

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE CARBONO VIA LITEIRA
EM MICROBACIAS NA REGIÃO SUL DA AMAZÔNIA

EVANDRO CARLOS SELVA

CU I A B Á - MT

2005

Livros Grátis

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

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

**PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE CARBONO VIA LITEIRA
EM MICROBACIAS NA REGIÃO SUL DA AMAZÔNIA**

EVANDRO CARLOS SELVA

Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Guimarães Couto

Dissertação apresentada à Faculdade de
Agronomia e Medicina Veterinária da
Universidade Federal de Mato Grosso, para
obtenção do título de Mestre em Agricultura
Tropical.

CUIABÁ - MT

2005

Selva, Evandro Carlos

Produção e exportação de carbono via liteira em microbacias na região sul da amazonia Evandro Carlos Selva.—Cuiabá: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2005.

Xi, 77p.:il.color.

Dissertação apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso, para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Bibliografia: p.58-68

CDU –

Índice para Catálogo Sistemático.

1. Carbono – Produção e exportação
2. Liteira – Floresta Amazônica

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE CARBONO VIA LITEIRA
EM MICROBACIAS NA REGIÃO SUL DA AMAZÔNIA

Autor: EVANDRO CARLOS SELVA

Orientador: Dr. Eduardo Guimarães Couto

Aprovada em 31 de março de 2005

Comissão Examinadora:

Prof. Eduardo Guimarães Couto
(DSER/FAMEV/UFMT) (Orientador)

Prof. Ricardo Santos Silva Amorim
(Pesquisador DCR/CNPq/FAMEV/UFMT)

Prof^a. Walcyline Lacerda Matos Pereira Scaramuzza
(PRODOC/CAPES/FAMEV/UFMT)

Prof. Alex Vladimir Krusche
(CENA/USP)

AGRADECIMENTOS

- A minha mãe, meus irmãos, principalmente, a Neli, Odete e Jiovane Selva pelo carinho e apoio nos momentos difíceis.
- A minha namorada Márcia pelo amor, compreensão, dedicação e por sempre me apoiar.
- A meus amigos mestrandos Luiz Carlos, João Paulo e Léo.
- A Mara Abdo e técnicos do Laboratório de Limnologia, pela ajuda nas análises das amostras.
- A Francis, pela enorme ajuda nas análises.
- Ao Prof. Dr. Eduardo Guimarães Couto, pela oportunidade e orientação dedicada.
- Aos Professores Fernando e Walcylene Scaramuzza, pela ajuda na correção do trabalho.
- Ao Prof. Dr. Ricardo Santos Silva Amorim, pela grande contribuição na correção e análise estatística.
- A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa ofertada.
- Ao grande grupo de pesquisa LBA (The Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia)/ND11, nas pessoas de Johannes Lehmann, Susan Riha, Erick Fernandes, Ted Feldpausch, Stefan Jirka, Mark Johnson, Elielton e Benedito que além de colaboradores se tornaram grandes amigos.
- A Madeireira Rhoden por ceder a área para os estudos e apoio logístico.
- A cooperação Universidade Federal de Mato Grosso com a Universidade de Cornell (New York - USA) pelo custeio das viagens a campo e materiais para a pesquisa.

A meu pai Sebastião Selva.

DEDICO

PRODUÇÃO E EXPORTAÇÃO DE CARBONO VIA LITEIRA EM MICROBACIAS NA REGIÃO SUL DA AMAZONIA

RESUMO – O balanço do carbono na floresta amazônica depende também da quantificação das saídas na forma particulada pelo sistema hídrico. O objetivo deste trabalho, foi a quantificação da produção, a movimentação lateral e a exportação (via hídrica) de carbono na forma de matéria orgânica particulada grossa (MOPG) via hídrica de quatro microbacias sob mata nativa na região sul da Amazônia. Foram instalados coletores de liteira (1 m^2), movimento lateral (1,2 m linear) e MOPG (partículas $> 2 \text{ mm}$) no período de um ano. A produção média de liteira foi de $11,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, o que equivale a uma produção média de $5,4 \text{ t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Houve sazonalidade na produção de liteira, com forte deposição nos meses mais secos do ano (jul. a set.), onde este período, representa mais da metade (58%) da liteira produzida pela floresta ao longo do ano. Existe cerca de 3 vezes mais carbono sendo depositado no chão da floresta no período seco ($0,7 \text{ t C ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) que no chuvoso ($0,2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$) ($p < 0,05$). Em média o conteúdo de carbono das amostras foram maiores no período seco (48%) que no chuvoso (46%) ($p < 0,05$). Embora o conteúdo de carbono movimentado aumente do platô (8,5) para o vale ($14,1 \text{ g C m linear}^{-1}$), em média, o conteúdo de carbono nas amostras teve comportamento inverso, existindo mais carbono no platô (44,1) e menos no vale (41,8% $p > 0,05$). As exportações de carbono seguiram os padrões de vazão dos córregos aumentando nos meses chuvosos (jan. a abr.). A exportação de carbono na forma particulada pelas águas de drenagem, representou menos de 1% da quantidade produzida. Isto sugere que outras formas de carbono, como a dissolvida (COD), respirada (CO_2) por decomposição microbiana ou adicionada ao solo como matéria orgânica, são mais importantes nas medições para entendimento do ciclo do carbono em florestas tropicais.

Palavras-chave: Liteira, movimento lateral, estoque de carbono

LITTER CARBON PRODUCTION AND EXPORT IN WATERSHEDS IN THE SOUTHERN AMAZON

ABSTRACT - Determining the carbon (C) balance in the Amazonian forest depends on the quantification of losses of particulate C via the hydrological system. The main goal of this work was the measurement of the production and export of carbon in the particulate form (CWD) in four watersheds under native forest in southern Amazônia. Litter production, movement and losses were quantified for one year using litterfall traps (1 m²), lateral movement collectors (1.2 linear m) and stream water suspended litter traps (particles > 2 mm). The mean litterfall production was 11.4 t litter ha⁻¹ year⁻¹ (5.4 t C ha⁻¹ year⁻¹). Litterfall showed strong seasonality, with the highest deposition in the driest months of the year (July, to September). These period represent for more of the half (58%) of litter produced by the forest during the year. In proportional terms, about three times more carbon per month was deposited on the forest floor during the 6-month dry season (0.7 t C ha⁻¹ month⁻¹) when compared to the rainy season (0.2 t C ha⁻¹ month⁻¹) (p<0.05). The measured C content of the samples was greater in the dry period (48% p<0.05) than in the rainy (46%). The lateral movement of litter increased from the plateau (upper landscape position) towards the valley bottom. However, the trend in C content of carbon samples was opposite, strongest in plateau (44.1%) and minor at valley (41.8%, p>0.05). The stream water exports of particulate C followed the seasonal patterns of streamflow, increasing in the rainiest months (January to April). The export of particulate C in streamflow is very small (less than 1%) in relation to the amount produced. This suggests that other pathways for C loss (e.g., dissolved organic C and microbial respiration of CO₂) or stabilization (e.g., in soil organic matter) are important measurements for understanding of the C cycle in tropical forests.

Keywords: Litter, lateral movement, carbon stock.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
	2.1 A Floresta Amazônica	3
	2.2 Mudanças Globais na Concentração de Carbono.....	4
	2.3 Resposta das Plantas ao Aumento do CO ₂ Atmosférico.....	7
	2.4 O Ciclo do Carbono e as Florestas Tropicais	10
	2.5 Características da Floresta Amazônica	12
	2.5.1 Produção de Liteira.....	12
	2.6 A Ligação Floresta-Ambiente Aquático	17
	2.6.1 O Estudo em Bacias Hidrográficas	19
	2.6.2 Matas Ripárias e as Ligações com os Córregos.....	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
	3.1 Local de Estudo.....	29
	3.2 Características das Microbacias.....	30
	3.3 Coleta de Liteira Produzida	32
	3.4 Coleta de Liteira de Movimento Lateral	32
	3.5 Coleta da Liteira Exportada	34
	3.6 Preparo das Amostras.....	35
	3.7 Análise Química e Estatística	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
	4.2 Produção de Liteira e Carbono.....	36
	4.3 Movimento Lateral de Liteira e Carbono.....	42
	4.4 Exportação de Liteira.....	47
5	CONCLUSÕES	55
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

1 INTRODUÇÃO

O homem tem alterado substancialmente o clima da terra nos últimos anos, devido principalmente aos efeitos causados pela queima de combustíveis fósseis, mudanças no uso da terra, desmatamentos e queimadas. Como resultados destes efeitos, padrões naturais de eventos químicos, físicos e biológicos são alterados, terminando em desequilíbrios nos ecossistemas do globo como o aquecimento da terra (efeito estufa). Este fenômeno é a causa principal da acumulação em excesso de gases na atmosfera, como CO_2 , CH_4 , e N_2O , além de outros (IPCC - Intergovernmental Panel of Climate Change 2001).

Estes compostos na atmosfera permitem a entrada dos raios solares, mas, restringem a saída do calor emitido pela terra (radiação refletida) para o espaço. Os gases responsáveis por este efeito são gerados e consumidos em uma variedade de processos biogeoquímicos naturais e artificiais principalmente o carbono de composição, CO_2 . Em função das emissões atuais e futuras de carbono, muitas variações no clima da terra são esperadas. As principais são aquelas relacionadas à temperatura, aumento do nível do mar e variação do regime pluviométrico em todo o globo (IPCC, 2001).

Em virtude de sua grande extensão, as florestas tropicais, têm um papel importante no ciclo global do carbono e no clima regional e mundial, tanto por conter este elemento em sua biomassa terrestre, como por ser responsável por grande parte da retirada do carbono da atmosfera. Entretanto, ainda existem muitas discussões e dúvidas a cerca do real poder de absorção de carbono pelas florestas da Amazônia, principalmente devido à dinâmica das populações sobre a floresta (desmatamento e queimadas) e

as variações naturais da Amazônia que pode influenciar na absorção ou emissão de carbono (Phillips et al., 1998; Clark et al., 2003).

O entendimento dos processos de interação da floresta com os rios é fundamental para a explicação e reconhecimento da floresta amazônica como fonte ou sumidouro de carbono da atmosfera. Além disso, conhecimentos sobre a dinâmica de carbono em florestas tropicais são solicitados pelo governo brasileiro, de acordo com os termos da Convenção do Clima (Protocolo de Kyoto), o que pode ser determinante na criação de uma melhor política de uso da terra, relacionada à conservação e biodiversidade das florestas (Fonseca, 2003).

Recentes pesquisas relataram que as águas dos rios emitem para a atmosfera uma quantidade significativa de carbono, aumentando o número de agentes produtores ou fontes de CO₂, que antes não eram considerados (Richey et al., 2002). As emissões de carbono, encontradas nos rios amazônicos, podem diminuir o total de carbono realmente fixado pela floresta. Entretanto, estas ainda não estão bem estudadas. Sabe-se que este carbono emitido pelas águas é resultado da decomposição de plantas ou parte delas, que entram nestes ambientes (aquáticos) junto com a água de escoamento superficial nas chuvas, queda direta da vegetação ripária (matas ciliares) ou ainda de áreas inundadas.

Acredita-se que a contribuição da liteira das florestas ripárias para os ambientes aquáticos seja bastante representativa, de modo que, representam saída significativa no balanço global de carbono nos sistemas terrestres. Outra hipótese é de que a entrada de carbono nos sistemas aquáticos é influenciada fortemente pelo relevo do terreno próximo aos canais de drenagem. Assim, o objetivou-se com este trabalho, quantificar a produção e a exportação de carbono, via liteira de quatro microbacias em mata nativa na região sul da Amazônia relacionadas a padrões de relevo e a características microclimáticas locais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Floresta Amazônica

A Floresta Amazônica, com a maior variedade de espécies animais e vegetais do planeta (aproximadamente um quarto), uma gama variada de ecossistemas, grande riqueza em termos de diversidade étnica (povos) e recursos hídricos abundantes é hoje um dos mais significativos patrimônios do Brasil e da humanidade. Sua importância para o clima e para o equilíbrio ecológico da terra é reconhecida por todos (SIPAM, 2004).

Ocupando cerca de 5% do globo e 2/5 da América do Sul, a Amazônia, constitui boa parte do território brasileiro (49,3%). Sua área, de aproximadamente 6,5 milhões de quilômetros quadrados, possui a maior rede hidrográfica do planeta, que escoar cerca de 1/5 do volume de água doce do mundo. Além disso, 60% da Bacia Amazônica se encontram em território brasileiro, onde o bioma Amazônia ocupa cinco unidades da federação (Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima), grande parte de Rondônia (98,8%), mais da metade do Mato Grosso (54%), além de parte de Maranhão (34%) e Tocantins (9%) (IBGE, 2004).

A floresta, ainda, possui diversos outros benefícios associados à sua existência e manutenção, principalmente próximo às grandes cidades, atuando na regulação do suprimento de água, estruturação e fertilidade do solo, reserva de biodiversidade, produtos madeireiros, essências, abrigo, fonte de alimentos, melhoria e manutenção das condições micro e meso-climáticas, recreação e turismo, dentre outros benefícios (Fonseca, 2003).

A floresta amazônica, devido à sua extensão exerce forte influência sobre o ciclo do carbono, utilizando o carbono atmosférico e tendo grandes

estoques deste elemento, fato que a colocou em foco de intensas pesquisas e debates no mundo científico atual.

Dentre as pesquisas atuais que envolvem a Amazônia, podemos citar aqueles desenvolvido pelo grupo LBA (The Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia) que, entre seus principais objetivos procura entender melhor a relação da floresta amazônica com o clima mundial. A principal justificativa é relativa ao conteúdo de carbono presente no solo e na biomassa desta região.

A floresta amazônica contém cerca de 70 a 80 bilhões de toneladas métricas de carbono na biomassa e assimila cerca de 4 a 6 Pg (1 Peta grama Pg = 10^{15} gramas) de carbono a cada ano na produção primária líquida-PPL (carbono absorvido descontado o que é emitido pela respiração) (Houghton et al., 2001). Salomão et al. (1998), efetuando medidas de carbono em um fragmento de floresta tropical primária densa no Estado do Pará, encontraram uma biomassa total (massa seca) de 388 t ha^{-1} , sendo 267 t ha^{-1} referentes à biomassa aérea, 68 t ha^{-1} à biomassa subterrânea e 53 t ha^{-1} à biomassa morta. Esses números são expressivos tendo em vista que cerca de metade desse valor é carbono (Johnson et al. submetido).

Phillips et al. (1998), monitorando parcelas a longo prazo em florestas tropicais maduras na América do sul, revelaram que o ganho de biomassa pelo crescimento das árvores excedeu as perdas pela morte das árvores em 38 de 50 ambientes neotropicais. De acordo com esses mesmos autores, essas florestas têm acumulado em média $0,71 \pm 0,34$ toneladas de carbono por ano, e contém 40% do estoque de carbono, contabilizando cerca de 30 a 50% da produtividade terrestre de biomassa. Ainda segundo esses mesmos autores, uma pequena perturbação nesse sistema resulta em uma significativa mudança no ciclo global do carbono. Os dados sugerem que as florestas tropicais são significantes sumidouros de carbono, reduzindo as taxas de aumento desse elemento na atmosfera.

2.2 Mudanças Globais na Concentração de Carbono

Muitas ações do ser humano sobre a natureza têm alterado o ciclo do carbono significativamente, principalmente pela queima de combustíveis

fósseis, desflorestamento, queimadas e produção de cimentos. (CDIAC- Carbono Dioxide Information Analysis Center, 2003)¹.

Modelos matemáticos relacionados às mudanças climáticas do IPCC (2001), simulam cenários de acordo com o aumento das emissões de CO₂. De acordo com esses modelos, teremos aumento na temperatura da terra, maior ocorrência de fenômenos como El Niño, além de outros distúrbios sob a fauna e flora terrestre (Mansfield, 1998 e IPCC, 2001).

Alguns gases da atmosfera, principalmente o dióxido de carbono, funcionam como uma capa protetora que impedem que o calor absorvido pela terra escape para o espaço (efeito estufa), mantendo uma situação de equilíbrio de temperatura sobre o planeta. Se a composição dos gases, como o CO₂, for alterada, o equilíbrio térmico da terra sofrerá conjuntamente. Por exemplo, aumentos de CO₂ na atmosfera estão ligados à ocorrência de grandes eventos climáticos em curtos períodos de tempo (IPCC, 2001).

Dados do observatório em Mauna Loa, no Havaí, mostram que a concentração de CO₂ aumentou de 315 ppm em 1958 para cerca de 380 ppm em dezembro de 2003, um aumento de cerca de 20% em menos de 50 anos (Keeling e Whorf, 2004). De acordo com o IPCC (2001), o ritmo atual de aumento das concentrações de carbono na atmosfera não tem precedente, ao menos nos últimos 20.000 anos.

Cerca de $\frac{3}{4}$ das emissões de CO₂ na atmosfera, pela ação humana, durante os últimos 20 anos, se devem à queima de combustíveis de origem fósseis. O restante se deve principalmente a mudanças de uso da terra, especialmente o desmatamento. Os oceanos e a terra atualmente captam, juntos, mais da metade das emissões antropogênicas de CO₂. O ritmo de aumento da concentração de CO₂ atmosférico foi de 1,5 ppm (0,4%) ao ano, nos últimos 10 anos. Nos anos 90, o aumento anual variou de 0,9 ppm (0,2%) a 2,8 ppm (0,8%). Uma grande parte destas variações se deve ao efeito na variabilidade climática na absorção e emissão de CO₂ no continente e nos oceanos (IPCC, 2001).

¹ Citados por Keeling e Whorf (2004)

Dados do CDIAC (2003) estimam que a cada ano, cerca de 6 bilhões de toneladas métricas de C são lançadas na atmosfera com a queima de combustíveis fósseis. Os Estados Unidos lideram a lista dos 10 países que mais emitem CO₂ para a atmosfera. Associada ao aumento na temperatura, tem-se a diminuição da extensão da camada de neve nas regiões montanhosas e nos pólos. Dados de satélites mostraram que é muito provável que tenha havido diminuição em cerca de 10% na extensão da camada de neve desde o final dos anos 60. Além disso, as observações têm mostrado que ocorreu uma redução de uma semana na duração anual da camada de gelo em lagos e rios em latitudes médias e altas do hemisfério norte durante o século XX (IPCC, 2001).

Uma avaliação desse mesmo órgão (IPCC, 2001), conclui que as temperaturas da superfície da terra aumentaram em $0,6 \pm 0,2$ °C durante o século 20 e mantendo-se os cenários de emissões de poluentes de acordo com modelos matemáticos, prevê-se um aumento da temperatura do ar de 1,4 a 5,8 °C e aumento do nível do mar de 0,09 a 0,88 m até o ano de 2100. Tudo isso acompanhado de variação da precipitação em todo o globo.

Dentre os vários motivos do aumento da concentração de carbono na atmosfera destaca-se, na região Amazônica, o desmate seguido de queimadas, caracterizada como prática normal para o preparo da terra para a agricultura. Alencastro Graça et al. (1999), calcularam a eficiência da queima e formação de carvão em floresta tropical no Estado de Rondônia, onde encontraram que de um total de 141,3 t por hectare de carbono, foi reduzido para aproximadamente 52 t ha após a queima (36,8% do total estocado).

De acordo com dados de (Alencar et al., 2004), as queimadas na Floresta Amazônica colocaram o Brasil na lista dos países mais poluentes do mundo em CO₂. De acordo com esse autor, devido à queima descontrolada e o desmatamento, o Brasil é o 5º maior emissor de gás carbônico para a atmosfera. Ademais, foi registrado o segundo maior índice de destruição da Floresta Amazônica de todos os tempos: uma área de 2,4

milhões de hectares foi destruída pela ação de queimadas e atividades de madeireiros na região.

Outro problema causado pelas queimadas na Amazônia é o aumento de partículas resultante da queima, conhecidos como aerossóis (partículas de matéria orgânica). Estes aerossóis se unem ao vapor de água na atmosfera e formam grandes núcleos de condensação de nuvens. No entanto, a concentração de aerossóis é tão grande que as gotículas não formam chuvas, afetando todo o ciclo hidrológico. (Andreae et al., 2004)

2.3 Resposta das Plantas ao Aumento do CO₂ Atmosférico

O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, além de alteração no clima, causa também modificações na fisiologia dos vegetais. Em geral, os estudos em plantas sobre alta concentração de CO₂ (por exemplo, de 350 para 700 ppm ou mais), normalmente realizados em câmaras fechadas ou de topo aberto, mostram aumento nas taxas fotossintéticas (Roumet et al., 2000), eficiência de uso da água, (Bettarini et al., 1998 e Lima et al., 2003), aumento na biomassa (Lobo, 2003) e mudanças na densidade de estômatos. Este último, de modo geral, com efeito inverso ao aumento da concentração de CO₂ (Knapp et al., 1994; Royer, 2001; Aidar et al., 2002 e Lima et al., 2003).

Concentrações super elevadas (10.000 ppm) podem aumentar a condutância estomatal (g_s) aumentando o uso de água e diminuindo a eficiência no uso (Wheeler et al., 1999). Segundo o mesmo autor, super doses de CO₂ não são realistas para as mesmas condições de temperatura e umidade com esses aumentos no futuro. Outro fato a ser notado neste tipo de experimento é a reversibilidade principalmente na g_s (Wheeler, 1999 e Lobo, 2003). De acordo com Poorter e Soba (2001), a resposta estomatal é reversível. Ou seja, as condutâncias retornaram às taxas originais quando as plantas são expostas à concentração de CO₂ ambiente.

É assumido que o aumento de CO₂ na atmosfera provoca geralmente benefícios para o crescimento das plantas devido ao aumento da biomassa e eficiência do uso da água pelas plantas. Uma hipótese provável é que o

CO₂ funciona como um anti-transpirante ideal, devido ao duplo benefício de auxiliar a fotossíntese e reduzir a transpiração (Mansfield, 1998).

A alta concentração de CO₂ parece também afetar a decomposição das folhas, como sugere um estudo feito por Conway et al. (2000), no qual constataram que, em ambiente rico em dióxido de carbono ocorreu redução significativa no conteúdo de nitrogênio presentes nas folhas. A alta e baixa concentração de carbono e nitrogênio, respectivamente, com ambiente enriquecido CO₂ contribuiu para reduções na colonização do fungo nas folhas. Sob estas condições, as folhas serão mais vagarosamente decompostas por fungos do que em concentração ambiente de CO₂. Os mesmos autores destacaram ainda que, com a redução da taxa de decomposição, o carbono seqüestrado poderá permanecer assim por períodos maiores de tempo. Isso poderia reduzir as perdas de carbono via decomposição das folhas da liteira. Porém, os efeitos não podem ser avaliados em separado quando consideramos uma maior concentração de CO₂ na atmosfera no futuro, pois, pode-se ter paralelamente outros fatores, que podem descontrolar ainda mais o clima.

De acordo com Conway et al. (2000), ainda que aceitos universalmente, os trabalhos que utilizam câmaras de topo aberto com atmosfera enriquecida de CO₂ usam dispositivos que não reproduzem perfeitamente o ambiente no futuro. Outros fatores poderão afetar os seres humanos e vegetais. Por exemplo, a temperatura e a umidade, devem variar com o efeito estufa, não sendo controladas e levadas em consideração.

Uma técnica bastante onerosa, contudo mais eficiente, utilizando-se plantas em campo, é o sistema FACE (Free-air Carbon Dioxide Enrichment). Este método é específico para avaliar os efeitos de atmosfera submetida a aumento nas concentrações de CO₂, pois não existe nenhuma parede que interfere na radiação incidente e nenhuma restrição artificial no crescimento radicular. O CO₂ aéreo é injetado com auxílio de ventiladores em torno do perímetro de sistemas circulares e o vento natural dispersa o CO₂ através da área experimental, que usa sensores acoplados a computadores, que monitoram a concentração de CO₂ próxima às plantas. Entretanto, o vento e

turbulências naturais, aliados a temperatura, durante os tratamentos, parecem superar o efeito de ventiladores, favorecendo o fechamento parcial dos estômatos e reduzindo a transpiração, mascarando os resultados (Pinter et al., 2000).

Além das mudanças em processos fisiológicos, como o uso da água, aumento da taxa fotossintética, entre outros citados anteriormente, as plantas expostas continuamente à elevada concentração de CO₂ atmosférico têm reduzido o teor protéico de suas sementes (Lobo, 2003). Em estudo realizado por Loladze (2002), feito com arroz, por exemplo, o nitrogênio diminuiu 14%, o ferro e o zinco 17%. Segundo o autor, isto se deve à "diluição de biomassa". O excesso de dióxido de carbono aumenta as taxas de fotossíntese, conseqüentemente as plantas produzem mais carboidratos do que elas são capazes de usar. A planta reage jogando o açúcar e o amido que sobraram em seus vacúolos, ficando com os níveis de carboidratos maiores que o normal, o que significa que o nível relativo de outros componentes é reduzido. Para esse mesmo autor, é preciso dar mais atenção ao problema, que deverá afetar não só os países pobres, que têm deficiência crônica de micronutrientes, como também nos países mais ricos.

Parmesan e Yohe (2003)² sugerem que o aquecimento global induzido pelo CO₂ ocasionará o fenômeno de extinção de espécies animais e vegetais, com início dos efeitos se manifestando em numerosas mini-migrações de plantas e animais no mundo. Contudo, com o aumento das concentrações de CO₂ atmosférico, em condições experimentais, têm demonstrado que não força a migração das plantas. Por outro lado as plantas podem se adaptar as crescentes doses sem resultar em migração.

Um bom exemplo dessas transformações na flora foi encontrado em experimento realizado na Floresta Amazônica por Laurance et al. (2004) no qual observaram que a composição da floresta foi alterada ao longo de 20 anos. Os resultados desse estudo mostraram aumento da densidade (área ocupada pela mesma espécie) de alguns gêneros como, *Parkia* (22%) (ex Visgueiro e a Faveira-benguê) e *Sclerolobium* (76%) (Tachi), como

² Citados por Sherwood et al. (2003)

contrapartida da diminuição no espaço ocupado por espécies do gênero *Cróton* (dima) (35%) e *Oenocarpus* (palmeira bacaba) (32,3%). Isso sugere que os processos de transformações ou adaptações começam a ocorrer, acompanhando as mudanças globais do clima.

2.4 O Ciclo do Carbono e as Florestas Tropicais

A biota terrestre está em constante troca de carbono, através dos fluxos que ligam os diferentes compartimentos de carbono como: a atmosfera, os oceanos, combustíveis fósseis e, recentemente, os rios amazônicos. Qualquer alteração na biota terrestre tem grande potencial de afetar as concentrações de CO₂ na atmosfera (Phillips et al., 1998; Mcclain e Elsenbeer, 2001 e Richey et al., 2002).

Numa floresta em clímax (madura) a produção primária efetuada pela fotossíntese é balanceada pela respiração, tornando o saldo de energia no ecossistema próximo de zero. Algumas mudanças no balanço de carbono no bioma Amazônia têm sido observadas por monitoramentos em longo prazo nas florestas tropicais maduras na América do Sul, os quais revelaram ganho de biomassa pelo crescimento das árvores (Phillips et al., 1998).

Estudos realizados por medição direta do saldo de trocas de carbono, evidenciam o papel das florestas tropicais como um potencial sumidouro de carbono, com dados que variam de 0,62 à 7 t de C ha⁻¹ ano⁻¹ (Grace et al., 1995 e Araújo et al., 2002). Contudo, ainda existem incertezas nestes valores devido ao fato de alguns estudos evitarem áreas perturbadas como aquelas que sofreram efeitos de El Niño na Amazônia, o que pode ter superestimado os fluxos de carbono nestes ambientes (Nobre, 2002).

Outras medidas que reforçam a idéia de sumidouro são aquelas encontradas por Salomão et al. (1998) em florestas secundárias de 5; 10 e 20 anos, das quais foram estimadas 13, 44 e 82 t ha⁻¹ de biomassa aérea, respectivamente. De acordo com esse mesmo o incremento implica numa retirada de 2 t ha⁻¹ ano⁻¹ de carbono da atmosfera, através da fotossíntese. Resultados semelhantes foram obtidos por Bionte (1997) e Higuchi et al. (1998) em medidas de parcelas permanentes em floresta nativa, na Amazônia durante 15 anos, onde os autores observaram que as árvores

aumentaram sua biomassa fresca em $4,3 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, o que representa uma absorção de $1,2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Nemani et al. (2003), estudando as mudanças no clima da terra em 18 anos (1982 a 1999), identificaram aumento de 6% no crescimento da produção primária líquida (PPL) de florestas a nível mundial por meio de imagens de satélite nos 18 anos. Sendo que o maior aumento ocorreu nos ecossistemas tropicais, onde a Amazônia representou cerca de 42% do conteúdo total, que os autores atribuíram as mudanças climáticas como aumento de radiação solar e regime hídrico.

Apesar de algumas medidas como as citadas anteriormente apontarem para a floresta amazônica como sumidouro de carbono, outros estudos apontam comportamento oposto. Muito disso é atribuído a efeitos de seca prolongada, como o fenômeno El Niño, que pode favorecer um fluxo invertido de carbono pelas florestas. Com a seca, muitas árvores morrem e ficam no chão da floresta. Após o período seco, quando a umidade volta a padrões normais em florestas tropicais, ocorrem processos de decomposição do material acumulado durante a seca (em que as condições de umidade não permitem a decomposição). Isso faz com que seja emitido mais carbono que seqüestrado pela floresta (respiração do solo e da vegetação), em relação ao que é capturado pela fotossíntese (Clark et al., 2003).

De acordo com um relatório do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia-IPAM, (2002), com as mudanças climáticas causadas pela emissão de poluentes na atmosfera, espera-se futuramente uma alteração no regime hídrico e aumento nos efeitos de fenômenos como o “El Niño”, o que causaria efeito de seca na Floresta Amazônica. De acordo com esse mesmo relatório, em seca provocada por experimentação, foi observada a redução de aproximadamente uma tonelada por ano no crescimento em madeira em uma das parcelas (1 ha) da floresta. Caso a seca provoque redução semelhante ao longo da Bacia Amazônica, a absorção de carbono da atmosfera pela floresta poderia declinar em 250 milhões de t ano^{-1} .

Saleska et al. (2003), estudando as trocas líquidas de CO₂ por 3 anos em dois locais de floresta em clímax na Amazônia Central (Santarém-PA), observaram que o carbono estava sendo perdido na estação chuvosa e capturado na estação seca, o que foi oposto aos ciclos sazonais de crescimento das árvores e dos modelos de predições. Ao final do 3º ano a perda de carbono foi de 1,3 t C ha⁻¹ ano⁻¹. Observações biométricas das árvores confirmaram a perda líquida, contudo, segundo os mesmos autores, parece ser um efeito passageiro de recente perturbação sobreposto a um equilíbrio a longo prazo, sugerindo que os dados de seqüestro de carbono para florestas maduras são menores que o estimado em estudos anteriores. Mesmo com algumas incertezas sobre essas medidas, as pesquisas apontam a floresta amazônica como um sumidouro de carbono da atmosfera (Nobre, 2002).

Assim, a Bacia Amazônica constitui-se em um grande depósito de carbono, em constante troca com a atmosfera através das variações no clima e das mudanças de uso do solo, que representa grande importância nas mudanças climáticas globais.

2.5 Características da Floresta Amazônica

2.5.1 Produção de Littera

Grande parte da biomassa produzida pelas plantas em florestas tropicais retorna ao solo anualmente na forma de folhas, galhos, flores, frutos, sementes, etc., num ciclo repetitivo cujos componentes são o solo, as plantas e a atmosfera.

A maioria dos estudos que quantificaram a produção de littera em florestas tropicais visaram avaliar a ciclagem de nutrientes, que é o principal fator responsável pelo retorno dos nutrientes ao solo tornando-os disponíveis para uma nova planta. Esses dados exploraram principalmente o N, P, K, Ca e Mg, sendo que os trabalhos que quantificaram carbono total na littera ou somente nas folhas são menos comuns, até mesmo pelo fato da

preocupação no ciclo do carbono ser recente em comparação com os estudos de reciclagem de nutrientes (Proctor, 1983). De acordo com esse mesmo autor, outro fator que deve ser levado em consideração são as sérias divergências no conceito de liteira. Alguns autores consideram liteira como sendo troncos, galhos grossos e finos, folhas e frutos. Outros tratam liteira como sendo os galhos finos, folhas, flores e frutos ou, ainda, como sendo somente folhas, dificultando a comparação com outros trabalhos.

Cerca de 60 a 70% da massa seca da liteira acima do solo em sistemas de florestas correspondem às folhas, sendo, desta forma consideradas então o componente mais importante da liteira (O'Neill e De Angelis, 1981; Luizão, 1989; Pagano, 1989; Queiroz, 1999 e Araujo, 2002). Esses valores não variam, mesmo quando algumas espécies são avaliadas separadamente (Fioretto, 2003). Porém, o conteúdo de carbono nesta fração (folhas) para diferentes florestas e espécies, ainda carece de informações. Luizão e Luizão, (1997), em um estudo feito na Amazônia central em floresta sob Latossolos, observaram que a entrada de carbono no solo via deposição de liteira foi cerca de $4 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Analisando a diversidade e a complexidade dos fatores ambientais (temperatura, precipitação, interação espécie ambiente, etc.) da floresta tropical, torna-se mais difícil, ainda, a interpretação dos dados de quantidade de carbono nas folhas ou em outros compartimentos produzido em florestas tropicais (Haag, 1985). O carbono é o elemento mais abundante no tecido vegetal seco, podendo ser encontrado no solo na forma de carbono orgânico (presente na biomassa animal ou vegetal depositado no solo) e mineral (carbono na forma de carvão ou outras formas de agregados).

O mecanismo de decomposição da matéria orgânica é regulado por três grupos de variáveis: (1) a natureza da comunidade decompositora (macro e microorganismos); (2) as características do material orgânico que determinam sua degradabilidade (qualidade do material) e, (3) as condições ambientais do do meio (Aber e Melillo, 1980). No entanto, no que diz respeito a conservação do carbono no solo, o tipo de solo e, principalmente,

a textura influencia muito na retenção desse elemento. Pois, solos com maior teor de argila tendem a fixar mais carbono (Fontana et al., 2001).

Outra fonte de informação para compreender a dinâmica do carbono nas florestas tropicais principalmente na Amazônica, é entender as diversas formas de entradas e saídas de carbono do sistema. Uma das principais formas é pela produção de liteira, da qual as folhas são o principal componente além de serem mais facilmente decompostas, passando mais rápido para a atmosfera (IPAM, 2002), ou ainda pela água (Richey et al., 2002).

Dados de Higuchi et al. (1998), para floresta Amazônica em Manaus, revelaram que a quantidade de biomassa foi cerca de 324 t ha^{-1} . Neste total, o teor médio de carbono foi menor nas folhas (39%) do que nos galhos finos (47%), galhos grossos e troncos (48%), sendo que, em média, tem-se 44,7% de carbono na biomassa. Resultados semelhantes foram obtidos por Bowen (1979)³, para o qual o conteúdo de carbono na biomassa foi de 40% do seu peso seco. Para Luizão (1989), o carbono corresponde a 47% da liteira total. Apesar de não variar muito, como já descrito anteriormente, o conteúdo de carbono vai depender das características de cada fração do vegetal em análise.

Chan (1982) relatou que os talos e as frutos, de um modo geral possuem mais carbono por peso seco que as folhas. Contudo, o autor ressaltou que o fato das plantas serem normalmente compostas de tecidos ricos em carbono e outros tecidos deficientes em carbono, valores médios de 45-50 % são aceitáveis. Desta maneira, o conteúdo de carbono em cada fração da biomassa vegetal pode ser calculado a partir do conhecimento da biomassa da floresta. O mesmo vale para cada parte do vegetal em questão, desde que se saiba a porcentagem de carbono nessas.

Em ecossistemas naturais, com maior diversidade de espécies, a decomposição diferenciada dos resíduos vegetais, retorna ao solo, de forma equilibrada, os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas (Alvarenga et al., 1999). A deposição de liteira no solo da floresta constitui a

³ Bowen (1979) Citado por (Levine, 1994)

maior fonte de retorno de nutrientes ao solo, sendo o ciclo de nutrientes nas florestas tropicais, principalmente daquelas presentes em solos de baixa fertilidade, tem sido caracterizado como rápido e eficiente, o que garante a manutenção de uma floresta de grande biomassa (Luizão e Luizão, 1997).

O conjunto liteira-solo não só representa fonte de carbono e energia (nutrientes) para os organismos do solo, mas também o habitat onde todas as ações do organismo ocorrem, garantindo a sua sobrevivência e reprodução. A liteira é a porção mais dinâmica desse conjunto e, possivelmente, a mais variável, não só entre ecossistemas, mas também dentro do mesmo ecossistema. O fator vegetação é o principal responsável pela variabilidade horizontal da liteira, pois quanto mais diversa for a comunidade, mais heterogênea será a liteira em pontos adjacentes. Por outro lado, a heterogeneidade vertical da liteira, ou seja, a sua diferenciação em camadas, é decorrente da velocidade de decomposição, que, por sua vez, é determinada por fatores climáticos, edáficos e biológicos (Haag, 1985).

O acúmulo de liteira na superfície do solo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas (litterfall) e por sua taxa de decomposição. Quanto maior a quantidade depositada desse material e menor sua velocidade de decomposição, maior será a camada de liteira. Nesse contexto, é de grande importância entender os mecanismos que regulam esse processo dinâmico, no qual a entrada de material, através da deposição de liteira e a saída ou transformação, via decomposição, acontecem quase que simultaneamente (Correia e Andrade, 1999).

De modo geral, as taxas de deposição de liteira bem como as concentrações de nutrientes nesta, são mais altas no final do período seco (Luizão, 1989; Queiroz, 1999; Teixeira et al., 2001 e Borém e Ramos, 2002), decrescendo a medida que aumenta a precipitação até o mês de julho. A partir deste mês, o estoque de liteira ainda continua diminuindo até o mês de setembro onde se tem maior acúmulo de liteira no piso da floresta (Teixeira et al., 2001).

Nas Florestas Amazônicas, pode-se observar, também, uma diminuição na deposição de liteira nos meses de março e abril, existindo boa relação da precipitação com a produção de liteira nos meses chuvosos. Além disso, períodos de intensas chuvas (>40 mm), associadas à ventos após períodos com mais de cinco dias sem chuva, induzem a maior deposição de liteira (Luizão, 1989). Porém, essas comparações somente podem ser feitas se tivermos coletas em intervalos de tempo mais curtos.

A análise comparativa da taxa de produção de liteira e o fluxo de nutrientes foram estudados por Cuevas e Medina (1986) em uma floresta mista de terra firme, uma campinarana alta e uma floresta de bana (campinarana baixa), próximos de San Carlos de Rio Negro (Venezuela). Os autores observaram a existência de sazonalidade na queda de folha e liteira total em floresta mista e campinarana alta, mas nenhuma tendência definida na Bana. As curvas de produção de liteira foram significativamente correlacionadas entre os locais, indicando regulação comum de fatores (climáticos) nas 3 florestas.

Em estudo desenvolvido por (Hughes e Fahey, 1994), na floresta experimental de Hubbard Brook (EUA), observaram que diferentes espécies contribuem diferentemente com o estoque de liteira no piso da floresta e a sua qualidade (relação carbono nitrogênio-C:N) afetam sua decomposição. Além disso, os autores encontraram que, folhas de espécies diferentes variaram consideravelmente em frações orgânicas, mas, com poucas exceções, o conteúdo de celulose e lignina foi significativamente diferente de um ano para outro. De acordo com os mesmos autores, aparentemente, os efeitos combinados de alta produção de liteira e baixa qualidade do substrato (baixa relação C:N) contribuem para uma acumulação contínua no chão de floresta até atingir determinado estado fixo, aproximadamente 50 anos depois da perturbação. As florestas tropicais ciclam mais rapidamente, decompondo cerca de 50% do total em um ano em média e 100% em no máximo três anos para total desaparecimento da manta orgânica fina produzida pela vegetação (Queiroz, 1999; Aidar e Joly, 2003 e Arato et al., 2003).

Na Amazônia existe uma substancial variabilidade no tipo de floresta e quantidade de biomassa, e em menor escala, existe também uma variabilidade em atributos químicos (fertilidade) e físicos do solo (textura e drenagem) (Herrera et al., 1978.; Luizão et al., 2004 e Novaes Filho et al., comunicação pessoal). A topografia e variação na textura do solo podem afetar as taxas de decomposição, bem como, as transformações de nutrientes no solo (Garten et al., 1994).

Luizão et al. (2004), estudando um gradiente topográfico sob floresta na reserva Cuieiras em Manaus, observaram que o conteúdo de argila decresceu com o gradiente de 65% no platô (parte mais alta do terreno), 45% na encosta e 5% no vale (parte mais baixa do terreno). Isto também é válido para os teores de matéria orgânica e umidade do solo. Ademais, estudos em toposequências são importantes para entender o processo de formação do solo no local, além de serem determinantes nos padrões de distribuição de espécies, regeneração de floresta e conteúdo de nitrogênio (N) do solo (Tateno e Takeda, 2003).

2.6 A Ligação Floresta-Ambiente Aquático

Os ciclos biológicos da Bacia Amazônica estão ligados aos ciclos globais por meio das trocas com a atmosfera e descarga dos rios no Oceano Atlântico, variando de acordo com características locais (McClain, 2001). A Bacia Amazônica possui uma precipitação média anual de 2.300 mm, com descarga média do rio Amazonas no oceano Atlântico de aproximadamente $220.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, o que corresponde a 18% da descarga total mundial de água doce nos oceanos (IBGE, 2004).

A água é abundante na região amazônica, e muito do que existe nesta, como flora, fauna e populações humanas, depende dela. A água limpa é fundamental nos sistemas aquáticos, pois a qualidade da água está ligada fortemente às reações biogeoquímicas, como dissolução e decomposição de resíduos orgânicos. Os estudos sobre processos biogeoquímicos têm mostrado que as entradas de materiais dentro dos rios dependem de características como, tipo de solo, geomorfologia e padrões de

precipitação. Isso indica que o fluxo de água, solutos e matéria particulada nos rios da Amazônia é produto da integração dos processos hidrológicos, biológicos, físicos e biogeoquímicos da bacia toda (McClain, 2001).

A floresta amazônica apresenta uma estreita ligação com o ciclo hidrológico, e a circulação da água dentro da bacia hidrográfica influencia vários compartimentos do sistema. (Claeys et al., 2004), estudando a formação de chuvas na região da hidrelétrica de Balbina, encontraram a presença de uma mistura de duas variantes da substância 2-metil-tetrol ($C_5H_7O_4$) na atmosfera amazônica, que é capaz de originar as partículas necessárias para que as nuvens se formem e ocorra a chuva, os chamados núcleos de condensação de nuvens que favorecem as enormes taxas de pluviosidade regional, em conjunto com outros aerossóis. Esse composto é emitido da própria floresta, o que indica a incrível e íntima ligação com a atmosfera local na formação da precipitação.

A Amazônia possui aproximadamente 1,77 milhões de km^2 de áreas (aproximadamente um quinto do total), inundáveis, representada por ambientes com água todo o ano, e por ambientes, como floresta e campos com vegetação herbácea, que são inundados parte do ano (Hess et al., 2003). Essas áreas alagadas produzem grande quantidade de metano (CH_4), que, também, contribuem para as emissões de carbono para a atmosfera. Grande parte deste metano é liberado para a atmosfera por essas áreas situadas perto de rios e igarapés (riachos), na parte baixa da Bacia Amazônica (Melack et al., 2004).

Ainda existem muitas incertezas quanto aos reais volumes de metano produzidos nestas áreas alagadas, sendo que boa parte dos erros se deve as estimativas da área que sofre realmente inundação (Melack et al., 2004). Esses mesmos autores, utilizando dados de satélite (JERS), e dados disponíveis na literatura sobre as emissões de metano de regiões alagadas e áreas de inundação em terras baixas da Bacia Amazônica (500 m de altitude) calcularam para as regiões alagadas do rio Solimões com o Amazonas uma média anual de $1,3 \pm 0,3 \text{ Tg C ano}^{-1}$ ($1\text{Tg}=10^{12} \text{ kg}$). Considerando toda a área da parte central da Bacia Amazônica que sofre

inundação (1,77 milhões de km²) obtém-se uma média de $6,8 \pm 1,3$ Tg C.ano⁻¹. Entretanto, desse total cerca de 0.5 Pg C (1 Pg = 10¹⁵ kg) são emitidos como CO₂.

Os córregos e rios de maior grandeza no caminho em direção ao mar, transportam sedimentos, material particulado, matéria orgânica, entre outros que descrevem muito dos processos biogeoquímicos da bacia a qual pertencem. A maior proporção de matéria orgânica transportada é material refratário de origem rio acima que passa ainda não degradado. Além desses materiais, outra fonte de matéria orgânica para o metabolismo heterotrófico é a deposição direta de liteira em áreas alagadas. Muito da cadeia alimentar dentro dos rios da amazônia depende da entrada de matéria orgânica (energia e nutrientes) dentro dos córregos, as vezes, originados a centenas de quilômetros rio acima (Melack e Forsberg, 2001).

2.6.1 O Estudo em Bacias Hidrográficas

O estudo em microbacia é conhecido como a melhor forma de entender o sistema hidrológico; além disso, o monitoramento da biogeoquímica em nível de microbacia possibilita uma visão integrada e sistêmica do balanço de nutrientes nestes locais, possibilitando uma visão da sustentabilidade do sistema (Vital et al., 1999).

A microbacia sugere a crescente abstração dos níveis de detalhe, permitindo um enfoque mais abrangente, sem a perda de noção de conjunto. Permitindo dizer que a pequena bacia hidrográfica localiza de forma natural o problema de conservação dos recursos naturais, o que a torna uma unidade fundamental de trabalho na conservação do meio ambiente (Resende et al., 2002). Ademais, medições em sistemas hidrográficos grandes requerem muito mais recursos e materiais que estudos em microbacias (Wallace et al., 1995).

De acordo com Resende et al (2002), uma bacia é a área na qual a precipitação flui para um único canal natural, separando-se das demais por meio de divisores topográficos. Constituindo-se assim, em forte e significativo meio de entender como funcionam os ecossistemas de uma bacia. A

abordagem consiste estimando ambas as entradas (precipitação), e produções, normalmente via fluxo drenado (deflúvio) da bacia.

De modo geral, as produções são calculadas como o produto do deflúvio e a concentração do elemento na água de descarga - representam medidas básicas de uma microbacia - o que traduz algumas características dos processos biológicos desta e das ligações entre o ambiente terrestres e aquáticos (Hall, 2003). Além disso, o ciclo das águas normalmente é estudado com maior interesse na fase terrestre, onde o principal componente é a bacia hidrográfica (Silveira, 1993).

A bacia hidrográfica corresponde a área de captação natural da água, constituindo-se em sistema geomorfológico aberto, que recebe energia por meio de agentes climáticos e perde através do deflúvio (Lima e Zakia, 2004). De acordo com esses mesmos autores, define-se "microbacia" como sendo aquela cuja área é tão pequena que a sensibilidade a fortes chuvas e às diferenças de uso do solo não seja suprimida pelas características da rede de drenagem.

É importante, ainda, conhecer os atributos do solo e vegetação da microbacia como porosidade, espessura do horizonte A, textura, declividade, irregularidade da superfície e orientação da vertente, entre outros atributos, pois a dinâmica da água pode servir de eixo das interações solo-água-vegetação (Marin et al., 2000).

Segundo (Arcova et al., 2003), características como a vegetação, tem importante papel no ciclo das águas reduzindo a energia cinética de impacto das gotas e como obstáculo para o escoamento superficial favorecendo a infiltração. Entretanto, quando o estado de umidade da cobertura vegetal, da camada superior do solo e do aquífero forem baixos, parcela ponderável da precipitação é retida (Tucci, 1993).

A água que chega ao solo percorre vários caminhos, pois devido o solo ser um meio poroso a água se infiltra com mais ou menos intensidade de acordo com a sua textura, quantidade de matéria orgânica e nível de umidade atual. A água infiltrada não utilizada pelas plantas, percola e alimenta o lençol freático que forma a base de escoamento dos rios. O

escoamento superficial “runoff” depende muito da topografia local. Essa água superficial escoam em pequenos canais efêmeros moldados seguindo a inclinação do relevo que converge para os córregos e daí para os rios maiores (Silveira, 1993; Arcova et al., 2003).

2.6.2 Matas Ripárias e as Ligações com os Córregos

O rio Amazonas transporta grandes quantidades de matéria orgânica do continente para o Oceano Atlântico (Richey et al., 1990), muito desses materiais orgânicos são de florestas ripárias e bacias cabeceiras que por processos naturais ou artificiais recebem a matéria orgânica das florestas ou pastagens (Mcclain e Richey, 1996).

Os ciclos biogeoquímicos nos rios estão inteiramente ligados a processos que ocorrem na mata ripária adjacente e nos ecossistemas de terras altas e todo esse processo começa nos pequenos córregos, principalmente, naqueles de 1ª e 2ª ordem que de acordo com (Mcclain e Elsenbeer, 2001), dominam cerca de 80% da extensão total dos rios da Bacia Amazônica.

Estas conexões (ambiente terrestre - aquático) são, particularmente, fortes em rios de 1ª ordem; pois recebem direto toda a água, partículas e solutos da região de convergência da bacia. Caminhos ligando esses dois sistemas incluem escoamento superficial, subsuperficial, infiltração e escoamento do lençol freático (Mcclain e Elsenbeer, 2001). Esses caminhos são ativos através de toda a Amazônia, entretanto, sua importância pode variar regionalmente devido a grande heterogeneidade da bacia (Mcclain e Richey, 1996).

Ecossistemas ripários influenciam a biogeoquímica desses córregos desde sua nascente e onde quer que passe. Assim materiais orgânicos e inorgânicos de diferentes tamanhos se movem de sistemas terrestres para os rios, percorrendo uma escala de pequenos, médios e grandes rios até chegar ao oceano. Independente da variação da vegetação, tipo de solo das diferentes regiões da Amazônia, seus rios com águas mais ricas (região andina) ou pobres em nutrientes (região da Amazônia Central), ambas

apresentam material orgânico e nutrientes em suspensão que saem das florestas adjacentes à bacia, principalmente durante as chuvas (Mcclain e Richey, 1996). Entretanto, as entradas de material orgânico e inorgânico no ambiente aquático, dependem dos caminhos que a água percorre, tempo de viagem do material, composição química e reatividade do material ao longo do caminho (Harris, 1999).

Em florestas tropicais a liteira (folhas, galhos, frutos, flores e sementes e outros resíduos vegetais), entra no sistema aquático de várias maneiras, sendo que os fluxos estão intimamente ligados a precipitação (Mcclain e Richey, 1996). Caminhos específicos incluem: deposição direta no leito dos rios, fluxo pelo solo; fluxo lateral (pelo vento ou arrastado pela fluxo da água que entra na bacia) e lençol freático (nascentes, infiltração, encostas e terras alagadas). O movimento lateral de liteira pode variar com o vento, topografia do terreno, precipitação, cobertura vegetal etc. (Wallace et al., 1992⁴) Assim, os fluxos de carbono orgânico em cursos d'água particularmente nas bacias cabeceiras é abastecido pelo liteira terrestre (Mcclain e Richey, 1996).

Além da vegetação, outras variáveis independentes como a topografia, estrutura e composição do solo, litologia e características de precipitação (frequência e intensidade) controlam as entradas do material nos córregos. Estrutura do solo e topografia exercem controle primário na hidrologia do ecossistema e interagem com as características de precipitação definindo os caminhos no ecossistema. A composição do solo e a litologia (tipo de rocha), controlam conjuntamente a composição química da água em movimento ao longo desses caminhos. Dado a diversidade de solos, forma de paisagem e padrões de precipitação na Bacia Amazônica, podemos esperar igual diversidade nos fluxos terrestre-aquáticos (Mcclain e Elsenbeer, 2001).

Deposição direta da liteira sob canais ainda não foram bem quantificados em florestas tropicais. Entretanto, Mcclain e Elsenbeer, (2001) assumem como similar aquela das matas ripárias. Mcclain e Richey (1996) calcularam

⁴ Citados por Benfield (1997)

a deposição de liteira em matas ripárias como sendo de $0,7 \text{ kg m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ em floresta de região montanhosa e terra firme. A contribuição do vento na entrada de liteira em córregos é estimada pelos mesmos autores em cerca de 20% da queda direta da liteira. Webster et al. (1995), estudando em quatro córregos ao sul das Montanhas Appalachian (EUA), observaram que o movimento lateral de liteira corresponde a 24% do total de entrada de liteira nos córregos.

A matéria orgânica entra nos rios em grande parte pela queda direta e trazidos pelo vento, lençol freático, chuva, água de escoamento superficial (enxurradas) provocadas por fortes chuvas (Mcclain e Richey, 1996). Ainda fatores como a composição das espécies, estado sanitário da floresta, tamanho e tipo de canal dos córregos, historia de uso da terra influenciam na taxa de entrada de material orgânico (Webster et al., 1995).

O material orgânico originado das terras altas que cai nos rios compreende vários tamanhos de fragmentos de folhas, galhos e até árvores inteiras. Essas entradas são tipicamente classificadas pelo tamanho da fração e agrupados por conveniência: matéria orgânica particulada fina (FPOM) envolve partículas menores que 1,0 mm; a matéria orgânica grossa é conhecida como CWD (Coarse Wood Debris) 5 a 12,5 mm de diâmetro (Webster et al., 1995). Os mesmos autores relataram que as folhas representam cerca de 60% do total de entradas nos rios, onde materiais exceto as folhas produzem uma entrada média $5,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em rios de terras altas (florestas não alagadas) e $6,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em áreas alagadas e rios de áreas alagadas (igarapés).

Em regiões florestadas, o carbono entra nos rios nas formas de troncos, galhos (large wood debris-LWD), matéria orgânica particulada em suspensão (MOP), folhas, frutos, sementes galhos finos e carbono orgânico dissolvido (COD) (Robertson et al., 1999). Sabe-se que este último corresponde a mais de 50% do fluxo total de carbono para o sistema aquático na região de Juruena-MT (Johnson, 2004).

Além da forma da matéria orgânica que entra nos rios (galhos, folhas etc.), o tamanho do material contribuinte, (principalmente troncos e galhos)

também deve ser considerado, pois este dificulta a sua movimentação dentro dos córregos. Ademais, um galho grande apesar de representar quantidade considerada de carbono se movimenta com dificuldade ou ainda pode impedir a passagem de demais restos vegetais (O'connor, 1991; Robertson et al., 1999).

Além da importância da liteira para a ciclagem de nutrientes e manutenção da floresta e recursos hídricos, a matéria orgânica produzida fora dos ambientes aquáticos é uma importante fonte de energia na cadeia alimentar de muitos organismos heterotróficos dentro dos rios (Cummins et al., 1983 e Wallace et al., 1995).

Efeitos da exclusão dessa fonte de detritos vegetais para os rios foram avaliados por Wallace et al. (1997), em floresta temperada dos Estados Unidos, o qual verificou que exclusão das folhas afetou fortemente uma gama de organismos detritívoros e predadores, comparados ao ambiente com livre entrada de detritos. Contudo, a fauna dos ambientes com musgos não declinou significativamente, indicando que diferentes cadeias alimentares existem em habitats sob diferentes morfologias. Isso nos dá a idéia de que a mata ripária é essencial também para a manutenção da diversidade de macro e microorganismos dentro dos rios (Dolloff e Webster, 2000 e Hall et al., 2000).

Pinna e Basset (2004), estudando os padrões de variação da decomposição de detritos ao longo de um rio na região do mediterrâneo e sua influência de perturbação da seca de verão neste padrão (região de Sardinia, Itália), observaram que a taxa de decomposição foi significativamente mais alta na primavera que no outono nos córregos de 4ª ordem que nos de 2ª e 3ª. As taxas de decomposição, também, foram mais altas em locais relativamente imperturbados (região de mata nativa) quando comparados aos locais de estudo expostos a completa dissecação de verão.

O fluxo de exportação de sedimentos e material orgânico varia muito em função do período chuvoso, principalmente, pela formação de escoamento superficial, que por sua vez varia de bacia para bacia (Mortattia e Probstb, 2003). Por exemplo, em bacias pequenas uma chuva de alta

intensidade e curta duração pode provocar enchentes e enxurradas (Silveira, 1993).

Wallace et al. (1991), mediram a exportação de matéria orgânica particulada fina (MOPF, FPOM em inglês) em córregos na Carolina do Norte (EUA) por cinco anos e observaram que a exportação anual de FPOM estava fortemente relacionada as maiores descargas. Outra observação feita pelos autores é de que a relação sazonal entre exportação de FPOM e descargas máximas indica mais exportação por unidade máxima de descarga no verão. Dados semelhantes foram obtidos por Scarsbrook et al. (2001), avaliando a entrada vertical e lateral de liteira nos rios das montanhas da Nova Zelândia, perceberam que as entradas nas áreas com pastagem foram menores que nas áreas com florestas nativas ou plantações de pinus, com picos de saída ocorrendo no verão. Estes autores encontraram também um domínio da fração folha (70 a 75%) na liteira total ao longo do ano.

Em escala regional alguns fatores como extensão de vegetação, terras nuas e clima influenciam a quantidade e qualidade das fontes de carbono para os sistemas hidrográficos (Harris, 1999). Além disso, a vegetação ripária regula a produção primária e fonte de carbono terrestre e reduz a temperatura da água dos córregos (Gregory et al., 1991).

O escoamento superficial representa o caminho primário pelo qual materiais orgânicos e inorgânicos são transferidos do continente para o oceano (Martin et al., 1979)⁵, sendo os rios o primeiro intervalo deste caminho. O material orgânico (galhos, folhas, frutos etc.) representa cerca de 50% das entradas dos córregos, principalmente aqueles de 1^a e 2^a ordem. Os galhos grandes podem servir de barreiras que atuam na retenção de matéria orgânica particulada, resultando em acumulação de material em suspensão, além de aumentar a profundidade dos rios e diminuir a velocidade da água (Dolloff e Webster, 2000).

Benfield (1997), analisando os dados obtidos em córregos de 1^a a 9^a ordem, de 33 locais distribuídos nos Estados Unidos, Canadá, Alemanha e

⁵ Citados por McClain e Elsenbeer (2001)

Austrália, verificou, que os mais altos valores de deposição de liteira direta nos córregos, foram encontrados em rios de 6^a ordem (floresta mista decídua) e o segundo em rios de 1^a ordem nas montanhas (floresta de coníferas), mas foi observada uma diminuição na entrada de liteira a medida que se aumentou a ordem do rio. Ambos os rios (1^a e 6^a), tiveram características comuns como os mais altos valores de movimento lateral. O mesmo autor ressalta ainda, que houve diferença significativa entre floresta mista decídua e floresta de coníferas, pois encontrou significantes correlações sobre padrões de produção de liteira com latitude e precipitação anual.

Apesar das folhas e galhos finos serem usualmente retidos e quebrados nos rios onde eles entram, pouco desse material orgânico é usado ou consumido inicialmente. O material não usado é convertido a finas partículas e transportado para rios maiores, onde é convertido a CO₂ por ação microbiana (Robertson et al., 1999; Dolloff e Webster, 2000 e Richey et al., 2002).

Estudo realizado por Richey et al. (2002), nas águas de dois dos maiores rios da Amazônia (Rio Negro e Solimões) constataram que a emissão de CO₂ destes rios e áreas alagadas da Bacia Amazônica é de aproximadamente 1,3 t de C ha⁻¹ ano⁻¹, constituindo-se em um processo de perda de carbono importante. Segundo esses autores, o carbono provavelmente se origina de material orgânico transportado do planalto (áreas de terras de cota mais alta) e florestas inundadas para os rios, que é respirado e emitido para a atmosfera a jusante da bacia. Extrapolado para a bacia inteira, este fluxo chega a 0.5 Gt de C ano⁻¹, uma ordem de magnitude maior que exportação fluvial de carbono orgânico para o oceano. De acordo, ainda com esses mesmos autores, a contribuição da liteira que entra nos rios representa aproximadamente 35% da emissão de carbono pelos rios. Desta maneira, os rios da Amazônia, ao mesmo tempo em que representam meio de vida para muitos organismos, formam a base das reações de uma série de processos (decomposição, por exemplo) que emitem carbono para a atmosfera.

A exportação de matéria orgânica particulada grossa via hídrica é pobremente estudada nos sistemas tropicais. No entanto, temos uma boa base de estudos realizados em florestas temperadas. Nestes ambientes, um estudo de longo prazo realizado por Wallace et al. (1995), em bacias cabaceiras (rio de 1ª ordem), cerca de 60 a 77% de todo MOPG foi exportado durante 20 eventos de chuva intensa. Além, de variar ao longo do ano (mais no outono que no inverno), de toda a entrada de matéria orgânica, a MOPG contribuiu com aproximadamente 1,8-3,8% do total de matéria orgânica exportada.

À medida que se afasta dos córregos menores e segue-se em direção aos rios maiores, há um aumento na luz incidente direto na água e menores entradas de matéria orgânica originada fora da água (alócone), enquanto aumenta-se a produção de material de origem da flora aquática como as algas (autóctone) (Dolloff e Webster, 2000).

De acordo com estes autores, a velocidade de consumo ou decomposição do material orgânico dos córregos depende do conteúdo, tipo e tamanho das madeiras. Pedacões pequenos de madeiras moles com alta relação superfície volume, tende a decompor rapidamente do que pedacões grandes e duros. Estes pedacões de madeira além de servirem de alimento são usados também como refúgio de microorganismos aquáticos no período de seca ou de baixos fluxos de água nos córregos. Ainda, segundo os mesmos autores, a matéria orgânica na forma de folhas, galhos finos e pequenas árvores fornecem energia, nutrientes e estrutura para muitos animais vertebrados e invertebrados que se adaptaram a vida em águas correntes e dependem de folhas e madeira para sua sobrevivência.

A liteira, em conjunto com a matéria orgânica produzida dentro dos rios (por algas e outras plantas aquáticas), são responsáveis também, pelos conteúdos de carbono orgânico dissolvido (COD) dentro dos sistemas aquáticos. Por exemplo, O COD resultante da lavagem das folhas da liteira corresponde a 30% do COD gerado dentro de pequenos rios com mata ripária nativa (Meyer et al., 1998). Esses mesmos autores, estudaram a exclusão de liteira dentro de dois corregos de primeira ordem no Coweta

Hydrologic Laboratory na Carolina do Norte (EUA), e observaram, uma diminuição significativa nos conteúdos de COD.

Além da contribuição de carbono pelas florestas que entram nos rios por meio do ciclo hidrológico, os solos constituem também uma fonte de carbono para os rios. Reynolds e Fenner (2001), estudando a contribuição de Peat soils (solos orgânicos com mais de 20% de matéria orgânica em diferentes estados de decomposição) no Reino Unido após 12 anos, observaram aumento de 65% nas concentrações de COD nas águas que drenam terras altas com esse tipo de solo. Segundo esses autores, o COD originado do continente que agora é reconhecida como uma fonte significativa de COD para o oceano, pode aumentar substancialmente como resultado do aquecimento global.

Os estudos que, de alguma forma, medem as trocas de carbono entre a biosfera e a atmosfera não consideram o destino do carbono possivelmente seqüestrado pela floresta. Parte deste carbono está se incorporando no estoque de biomassa do ecossistema (Phillips et al., 1998) ou ainda pode estar acumulando como matéria orgânica no solo (Reynolds e Fenner, 2001). O carbono que não é convertido em biomassa retorna para a atmosfera na forma de gás (CO_2 , CH_4 ou compostos voláteis emitidos pelas plantas) ou então sai do sistema na forma particulada, dissolvido nas águas de drenagem ou por processos erosivos associados a partículas de sedimentos (Nobre, 2002).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de Estudo

O presente estudo foi conduzido no período de setembro de 2003 a agosto de 2004 em quatro microbacias pertencentes a subbacia do rio Juruena, região sul da grande Bacia Amazônica (Figura 1) com áreas de 0,85; 1,69; 0,78 e 0,62 ha denominadas respectivamente microbacia 1, 2, 3 e 4.

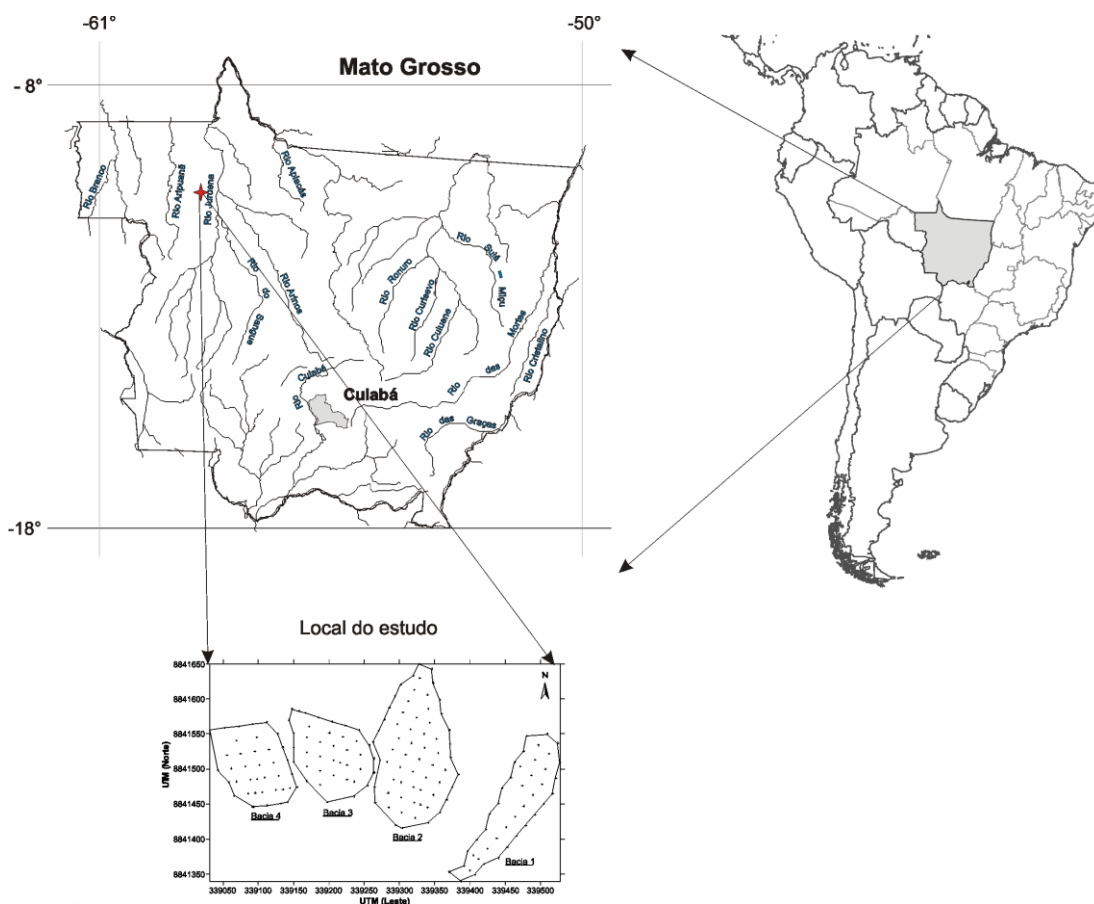


FIGURA 1. Localização da área de estudo.

As microbacias estão sob área de floresta nativa não perturbada, próximo ao município de Juruena, a noroeste de Mato Grosso, nas coordenadas 10°25' S, 58°46' W. A vegetação é conhecida como floresta de terra firme com grande número de palmeiras encontradas próximo à mata ripária, sendo classificada como floresta ombrófila densa de formação submontana (IBGE, 1992). Algumas espécies ocorreram com frequência nas bacias (Tabela 1). Outras espécies mais conhecidas como o Mogno (*Swietenia macrophylla*), cedros (*Cedrela sp*) e a castanheira (*Araucaria angustifolia*) (Camargos et al., 2001), também ocorrem na região, porém de maneira mais esparsa (Feldpaush comunicação pessoal).

TABELA 1. Tabela das espécies de maior ocorrência nas bacias

Nome Popular	Família	Nome Científico	Total*
Amescla	Burceraceae	<i>Trattinickia cf. burseraefolia</i>	130
Carvão branco	Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i>	61
Guarantã	Rutaceae	<i>Esenbeckia leiocarpa Engl.</i>	42
Barriguda	Bombacaceae	<i>Ceiba boliviana Button e Baker</i>	40
Breu	Burceraceae	<i>Protium spruceanum</i>	40
Espeteiro	Flacourtiaceae	<i>Casearia gossypiosperma Briq.</i>	23
Palmeira 7-pernas	Clusiaceae	<i>Tovomita cf. schomburgkii</i>	20
Jangada	Tiliaceae	<i>Apeiba tibourbou Aubl.</i>	18
Cacauí	Sterculiaceae	<i>Theobroma speciosum</i>	17
Formiguiero	Polygonaceae	<i>Triplaris gardneriana</i>	11
Mamica-de-porca	Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium Lam.</i>	11
Açai	Palmae	<i>Eutherpe oleracea Mart</i>	10
Canela bosta	Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata Nees</i>	10
Embauba	Cecropiaceae	<i>Cecropia sp</i>	10
Caucho	Moraceae	<i>Castilla ulei Warburg</i>	9
Caixeta	Bignoniaceae	<i>Tabebuia aassinioides</i>	8
Marinheiro	Meliaceae	<i>Guarea trichilioides L.</i>	8
Tachi	Caesalpiniaceae	<i>Sclerolobium goeldianum Huber</i>	7
Morcegueira	Fabaceae	<i>Andira inermis (Wright) DC.</i>	5
Palmito	Palmae	<i>Eutherpe sp</i>	5
Peroba	Apocynaceae	<i>Aspidosperma sp</i>	5
Total de indivíduos			490

* Total de indivíduos de 10 a 30 cm de CAP encontrados nas quatro bacias em inventário 100%.

3.2 Características das Microbacias

A geologia regional pertence ao Complexo Xingu, de idade Pré-Cambriana, que apresenta em sua litologia, predominantemente, gnaisses e

granitos (Brasil, 1980; Seplan, 2001 e Couto e Oliveira, 2003). Com geomorfologia pertencente a grande “Depressão da Amazônia Meridional” e, mais especificamente na Unidade “Depressão do Sul da Amazônia”, constitui ampla superfície rebaixada, entalhada por drenagem incipiente que proporciona uma dissecação do relevo em colinas e interflúvios tabulares, sobre rochas pré-cambrianas (RADAM BRASIL, 1980 e IBGE, 1990).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Am (Tropical quente e úmido) com temperatura média anual de 24°C, com menores valores no mês de junho e maiores no mês de setembro. A transprecipitação durante o ano de estudo foi de 2.379 mm, acompanhada de uma distribuição unimodal, com 70% da precipitação anual durante a estação chuvosa (novembro a abril) e temperatura do ar variando de 16 a 32°C (Johnson et al., submetido). De acordo com a classificação de (Horton, 1945) os córregos das microbacias constituem canais de 1ª ordem (primeiros canais, córregos ou rios formados dentro de uma bacia).

As bacias estão sob uma área de Latossolos e Argissolos, sendo que o primeiro ocupa a maior parte do terreno. Esses solos são geralmente de textura média (15 a 35% de argila) pobres em bases (Tabela 2), com mais de 50% da saturação de bases nos primeiros 20 cm, e aumento de argila em profundidade (Couto e Oliveira, 2003; Novaes Filho et al., comunicação pessoal).

TABELA 2. Atributos químico-físicos do solo nas microbacias na profundidade de 0-20 e 40-60 cm.

Bacia	Prof. (cm)	pH H ₂ O	P	K	Ca+Mg	C.O.	Argila	Silte	Areia
			mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol _c dm ³	g kg ⁻¹	-----(%)------		
1	0-20	4,7	1,2	55,3	1,0	9,82	26,5	3,6	69,9
	40-60	4,7	0,5	13,6	0,4	5,00	38,3	4,1	57,7
2	0-20	4,7	1,1	53,5	1,1	10,00	28,1	4,0	67,9
	40-60	4,8	0,6	13,5	0,6	5,30	44,7	8,1	47,2
3	0-20	4,7	1,3	55,5	1,0	9,94	29,7	6,2	64,0
	40-60	4,7	0,5	12,4	0,67	5,28	44,0	12,1	43,9
4	0-20	4,7	1,1	64,1	0,99	10,49	42,2	7,3	50,5
	40-60	4,7	0,5	13,9	0,56	5,78	43,6	9,6	46,7

Fonte: (Novaes Filho et al., comunicação pessoal)

3.3 Coleta de Liteira Produzida

Para quantificar a liteira produzida pela floresta, foram instalados coletores de malha plástica de 2 mm de diâmetro, com área de 1m², a 50 cm do solo, e dispostos aleatoriamente em cada microbacia (Figura 2). Além disso, os coletores receberam uma proteção lateral de saco plástico para ajudar a manter no coletor o material depositado.



FIGURA 2. Foto do coletor de liteira de movimento vertical.

A liteira coletada foi separada em três frações: folhas, galhos (diâmetro > 1 cm) e miscelânea (todo o restante). A coleta de liteira produzida foi quinzenal no período chuvoso (novembro a abril) e mensal no período seco (maio a outubro).

3.4 Coleta de Liteira de Movimento Lateral

Para quantificar a liteira que entra nos córregos por movimento lateral (deslizamento, pelo vento ou pela água de escoamento superficial), foram instalados coletores de 1,2 x 0,3 x 0,3 m construídos do mesmo material dos citados anteriormente, colocados horizontalmente sobre o solo (Figura 3).



FIGURA 3. Foto do coletor de liteira de movimentado lateral instalado no final do platô.

Para a instalação destes coletores foi feito um levantamento planialtimétrico da área. Com pontos de referência dispostos numa malha de 10 m no sentido de maior declividade e 20 m no sentido de menor declividade. A diferença de nível foi utilizada para caracterizar a divisão dos segmentos de paisagem: platô (a parte mais alta e plana), encosta ou vertente (parte mais inclinada) e vale (região próxima a nascente) (Figura 4).

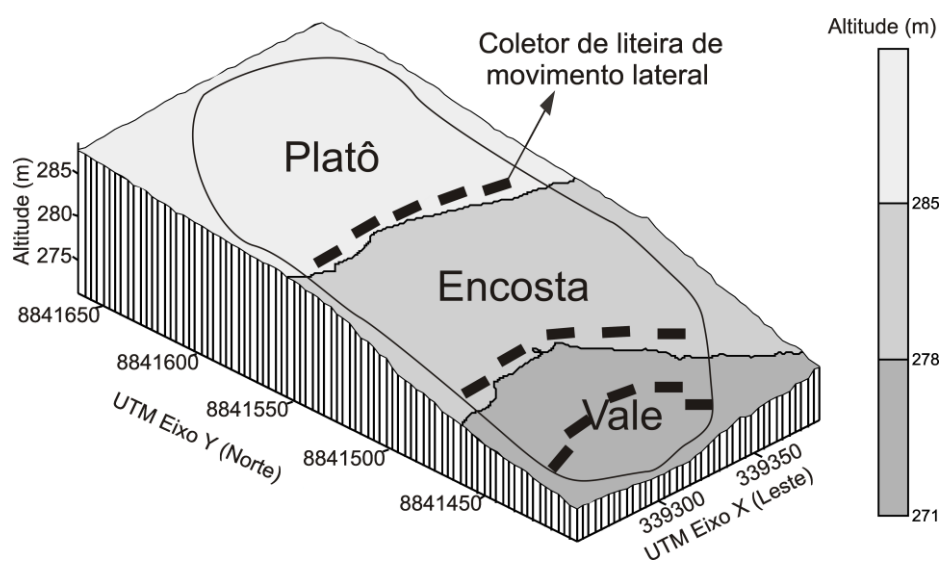


FIGURA 4. Divisão da microbacia em segmentos de paisagem (platô, encosta e vale) e disposição dos coletores de movimento lateral de liteira dentro da microbacia 2.

Estes coletores foram dispostos no final de cada categoria de desnível (platô, encosta e vale), sendo cinco coletores em cada categoria, distanciados de 5 a 10 metros entre si. As coletas foram quinzenais no período chuvoso, e mensais no período seco.

3.5 Coleta da Liteira Exportada

Para capturar a liteira exportada pela água nos córregos na forma de matéria orgânica particulada grossa (MOPG), foi instalado um terceiro grupo de coletores no final de cada microbacia (Figura 5), sendo esses, confeccionados com os mesmos materiais que os anteriores.

Na instalação deste grupo de coletores foi usado um vertedouro já construído para demais medidas hidrológicas. As coletas foram realizadas a cada 15 dias. Para quantificar o tamanho do material orgânico que estava saindo das bacias foram coletadas 12 subamostras do material coletado de duas bacias (microbacia3 e 4), após secagem prévia. Estas subamostras representaram o período chuvoso (mês de abril) e seco (mês de setembro) do ano de 2004.



FIGURA 5. Foto do coletor utilizado para quantificar o material particulado que sai da bacia.

3.6 Preparo das Amostras

No Laboratório de Nutrição de Plantas da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), as amostras foram secadas em estufa a 70 °C até obtenção de massa constante, sendo pesadas, trituradas em moinho tipo Wiley e em seguida armazenadas em saco plástico para posterior determinação do teor de carbono.

As amostras que foram destinadas para averiguação do tamanho da liteira exportado, após secagem foram fracionadas em três categorias: fração grande (>8 mm), fração média (2 a 8 mm) e fração pequena (<2 mm), usando-se três peneiras e agitação por 5 minutos na frequência de duas vibrações por segundo em agitador elétrico.

3.7 Análise Química e Estatística

O conteúdo total de carbono presente em cada amostra foi determinado pelo método de combustão seca descrito por (Buurman et al., 1996) utilizando temperatura de 1300°C, em analisador Multi N/C, (Analytik Jena, Jena Alemanha) em forno Eltra HTF-540 (Neuss, Germany), no Laboratório de Limnologia da Faculdade de Biologia da UFMT. A análise estatística foi feita usando o pacote estatístico SPSS 11.0 e SAEG 5.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2 Produção de Liteira e Carbono

A produção média anual de liteira pela floresta foi de $11,40 \pm 1,9 \text{ t ha}^{-1}$ (média \pm desvio padrão) e média mensal de $0,95 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 7), não havendo diferença estatística ($p > 0,5$) entre as bacias estudadas. Resultados semelhantes foram observados em mata primária por O'Neill e De Angelis (1981), estando dentro da faixa encontrada em estudos sob florestas tropicais (Luizão, 1989; Moran et al., 2000), e sendo semelhantes, também, à produção de liteira obtida por Araujo (2002) em floresta secundária.

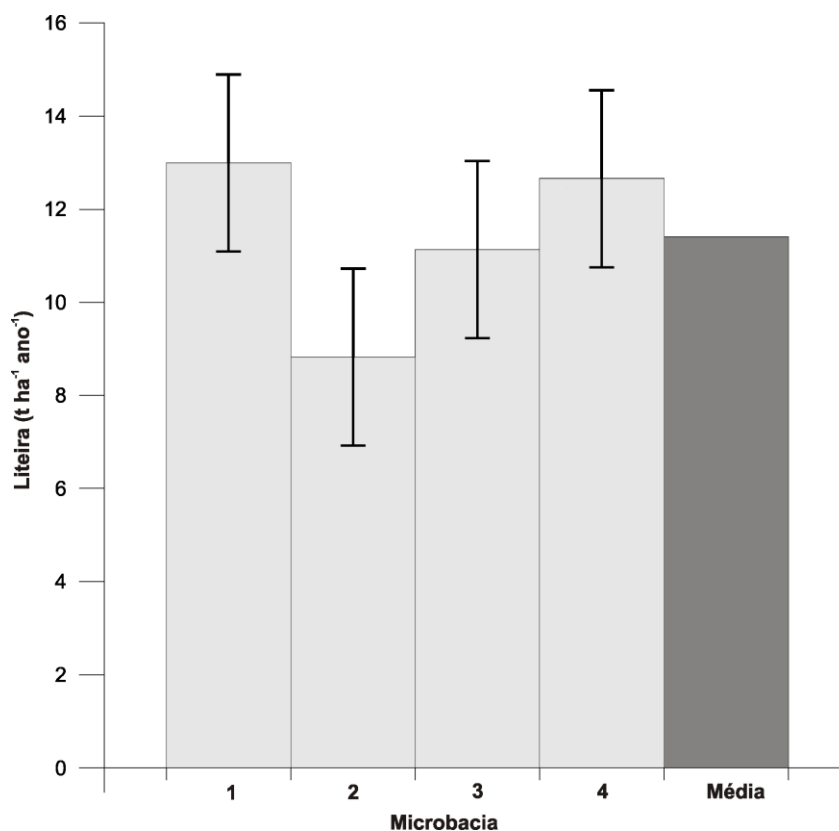


FIGURA 6. Produção média anual de liteira nas microbacias

Comparações com outros estudos sobre deposição de liteira são bastante difíceis, devido a diferentes metodologias adotadas por diferentes autores (Proctor, 1983). Por isso as comparações feitas neste trabalho limitam-se a produção de liteira total e a fração folhas.

A participação da fração folha foi de aproximadamente 50% da liteira total (folha+galho+miscelânea) (Tabela 2). Estes resultados estão um pouco abaixo daqueles encontrados por Queiroz (1999) e (Araujo, 2002), os quais encontraram valores em torno de 60% da liteira total. Valores maiores também que os resultados obtidos neste trabalho, foram encontrados por Monteiro (2005) em floresta próxima de Manaus, o qual encontrou valores para a fração folhas em torno de 70% da liteira coletada.

TABELA 3. Dados médios de produção de liteira em toneladas de massa seca por hectare por ano ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) nas diferentes frações, porcentagem de carbono presente na liteira e participação em porcentagem de cada fração na liteira total (% da liteira total) durante o período de coleta.

Bacia	Fração	Liteira ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$)	Carbono (%)	% da liteira total
1	Folha	6,54	46,35	50
	Galho	2,97	46,65	23
	Miscelânea	3,60	46,67	27
2	Folha	5,13	46,72	58
	Galho	0,80	46,82	9
	Miscelânea	2,89	47,13	33
3	Folha	6,11	46,10	55
	Galho	1,80	46,51	16
	Miscelânea	3,23	46,96	29
4	Folha	5,83	46,66	46
	Galho	3,69	47,42	29
	Miscelânea	3,13	48,64	25
Média geral		11,4	47,0	-

A fração galhos correspondeu a cerca de 20% do total da liteira depositada e a miscelânea teve a participação aproximada de 30%, considerando-se as quatro microbacias. Comparando-se essas frações dentro de cada microbacia, é possível obter as variações da participação de

cada fração. Por exemplo, a fração folhas reapresentou 50, 58, 55 e 46% da liteira total nas bacias 1, 2, 3, e 4, respectivamente.

Com relação ao conteúdo médio de carbono, verifica-se que a liteira total produzida nas quatro microbacias apresentou, em média, 47% de carbono, sendo este conteúdo variável em cada fração (Tabela 3). Os maiores conteúdos foram observados na miscelânea (48,6 bacia 4) seguido pela fração galhos (47,4 bacia 4) e das folhas (46,7% bacia 2). Em relação ao conteúdo médio de carbono na liteira, o resultado aqui encontrado é análogo ao encontrado por Luizão (1989).

Contudo, dados estimados por Higuchi et al. (1998) em floresta Amazônica reportam menores teores médios de carbono nas folhas (39%) que os encontrados nesta pesquisa, mas semelhantes aos observados na fração galhos (47%). Uma explicação para o maior conteúdo médio de carbono na miscelânea (constituída principalmente de frutos e sementes), é que os talos e frutos, de modo geral, possuem mais carbono por massa seca que nas folhas e demais frações (Chan, 1982).

Observa-se sazonalidade, com intensa produção nos meses mais secos (setembro e outubro) e queda reduzida nos meses mais chuvosos. Estes resultados são semelhantes ao observado por Cuevas e Medina (1986) e Queiroz (1999), que também encontrou maior deposição de liteira, nos meses secos (julho a outubro). De maneira geral os dados de deposição de liteira obtidos neste trabalho têm comportamento similar a outros estudos realizados em florestas tropicais, onde a deposição varia sempre em função do regime hídrico.

No mês de Janeiro, que representa a estação chuvosa, observou-se um pico secundário na deposição de liteira (Figura 7), semelhante aos resultados encontrados por Araujo (2002) e Arato et al. (2003). De acordo com Luizão (1989), existe uma boa relação com a precipitação na deposição de liteira durante o período chuvoso, o que pode explicar pequenos picos de produção de liteira nesses meses (janeiro, por exemplo). Além disso, chuvas fortes (>40 mm) em conjunto com a ação de ventos após períodos com mais de cinco dias sem chuva induzem a queda de liteira (Luizão, 1989).

A deposição de folhas, galhos e miscelânea variam conjuntamente ao longo do ano (Figura 7), com picos de produção nos meses de maio, julho e setembro. Sendo que os meses de julho, agosto e setembro, representam mais da metade (58%) de liteira de folha total produzida ao longo do ano, com o mês de setembro representando cerca de 30% do total de liteira produzida dentro das quatro microbacias.

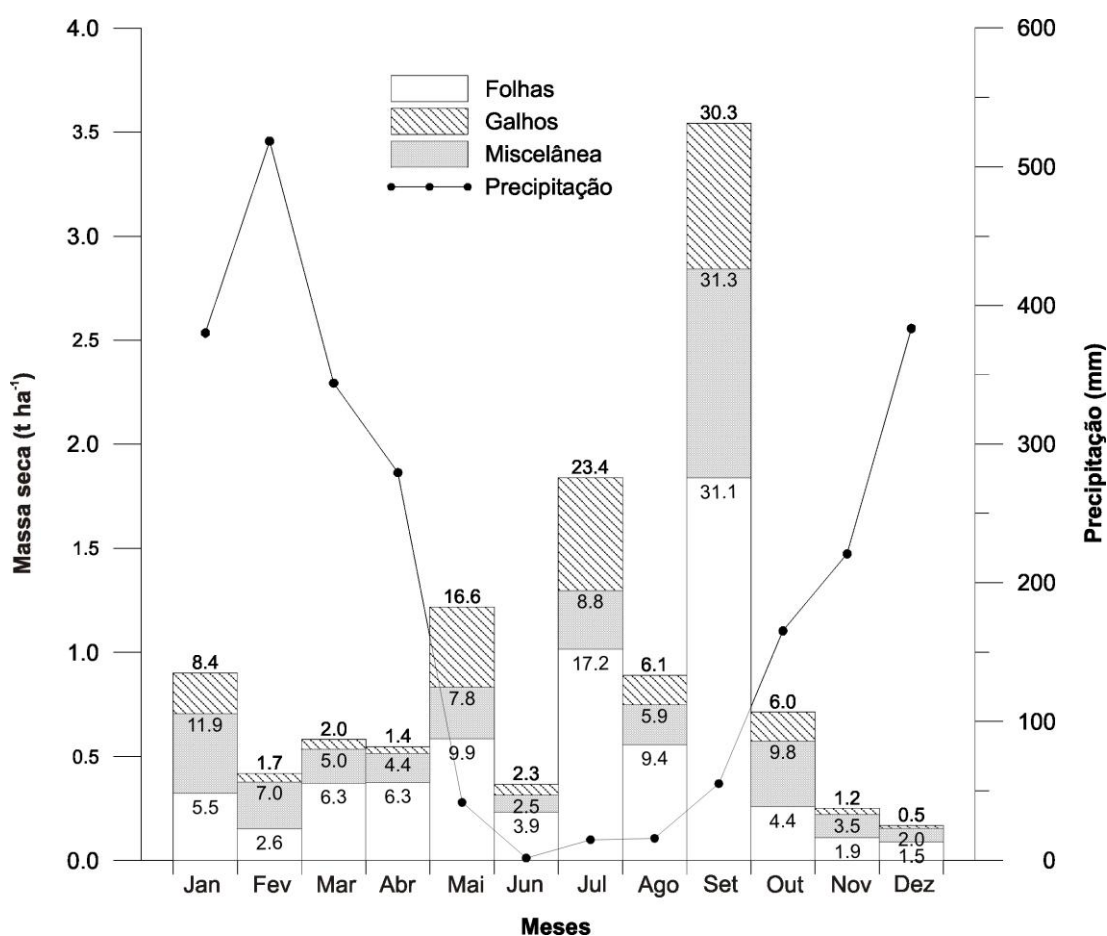


FIGURA 7. Produção média de liteira (folhas, galhos e miscelânea), em toneladas de massa seca, precipitação e a porcentagem de cada fração em relação ao total produzido (numero na coluna) nas bacias ao longo do ano.

O comportamento da deposição de miscelânea variou de maneira semelhante ao das folhas, sendo que o mês de setembro representou cerca de 30% do total produzido ao longo do ano para as quatro bacias. No entanto, para a fração galhos, houve maior variação da participação na liteira

total, com produção distribuída principalmente nos meses de setembro (30%), julho (23%) e maio (17%).

Em média o comportamento da produção de liteira foi semelhante dentro das bacias (Tabela 4), com o coeficiente de variação elevado para liteira e COT, e baixos para os valores de carbono.

TABELA 4. Produção anual média de liteira, em toneladas de massa seca (MS), carbono nas amostras (%) e carbono orgânico total (COT) nas quatro bacias durante os períodos chuvoso e seco.

	Liteira (t MS ha ⁻¹)		Carbono (%)		COT (t ha ⁻¹)	
	chuvoso	Seco	chuvoso	seco	chuvoso	seco
Microbacia 1	2,6 (a A)	10,5 (b A)	46,2 (a A)	46,9 (a A)	1,2 (a A)	4,9 (b A)
DP*	0,1	0,5	0,01	0,01	0,03	0,2
CV*	82,1	111,2	5,5	4,2	73,7	108,1
Microbacia 2	2,7 (a A)	6,1 (a A)	45,6 (a A)	48,4 (b A)	1,2 (a A)	3,0 (b A)
DP*	0,1	0,3	0,01	0,01	0,06	0,2
CV*	115,4	131,4	4,6	5,1	124,5	134,5
Microbacia 3	3,3 (a A)	7,9 (b A)	45,6 (a A)	47,3 (b A)	1,5 (a A)	3,7 (b A)
DP*	0,1	0,3	0,01	0,0	0,06	0,1
CV*	90,8	91,1	6,5	3,4	94,9	90,2
Microbacia 4	3,0 (a A)	9,8 (b A)	47,2 (a A)	47,9 (a A)	1,1 (a A)	4,9 (b A)
DP*	0,1	0,4	0,01	0,01	0,03	0,2
CV*	68,3	99,5	6,1	5,6	67,47	106,2
Média	2,8 (a A)	8,6 (b A)	46,1 (a A)	47,6 (b A)	1,3 (a A)	4,1 (b A)

Médias seguidas de mesma letra minúscula, não diferem entre os períodos e médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre bacias pelo teste de Tukey a 5%.

* Desvio padrão + Coeficiente de variação.

Existe diferença significativa para os dados quando se compara os períodos seco e úmido, com a deposição se concentrando no período seco. Provavelmente, devido a condição de baixa disponibilidade de água para as plantas nessa época do ano, propiciando a perda das folhas (caducifolia). Este comportamento é típico de florestas estacionais semidecíduais, onde o pico de deposição de folhas na época seca do ano ocorre como resposta da vegetação à estacionalidade climática (Arato et al., 2003).

Considerando a concentração de carbono na liteira ao longo do ano, foi possível fazer uma estimativa mais real do total de carbono produzido pela floresta. A produção mensal média de carbono ao longo do ano foi de 5

t C ha⁻¹, com os menores valores nos meses chuvosos e maiores nos meses mais secos, para todas as bacias, (Tabela 4). **Relacionar o acréscimo da liteira com o déficit hídrico (muito maior em Juruena).** Esses resultados foram maiores que aqueles encontrados por Luizão e Luizão (1997), na Amazônia central em floresta sobre Latossolos os quais observaram que a entrada de carbono no solo via deposição de liteira foi cerca de 4 t ha⁻¹ ano⁻¹. Entretanto, os resultados aqui encontrados estão dentro da faixa obtida para florestas tropicais (Clark et al., 2001 e Malhi et al., 2004).

O conteúdo de carbono nas amostras do período seco (48%), foram em média maiores que no período chuvoso (46%) ($p < 0,05$). Em termos de proporção existe cerca de três vezes mais carbono sendo depositado no chão da floresta no período seco (4,1 t ha⁻¹ ano⁻¹) que no chuvoso (1,3 t ha⁻¹ ano⁻¹) (Tabela 4). Não foi encontrada diferença estatística para os dados analisados entre as microbacias durante o ano, indicando um comportamento semelhante dentro destas para as características analisadas.

Foram feitas correlações entre os dados de produção de liteira, transprecipitação mensal (Johnson et al. 2005, submetido) (Figura 8A) e biomassa de árvores acima de 10 cm de diâmetro (Feldspach comunicação pessoal) (Fig. 8B) próximo aos coletores de liteira, utilizando-se regressão linear simples.

As correlações para ambos os dados não foram significativas $p = 0,1207$ e $p = 0,07$, respectivamente, indicando, uma aleatoriedade na instalação dos coletores de liteira em relação a biomassa.

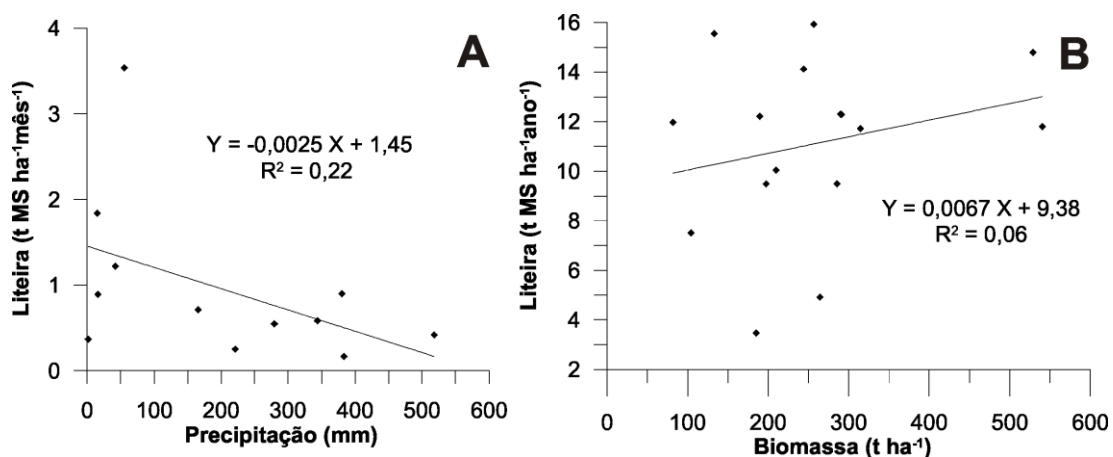


FIGURA 8. Correlação entre a deposição de liteira (total) com os dados de transprecipitação (9A) e biomassa (9B).

4.3 Movimento Lateral de Liteira e Carbono

Considerando a média do material movimentado em relação à posição do coletor na paisagem, em cada microbacia, não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) entre estas categorias para os dados de liteira (Tabela 5).

Observa-se, no entanto, que de forma geral existe uma tendência de aumento do conteúdo médio de liteira transportada do platô para o vale, enquanto que o teor médio de carbono (carbono %) diminui na mesma seqüência, mostrando que à medida que se aproxima dos córregos, a qualidade da liteira transportada é menor em relação ao teor de carbono, ou seja, apresenta-se mais degradada. Provavelmente, parte desse carbono ficou, ao longo do caminho percorrido (do platô para os córregos), incorporado no solo como matéria orgânica, ou saiu de outra forma, como a respirada por microorganismos (CO_2), na forma de carbono dissolvido (COD) ou carbono inorgânico dissolvido (CID) por meio das águas de drenagem.

A porcentagem de carbono e o respectivo conteúdo de carbono orgânico total nas amostras obtidas nos coletores de movimento lateral, variaram significativamente em relação ao segmento de paisagem (platô, encosta e vale), para as bacias 4 e 1 respectivamente..

TABELA 5. Movimento lateral de liteira (MS), porcentagem de carbono (%) nas amostras e carbono orgânico total (COT) no platô, encosta e vale.

bacia	Liteira --- (g MS m linear ⁻¹) ---			Carbono ----- (%) -----			COT ----- (g m linear ⁻¹) -----		
	Platô	Encosta	Vale	Platô	Encosta	Vale	Platô	Encosta	Vale
1	16,1 a	8,7 a	15,0 a	43,2 a	42,5 a	44,2 a	8,1 b	3,6 a	6,7 b a
DP*	11,3	9,5	13,2	3,3	2,8	2,9	6,41	3,9	6,0
CV⁺	70,4	109,4	88,2	7,6	6,8	6,6	79,0	109,6	89,4
2	18,0 a	62,5 a	60,6 a	43,9 a	41,1 a	41,2 a	7,9 a	19,5 a	25,5 a
DP*	13,8	105,5	76,0	25,0	4,5	5,0	6,1	24,6	33,1
CV⁺	76,9	168,9	125,4	5,7	10,9	12,1	78,2	126,2	130,0
3	20,7 a	28,7 a	32,9 a	44,7 a	42,4 a	42,0 a	9,2 a	12,0 a	14,3 a
DP*	25,2	25,9	27,0	2,6	3,7	5,5	11,3	11,0	11,6
CV⁺	121,6	90,2	82,1	5,8	8,7	13,1	122,2	91,5	81,1
4	20,8 a	34,4 a	26,1 a	44,4 b	45,6 b	40,3 a	8,7 a	15,7 a	10,0 a
DP*	17,7	23,4	22,9	2,7	2,1	5,0	7,6	10,6	9,3
CV⁺	85,2	68	87,9	6,2	4,6	12,5	86,8	67,9	92,4
média tot.	18,9	33,6	33,6	44,1	43,0	41,8	8,5	12,7	14,1

Médias seguidas de mesma letra não diferem para as categorias dentro das microbacias pelo teste de Tukey a 5%. *DP= desvio padrão, ⁺CV= coeficiente de variação.

Levando-se em conta que parte do carbono presente na liteira depositado no solo da floresta, passa para o solo (Garten et al., 1994), pode-se afirmar que existe mais carbono sendo incorporado ao solo no platô que na encosta e no vale. Entretanto, considerando-se a profundidade de 0 a 60 cm, no mesmo local deste estudo, há uma tendência de aumento nos estoques de carbono orgânico do solo na parte mais baixa da paisagem (Novaes Filho, 2005), coincidindo também com o maior teor de argila nesta profundidade (microbacias 3 e 4).

Estes resultados indicam entre outras, que, este aumento no estoque de carbono, depende muito mais da textura do solo, que das condições de relevo no local de estudo. Resultados semelhantes foram encontrados por Luizão et al (2004) em um gradiente topográfico sob floresta na reserva Cuieiras em Manaus, os quais observaram que o conteúdo de matéria orgânica do solo decresceu com o gradiente topográfico, sendo os

conteúdos maiores no platô (solo mais argiloso) que na encosta (textura média) e esta por sua vez maior que no vale (mais arenoso).

Comparando-se as épocas do ano, obteve-se maior conteúdo de COT movimentado no período seco (14,2 g m linear⁻¹), que compreende os meses de maio a outubro (Tabela 6), com comportamento semelhante quando se considera os segmentos de paisagem isoladamente.

TABELA 6. Movimento lateral de liteira em gramas de massa seca (MS), % de carbono nas amostras e carbono orgânico total (COT) no platô, encosta e vale, de acordo o período do ano.

	----- Chuvoso -----			----- Seco -----			--- média ---	
	Platô	Encosta	Vale	Platô	Encosta	Vale	chuva	seca
Liteira (g MS m linear ⁻¹)	14,4	37,9	25,0	23,4	29,3	42,3	25,7	31,7
	a	a	a	a	a	a	a	a
Desvio padrão	12,1	78,2	26,8	20,6	23,8	56,2	48,5	37,5
Coef. variação	839,7	206,6	107,3	88,0	81,2	133,0	188,5	118,5
Carbono (%)	43,0	41,6	39,7	45,0	44,1	43,7	41,5	44,3
	b	a	a	a	a	a	a	b
Desvio padrão	3,1	4,2	4,3	2,0	2,8	4,6	4,0	3,3
Coef. variação	7,1	10,1	10,8	4,5	6,4	10,5	9,8	7,5
COT (g C m linear ⁻¹)	5,8	12,3	9,7	11,2	13,0	18,5	9,3	14,2
	a	a	a	a	a	a	a	a
Desvio padrão	4,6	19,2	10,4	9,5	10,6	24,6	13,0	16,5
Coef. variação	79,5	155,5	106,5	85,1	81,3	132,5	139,6	115,6

Médias seguidas de mesma letra não diferem para os períodos chuvoso e seco pelo teste de Tukey a 5%.

A concentração de carbono nas amostras, foi significativamente maior, tanto na comparação entre segmentos de paisagem, quanto na comparação das médias nos períodos seco chuvoso. Os maiores conteúdos de COT movimentados no piso da floresta, foram encontrados na encosta (12,3 g m linear⁻¹) para o período chuvoso e no vale (18,5 g m linear⁻¹) para o período seco, apesar destas diferenças não serem estatisticamente significativas na avaliação por período separadamente.

De maneira geral, tanto os resultados de deposição de liteira e carbono no local de estudo tiveram alto coeficiente de variação nos dados, resultado comum para esse tipo de avaliação (produção de liteira), devido ao comportamento natural da floresta.

Estes resultados indicam maior participação de outros fatores, como vento ou deslizamento no movimento lateral de carbono, do que o escoamento superficial causado pela precipitação interna nesse tipo de bacia, visto que temos maior conteúdo de carbono na forma de liteira em movimento na estação seca ($14,2 \text{ g C m linear}^{-1}$) que na chuvosa ($9,3 \text{ g C m linear}^{-1}$). Resultados semelhantes foram obtidos por Magana (2001), que não encontrou relação entre o movimento lateral por escoamento superficial (runoff) com a precipitação. Entretanto, resultados obtidos por Scarsbrook et al. (2001), mostram correlação positiva significativa entre a entrada lateral de liteira e a precipitação total ($R^2 = 0,26$; $p = 0,021$).

Para os conteúdos de carbono no material vegetal em movimento lateral, foi observado que este é maior no período seco (44%) do que no úmido (41%), ocorrendo diferença significativa ($p < 0,05$) nos conteúdos do material coletado no vale para os demais locais (platô e encosta) no período chuvoso. Isto indica maiores taxas de decomposição do material vegetal, à medida que se aproxima do leito dos córregos. Os resultados de carbono orgânico total, porcentagem de carbono na liteira dos diferentes segmentos de paisagem, e a transprecipitação média mensal, foram testados usando regressão linear simples (Figura 9).

Independentemente da condição topográfica (Figura 9A platô $p = 0,247$, encosta (Figura. 9B $p = 0,974$) e vale (Figura. 9C $p = 0,262 \alpha 0,05$), pode-se observar que a transprecipitação não influenciou significativamente no movimento lateral de COT. Contudo, o percentual de carbono na massa seca vegetal transportada do sistema terrestre (em média 44 no platô, 43 na encosta e 42% no vale Tabela 5) depende em muito das condições de transprecipitação que umedece o chão da floresta. Levando-se em conta que a liteira em estágio mais avançado de decomposição apresenta um percentual menor de carbono, podemos inferir que a decomposição da liteira no vale é mais rápida que no platô. Estes resultados são contrários aos encontrados por Luizão et al (2004), onde observaram teores de carbono maiores na liteira do platô que no vale.

Pode-se observar também que a medida que aproxima dos córregos o percentual de carbono nas amostras aumenta a relação com as condições de transprecipitação. Provavelmente, a condição de umidade próxima aos córregos, tenha favorecido a decomposição do material ou ainda, o material movimentado no platô (Figura. 9D $p = 0,104$), seja menos decomposto que na encosta (Figura. 9E $p = 0,039$) e do vale (Figura. 9F $p = 0,030$).

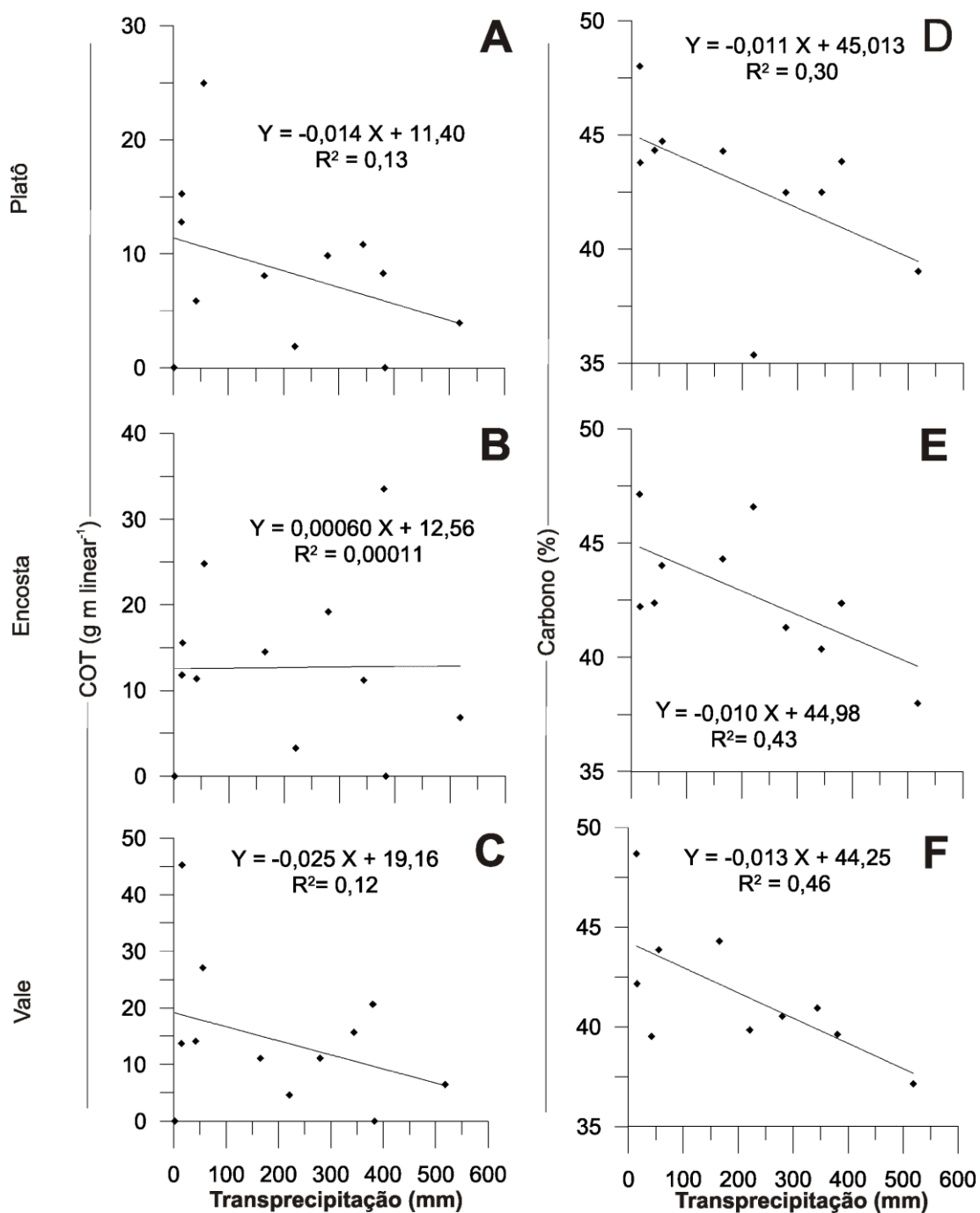


FIGURA 9. Relações entre movimento lateral e precipitação. A) Influência da precipitação no movimento lateral de COT no platô; B) na encosta e C) no vale. D) Influência

da precipitação na concentração de carbono na massa seca da liteira de movimento lateral no platô; E) na encosta, e F) no vale.

Embora as condições topográficas de uma bacia aliada a outras características de solo e vegetação, serem fator influenciador nas entradas de liteira por movimento lateral no sistema aquático (Marin et al., 2000), não foi identificado neste trabalho um padrão de entrada de liteira nos córregos relacionado ao relevo da bacia, dando idéia que fatores climáticos como a precipitação, podem influenciar mais na entrada de liteira nos córregos que a topografia, ou ainda o resultado é uma interação de fatores morfológicos e microclimáticos da bacia, como sugere McClain e Eisenbeer (2001).

4.4 Exportação de Liteira

A partir dos resultados das concentrações de carbono em cada amostra foi possível calcular o conteúdo exportado (Tabela 7). Da produção média ($11,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de liteira pela floresta, somente cerca de 0,004% foi exportada na forma particulada acima de 2 mm. Isso equivale a uma média de $0,4 \text{ kg de MOPG ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A concentração média, a de carbono na MOPG é de 41%, pouco menor que aquela encontrada na liteira produzida (47%), o que revela estágio inicial de decomposição desse material dentro dos córregos, um processo comum em canais de primeira ordem, de acordo com (Robertson et al., 1999).

TABELA 7. Exportação de matéria orgânica particulada (MOPG), carbono orgânico total (COT) e percentagem de carbono nas amostras de MOPG nas quatro microbacias durante o período estudado.

	----- Microbacias -----				Média
	1	2	3	4	
MOPG ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	0,2 (a)	0,5 (a)	0,8 (a)	0,3 (a)	0,4
Desvio padrão	0,2	0,8	0,8	0,3	0,6
Coef. variação	123,8	146,9	102,7	97,9	141,5
Carbono (%)	44,3 (a)	41,1 (ab)	38,1 (b)	40,6 (ab)	41
Desvio padrão	4,1	4,2	5,7	4,4	5,01
Coef. variação	9,4	10,1	15	10,7	12,2
COT ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)	0,1 (a)	0,2 (a)	0,3 (a)	0,1 (a)	0,2
Desvio padrão	0,1	0,4	0,3	0,1	0,3

Coef. variação	130,3	151,7	112,8	107,2	147,5
Médias seguidas de mesma letra não diferem para as microbacias pelo teste de Tukey a 5%.					

Em média obteve-se $0,2 \pm 0,3$ kg C ha⁻¹ ano⁻¹ (média \pm desvio padrão) saindo do sistema via particulada grossa (>2 mm), com dados variando de 0,1 a 0,3 kg C ha⁻¹ ano⁻¹ nas bacias. O que refletiu em alto desvio e coeficiente de variação dos dados de MOPG e COT. Os resultados encontrados neste trabalho foram menores que aqueles encontrados por Webster et al. (1995) em florestas de clima frio.

A exportação de carbono na matéria orgânica particulada pela água ao longo do ano (Figura 10), esteve fortemente condicionada à precipitação, com principais picos de exportação de carbono ocorrendo nos meses de janeiro a abril (meses das maiores precipitações).

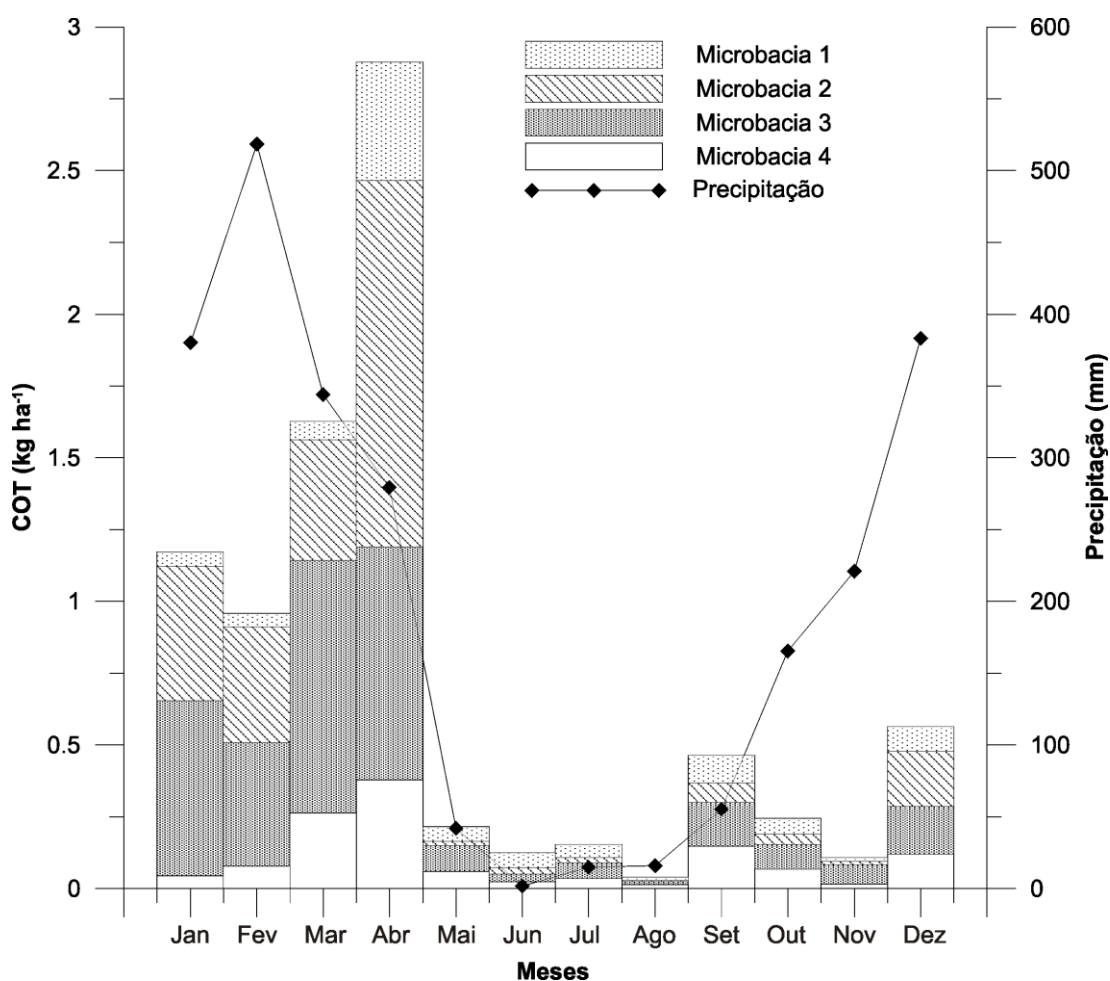


FIGURA 10. Exportação de carbono orgânico total via matéria orgânica particulada grossa e a precipitação nas microbacias ao longo do ano.

Estes resultados sugerem que a contribuição da matéria orgânica particulada grossa na exportação de carbono por canais de 1ª ordem, é bem menor do que foi estimada por alguns autores. Richey (2002), estudando as águas de dois dos maiores rios da Amazônia (Rio Negro e Solimões) havia estimado a contribuição da liteira na evasão de CO₂ em cerca de 35%.

Comparada a outras formas de saídas de carbono (CO₂, matéria orgânica particulada fina < 2mm, carbono orgânico dissolvido e carbono inorgânico dissolvido) em Juruena, estudadas por Johnson et al (submetido), a MOPG representou em média apenas 3,5% das saídas de carbono., ou seja cerca de 10 vezes menos que aquela estimada inicialmente por Richey et al. (2002).

Entretanto, os resultados encontrados nesse trabalho foram semelhantes aos resultados encontrados por Wallace et al. (1995), os quais verificaram que a MOPG, contribuiu com aproximadamente 1,8-3,8% do total de matéria orgânica exportada em florestas de clima frio (EUA). Os resultados de Shibata et al. (2001) em estudos na bacia do rio, Horonai na Floresta Experimental de Tomakomai (Japão), onde os quais encontraram que das saídas de carbono na forma particulada de 0,45 µm a 10 mm, representa cerca de 4% em relação as demais formas (COD e CID).

Tais resultados, mostram ainda, que o comportamento das saídas de carbono, nas diferentes formas pelo sistema aquático, varia em função da escala de abordagem. Ou seja, o comportamento de córregos de 1ª ordem é diferente de rios maiores como o Juruena ou o Amazonas, não permitindo extrapolação dos resultados para a Bacia Amazônica inteira, dada a diversidade de ambientes dentro desta.

Do mesmo modo que os dados de produção e movimentação de carbono, os resultados de exportação, tiveram desvios (DP), e coeficientes de variação (CV) considerados altos. Porém como argumentado anteriormente, devido a variabilidade natural deste tipo de dados. Embora, em média exista diferença na concentração de carbono nas amostras

coletadas no período chuvoso e seco, esta não foi estatisticamente significativa entre esses períodos (Tabela 8).

TABELA 8. Exportação de média matéria orgânica particulada (MOPG), carbono orgânico total (COT) e percentagem de carbono nas amostras de MOPG (Carbono %) nas bacias durante os períodos chuvoso e seco.

	Chuvoso	Seco	Média anual
MOPG (kg ha⁻¹ ano⁻¹)	0,8 b	0,13 a	0,4
Desvio padrão	0,8	0,01	0,6
Coef. variação	100,6	75,9	141,5
Carbono (%)	42,4 a	39,7 a	41,0
Desvio padrão	3,9	5,7	5,0
Coef. variação	9,3	14,3	12,2
COT (kg ha⁻¹ ano⁻¹)	0,30 b	0,05 a	0,18
Desvio padrão	0,33	0,04	0,26
Coef. variação	107,0	77,4	147,5
% de MOPG exportada	86	14	

Médias seguidas de mesma letra não diferem para os períodos pelo teste de Tukey a 5%.

A exportação de MOPG e COT nas microbacias apresentaram diferença significativa em relação a época do ano, com média de 86% das exportações ocorrendo no período chuvoso (Tabela 8), indicando a forte ligação das entradas de liteira nos canais em função do ciclo hidrológico nas microbacias. Ligação esta observada, por meio de análise de regressão linear simples, obteve-se uma correlação positiva, e significativa ($p= 0,067$) para os resultados de exportação de carbono com os dados de precipitação (Figura 11A) e vazão ($p=0,0077$) (Figura 11B).

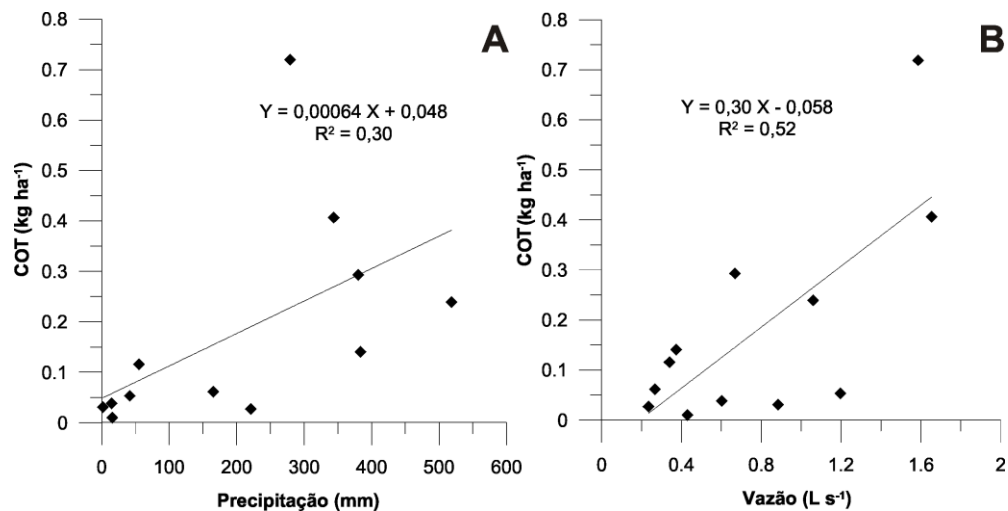


FIGURA 11. Correlação entre a exportação de carbono (média das bacias) com a precipitação (A) e vazão dos córregos (B) durante o ano.

Os fluxos de exportação de MOPG estiveram ligados à precipitação, principalmente pela formação de escoamento superficial que por sua vez aumentou a vazão dos canais. Dados semelhantes foram obtidos por Wallace et al. (1991,1995) e Scarsbrook et al. (2001) em córregos na Carolina do Norte (EUA). Estes autores observaram que a exportação anual de matéria orgânica particulada foi fortemente relacionada às principais descargas. Resultados semelhantes, também aos encontrados por Mulholland (1997), analisando dados de várias partes do mundo.

O comportamento de exportação de carbono foi semelhante para as quatro microbacias, ocorrendo sazonalidade na exportação, com o mês de abril correspondendo ao período em que houve a maior quantidade de carbono saindo do sistema (40% do total de COT exportado), para as bacias 1 e 2. A exportação de matéria orgânica particulada se concentrou nos meses de janeiro a abril (75% do total exportado) (Figura 12).

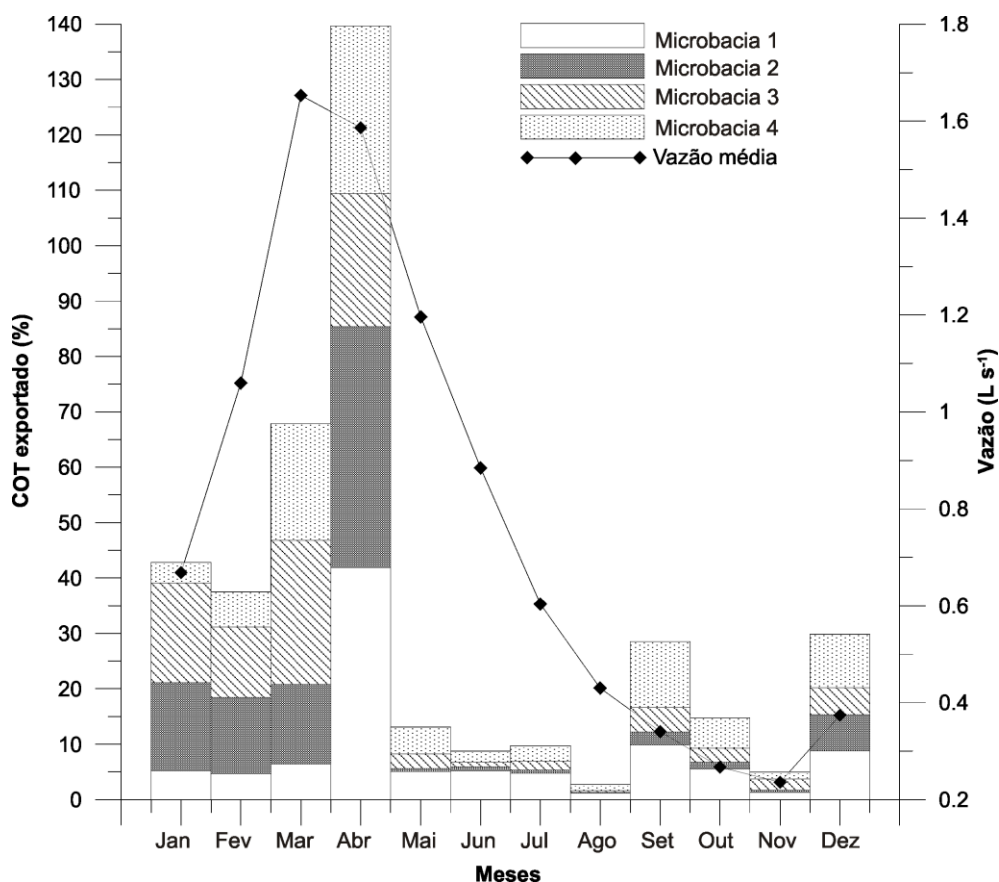


FIGURA 12. Dinâmica da exportação de carbono, nas quatro microbacias.

Os padrões de exportação de liteira pelos córregos, foram sempre relacionados à vazão destes, que por sua vez, está associada à precipitação local, semelhantes aos encontrados por Monteiro (2005) em floresta Amazônica em Manaus.

Contudo, pode-se observar que a precipitação de maior volume ocorreu em fevereiro (Figura 10), enquanto a maior vazão ocorreu em março (Figura 12). Provavelmente, o teor de água do solo, proporcionado por condições de precipitação anterior aliada à forma da bacia e à área de captação, influenciaram o comportamento da água no solo, o que pode ter facilitado maior escoamento neste período (Silveira, 1993 e Mortatti e Probst, 2003).

Quanto ao tamanho das partículas exportadas das bacias analisadas, obteve-se, em média, um maior conteúdo de material vegetal na fração pequena durante o mês chuvoso que no seco (Tabela 9).

TABELA 9. Exportação média de matéria orgânica particulada grossa (MOPG), carbono orgânico total (COT) e percentagem de carbono nas amostras (C %) nas partículas de Fração Grande (>8 mm), Fração média (8 a 2 mm) e Fração pequena (<2 mm) durante os períodos chuvoso e seco nas microbacias 3 e 4.

	----- Chuvoso -----			----- Seco -----		
	MOPG (g)	C (%)	COT (g)	MOPG (g)	C (%)	COT (g)
Fração grande	17,6 a	37,2 a	6,5 a	45,0 a	37,2 a	17,0 a
Desvio padrão	8,3	1,8	3,1	30,9	3,8	12,3
Coef. variação	47,3	4,7	47,1	68,6	10,2	72,5
Fração média	17,2 a	37,2 a	6,4 a	5,0 b	32,5 a	1,7 b
Desvio padrão	7,4	0,6	2,7	3,3	6	1,3
Coef. variação	43,1	1,6	42,5	66,3	18,6	77,8
Fração pequena	29,1 a	29,9 a	8,4 a	2,4 b	27,1 a	0,7 b
Desvio padrão	16,6	7,7	5,3	0,9	4,2	0,3
Coef. variação	57,2	25,7	62,7	38,5	15,6	49,2

Médias seguidas de mesma letra não diferem para os períodos chuvoso e seco pelo teste de Tukey a 5% .

Em termos de proporção, existe em torno de 12 vezes mais carbono saindo das bacias no período chuvoso que no seco, na forma de fração pequena, e aproximadamente quatro vezes na forma de fração média. Contudo, esta relação praticamente se inverte no período seco para a fração grande, existindo cerca de três vezes mais carbono saindo nesse período nesta fração do que período chuvoso. Este maior conteúdo de liteira exportado pela fração pequena no período chuvoso (Tabela 9), pode ser explicado pela ação de macro e microorganismos detritívoros antes desse material entrar no córrego, dentro ou ainda ser quebrado por movimentação pela água durante o percurso até entrar no canal de drenagem.

Em média, a concentração de carbono das amostras decresceu com o tamanho da partícula analisada, ou seja, quanto menor o tamanho da partícula menor o seu conteúdo de carbono. Resultados semelhantes aos encontrados por Shibata et al. (2001), provavelmente, isto se deve a existência de uma fase mais adiantada de decomposição das partículas menores.

No período chuvoso, ocorreu exportação de maior quantidade de partículas vegetais da fração pequena (FP) (aproximadamente 45% do total), já no período seco a situação se inverte, ou seja, quase a totalidade (cerca

de 90%) do material exportado era de partículas do tamanho grande FG (Figura 13). A fração média FM, apresentou comportamento semelhante à fração FP, com maior percentual exportado no período seco.

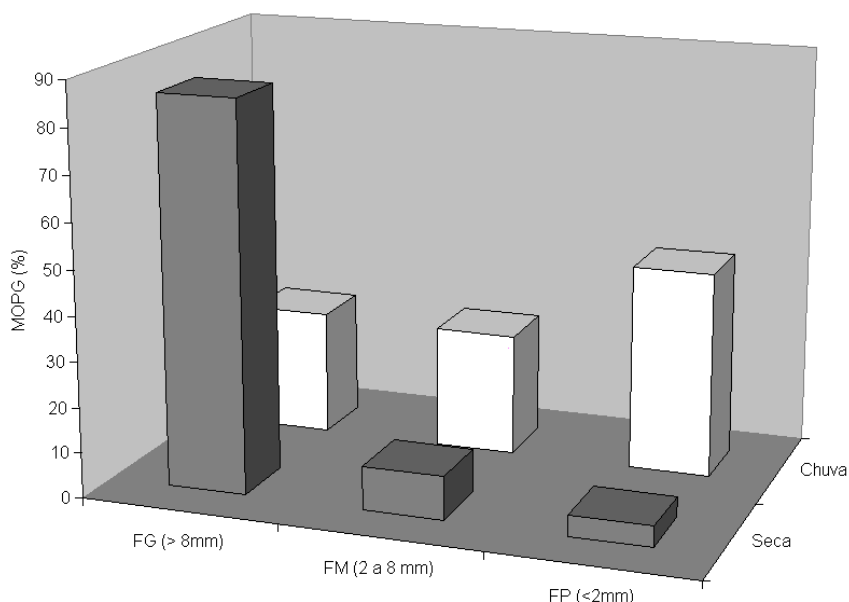


FIGURA 13. Percentual da fração exportada de acordo com o tamanho das partículas nas duas épocas do ano.

Provavelmente o alto conteúdo de partículas na FG, deve-se a queda direta da liteira pela mata ripária no canal de drenagem, já que nessa época (seca) há maior taxa de deposição de liteira, que aliada a baixa precipitação, não predispõe a formação de escoamento superficial que normalmente arrasta partículas menores, o que acontece na época chuvosa.

Considerando-se que o tamanho da partícula influencia na sua decomposição, quando esta entra no sistema aquático, haverá maior energia entrando nesse sistema e, por conseguinte, mais carbono saindo na forma de gás ou particulado nas águas de drenagem por consequência das chuvas.

A pouca quantidade de carbono que deixa o sistema terrestre e passa fazer parte do sistema aquático indica um sistema bastante equilibrado, no que se refere à exportação na forma particulada. No entanto, estas saídas devem ser levadas em consideração no balanço global de carbono nas

florestas, tendo em vista que a região Amazônica detém grande parte de sua área como floresta de terra firme (Hess et al., 2003).

5 CONCLUSÕES

1 - A produção de carbono pela floresta foi em média 5,0 t ha ano, com cerca de metade dessa produção concentrada no período seco, sendo este cerca de três vezes maior que a produção no período chuvoso.

2 - As exportações de carbono, ao contrário da produção, estiveram fortemente relacionadas ao período das chuvas e conseqüentemente a vazão dos córregos.

3 - A exportação de carbono via partículas da liteira pelas águas de drenagem das microbacias, ao contrário do se pensava inicialmente, representa menos de 1% da quantidade produzida.

4 - A divisão da área das bacias em segmentos de paisagem platô, encosta e vale adotados neste trabalho, não foram fatores considerados definidores de padrões de entradas de carbono nos córregos por movimento lateral das microbacias estudadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos ecossistemas tropicais, existe uma grande dificuldade de se chegar a uma medida que represente a grandeza dos eventos, face a sua complexa gama de fatores que interferem nas medições. Entretanto, algumas medidas para minimizar as interferências e sugestões podem ser descritas para trabalhos posteriores.

- **Coleta de liteira por movimento lateral.**

É interessante nesse tipo de medição, o emprego de coletores que evitassem a interferência do próprio relevo na entrada de material. Visto que em posições íngremes o coletor de movimento lateral de liteira se comporta mais como um coletor de liteira de movimento vertical. Uma solução, seria o prolongamento da parte superior que cobre o coletor o suficiente para evitar a queda direta da liteira.

Outro aspecto, são as medições de velocidade do vento dentro da mata em diferentes alturas. Isto poderia ajudar a explicar o movimento lateral ocasionado pelo vento, ou influência deste neste tipo de movimento nas entradas de liteira nos córregos.

- **Tipo de coleta**

Existe ainda em ambiente amazônico uma carência de dados de deposição direta de liteira nos canais de drenagem. Outros trabalhos tentando quantificar a deposição direta nos canais de drenagem, seria interessante, já que grande parte das entradas de material vegetal nos rios advém das matas ripárias. Além disso, as medidas devem contemplar canais de 1ª, 2ª, 3ª ou mais ordens, com vista à quantificar as mudanças que ocorrem no balanço do carbono em diferentes escalas de abordagem dos rios amazônicos.

Além das medidas de entrada e saídas na forma particulada, deve-se focar as outras formas (CID, COD, CO₂), pois estes representam as maiores quantidades exportadas via hídrica em microbacias (Johnson et al. Submetido). Tudo isso, pode auxiliar no entendimento de comporta a Bacia Amazônica em relação ao ciclo do carbono e as mudanças climáticas da terra.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABER, J. D. MELILLO, J. M. Litter decomposition: Measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soils. Canadian Journal of Botany, v.58, p.416-421. 1980.

AIDAR, M. P. M. JOLY, C. A. Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. Revista Brasil. Bot., v.26, n.2, jun. 2003, p.193-202. 2003.

AIDAR, M. P. M.; MARTINEZ, C. A.; COSTA, A. C.; COSTA, P. M. F.; DIETRICH, S. M. C. BUCKERIDGE, M. S. Effect of atmospheric CO₂ enrichment on the establishment of seedlings of jatobá, *Hymenaea courbaril* L. (Leguminosae, Caesalpinioideae). Biota Neotropica, v.2, n.1. 2002.

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; P, M.; PACHECO, P.; VERA DIAZ, M. D. C. SOARES FILHO, B. Desmatamento na amazônia: indo além da "emergência crônica". Belém PA.: IPAM. 2004. 89 p.

ALENCASTRO GRAÇA, P. M. L. D.; FEARNSIDE, P. M. CERRI, C. C. Burning of amazonian Forest in Ariquemes Rondonia, Brazil: Biomass, charcoal formation and burning efficiency. Forest Ecology and Management, v. 120, p.179-191. 1999.

ALVARENGA, M. I. N.; SIQUEIRA, J. O. DAVIDE, A. C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. Ciências Agrotecnicas, v.23, n.3, Julho/Setembro, p.617-625. 1999.

ANDREAE, M. O.; ROSENFELD, D.; ARTAXO, P.; COSTA, A. A.; FRANK, G. P.; LONGO, K. M. SILVA-DIAS, M. A. F. Smoking Rain Clouds over the Amazon. Science, v.303, 27 February, p.1337-1342. 2004.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V. FERRARI, S. H. D. S. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestral implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. Revista Árvore, v.27, n.5, p.715-721. 2003.

ARAÚJO, A. C.; NOBRE, A. D.; KRUIJT, B.; ELBERS, J. A.; DALLAROSA, R.; STEFANI, P.; RANDOW, C. V.; MANZI, A. O.; CULF, A. D.; GASH, J. H. C.; VALENTINI, R. KABAT, P. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. Journal of Geophysical Research, v.107, n.NO. D20, p.1-20. 2002.

ARAUJO, R. S. D. Chuvas de sementes e deposição de serrapilheira em três sistemas de revegetação de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, RJ. (Dissertação de mestrado). Departamento Ciências Ambientais e Florestais, UFRRJ, Seropéica RJ, 2002. 113 p.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. D. ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha São Paulo. Revista Árvore, v.27, n.2, p.257-262. 2003.

BENFIELD, E. F. Comparison of litterfall input to streams. In: Webster, J. R. Meyer, J. L. (Ed.). Stream organic matter budgets, v.16, 1997. Comparison of litterfall input to streams, p.104-109

BETTARINI, I.;VACCARI, F. P. MIGLIETTA, F. Elevated CO₂ concentrations and stomatal density: observations from 17 plant species growing in a CO₂ spring in central Italy. Global Change Biology, v.4, p.1365-2486. 1998.

BIONTE. Biomassa e nutrientes florestais. Relatório final INPA/DFID. INPA/DFID. Manaus, p.345. 1997

BORÉM, R. A. T. RAMOS, D. P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de mata atlântica. Cerne, v.8, n.2, 2002, p.044-061. 2002.

BRASIL. Folha SC.21 - Juruena. Projeto RADAMBRASIL.Secretaria Geral. Lev. De Rec. Naturais. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia 1980.

BUURMAN, P.;LAGEN, V. B. VELTHORST, E. J. Manual for soil and water analysis. Leiden The Netherlands: Backhuys publishers. 1996. 314 p.

CAMARGOS, J. A. A.;CORADIN, V. T. R.;CZARNESKI, C. M.;OLIVEIRA, D. D. MEGUERDITCHIAN, I. Catálogo de árvores do Brasil. Brasília: IBAMA-Laboratório de Produtos Florestais. 2001. 896 p.

CHAN, Y. H. Storage and release of organic carbon in Peninsular Malaysia. International Journal of Environmental Studies, v.18, p.211-222. 1982.

CLAEYS, M.;GRAHAM, B.;VAS, G.;WANG, W.;VERMEYLEN, R.;PASHYNSKA, V.;CAFMEYER, J.;GUYON, P.;ANDREAE, M. O.;ARTAXO, P. MAENHAUT, W. Formation of secondary organic aerosols through photooxidation of Isoprene. Science, v. 303, n., 20 FEBRUARY, p.1173-1176. 2004.

CLARK, D. A.;BROWN, S.;KICKLIGHTER, D. W.;CHAMBERS, J. Q.;THOMLINSON, J. R.;NI, J. HOLLAND, E. A. Net primary production in tropical forests: An evaluation and synthesis of existing field data. Ecological Applications, v. 11, p.371-384. 2001.

CLARK, D. A.;PIPER, S. C.;KEELING, C. D. CLARK, D. B. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. PNAS, v.100, n.10, 13 may, p. 5852-5857. 2003.

CONWAY, D. R.;FRANKLAND, J. C.;SAUNDERS, V. A. WILSON, D. R. Effects of elevated atmospheric CO₂ on fungal competition and decomposition of *Fraxinus excelsior* litter in laboratory microcosms. Mycology Research, v.104, p.187-197. 2000.

CORREIA, M. E. F. ANDRADE, A. G. D. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G. A. E. C., F. A. O. (Ed.). Fundamentos

da matéria orgânica do solo. Ecosistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre RS: Gênese, 1999. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes., p.209-214

COUTO, E. G. OLIVEIRA, V. Á. D. Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do imóvel da Rohden Industria Lignea LTDA, município de Juruena/MT. UFMT/IBGE. CUIABÁ, p.92. 2003

CUEVAS, E. MEDINA, E. "Nutrient dynamics within amazonian forest ecosystems. I. Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization". Oecologia, v.68, p.466-472. 1986.

CUMMINS, K. W.;SEDELL, J. R.;SWANSON, F. J.;MINSHALL, G. W.;FISHER, S. G.;CUSHING, C. E.;PETERSON, R. C. VANNOTE, R. L. Organic matter budgets for stream ecosystems: problems in their evaluation. In: Barnes, J. R.Minshall, G. W. (Ed.). Stream ecology: application and testing of general ecological theory. New York: Plenum Press, 1983. Organic matter budgets for stream ecosystems: problems in their evaluation., p.299-353

DOLLOFF, C. A. WEBSTER, J. R. Particulate organic contributions from forests to streams: debris isn't so bad. In: E.S. Verry, J. W. H., and C.A. Dolloff (Ed.). Riparian management in forests of the continental eastern United States. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers, 2000. Particulate organic contributions from forests to streams: debris isn't so bad.

FIORETTO, A. P., STEFANIA;FUGGI, AMODIO. Litter-fall and litter decomposition in a low Mediterranean shrubland. Biol Fertil Soils, v.39, 10 October, p.37-44. 2003.

FONSECA, K. T. As florestas tropicais, carbono e sociedade. Rede Internacional de Comunicação CTA-JMA: Portal Revista árvore. 2003: http://www.arvore.com.br/artigos/htm_2003/ar2005_2001.htm p. 2003.

FONTANA, A.;PEREIRA, M. G.;NASCIMENTO, G. B. D.;ANJOS, L. H. C. D. EBELING, A. G. M.O em Solos de Tabuleiros na Região Norte Fluminense - RJ. Revista Floresta e Ambiente., v. 8, n.1 Jan./Dez, p.114-119. 2001.

GARTEN, C. T. J.;HUSTON, M. A. THOMAS, C. A. Topographic variation of soil nitrogen dynamics at Walker Branch watershed, Tennessee. Forest Science, v.40, p.497-512. 1994.

GRACE, J.;LLOYD, J.;MCINTYRE, J.;MIRANDA, A. C.;MEIR, P.;MIRANDA, H.;NOBRE, C. A.;MONCRIEFF, J. M.;MASSHEDER, J.;MALHI, Y.;WRIGHT, I. R. GASH, J. H. C. Carbon dioxide uptake by an undisturbed tropical rain forest in South-West Amazonia. Science, v.270, n.1992-1993, p.778-780. 1995.

HAAG, H. P. Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais. Campinas SP. 1985. 144 p.

HALL, R. O. A stream's role in watershed nutrient export. PNAS, v. vol 100, n. nº 18, September 2003, p.p.10137-10138. 2003.

HALL, R. O.;WALLACE, J. B. EGGERT, S. Organic matter flow in stream food webs with reduced detrital resource base. Ecology, v.81, n.12, p.3445–3463. 2000.

HARRIS, G. P. Comparison of the biogeochemistry of lakes and estuaries: ecosystem processes, functional groups, hysteresis effects and interactions between macro- and microbiology. Marine and Freshwater Research, v.50, p.791-811. 1999.

HERRERA, R.;JORDAN, C. F.;KLINGE, H. MEDINA, E. Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. Interciencia, v.3, n.4, p.223–231. 1978.

HESS, L. L.;MELACK, J. M. NOVO, E. M. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. Remote Sensing of Environment, v.87, p.404-428. 2003.

HIGUCHI, N.;RIBEIRO, R. J.;MINETTE, L. BIOT, Y. Biomassa da parte aérea da vegetação da floresta tropical úmida de terra-firme da Amazônia Brasileira. Acta Amazonica, v.28, p.153-166. 1998.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the Geological Society of America, v.56, p.275-370. 1945.

HOUGHTON, R. A.;LAWRENCE, K. T. H. J. L. BROWN, S. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. Global Change Biology, v.7, p.731-746. 2001.

HUGHES, J. W. FAHEY, T. J. Litterfall dynamics and ecosystem recovery during forest development. Forest Ecology and Management, v. 63, n.2-3, February 1994, p.181-198. 1994.

IBGE. Biomass do Brasil. Mapas de biomas e vegetação 2004.

IBGE. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro. 1992. 92 p. (Manuais técnicos em geociências nº 1)

IBGE. Projeto Zoneamento das Potencialidades dos Recursos Naturais da Amazônia Legal. Rio de Janeiro: IBGE/SUDAM. 1990. 212 p.

IPAM. Efeito da seca prolongada na Amazônia: quando a floresta torna-se inflamável? Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, Abril de 2002, p.15. 2002

IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 2001. 881 p.

JOHNSON, M. Terrestrial-aquatic carbon flux. Brasília 2004.

KEELING, C. D. WHORF, T. P. Atmospheric CO₂ concentrations (ppmv) derived from in situ air samples collected at Mauna Loa Observatory, Hawaii. Scripps Institution of Oceanography (SIO). La Jolla, California USA: University of California 2004.

KNAPP, A. K.; COCKE, M.; HAMERLYNCK, E. P. E., O. C. Effect of elevated CO₂ on stomatal density and distribution in a C₄ grass and a C₃ forb under field conditions. Annals of Botany, v.74, p.595-599. 1994.

LAURANCE, W. F.; OLIVEIRA, A. A.; LAURANCE, S. G.; CONDIT, R.; NASCIMENTO, H. E. M.; SANCHEZ-THORIN, A. C.; LOVEJOY, T. E.; ANDRADE, A.; D'ANGELO, S.; RIBEIRO, J. E.; DICK, C. W. Pervasive alteration of tree communities in undisturbed Amazonian forests. Nature, v.428, march, p.171-175. 2004.

LEVINE, J. S. Biomass Burning and the Production of Greenhouse Gases. In: Zepp, R. G. (Ed.). Climate Biosphere Interactions: Biogenic Emissions and Environmental Effects of Climate Change. John Wiley and Sons, 1994. Biomass Burning and the Production of Greenhouse Gases, p.139-159

LIMA, W. D. P. ZAKIA, M. J. B. Hidrologia Florestal: Hidrologia de Matas Ciliares. IPEF: IPEF 2004.

LIMA, W. P.; JARVIS, P. RHIZOPOULOU, S. Stomatal responses of Eucalyptus species to elevated CO₂ concentration and drought stress. Scientia Agrícola, v. 60, n. 2, p.231-238. 2003.

LOBO, F. D. A. Alterações na assimilação e metabolismo do carbono em plantas de soja sob condições de atmosfera enriquecida com CO₂. (Tese de Doutorado). Doutorado Fisiologia vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 2003. 121 p.

LOLADZE, I. Rising atmospheric CO₂ and human nutrition: toward globally imbalanced plant stoichiometry? Trends in Ecology & Evolution, v.17, p.457-461. 2002.

LUIZÃO, F. J. Litter production and mineral element input to the forest in a Central Amazonian forest. Geojournal, v.19, n.4, p. p 407-417. 1989.

LUIZÃO, F. J. LUIZÃO, R. C. C. Matéria orgânica do solo em Roraima. In: Barbosa, R. I., Ferreira, E. Castellon, E. (Ed.). Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima. Manaus AM.: INPA, 1997. Matéria orgânica do solo em Roraima., p.613p.

LUIZÃO, R. C. C.;LUIZÃO, F. J.;PAIVA, R. Q.;MONTEIRO, T. F.;SOUZA, L. S. KRUIJT, B. Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian Forest. Global Change Biology., v.10, p.592-600. 2004.

MAGANA, A. E. M. Litter input from riparian vegetation to streams: a case study of the Njoro River, Kenya. Hydrobiologia, v. 458, p.141–149. 2001.

MALHI, Y.;T.R., B.;PHILLIPS, O. L.;ALMEIDA, S.;ALVAREZ, E.;ARROYO, L.;CHAVE, J.;CZIMCZIK, C. I.;DI FIORE, A.;HIGUCHI, N.;KILLEEN, T. J.;LAURANCE, S. G.;LAURANCE, W. F.;LEWIS, S. L.;MONTROYA, L. M. M.;MONTEAGUDO, A.;NEILL, D. A.;VARGAS, P. N.;PATINO, S.;PITMAN, N. C. A.;QUESADA, C. A.;SALOMAO, R. SILVA, J. N. M. The above-ground coarse wood productivity of 104 Neotropical forest plots. Global Change Biology, v.10, p.563-591. 2004.

MANSFIELD, T. A. Stomata and plant water relations: does air pollution create problems? Environmental pollution., v.101. 1998.

MARIN, C. T.;BOUTEN, I. W. DEKKER, S. Forest floor water dynamics and root water uptake in four forest ecosystems in northwest Amazonia. Journal of Hydrology, v.237, n.3-4, 21 November, p. 169-183. 2000.

MCCLAIN, M. E. The Relevance of biogeochemistry to amazon development and conservation. In: McClain, M. E., Victoria, R. L.Richey., J. E. (Ed.). The Biogeochemistry of the amazon basin.: Oxford University press, 2001. The Relevance of biogeochemistry to amazon development and conservation, p.384

MCCLAIN, M. E. ELSENBEER, H. Terrestrial Inputs to Amazon Streams and Internal Biogeochemical Processing. In: McClain, M. E., Victoria, R. L.Richey, J. E. (Ed.). The Biogeochemistry of the Amazon Basin: Oxford University Press, 2001. Terrestrial Inputs to Amazon Streams and Internal Biogeochemical Processing, p.185-208

MCCLAIN, M. E. RICHEY, J. E. Regional-scale linkages of terrestrial and lotic ecosystems in the Amazon basin: a conceptual model for organic matter. Archiv für Hydrobiologie Suppl, v.113, p.111-125. 1996.

MELACK, J. M. FORSBERG, B. R. Biogeochemistry of Amazon Floodplain Lakes and Associated Wetlands. In: McClain, M. E., Victoria, R. L. Richey, J. E. (Ed.). The Biogeochemistry of the Amazon Basin: Oxford University Press, 2001. Biogeochemistry of Amazon Floodplain Lakes and Associated Wetlands, p.235-274

MELACK, J. M.; HESS, L. L.; GASTIL, M.; FORSBERG, B. R.; HAMILTON, S. K.; LIMA, I. B. T. NOVO, E. M. L. M. Regionalization of methane emissions in the Amazon Basin with microwave remote sensing. Global Change Biology, v.10, p.530–544. 2004.

MEYER, J. L.; WALLACE, J. B. EGGERT, S. L. Leaf litter as a source of dissolved organic carbon in streams. Ecosystems, v.1, p.240–249. 1998.

MONTEIRO, M. T. F. Interações na dinâmica do carbono e nutrientes da liteira entre a floresta de terra firme e o igarapé de drenagem na Amazônia Central. (Dissertação de Mestrado) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia -INPA., Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Manaus, 2005. 105 p.

MORAN, J. A.; BARKER, M. G.; MORAN, A. J.; BECKER, P. ROSS, S. M. A Comparison of the Soil Water, Nutrient Status, and Litterfall Characteristics of Tropical Heath and Mixed-Dipterocarp Forest Sites in Brunei. Biotropica, v.32, n.1, p.2–13. 2000.

MORTATTI, J. PROBST, J.-L. Silicate rock weathering and atmospheric/soil CO₂ uptake in the Amazon basin estimated from river water geochemistry: seasonal and spatial variations. Chemical Geology, v.197, p.177– 196. 2003.

MORTATTIA, J. PROBSTB, J.-L. Silicate rock weathering and atmospheric/soil CO₂ uptake in the Amazon basin estimated from river water geochemistry: seasonal and spatial variations. Chemical Geology, v.197, p.177– 196. 2003.

MULHOLLAND, P. J. Dissolved organic matter concentration and flux in streams. In: Meyer, J. R. W. A. J. L. (Ed.). Stream Organic Matter Budgets: The North American Benthological Society, v.16, 1997. Dissolved organic matter concentration and flux in streams., p.131-141

NEMANI, R. R.; KEELING, C. D.; HASHIMOTO, H.; JOLLY, W. M.; PIPER, S. C.; TUCKER, C. J.; MYNENI, R. B. RUNNING, S. W. Climate-Driven Increases in Global Terrestrial Net Primary Production from 1982 to 1999. Science, v.300, 6 June, p.1560-1563. 2003.

NOBRE, C. A. Amazônia e o carbono atmosférico: Estudos detalhados devem indicar mais claramente o papel da Amazônia no clima global. Scientific American Brasil. Número 6 2002.

NOVAES FILHO, J. P. Variabilidade espacial de propriedades de solo em microbacias sob vegetação de floresta na Amazônia meridional: (Dissertação de Mestrado) Universidade Federal de Mato Grosso. Agricultura tropical. 2005. 100p.

O'CONNOR, N. A. The effects of habitat complexity on the macroinvertebrates colonising wood substrates in a lowland stream. Oecologia, v.85, p.504-512. 1991.

O'NEILL, R. V. DE ANGELIS, D. L. Comparative productivity and biomass relations of Forest ecosystems. In: Reichle, D. E. (Ed.). Dynamic properties of forest ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. Comparative productivity and biomass relations of Forest ecosystems, p.411-449

PAGANO, S. N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. Revista Brasileira de Biologia, v.49, n.3, Agos. de 1989, p.633-639. 1989.

PHILLIPS, O. L.;MALHI, Y.;HIGUCHI, N.;LAURENCE, W. F.;NÚÑES, P. V.;VÁSQUEZ, R. M.;LAURENCE, S. G.;FERREIRA, L. V.;STERN, M.;BROWN, S. GRACE, J. Changes in the carbon balance of tropical forests: Evidence from long-Term plots. Science, v.282, 16 october, p.439-441. 1998.

PINNA, M. BASSET, A. Summer drought disturbance on plant detritus decomposition processes in three River Tirso (Sardinia, Italy) sub-basins. Hydrobiologia, v.522, n.1-3, July 2004, p.311-319. 2004.

PINTER, P. J.;KIMBALL, B. A.;WALL, G. W.;LAMORTE, R. L.;HUNSAKER, D. J.;ADAMSEN, F. J.;FRUMAU, K. F. A.;VUGTS, H. F.;HENDREY, G. R.;LEWIN, K. F.;NAGY, J.;JOHNSON, H. B.;WECHSUNG, F.;LEAVITT, S. W.;THOMPSON, T. L.;MATTHIAS, A. D. BROOKS, T. J. Free-air CO₂ enrichment (FACE): blower effects on wheat canopy microclimate and plant development. Agricultural and Forest Meteorology, v.103, n.4, p.319-332. 2000.

POORTER, H. SOBA, M. P. The growth response of plants to elevated CO₂ under non-optimal environmental conditions. Oecologia, v.129, p.1-20. 2001.

PROCTOR, J. Tropical forest litter fall: Problems of data comparison. In: Sutton, S. L., Whitmore, T. C.Chadwick, A. C. (Ed.). Tropical Rain Forest: Ecology and Management: Oxford: Blackwell Scientific Publications., 1983. Tropical forest litter fall: Problems of data comparison, p.267-273

QUEIROZ, A. F. Dinâmica da ciclagem de nutrientes contidos na serrapilheira em um fragmento de mata ciliar no Estado de São Paulo. UNESP - Botucatu., UNIVERSIDADE EST.PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA

FILHO/BOTUCATU - AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA). Botucatu SP, 1999. 93 p.

RESENDE, M.;CURI, N.;RESENDE, S. B. CORRÊA, G. D. "Microbacias Hidrográficas". Minas Gerais. 2002. 338 p. p. (Pedologia: Base para distinção de Ambientes)

REYNOLDS, B. FENNER, N. Export of organic carbon from peat soils. NATURE, v.412, 23 AUGUST 2001. 2001.

RICHEY, J. E.;MELACK, J. M.;AUFDENKAMPE, A. K.;BALLESTER, V. M. HESS, L. L. Outgassing from Amazonian rivers and wetlands as a large tropical source of atmospheric CO₂. NATURE, v.416, n.6881, 11 Abr 2002, p.617-620. 2002.

ROBERTSON, A. I.;BUNN, S. E.;BOON, P. I. WALKER, K. F. Sources, sinks and transformations of organic carbon in Australian floodplain rivers. Marine Freshwater Research, v. 50, p.813-829. 1999.

ROUMET, C.;GARNIER, E.;SUZOR, H.;SALAGER, J. L. ROY, E. J. Short and long-term responses of whole-plant gas exchange to elevated CO₂ in four herbaceous species. Environmental and Experimental Botany, v.43, p.155-169. 2000.

ROYER, D. L. Stomatal density and stomatal index as indicators of paleoatmospheric CO₂ concentration. Review of Palaeobotany and Palynology, v.114, p.1-28. 2001.

SALESKA, S. R.;MILLER, S. D.;MATROSS, D. M.;GOULDEN, M. L.;WOFSY, S. C.;ROCHA, H. R. D.;CAMARGO, P. B. D.;CRILL, P.;DAUBE, B. C.;FREITAS, H. C. D.;HUTYRA, L.;KELLER, M.;KIRCHHOFF, V.;MENTON, M.;WILLIAMMUNGER, J.;PYLE, E. H.;RICE, A. H. SILVA, H. Carbon in Amazon Forests: Unexpected Seasonal Fluxes and Disturbance-Induced Losses. Science, v.302, n.28, November 2003, p.1554-1557. 2003.

SALOMÃO, R. P.;NEPSTAD, D. VIEIRA, I. C. G. Biomassa e estoque de carbono de florestas tropicais primárias e secundárias. In: Gascon, C.Moutinho, P. (Ed.). Floresta Amazônica: Dinâmica, Regeneração e Manejo. Manaus-AM.: INPA, 1998. Biomassa e estoque de carbono de florestas tropicais primárias e secundárias., p. 99-120.

SCARSBROOK, M. R.;QUINN, J. M.;HALLIDAY, J. MORSE, R. Factors controlling litter input dynamics in streams draining pasture, pine, and native forest catchments. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, v.35, p.751-762. 2001.

SEPLAN. Diagnóstico Sócio-Econômico-Ecológico do Estado de Mato Grosso. Seplan: Governo do

Estado de Mato Grosso. CD-ROM 2001.

SHERWOOD, B.;CRAIG, D. KEITH, F., Eds. The specter of species extinction will global warming decimate earth's biosphere? Washington, USA: George C. Marshall Institute, p.51ed. 2003.

SHIBATA, H.;MITSUHASHI, H.;MIYAKE, Y. NAKANO, S. Dissolved and particulate carbon dynamics in a cool-temperate forested basin in northern Japan. HYDROLOGICAL PROCESSES, v.15, p.1817–1828. 2001.

SILVEIRA, A. L. L. D. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Tucci, C. E. M. (Ed.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: EDUSP, 1993. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica, p.943

SIPAM. Sistema de proteção da amazônia: "Uma questão de soberania". Ambiente, M. D. M.: 31 p. 2004.

TATENO, R. TAKEDA, H. Forest structure and tree species distribution in relation to topography-mediated heterogeneity of soil nitrogen and light at the forest floor. Ecological Research, v.18, n.5, September 2003, p. 559. 2003.

TEIXEIRA, L. B.;OLIVEIRA, R. F. D. MARTINS, P. F. D. S. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. Ciências agrárias, n.36, jul./dez., p.19-27. 2001.

TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: Tucci, C. E. M. (Ed.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: EDUSP, 1993. Escoamento superficial, p.391-441

VITAL, A. R. T.;LIMA, W. D. P.;POGGIANI, F. CAMARGO, F. R. A. D. Biogeoquímica de uma microbacia após o corte raso de uma plantação de eucalipto de 7 anos de idade. Scientia Forestalis, n.55, p.17-28. 1999.

WALLACE, J. B.;CUFFNEY, T. F.;WEBSTER, J. R.;LUGTHART, G. J.;CHUNG, K. GOLDOWITZ, B. S. Export of fine organic particles from headwater streams: Effects of season, extreme discharges, and invertebrate manipulation. Limnol. Oceanogr., v.36, n.4, p.670-682. 1991.

WALLACE, J. B.;EGGERT, S. L.;MEYER, J. L.;WEBSTER, J. R. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. Science, v.277, p.102-104. 1997.

WALLACE, J. B.;WHILES, M. R.;EGGERT, S.;CUFFNEY, T. F.;LUGTHART, G. J. CHUNG, K. Long-term dynamics of coarse particulate organic matter in three Appalachian Mountain streams. Journal of the North American Benthological Society, v.14, p.217-232. 1995.

WEBSTER, J. R.; WALLACE, J. B. BENFIELD, E. F. Organic matter processes in streams of the eastern United States. In: Cushing, C. E., Cummins, K. W. Minshall, G. W. (Ed.). River and stream ecosystems. Amsterdam: Elsevier, 1995. Organic matter processes in streams of the eastern United States, p.117-187

WHEELER, R. M.; MACKOWIAK, C. L.; YORIO, N. C. SAGER, J. C. Effects of CO₂ on stomatal conductance: do stomata open at very high CO₂ concentrations? Annals of botany, v.83, p.243-251. 1999.

WILDING, L. P. DREES, L. R. Spatial variability and pedology. In: (Eds.), L. P. W. N. E. S. E. A. (Ed.). Pedogenesis and Soil Taxonomy I. Concepts and Interactions. Amsterdam: Elsevier, 1983. Spatial variability and pedology, p.83-116.

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

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

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

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