA-ROGRIGUES, A.C.; BARROS. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *R. Árvore*. Viçosa - MG. V. 26. n.2. p. 193-207. 2002.

GAMA-ROGRIGUES, A.C. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais: funcionalidade e sustentabilidade. IV Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. Ilhéus, Bahia. Anais 2002.

GAMA-ROGRIGUES, A.C.; MIRANDA, R.A.C. de.; Efeito da chuva na liberação de nutrientes do folheto num agrossistema de cacau do sul da Bahia. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília. 26 (9): 1345-1350. 1991

HAAG, H. P. Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 114 p.

HANDAYANTO, E.; CADISCH, G.; GILLER, K.E. Regulating N mineralization from plant residues by manipulation of quality. In: Drive by nature: Plant litter quality and decomposition. Wallingford. CAB International. p 175-185. 1997.

HANDAYANTO, E.; GILLER, K.E.; CADISCH, G. Regulating N release from legume tree prunings by mixing residues of different quality. Soil Biol. Biochem., 29: 1417-1426, 1997.

IBGE. Disponível em  
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/população/censo2000/universo.php?tipo=31&uf=14>.  
acessado em: 22/02/2003

KASS, D.C.L. Fertilidad de suelos.1 ed. San José. Costa Rica. 1996. 272 p.

KASS, D.C.L.; SYLVESTER-BRADLEY, R.; NYGREN, P. The role of nitrogen fixation and nutrient supply in some agroforestry systems of the Americas. Soil Bio. Biochem. v. 29. n 5/6. p. 775-785. 1997.

KRISHNAMURTHY, L.;ÁVILA, M. Agroforestería básica.1999. 340 p.(serie textos para la formación ambiental, n 3).

LARCHER, W. Ecofisiologia vegetal. São Carlos. Rima Artes e Textos. 2000. 531 p.

MACLEAN, R. The decomposition rate of *Gliricidia sepium* and *Cassia spectabilis* mulch and its influence on biomass management in an alley cropping system in the Southern Philippines. Nitrogen Fixing Tree Research Reports. 9: 43-46.

MAFONGOYA, P.L. Multipurpose tree pruning as a source of nitrogen to maize (*Zea mays* L.) under semiarid conditions in Zimbabwe. University of Florida. 139 p. 1995. (Tese de doutorado)

MAFONGOYA, P.L.; GILLER, K.E. & PALM, C.A. Decomposition and nutrient release patterns of prunings and litter of agroforestry trees. Agroforestry Systems, 38: 77-97.

MAFONGOYA, P.L.; GILLER, K.E.; PALM, C.A. Decomposition and nitrogen release patterns and tree prunings and litter. Agroforestry Systems.1998. n 38. p. 77-97.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações. 2 ed. Piracicaba. POTAFOS. 1997. 319 p.

MARCHER, H. Mineral nutrition of higher plants. The Universitie Press (Belfast) Ltd. 1986. 674 p.

MARINO, M.C.; FURTADO, J.S.; DE VUONO, Y.S. Glossário de termos usuais em Ecologia. 1ª ed. Academia de ciências do Estado de São Paulo. 1980. 138 p.

MEDRADO, M.J.S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: Reflorestamento de propriedades rurais para fins lucrativos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa comunicação para Transferência de Tecnologia. Colombo, PR. Embrapa Florestas, 2000.

MEDRADO, M.J.S.; MONTOYA, L.J.; MASCHIO, L.A. Intervenção do CNPFlorestas no desenvolvimento de sistemas agroflorestais na Região Sul do Brasil. In: Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul do Brasil, 1., 1994. p. 26-32. (Embrapa-CNPF. Documentos, 26).

MELO, V.F.; GIANLUPPI, D.; UCHOA, S.C.P. Características edafológicas dos solos do estado de Roraima. DSI/UFRR. Boa Vista. 2004. 46p.

MONTAGNINI, F. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones em los trópicos. 2 ed. San José. Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales. 1992. 622 p.

MOURÃO JR., M.; XAUD, M. R.; XAUD, H. A. M.; MOURA NETO, M. A.; ARCOVERDE, M. F.; PEREIRA., P. R. V. S.; TONINI, H. Precipitação pluviométrica em áreas de transição savana-mata de Roraima: campos experimentais Serra da Prata e Confiança. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2003. 7p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico).

NYAMAI, D.O Investigations on decomposition of foliage of wood species using a perfusion method. Plant and Soil. 139: 239-245.

O'CONNELL, A.M. Nutrient dynamics in decomposing litter in Karri (*Eucalyptus diverrsicolor* F. Muell.) forests of South – Western Australia. Journal Ecology. v. 76. p 1186-1203,1988.

OLIVEIRA, J.M.F. Produção de fitomassa e nutrientes por plantas leguminosas em área de capoeira e taxas de mineralização do nitrogênio em resposta a utilização de seus resíduos vegetais no solo. 2003. Manaus. INPA/UFAM. 103 p. (Tese de Doutorado).

OLIVEIRA, M.C.; ALMEIDA;R.B Uso sustentável da terra e insumos na produção agropecuária. Brasília-DF: MAPA/SARC/DFPV. 2004. 54 p.

PALM, C.A.; GACHENGO, C.N.; DELVE, R.J.; CADISCH, G.; GILLER, K.E. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of na organic resource database. Agriculture, Ecosystems an Environment, 83: 27-42, 2001.

PALM, C.A.; SÁNCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biol. Biochem.*; 23:83-88. 1991

PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D. A importância da matéria orgânica nos sistemas agrícolas. Londrina. IAPAR. 1998. 36 p. (IAPAR. Circular, 98).

RANELLS, N.N.; WAGGER, M.G. Nitrogen release from crimson clover in relation to plant growth stage and composition. *Agron. J.*, 84:424-430. 1992.

RODRIGUES, M.A.C.M.; MIRANDA, I.S.; KATO, M.S.A. Estrutura de florestas secundárias em áreas agricultura familiar no nordeste paraense. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. SAFs: desenvolvimento com proteção ambiental. Anais. 2004. 619 p. 189-191. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

RODRIGUES, T.E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. 1996. SBCS 930 p. 19-60. (Embrapa Florestas. Documentos, 98).

SÁNCHEZ, P.A. Suelos del trópico. Características y Manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José. Costa Rica. 634 p.

SINGH, K. P. Litter production and nutrient turnover in deciduous forest of Varanasi. *Proc. Symp. Recent and Trop. Ecol.* 1968. 655-665p.

SNEDAKER, S.C.; GAMBLE, J.F. Compositional analysis of selected second-growth species from lowland Guatemala and Panama. 1969. *Bioscience*, n.19. p. 536-538.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. Decomposition in terrestrial ecosystems. Oxford: Blackwell, 1979. 372 p.

TEDESCO, M.J. Análises de solos, plantas e outros materiais. Porto Alegre. UFRGS. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TEIXEIRA, L.B; OLIVEIRA, R.F., de.; MARTINS, P.F.S. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. *Revista Ciência Agrária*. Belém. Pará. N.36. p.9-17. 2001.

TIAN, G.; KANG, B.T.; BRUSSARD, L. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions – decomposition and nutrient release. *Soil Biol. Biochem.* 24 (10): p 1051-1060. 1992.

TURNER, B.L.; HANHAM, R.Q., PORTARARO, A. V. Population pressure and agricultura intensity. 1977 Ann. Assoc. Am. Geogr., n. 67. p. 384-396.

VAN LEEUWEN, J.; GOMES, J.B.M.; MENEZES, J.M.T.; LEANDRO, R.C.; MOTA, M.S.S DA.; SANTOS, G.T.; ALFAIA, S.S.; MARTEL, J.H.I.; CLEMENT, C.R. Desenvolvimento e avaliação de sistemas agroflorestais para a Amazônia. In: Resultados: Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil. Subprograma de ciência e tecnologia. Ministério da ciência e Tecnologia – Secretaria de Desenvolvimento Científico. 1999. 471 p. 2449-263.

VAN NOORDWIJK, M.; CERRI, C.; WOOMER, R.L.; NUGROHO, K.; BERNOUX, M. Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. Geoderma.1997. n. 79. p. 187-225.

VLEK, P. L.G. The role of fertilizers in sustaining agriculture in sub-Saharan África. Fertilizer Research. 1990. n 26. p. 327-339.

WANDELLI, E.V.; FERNANDES, C.M.; PERIN, R.; SOUSA, S.G.A.de.; MATOS, J.C.S; TAPIA-CORAL, S.;GALLARDO-ORDINOLA, J.L.H. Aspectos biofísicos da recuperação de áreas de pastagens degradadas através de sistemas agroflorestais.In: Congresso Brasileiro de sistemas agroflorestais: manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 3., 2000. Manaus. Anais. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. 461 p. 32-35.

WANDELLI, E.V.; SOUSA, M.P.S.de.; Análise da sustentabilidade de sistemas agroflorestais do estado do Amazonas através de sua diversidade florística. In: Congresso Brasileiro de sistemas agroflorestais: manejando a biodiversidade e compondo a paisagem rural, 3., 2000. Manaus. Anais. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. 461 p. 26-27.

WARING, R.H.; SCHLESINGER, W.H. Forest ecosystems. Concepts and management. Academic Press. 340 p.

WOOD, T.G. Field investigations on the decomposition of leaves of *Eucalyptus delegatensis* in relation to environmental factors. Pedobiologia. V.14. p. 343-371. 1974.

XAUD, H. A. M.; XAUD, M. R.; MOURÃO JÚNIOR, M.; ARCO-VERDE, M. F.; CARVALHO, J. O. P de. Potencial madeireiro de florestas naturais do Campo Experimental Confiança (Embrapa Roraima), município do Cantá, Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2003. 18 p. (Embrapa Roraima. Documentos, 8).

YOUNG, A. Agroforestry for soil conservation. CAB International. 1990. p. 276