

**Universidade de São Paulo  
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”  
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**Dinâmica do carbono em uma microbacia no extremo leste da  
Amazônia**

**Tania Pena Pimentel**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutora em Ciências. Área de concentração:  
Ecologia Aplicada

**Piracicaba  
2016**

**Tania Pena Pimentel**  
**Bióloga**

**Dinâmica do carbono em uma microbacia no extremo leste da Amazônia**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:  
Prof. Dr. **ALEX VLADIMIR KRUSCHE**

Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutora em Ciências. Área de concentração:  
Ecologia Aplicada

**Piracicaba**  
**2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Pimentel, Tania Pena

Dinâmica do carbono em uma microbacia no extremo leste da Amazônia / Tania  
Pena Pimentel. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - -  
Piracicaba, 2016.  
109 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de  
Energia Nuclear na Agricultura.

1. Amazônia 2. Carbono 3. Ciclagem de nutrientes 4. Biogeoquímica I. Título

CDD 551.483  
P644d

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

**Dedico**

À minha família,  
Fábio e Carolina  
pela compreensão da minha distância,  
por serem meu porto seguro, minha fonte de energia,  
e me fortalecerem ao longo desta caminhada.  
E a minha grande amiga e irmã de coração, Sana.

**Ofereço**

à minha mãe Zeneide e minha vó Alice (em memória)  
que estiveram sempre ao meu lado em todos  
os momentos da minha vida.

**Compartilho**

com a minha família de campo,  
Sr. Davi, Salviana, Lorena e Laureane,  
meus amigos,  
e todos que participaram direta e indiretamente  
deste trabalho.



## AGRADECIMENTOS

Um trabalho científico, feito em condições tão adversas em termos logísticos, não poderia dar seus frutos sem o apoio fundamental de muitas pessoas e instituições. Um ano inteiro de coletas de campo (distante e de difícil acesso) e análises, requer não só apoio logístico, mas também motivação e apoio psicológico. A todos que me ajudaram nessa fase de trabalho de campo e posteriormente nas discussões e formatação final do trabalho, meus agradecimentos. Todos fazem parte de uma fase muito importante de minha vida. Agradeço de forma especial:

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e a Coordenação de Dinâmica Ambiental (CDAM), pela oportunidade e apoio na pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pela bolsa concedida e pelos recursos via projeto Universal Amazonas Edital nº 021/2011.

Ao Programa de Pós-Graduação Interunidades Ecologia Aplicada USP/CENA, pela oportunidade.

À FAPESP, pelos recursos via projeto temático.

Aos meus orientadores, Dra. Maria Victoria Ballester e ao Dr. Alex Krusche pela oportunidade, orientação, correções, sugestões e confiança.

À Dra. Vania Neu, pela orientação, correções, confiança desde o início até o fim deste trabalho, pelo grande apoio e amizade, e principalmente, por ter acreditado que este trabalho chegaria ao fim.

Ao Laboratório de Análise Ambiental e Geoprocessamento (LAAG) do Centro de Energia na Agricultura (CENA), Piracicaba-SP, em especial a Alexandra Montebelo, pelo apoio com material de campo e realização das análises de água.

Ao Laboratório Temático de Solos e Planta (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus-AM especialmente, ao Raimundo pela ajuda com as análises química e física do solo, e Márcio por ter destorroado e macerado as amostras de solo.

Ao Laboratório de Manejo Florestal (LMF/CDAM) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) Manaus-AM, em nome do Dr. Niro Higuchi pelo apoio na realização das análises de carbono e nitrogênio de solo, em especial a Priscila Santos pela realização das análises.

Ao Núcleo de Hidrometeorologia e Energia Renovável do Amapá - NHMET / IEPA, em nome de Daniel das Neves e Gilvan Oliveira por proporcionarem apoio logístico à pesquisa na cidade de Macapá.

Ao Laboratório de Solos da Embrapa Amapá-AP, em especial ao técnico Jacivaldo, pela ajuda na realização das análises de densidade do solo, e ao Leandro Damasceno, pelo apoio em tantos momentos.

À Embrapa Amapá, em nome do Dr. Marcelino Guedes a Ana Cláudia Guedes, pelo apoio logístico nas excursões no início deste trabalho e Dr. Jorge Nagib Melém, pelo mapa de solos e ajuda na identificação dos solos.

A Mara, secretaria da Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, por estar sempre presente e nos manter alertas a todos os prazos e datas no decorrer do curso.

Aos motoristas da Embrapa Amapá, Carlão e Nonato. Em especial, ao Carlão, pela amizade e diversos "galhos" quebrados, e pelas divertidas e difíceis horas de trabalho.

Ao Fábio Sian Martins, pela ajuda na manufatura dos diversos tipos de coletores e na confecção das figuras e fotos do experimento.

Ao bolsista Jean Rycarth, pelas inúmeras idas a campo, sob forte sol ou chuva. Ao estagiário Francisco Brito Junior pela grande ajuda na coleta de dados.

Ao Jefferson Erasmo hidrometeorologista do NHMET pela ajuda com os gráficos, amizade e pelos momentos de descontração na hora do cafezinho.

À Edineuza Rosário pela confecção dos mapas e pelo aprendizado.

Ao Sr. Davi, Jardel, Gabriel e Jabinha, meus ajudantes de campo, pelo trabalho incansável; sem eles o trabalho não teria se concretizado. À Salviana, pela anotação dos dados de precipitação na área de estudo. Ao senhor Jonas, por dividir seu grande conhecimento e sensibilidade na identificação das árvores da floresta.

À minha família, Fábio, meu companheiro, minha filha, Carolina, em especial à minha mãe Zeneide (em memória), minha vó Mãe Velha (em memória), minha irmã Cíntia, pelo amor, carinho, apoio, compreensão e confiança, pois sempre foram importantes nas minhas caminhadas, e por terem acreditado desde o início que este trabalho chegaria ao fim.

À minha sogra Diva, pela amizade, pelo aconchego e carinho nos momentos difíceis, e pelo apoio desde o início até o final deste trabalho.

À minha família de campo: Sr. Davi, Salviana, Lorena e Laureane, por me darem o apoio de um lar quando eu estava tão longe de casa. Aos amigos do Assentamento Novo Canaã, por me acolherem em sua comunidade.

À minha grande amiga de Piracicaba, Carol, por todos os momentos de descontração e estudos durante a época das disciplinas, e a sua família, Saulo e Maria Flor, por me receberem enumeras vezes no aconchego familiar em sua casa. E ao Saulo, pela especial ajuda nas análises estatísticas deste trabalho.

À Sana, minha grande amiga e irmã de coração de todos os dias e sempre, pelas sugestões, críticas e correções neste estudo, e principalmente, pela força, carinho e amizade.

Aos amigos Elisa, Rosélis e Zé Luis, pelo apoio, amizade, motivação e pelas correções e sugestões.

Ao Dr. Sávio Ferreira pela ajuda nos cálculos de vazão do igarapé, e pelo incentivo durante o decorrer da pesquisa.

Ao Dr. Thierry Desjardins pelas correções no texto de solo e pela amizade.

Ao Dr. Flávio Luizão pela amizade, pelo aprendizado e incentivo nos caminhos da pesquisa científica.

Ao projeto CAMREX, em nome do Dr. Jeffrey Richey, em especial ao Dr. Bruce Forsberg e Dr. Michael McClain, pelo aprendizado das técnicas de análises químicas, na implementação de projetos em campo, pelo incentivo ao crescimento e mudanças desde o início da minha carreira científica, pela grande amizade, e por sempre acreditarem em mim e em meu trabalho.

A Deus, por me manter com saúde, motivação e discernimento.



## BIOGRAFIA

1989-1994: Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, AM;

Particpei, colaborei e trabalhei em projetos na Amazônia:

1984-1997: Projeto CAMREX: “Biogeoquímica do carbono nos rios Amazônicos”. Convênio, NSF/NASA/CNPq/UW (Universidade de Washington)/INPA/CENA;

1985-1992: Projeto AMAZONIA I: “Estudos da hidrologia da bacia Amazônica”; “Estudos de cadeias tróficas aquáticas usando isótopos estáveis”; “Estudos de produção primária de águas superiores” e “Estudos de sedimentação e erosão usando Cs137 e Pb210”. Convênio, IAEA/INPA/CENA/CNEN;

1990-1992: Projeto MERCURION: “Mercúrio no Rio Negro”. Convênio, INPA/MCT/CNPq/Alton Jones Foundation/FAPESP;

1994-1997: Projeto JAÚ: “Elaboração do plano de manejo do Parque Nacional do Rio Jaú”, com o sub-projeto “Limnologia e Ecologia Aquática”. Convênio INPA/Fundação Vitória Amazônica;

1995-1997: Global Rain Forest Monitoring Project: “Investigação da variação espaço-temporal de alagamento e emissão de metano na planície fluvial do Rio Jaú, utilizando imagens de radar band-L do satélite JERS-1”. Convênio, INPA/NASDA/NASA;

2004-2006: Projeto: “Impacto da poluição urbana sobre a vida aquática: Macros invertebrados e bactérias em igarapés do município de Manaus, Amazonas”. Convênio, INPA/CNPq;

2006-2008: Projeto: “Biomassa, estrutura e composição da vegetação arbórea e herbácea da Reserva Biológica do Uatumã, Amazônia Central”. Convênio, CNPq/INPA;

2006-2009: Projeto CTHidro – Subsídios para gestão de microbacias hidrográficas na Amazônia: “Estudos integrados na Reserva Ducke e no Parque Nacional do Viruá”. Convênio, MCT/CNPq/INPA;

2009-2011: Projeto HIDROLOGIA E VEGETAÇÃO NO INTERFLÚVIO PURUS-MADEIRA: “Uma Abordagem Integrada para o Mapeamento de Biomassa e Recursos Florestais”. Convênio, CNPq/INPA.

1997-1999: Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus-AM.

2002-até o presente: Tecnologista Sênior do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus-AM.

2012-2014: Universal Amazônia Edital 021/2011 - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM). Coordenou o projeto: “Fluxo de carbono entre a atmosfera e um igarapé de uma microbacia no extremo leste da Amazônia”. FAPEAM/INPA.

2012-2016: Doutorado em Ecologia Aplicada, Universidade de São Paulo – USP, Campos Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’ / Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, Piracicaba-SP.

1991-2016: Publicações, acessar CV:<http://lattes.cnpq.br/9321875891574557>.

## EPÍGRAFE

A nuvem caminha sem formas no céu,  
sua matemática intrínseca jaz sob meus olhos  
traduz-se em liberdade que vaga até chover.  
o vento é, nuvem é, liberdade é, matemática é,  
intrínseca é a causalidade de suas espirais.

do mais elevado plano estratosférico  
novos pincéis descrevem as tais espirais  
em planos matemáticos onde o vento é, nuvem é  
consequência prevista do que antes era liberdade

meus olhos macroscópicos, então a salvo da chuva  
veem-se umedecidos por dentro, chovem livres  
ignorantes e felizes.

Fábio Sian Martins



## SUMÁRIO

RESUMO.....	15
ABSTRACT .....	17
LISTA DE FIGURAS .....	19
LISTA DE TABELAS .....	22
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	25
1 INTRODUÇÃO .....	27
2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
2.1 Áreas de estudo .....	31
2.2 Métodos amostrais .....	34
2.2.1 Delineamento amostral.....	34
2.2.2 Dados meteorológicos.....	36
2.2.3 Coletor de precipitação (Chuva) e precipitação interna (PI).....	37
2.2.4 Coletor de água de escoamento pelo tronco (ET).....	39
2.2.5 Coletor de água de escoamento superficial do solo (ES).....	41
2.2.6 Extrator de solução do solo (SS).....	42
2.2.7 Coletor de água do lençol freático (Poço) .....	43
2.2.8 Determinação dos parâmetros físico-químicos e vazão dos igarapés .....	45
2.2.9 Coleta de solo .....	45
2.3 Procedimentos analíticos .....	46
2.3.1 Carbono Orgânico e Inorgânico Dissolvido (COD e CID).....	46
2.3.2 Cálculo de extrapolação de entrada e saída para COD e CID .....	46
2.3.3 Análises do solo .....	47
2.3.4 Cálculo da área das microbacias e método de desenho dos mapas .....	49
2.3.5 Análises estatísticas.....	49
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
3.1 Precipitação.....	51
3.2 Caracterizações do solo.....	52
3.2.1 Caracterização física.....	52
3.2.2 Concentrações, estoque de carbono e relação C/N no solo .....	54
3.3 Entradas e transporte de íons maiores (condutividade elétrica) e carbono orgânico dissolvido (COD).....	59
3.3.1 Precipitação (Chuva).....	59
3.3.3 Escoamento de água pelo tronco (ET).....	64

3.3.4 Escoamento superficial do solo (ES) .....	71
3.3.5 Solução do solo (SS) .....	73
3.3.6 Água do lençol freático (Poço) .....	75
3.4 Entrada e Transporte de Carbono Inorgânico Dissolvido (CID) .....	78
3.4.1. Precipitação (Chuva) .....	78
3.4.2 Precipitação interna da floresta (PI) .....	79
3.4.3 Escoamento pelo tronco (ET) .....	79
3.4.4 Escoamento superficial do solo (ES) .....	80
3.4.5 Solução do solo (SS) .....	81
3.4.6 Água do lençol freático (Poço) .....	82
3.5. Saída de Carbono pelo Igarapé .....	83
3.6 Sínteses dos compartimentos amostrados .....	85
3.7 Fluxos de entrada de COD e CID pela precipitação e saída pelo igarapé .....	87
4 CONCLUSÕES .....	89
REFERÊNCIAS .....	91
ANEXOS .....	99

## RESUMO

### Dinâmica do carbono em uma microbacia no extremo leste da Amazônia

O presente estudo objetiva avaliar os mecanismos de transferência de carbono entre os compartimentos atmosfera, vegetação, solo e igarapé em uma microbacia da Amazônia Ocidental. Dois igarapés drenandos, respectivamente, 2927 e 66,73 ha de floresta de terra firme, foram monitorados durante um ano. A área de estudo se encontra na zona de amortecimento de uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável denominada Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), na região central do estado de mesmo nome. Foram coletadas as águas da chuva, da precipitação interna da floresta, do escoamento de água pelo tronco, do escoamento superficial pelo solo, da solução do solo, da água subterrânea e da água do igarapé. Os solos também foram investigados em relação a suas características físico-químicas. Para calcular a entrada e saída de C do sistema, foram determinadas as concentrações do carbono orgânico e inorgânico dissolvido (COD e CID, respectivamente) na água da chuva e do igarapé, em 16 eventos de chuva. As concentrações médias de COD na água da chuva foram de  $1,6 \pm 1,52 \text{ mg L}^{-1}$ , resultando em um aporte de  $11,43 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Na precipitação interna os valores médios observados foram de  $9,1 \pm 5,99 \text{ mg L}^{-1}$ , o que corresponde a um fluxo de  $100,71 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . No escoamento do tronco, os valores médios observados foram de  $17,4 \pm 8,03 \text{ mg L}^{-1}$  e no escoamento superficial do solo de  $14,2 \pm 6,4 \text{ mg L}^{-1}$ . Nos compartimentos amostrados abaixo do solo, solução do solo e água do lençol, as concentrações de COD foram relativamente mais baixas. A saída de COD pelo igarapé, os fluxos foram de  $0,45 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Em relação às concentrações de CID, o aporte pela água da chuva foi de  $3,66 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , passando a  $10,10 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  na precipitação interna e com uma saída pelo igarapé de  $0,07 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Os resultados mostram grande variabilidade espaço-temporal e retenção de C pelo sistema, seja na fase orgânica (COD) ou inorgânica (CID), demonstrando a importância destes processos para a compreensão do funcionamento destes ecossistemas.

Palavras-chave: Amazônia; Carbono; Ciclagem de nutrientes; Biogeoquímica



## ABSTRACT

### Carbon dynamics in a microbasin of eastern Amazon

This study aims to evaluate carbon transfer mechanisms between the atmosphere, vegetation, soil and stream in a microbasin of eastern Amazon. Two streams, draining respectively 2917 and 66.73 ha of "terra firme" forests were monitored during one year. The study area is located in a Conservation Unit named Amapá State Forest (FLOTA/AP), in the central region of the Amapá State. We sample rain water, throughfall, stemflow, soil surface flow, soil solution, groundwater and stream water. Physico-chemical characteristics of soils were also evaluated. To calculate inputs and outputs of C in this system, we determined the concentrations of dissolved organic and inorganic carbon (DOC and DIC, respectively) in rain and stream water during 16 rain events. Average concentrations of DOC in rain water were  $1.6 \pm 1.52 \text{ mg L}^{-1}$ , resulting in an input of  $11.43 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . Throughfall had average concentrations of  $9.1 \pm 5.99 \text{ mg L}^{-1}$ , which increased inputs to  $100.71 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . Stemflow had average concentrations of  $17.4 \pm 8.03 \text{ mg L}^{-1}$  while those of soil surface flow were  $14.2 \pm 6.4 \text{ mg L}^{-1}$ . Bellow ground DOC concentrations were relatively lower. The export of DOC in stream water was  $0.45 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . In relation to DIC, the input from rain water was  $3.66 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ , increasing to  $10.10 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  in throughfall and exiting the micro basin through the stream with a flux of  $0.07 \text{ Kg C ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ . The results show large spatiotemporal variations and C retention within the system, either in the organic (DOC) or inorganic (DIC) phases, showing the importance of these processes for the comprehension of the functioning of these ecosystems.

Keywords: Amazon; Carbon; Nutrient cycling; Biogeochemistry



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - (A) Localização da área de estudo, (B) Floresta Estadual do Amapá, (C) Bacia do Igarapé Piquiá e microbacias do Igarapé 1 e 2, (D) Localização das parcelas: Igarapés 1 e 2; e respectivas sub-parcelas: baixio, encosta e platô .....32
- Figura 2 - Precipitação mensal do período das amostragens deste estudo (abril a junho/2014; julho a dezembro médias de 2014 e 2015; janeiro a março/2016) e série histórica (2000–2013) registrados na Estação Meteorológica Cupixi, Município de Porto Grande – AP (Fonte: NHMET/IEPA) .....33
- Figura 3 - Ocorrência e distribuição dos tipos de solo na área de estudo com localização das parcelas Igarapé 1 e Igarapé 2 (Fonte: adaptado de Oliveira Junior & Melém Junior, 2000) .....34
- Figura 4 - Caminhos da água amostrados no ecossistema floresta de terra firme (Autor: Fábio Sian Martins).....36
- Figura 5 - Pluviômetro Ville de Paris instalado a 3 km das parcelas (Fonte:.....37
- Figura 6 - Coletor de precipitação (Chuva) e precipitação interna (PI) (Autor: Fábio Sian Martins) .....38
- Figura 7 - Detalhes do coletor de precipitação (Autor: Fábio Sian Martins) .....38
- Figura 8 - Coletor de água do escoamento pelo tronco (ET) (Autor: Fábio Sian Martins) .....41
- Figura 9 - Coletor de água de escoamento superficial do solo (ES) (Autor: Fábio Sian Martins) .....42
- Figura 10 - Extrator de solução do solo (SS) (Autor: Fábio Sian Martins) .....43

Figura 11 - Coletor de água do lençol freático (Poço) e detalhes do coletor para retirar a amostra de água do poço (autor Fábio Sian Martins).....	44
Figura 12 - Trincheiras abertas ao longo da toposequência (baixio, encosta e platô) em cada parcela (Igarapé 1 e Igarapé 2).....	46
Figura 13 - Precipitação mensal acumulada neste estudo (julho / 2014 a dezembro / 2015) e precipitação média mensal da série histórica (2000-2013).....	51
Figura 14 - Densidade do solo e teor de carbono no gradiente topográfico .....	56
Figura 15 - pH e condutividade elétrica na água da chuva por evento (n=16).....	60
Figura 16 - Concentrações médias de COD na chuva por evento de (n=16) .....	60
Figura 17 - Precipitação e entrada de COD ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na precipitação por evento de chuva (n=16).....	61
Figura 18 - (a) Condutividade elétrica e (b) pH na água da precipitação interna da floresta, ao longo da toposequência por evento de chuva (n=16) .....	62
Figura 19 - (a) Concentrações médias de COD por evento de chuva, (b) comparação estatística de COD na precipitação interna da floresta ao longo da toposequência (n=16).....	63
Figura 20 - Precipitação interna da floresta e concentrações médias de COD ( $\text{mg L}^{-1}$ ) por evento de chuva (n=16).....	64
Figura 21 - Caracterização dos troncos das 31 espécies por ordem de ocorrência (n=64), com nome vulgar e científico .....	66
Figura 22 - Escoamento de água pelo tronco (a) Condutividade elétrica e (b) pH ao longo da toposequência (n=16) .....	69

Figura 23 - (a) Concentrações médias de COD e (b) comparação estatística de COD no escoamento de água pelo tronco, ao longo da toposequência e por evento de chuva (n=16).....	70
Figura 24 - (a) Condutividade elétrica e (b) pH do escoamento superficial do solo, ao longo da toposequência e por evento de chuva (n=16).....	72
Figura 25 - (a) Concentrações médias de COD e (b) comparação estatística de COD no escoamento do solo, na toposequência e por evento de chuva (n=16) .....	73
Figura 26 - (a) Condutividade elétrica e (b) pH na solução do solo ao longo da toposequência, nas diferentes profundidades e por evento de chuva (n=16).....	74
Figura 27 - (a) Concentrações médias de COD e (b) comparação estatística na solução do solo na toposequência, nas diferentes profundidades e por evento de chuva (n=16).....	75
Figura 28 - (a) Condutividade elétrica e (b) pH na água do lençol freático no gradiente toposequência e por evento de chuva (n=16) .....	77
Figura 29 - (a) Concentrações médias de COD e (b) comparação estatística no lençol freático ao longo da toposequência e por evento de chuva (n=16) .....	78
Figura 30 - Concentrações médias de CID na precipitação (n=16).....	78
Figura 31 - Precipitação interna da floresta (a) Concentrações médias de CID e (b) comparação estatística ao longo da toposequência (n=16) .....	79
Figura 32 - Escoamento de água pelo tronco, (a) Concentrações médias de CID por evento de chuva e (b) comparação estatística ao longo da toposequência (n=16).....	80
Figura 33 - (a) Concentrações médias de CID e (b) comparação estatística ao longo da toposequência no escoamento superficial do solo (n=16).....	81

Figura 34 - (a) Concentrações médias de CID e (b) comparação estatística na solução do solo, na toposequência e nas diferentes profundidades (n=16) .....	82
Figura 35 - (a) Concentrações médias de CID e (b) comparação estatística ao longo da toposequência na água do lençol freático (n=16) .....	83
Figura 36 - Valores médios de (a) pH e condutividade elétrica, (b) oxigênio dissolvido e temperatura do Igarapé 2 (n=16) .....	84
Figura 37 - Valores médios de (a) COD e (b) CID no Igarapé 2 (n=16).....	85
Figura 38 - Comparação estatística da (a) Condutividade elétrica e (b) pH entre todos os tipos de coletores e o Igarapés 1 e 2 (n=16) .....	85
Figura 39 - Comparação estatística de, (a) COD e (b) CID entre todos os tipos de coletores e Igarapés (1 e 2) (n=16).....	86
Figura 40 - Balanço anual de COD e CID, dos fluxos de entrada pela água da chuva, e os fluxos de saída pelo Igarapé. Valores expressos em $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Modificado de Leite, 2011) .....	88

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das sub-parcelas localizadas na microbacia do Igarapé Piquiá, FLOTA/AP .....	35
---	----

Tabela 2 - Granulometria dos solos das áreas de baixo, encosta e platô nas parcelas Igarapé 1 e 2 (42 amostras compostas) .....	53
Tabela 3 - Densidade aparente dos solos ( $\text{g cm}^{-3}$ ) e pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ), média e desvio padrão nas duas parcelas .....	55
Tabela 4 - Teor de C, estoque de C, carbono acumulado por camada e relação C/N .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Tabela 5 - Características dos Poços e medidas do nível do lençol freático.....	76
Tabela 6 - Fluxos anual de COD na precipitação (chuva).....	87



**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

C	Carbono
CID	Carbono Inorgânico Dissolvido
COD	Carbono Orgânico Dissolvido
COP	Carbono Orgânico Particulado
C/N	Razão entre concentração de carbono e nitrogênio
ES	Escoamento Superficial do Solo
ET	Escoamento pelo Tronco
mg C ha <sup>-1</sup>	Miligramas de Carbono por hectare
mg C ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup>	Miligramas de Carbono por hectare por ano
mg L <sup>-1</sup>	Miligramas por litro
pH	Potencial de Hidrogênio
PI	Precipitação interna da floresta
SS	Solução do solo



## 1 INTRODUÇÃO

Estima-se que a floresta Amazônica possa ter um papel importante no ciclo global do carbono, apesar de ainda existirem incertezas em relação ao balanço deste elemento na região (OMETTO et al., 2005). A floresta também pode ser um reservatório de carbono, que gradualmente libera este elemento para a atmosfera por meio de várias ações combinadas: desmatamento, mudanças do uso da terra e os impactos das mudanças do clima (NEPSTAD et al., 1994; COX et al., 2000; ARTAXO et al., 2005; MALHI et al., 2006; IPCC, 2007). Os rios e as áreas inundáveis também emitem e transportam grande quantidade de carbono na forma gasosa para a atmosfera e para o mar (RICHEY et al., 2002).

A bacia Amazônica perde toneladas de carbono na forma gasosa para atmosfera, em forma de aerossóis biogênicos, sendo o carbono orgânico particulado (COP) o componente principal do aerossol (ARTAXO et al., 1988; TALBOT et al., 1990). Ao mesmo tempo, a bacia Amazônica é também uma fonte significativa de carbono para atmosfera (TALBOT et al., 1990). Concentrações de carbono na precipitação são mais elevadas em regiões muito antrópicas e com intensas mudanças no uso do solo (ANDREAE et al., 1990; ARTAXO et al., 2005).

O transporte de nutrientes por meio dos pequenos rios (localmente denominados "igarapés") está relacionado entre outros ao estoque de nutrientes da cobertura vegetal (FRANKEN & LEOPOLDO, 1984; LESACK, 1993). O carbono transportado para os corpos d'água representa uma fração significativa (92-94%) de carbono orgânico dissolvido (COD) originalmente fixado pela produtividade primária no ambiente terrestre (WATERLOO et al., 2006). Alguns parâmetros são determinantes sob o COD, tais como a estrutura da floresta (SMOLANDER & KITUNEN, 2002), temperatura e fluxos de água (BROOKS et al., 1999), idade geológica / intemperismo e granulometria dos materiais transportados (JANSEN et al., 2003; MARQUES et al., 2012 & 2015).

McCLAIN et al. (1997) em estudo realizado em microbacias próximas à Manaus, observaram que as perdas de carbono e nitrogênio nas formas orgânicas dissolvidas, da água subterrânea, das áreas de solos argilosos (terra firme) representam aproximadamente 1,2% de todo o carbono processado, enquanto que em solos arenosos (Campinarana) as perdas chegam a 8% das saídas da bacia.

Quantificar os fluxos de carbono entre os diferentes compartimentos da atmosfera, solo e água torna mais confiável as estimativas do balanço regional e

global de carbono (McCLAIN et al., 1997; NEU, 2009; MARQUES et al., 2015). O processo de decomposição nos solos e nos cursos d'água é complexo e regulado pelas interações entre os fatores bióticos (macro e microrganismos), fatores abióticos, como a temperatura e umidade, e a qualidade dos recursos da matéria orgânica (SWIFT et al., 1979; LUIZÃO et al., 2004; MARQUES et al., 2015).

Alguns estudos tratam da composição das águas da chuva na bacia Amazônica (UNGEMACH, 1969; NORTCLIFF & THORNES, 1978; STALLARD & EDMOND, 1981). A composição química (KRUSCHE et al., 2005; NEU, 2009; LEITE, 2011) e o volume da água das precipitações na Amazônia é influenciada por dois componentes principais, o marinho e a terrestre (STALLARD & EDMOND, 1981). A marinha que transporta os elementos dos aerossóis do mar é rica em  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^-$  e, em menor proporção o K, e a terrestre pode estar relacionada às emissões biológicas (STALLARD & EDMOND, 1981; LI, YUAN-HUI, 1992).

Estudos realizados em Rondônia mostraram baixos teores de  $\text{Cl}^-$  e  $\text{Na}^+$  na água do escoamento superficial do solo procedente da água da chuva (LEITE, 2011). Demonstrando que os compartimentos terrestres e aquáticos estão intimamente relacionados e que as mudanças no primeiro podem afetar drasticamente a dinâmica no segundo (KRUSCHE et al., 2005).

No noroeste da Amazônia, a entrada de solutos no ecossistema representa cerca de 98% das entradas totais via precipitação interna da floresta (TOBON et al., 2004), o que indica um enriquecimento de solutos ( $\text{SO}_4^-$ , K, Cl,  $\text{NO}_3$  e  $\text{NH}_4$ ) via precipitação interna e escoamento de água pelo tronco. SANTOS; RIBEIRO (1975), em estudo realizado na Reserva da Campina (próximo à Manaus, AM), verificou que as principais fontes de nitrogênio na água do lençol freático são a precipitação direta, a precipitação interna da floresta e o metabolismo dos micros organismos do ecossistema. Em estudo realizado em uma microbacia no Alto Xingu, foi verificado que a precipitação interna é a via mais importante de transporte de carbono orgânico dissolvido (COD), representando entre 54 a 82 % do aporte total do ecossistema (NEU, 2009).

Alguns parâmetros são determinantes para a concentração de COD na água como: o substrato (serrapilheira e matéria orgânica do solo) (LUIZÃO et al., 2004; MARQUES et al., 2015), a composição da comunidade microbiana (MOLLER et al., 1999), a temperatura e a textura do solo (NEU, 2005; MARQUES et al., 2012), os fluxos de água (BROOKS et al., 1999) e diversidade de espécies vegetais

(SMOLANDER & KITUNEN, 2002). Os fluxos de COD podem contribuir para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres, pois é uma importante fonte de energia, e de carbono transferido do ambiente terrestre para os ecossistemas aquáticos (NEFF & ASNER, 2001).

Cresce o foco em estudo nos processos dos ecossistemas que operam na interface atmosfera-vegetação-solo-água (McCLAIN et al., 1997; NEU, 2009) devido à importância destas vias no controle dos fluxos de energia e materiais (NAIMAN & DECAMPS, 1990; HOLLAND et al., 1991). Outros estudos tentam compreender os caminhos e os fluxos do carbono em floresta tropical (LUIZÃO et al., 2004; MARQUES, 2009), na forma orgânica dissolvida (McCLAIN et al., 1997; NEU, 2005; KRUSCHE et al., 2005; NEU, 2009 ), e pela sua grande influência sobre o ciclo global do carbono (SUHETT et al., 2006).

Enquanto muitos estudos são realizados em compartimentos isolados, outros nos mostram a importância do uso da toposequência (baixio, encosta e platô) para detalhar e medir os fluxos da água da chuva (McCLAIN et al., 1997; NEU, 2009) e, a estrutura e funcionamento da floresta (LUIZÃO et al., 2004; MARQUES, 2009). Outros estudos tratam sobre hidrologia, biogeoquímica, dinâmica e aporte de carbono no solo (McCLAIN et al., 1997; KRUGER et al., 2003; NEU, 2005; KRUSCHE et al., 2011); fluxos de entrada e saída de carbono (GERMER, 2007; NEU, 2009), das relações entre COD e atributos físicos e hídricos dos solos (MARQUES, 2009); da dinâmica dos ciclos do carbono e nitrogênio e suas relações com o clima (MONTEIRO, 2013); e da relação entre COD e condutividade elétrica (MONTEIRO et al., 2015). Todas estas abordagens têm como denominador comum o interesse em caracterizar a variabilidade temporal e espacial da ciclagem de carbono. No entanto, são poucos os estudos que abrangem simultaneamente a todos em diferentes condições ambientais (NEU, 2009).

No extremo leste da região Amazônica, no Estado do Amapá, as florestas estão localizadas a 200 quilômetros de distância do mar e possuem altos índices de pluviosidade (GUIMARÃES, 2006). Isto nos leva a postular que a presença de chuvas de origem marinha possa contribuir de maneira distinta à observada em outras regiões da Amazônia, em termos de aportes de sais para a floresta, podendo também, alterar indiretamente o transporte de carbono. Tal alteração decorreria de lixiviação dos solos, com maiores perdas de sais complexados às argilas e

consequentes interações com a ciclagem de carbono no sistema, desde a precipitação até a drenagem pelo igarapé.

Compreender as complexas interações que ocorrem entre a dinâmica da água, ciclagem do carbono, produção e destino dos compostos da água da chuva nos vários compartimentos da floresta, permitirá entender melhor a dinâmica do carbono nesta região do extremo leste da Amazônia, para a qual inexistem informações similares, e que difere do resto da Amazônia (McCLAIN et al., 1997; KRUGER et al., 2003; NEU, 2005; KRUSCHE et al., 2011; GERMER, 2007; NEU, 2009; MARQUES, 2009; MONTEIRO, 2013).

Este trabalho tem como hipótese:

A Localização da área de estudo, no extremo leste da Amazônia, **pode** resultar em processos distintos de aporte, transferência interna e exportação de carbono nas florestas de terra firme.

Objetivo geral:

Analisar se os fluxos e o processamento do carbono no sistema atmosfera-vegetação-solo-água em florestas na região de Macapá são similares às demais florestas da Amazônia.

Objetivos específicos:

1) Quantificar as diversas vias de transporte de carbono orgânico e inorgânico dissolvido no sistema atmosfera-vegetação-solo-água em uma microbacia na região de Porto Grande-AP, ao longo de um ano hidrológico;

2) Quantificar o balanço parcial de carbono, com base nos fluxos de entrada e saída deste ecossistema;

3) Analisar, de forma comparativa, a entrada via precipitação (chuva) e saída pelo igarapé quanto a quantidade de carbono em distintas microbacias da Amazônia para as quais existem informações similares.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Áreas de estudo

O Estado do Amapá está situado a Noroeste do Brasil, possui uma área de 142.815 Km<sup>2</sup>. É limitado a Nordeste pelo Oceano Atlântico e a Sudeste pelo Rio Amazonas. Ao Norte faz fronteira com a Guiana Francesa, e a Sudoeste com o Rio Jarí, fazendo limite com o estado do Pará.

O estudo foi desenvolvido na zona de amortecimento de uma Unidade de Conservação Estadual de Uso Sustentável denominada Floresta Estadual do Amapá (FLOTA/AP), na região central do estado. A unidade de conservação compreende uma área de 2.369.400 km<sup>2</sup> e se divide em quatro módulos produtivos, nos quais foram criados vários Projetos de Assentamentos pelo INCRA. Cada módulo tem uma estrada principal com 9 estradas vicinais, modelo denominado de espinha de peixe.

No km 142 da BR-210, que liga Macapá a Serra do Navio, município de Porto Grande, está localizado o módulo 2, nomeado de Assentamento Nova Canaã. Neste Assentamento localiza-se a bacia do igarapé Piquiá com as microbacias que drenam a área de estudo, do Igarapé 1 que drena uma área de 66,73 ha e do Igarapé 2 que drena uma área de 2927 ha, ambos de floresta de terra firme (Figura 1).

O clima é equatorial (quente e úmido), com temperaturas elevadas ao longo de todo o ano, sendo classificado como Ami segundo a classificação climática de Köppen (EIDT, 1968). A temperatura média anual é 26° C, ocorrendo pouca variação de temperatura durante o ano (PROJETO RADAM, 1974).

A precipitação anual varia entre 2321 mm e 3250 mm série de 2000-2013 (NHMET/IEPA) dados da Estação Meteorológica de Cupixi, localizada a 8 km da área de estudo, com índice pluviométrico trimestral mais seco abaixo de 200 mm, de setembro a novembro. Os valores mensais de precipitação acumulados durante um ano deste estudo, no intervalo de abril a junho foram registrados somente em 2014, no intervalo entre julho a dezembro foram médias dos anos 2014 e 2015, e de janeiro a março foram registrados somente em 2015 (Figura 2). A umidade relativa do ar é alta, com valores entre 80 e 86% (TARDIN et al., 2009).

Quanto à sazonalidade pluviométrica, temos dois períodos distintos, o período chuvoso, que compreende os meses de dezembro a agosto, onde podemos destacar um período mais chuvoso de março a maio (acima de 1000 mm), e o período seco, que corresponde aos meses de setembro a novembro com precipitação média inferior a 100 mm mensais.

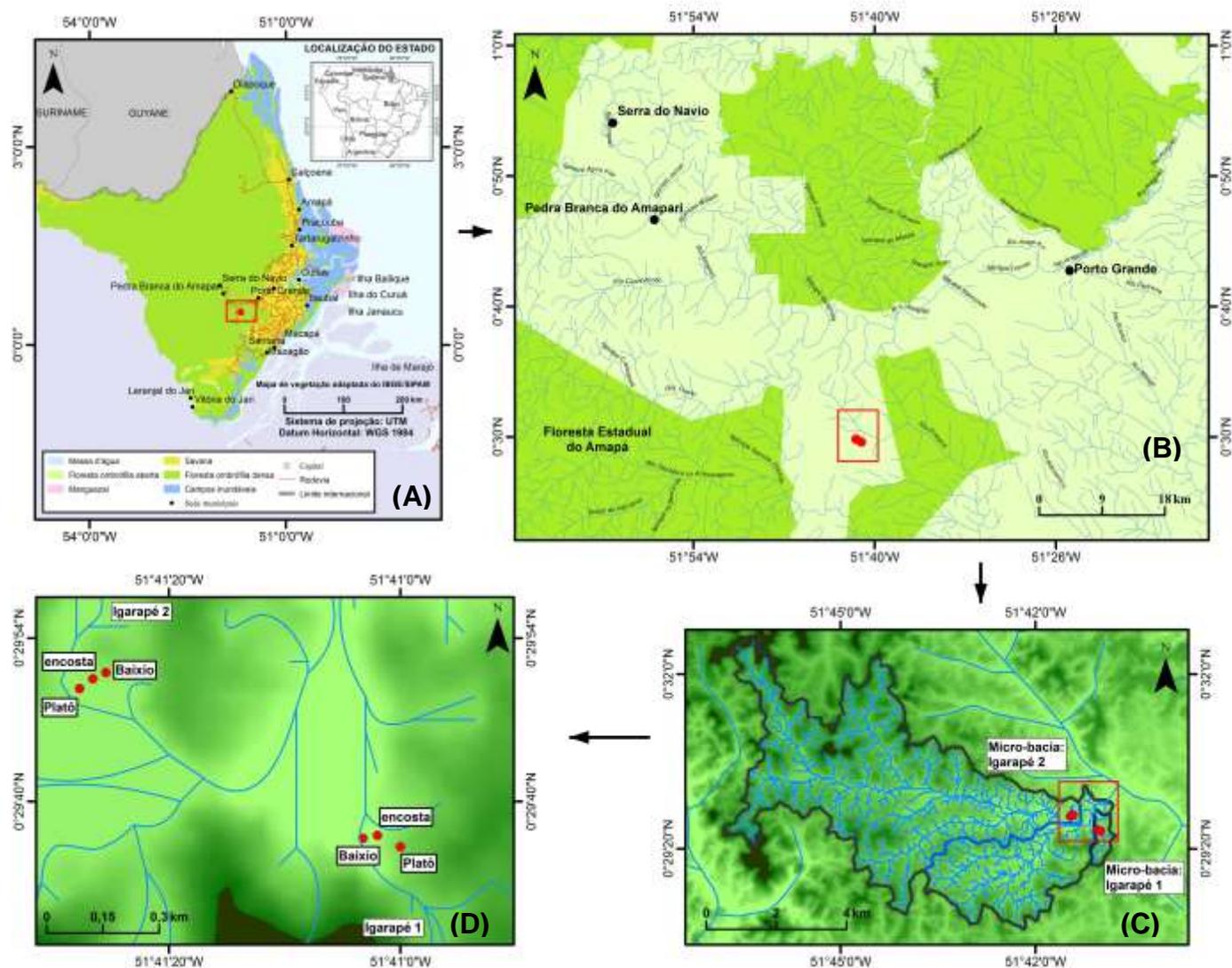


Figura 1 - (A) Localização da área de estudo, (B) Floresta Estadual do Amapá, (C) Bacia do Igarapé Piquiá e microbacias do Igarapé 1 e 2, (D) Localização das parcelas: Igarapés 1 e 2; e respectivas sub-parcelas: baixio, encosta e platô

A região apresenta dois sistemas que influenciam a formação das chuvas: as brisas marítimas e a brisa fluvial, que podem contribuir com a formação e carreamento de sais para o interior da floresta, bem como, propiciar maior lixiviação dos solos, com maiores perdas de sais complexados em argilas.

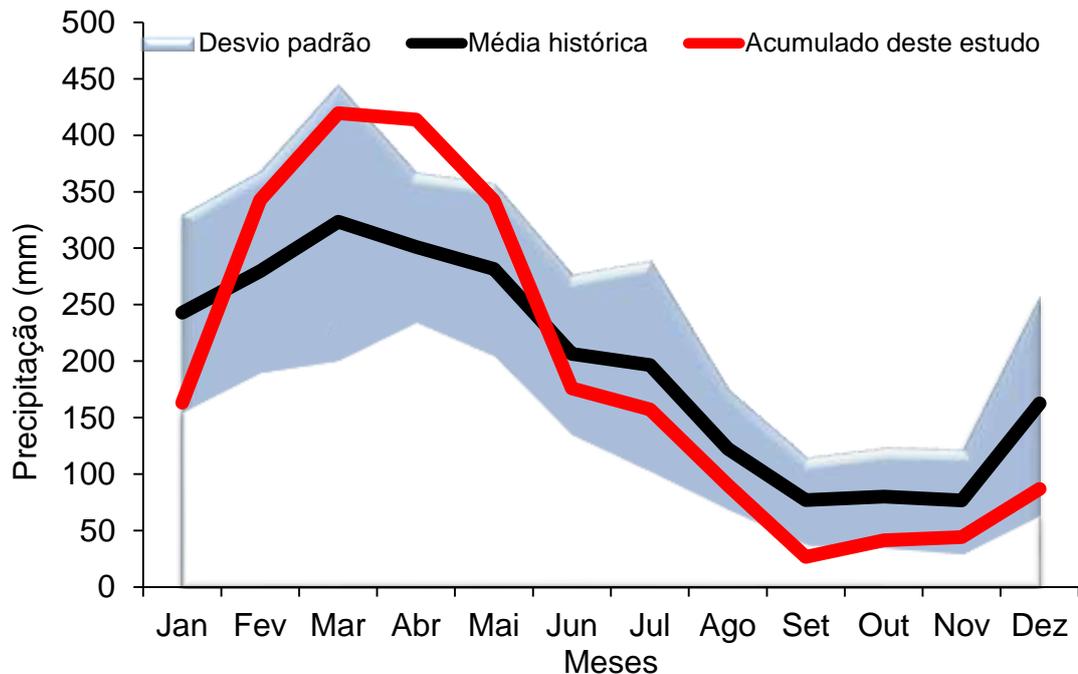


Figura 2 - Precipitação mensal do período das amostragens deste estudo (abril a junho/2014; julho a dezembro médias de 2014 e 2015; janeiro a março/2016) e série histórica (2000–2013) registrados na Estação Meteorológica Cupixi, Município de Porto Grande – AP (Fonte: NHMET/IEPA)

A vegetação é caracterizada como Floresta Ombrófila Densa de terras baixas e sub montanha (VELOSO et al., 1991; IBGE, 1991). Apresenta dossel de alto porte, com árvores de até 50 m de altura, perenifólia. No módulo 2, a diversidade florística foi estimada em 183 espécies / 15 hectares (APARÍCIO, 2012).

A formação geológica é do período pré-cambriano, com superfícies pediplanado por canais geralmente curtos, numerosos e pouco aprofundado. Os afloramentos rochosos são encontrados com baixa frequência, o relevo é predominantemente plano, com uma declividade variando de ondulada a fortemente ondulada. A altitude varia de 60 a 100 m acima do nível do mar (APARÍCIO, 2012).

Os solos foram classificados, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), como Latossolo Vermelho-Amarelo Álico A moderado, textura média, de floresta equatorial subperenifólia e relevo ondulado (OLIVEIRA JUNIOR & MELÉM JUNIOR, 2000) (Figura 3). Segundo a classificação mundial de solos (WRB, 2006), a região da área de estudo é do grupo Latossólico, semelhante aos estudados no nordeste da Amazônia (QUESADA et al., 2010).

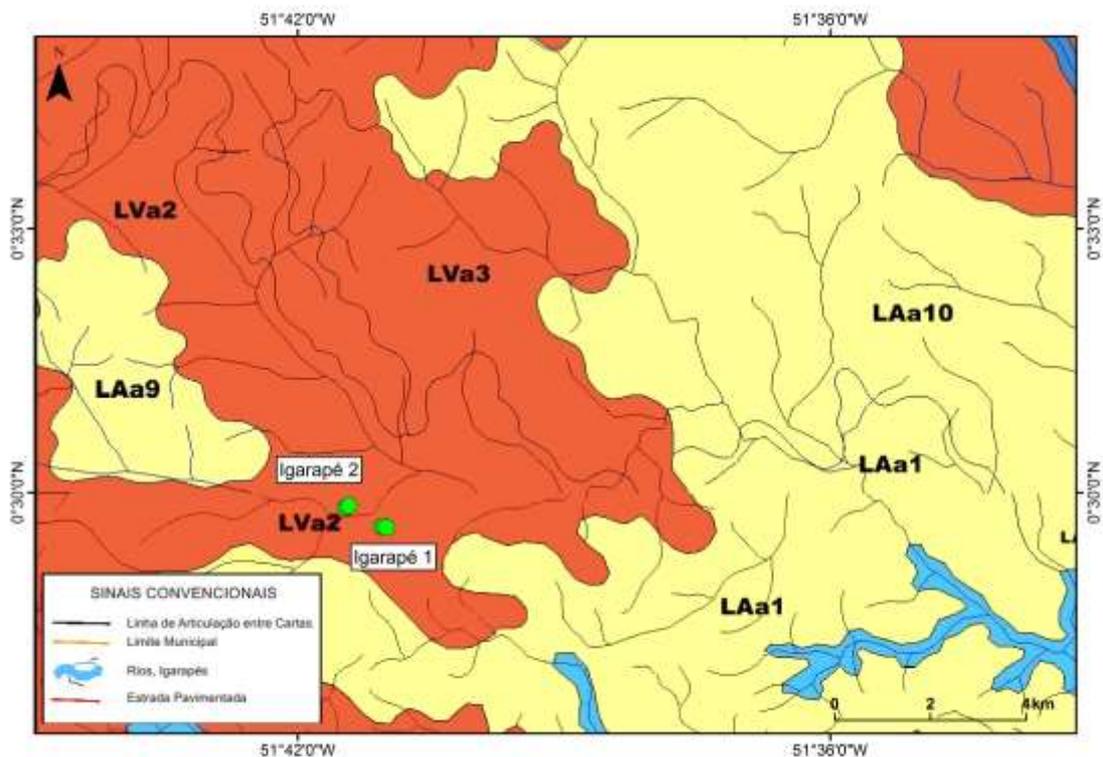


Figura 3 - Ocorrência e distribuição dos tipos de solo na área de estudo com localização das parcelas Igarapé 1 e Igarapé 2 (Fonte: adaptado de Oliveira Junior & Melém Junior, 2000)

## 2.2 Métodos amostrais

### 2.2.1 Delineamento amostral

O estudo foi desenvolvido em dois igarapés de primeira ordem (Igarapé 1 e Igarapé 2), afluentes do Igarapé Piquiá. Em cada igarapé foi instalada uma parcela de 100 x 60 m, com coletores seguindo a toposequência (Figura 1). Em cada parcela foram instaladas 3 sub parcelas de 10 x 10 m, no platô, encosta e baixio, (Tabela 1).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das sub-parcelas localizadas na bacia do Igarapé Piquiá, FLOTA/AP

<b>Parcelas</b>	<b>Sub-parcelas</b>	<b>Toposequência</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Igarapé 1	1	Baixio	N 00° 29' 828'	WO 51° 41' 462'
	2	Encosta	N 00° 29' 842'	WO 51° 41' 443'
	3	Platô	N 00° 29' 851'	WO 51° 41' 424'
Igarapé 2	4	Baixio	N 00° 29' 614'	WO 51° 41' 054'
	5	Encosta	N 00° 29' 618'	WO 51° 41' 033'
	6	Platô	N 00° 29' 602'	WO 51° 41' 000'

Em cada sub-parcela foram monitoradas as concentrações de carbono nos diferentes compartimentos do ecossistema. Para tanto, foram instalados coletores de água da precipitação interna da floresta (PI), da solução do solo (SS), do escoamento superficial do solo (ES), do lençol freático (Poço), e do escoamento pelo tronco (ET), este último somente na parcela do Igarapé 2. Os dois igarapés foram amostrados no meio do canal a 40 cm de profundidade, no setor em que se encontravam os demais coletores (Figura 4) e a precipitação (chuva) foi amostrada em área aberta a 3 km de distância das parcelas.

Considerando a variabilidade espacial existente dentro da floresta todos os coletores foram instalados com replicatas suficientes para capturar esta diversidade (Zimmerman et al, 2008), totalizando o seguinte número:

- 1) Precipitação interna da floresta (PI): 18 coletores;
- 2) Coletor de água do escoamento pelo tronco (ET): no platô 24 coletores, na encosta 22 coletores, e no baixio 18 coletores;
- 3) Coletor de água do escoamento superficial do solo (ES): 18 coletores;
- 4) Solução do solo (SS): 18 coletores nas profundidades de 20, 40 e 100 cm;
- 5) Coletor de água do lençol freático (Poço): 6 poços, sendo três no Igarapé 1 nas profundidades de: 8,33 m (platô), 3,33 m (encosta) e, 2,33 m (baixio); e três poços no Igarapé 2: 12,0 m (platô), 5,70 m (encosta) e, 3,00 m (baixio);

6) Precipitação (Chuva): 3 coletores e um pluviômetro em área aberta fora das parcelas.

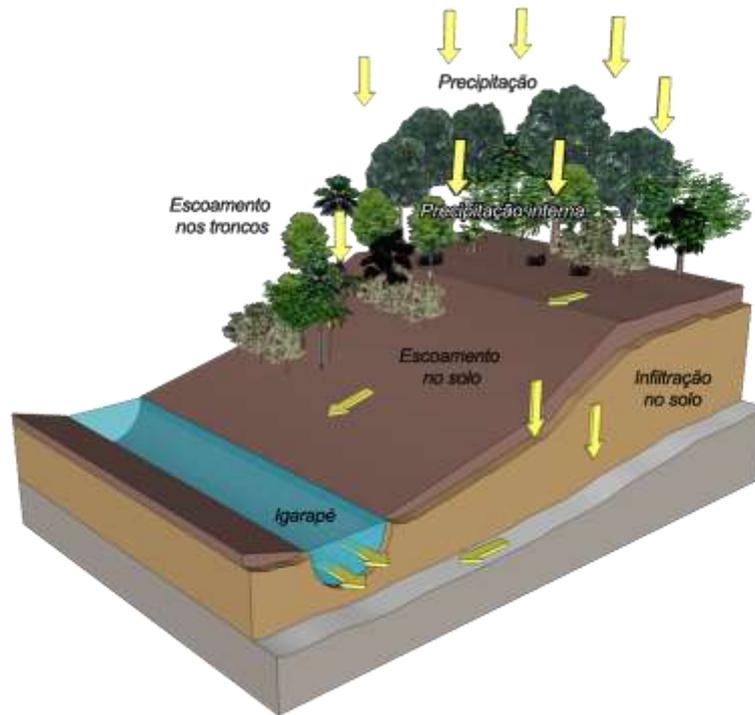


Figura 4 - Caminhos da água amostrados no ecossistema floresta de terra firme (Autor: Fábio Sian Martins)

### 2.2.2 Dados meteorológicos

Os dados referentes à precipitação da área de estudo foram obtidos com um pluviômetro marca Ville de Paris, fixado a 1,50 m de altura do solo, em área aberta a 3 km distante das parcelas (próximo à Base de Campo). Este modelo de pluviômetro possui uma área circular de captação com 400 cm<sup>2</sup>, dotado de um cone coletor, sob um recipiente. O cone coletor é de aço inoxidável, com 630 mm de comprimento. O aro de captação é em latão, com a borda torneada em bisel (Figura 5). O recipiente que acumula a água do pluviômetro é de plástico, tem capacidade de armazenamento de 5 litros, que representa 125 mm de precipitação. A leitura da precipitação é manual utilizando-se uma proveta graduada.

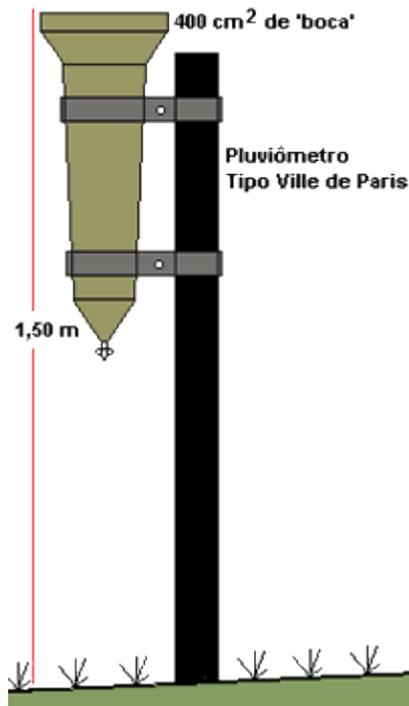


Figura 5 - Pluviômetro Ville de Paris instalado a 3 km das parcelas (Fonte: <http://www.pluviometros.com.br/>)

### 2.2.3 Coletor de precipitação (Chuva) e precipitação interna (PI)

Os coletores de água da chuva e precipitação interna da floresta são do tipo calha suspensa, instalados a um metro do solo sobre cavaletes de madeira. O coletor foi construído com um tubo de PVC com 150 cm de comprimento e 15 cm de diâmetro ( $2,25 \text{ m}^2$ ), com a abertura da canaleta orientada para cima. As laterais foram fechadas com tampa de PVC (Figura 6). Em uma das extremidades da calha foi aberto um furo de 5 cm de diâmetro, para permitir a passagem da água, e neste foi acoplado um funil (fixado com braçadeira de nylon) e conectado a uma mangueira que se liga a um galão de polietileno, com capacidade para armazenar 20 litros de água (Figura 7), coletor montado em campo (Anexo A, foto A).

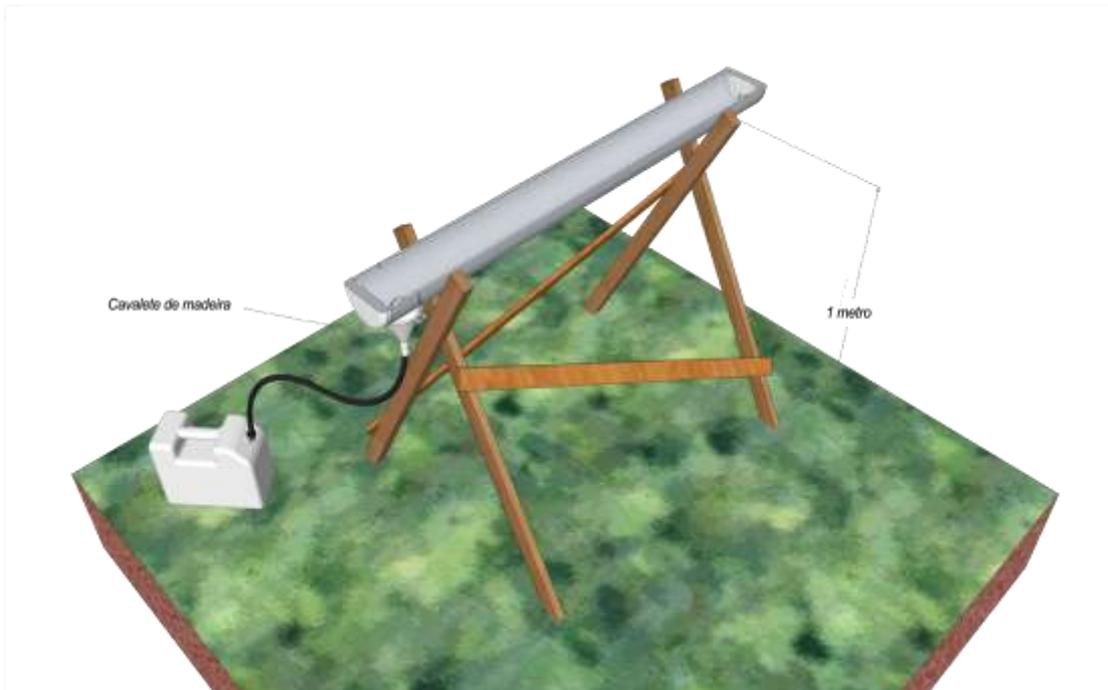


Figura 6 - Coletor de precipitação (Chuva) e precipitação interna (PI) (Autor: Fábio Sian Martins)

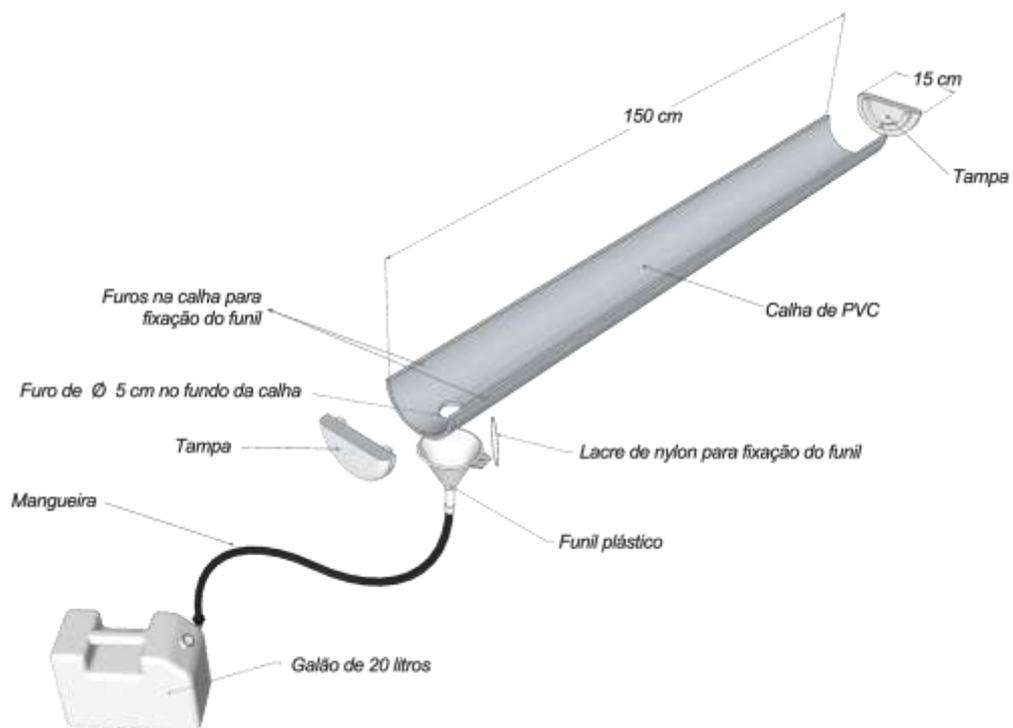


Figura 7 - Detalhes do coletor de precipitação (Autor: Fábio Sian Martins)

Entre os eventos amostrados, os coletores ficaram desativados, e as calhas foram mantidas com sua abertura voltada para baixo e os galões fechados, para não acumular folhas e detritos. Antes das amostragens, coletores e galões foram lavados com água destilada e conectados.

Para todos os coletores (Chuva, PI, ET, ES, SS e Lençol freático) seguimos procedimento de coleta descrito a seguir:

As coletas, nos cinco primeiros meses (abril a agosto de 2014), foram realizadas num intervalo de 1 mês, de dezembro de 2014 a junho de 2015 num intervalo de 15 dias. A data da coleta foi definida conforme os eventos de chuva.

A amostragem foi tanto quantitativa quanto qualitativa. A determinação da amostragem quantitativa foi obtida por meio da massa da água. Ao término de cada evento de chuva, as amostras foram pesadas, usando-se um dinamômetro digital portátil marca Insthutherm, modelo DD-200 e seu volume calculado a partir do peso.

Para as análises químicas, as amostras foram divididas em alíquotas. Em uma alíquota não filtrada foram determinados o pH, por meio de um peagâmetro marca Orion, modelo 250A, e a condutividade elétrica, por meio de um condutivímetro marca Amber Science, modelo 2052.

Para a determinação das concentrações de COD uma alíquota de 30 ml foi filtrada com filtro de fibra de vidro (GF/F, com porosidade nominal de 0,7  $\mu\text{m}$ , pré-calcinado a 500° C por 5 horas), armazenada em frasco de vidro pré-calcinado a 500° C e preservada com 0,25  $\mu\text{L}$  de ácido clorídrico (50% v/v). Separou-se uma alíquota de 60 ml, para determinar as concentrações de CID, filtrada com filtro de acetato de celulose, porosidade de 0,45  $\mu\text{m}$ , acondicionada em frasco polietileno de alta densidade, e preservada com 10 mg de Thymol.

#### **2.2.4 Coletor de água de escoamento pelo tronco (ET)**

Os coletores de água de escoamento pelo tronco foram instalados na parcela Igarapé 2, ao longo da toposequência em três sub parcelas (platô, encosta e baixo). Foram demarcadas áreas de 10 m x 10 m e todas as árvores dentro de todas as sub-parcelas com diâmetro na altura do peito (DAP) acima de 5 cm, receberam coletores, instalados a um metro do solo. Neste delineamento, proposto por JOHNSON (1990), foram avaliadas as árvores representativas da parcela

amostrada, e os volumes são extrapolados para áreas maiores. Os troncos foram fotografados para caracterização da casca (lisa, rugosa e fissurada) e presença de líquens (Anexo B). A água que escorreu pelo tronco foi coletada por meio de um coletor tipo calha em forma de espiral, acompanhando o tronco da árvore (Figura 8).

A calha, com 10 cm de largura, foi moldada ao redor do tronco, usando-se uma placa de poliestireno de alta densidade (8 mm de espessura), fixada ao tronco e vedada com espuma expansiva de poliuretano. A fixação da calha junto ao tronco tanto na parte superior, quanto na inferior foi realizada por meio de pregos. Ambos os pregos foram cobertos pela espuma expansiva de poliuretano, para evitar a contaminação da água coletada. Na parte inferior da espiral foi colocado um funil fixado ao tronco, conectado a uma mangueira, que conduziu a água até o galão de polietileno (capacidade de armazenamento de 20 ou 10 litros, conforme diâmetro da árvore).

A fim de evitar a captação direta da água da chuva, entrada de insetos e detritos, o funil ficou parcialmente coberto com saco plástico. Antes de cada coleta, os coletores foram lavados com água destilada, para evitar a alteração da amostra por matéria orgânica eventualmente acumulada nos espirais. As árvores que receberam coletores foram identificadas em nível de espécie, caracterizadas quanto ao tipo de casca e DAP (Anexo C). Entre os eventos amostrados, os coletores ficavam desativados e os galões fechados, a fim de não acumular folhas e detritos. Coletor montado em campo (Anexo A, foto B).

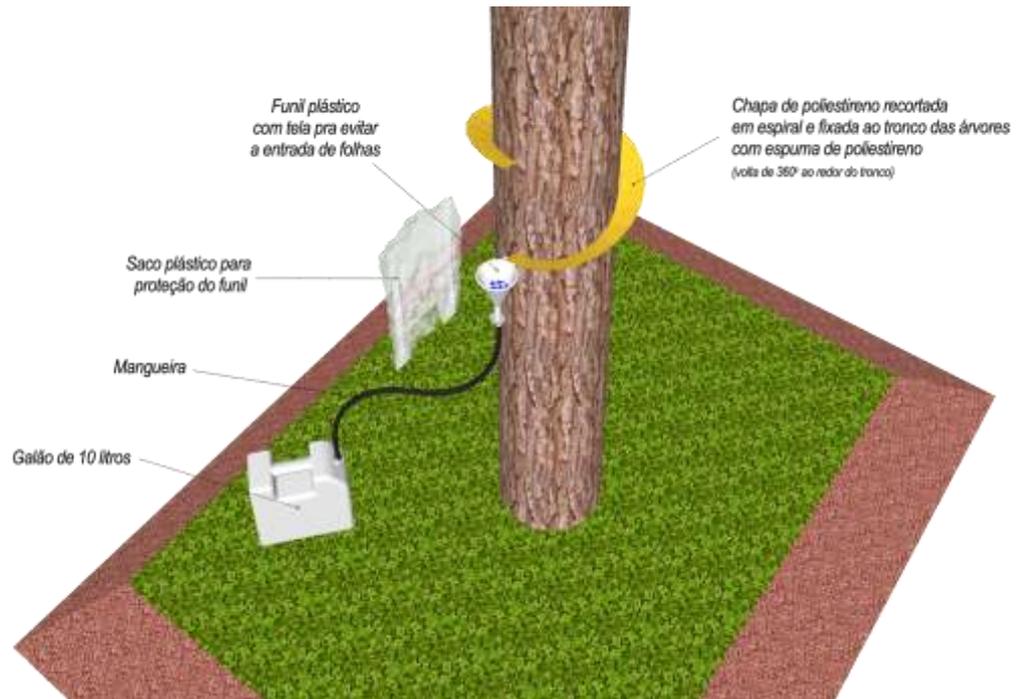


Figura 8 - Coletor de água do escoamento pelo tronco (ET) (Autor: Fábio Sian Martins)

### 2.2.5 Coletor de água de escoamento superficial do solo (ES)

O coletor consiste de um tubo de PVC de 200 cm de comprimento e 15 cm de diâmetro. O tubo foi cortado, longitudinalmente, formando uma abertura longitudinal de 3 cm x 190 cm, que permitiu a entrada da água originária do escoamento superficial do solo. As duas extremidades foram fechadas com tampas de PVC (Figura 9). Em uma das extremidades foi feito um furo na tampa para encaixar uma mangueira conectada a um reservatório de polietileno com capacidade de armazenamento de 20 litros.

Uma canaleta foi aberta no solo, onde se enterrou, parcialmente, o tubo coletor de forma horizontal, com a abertura rente ao solo de modo a permitir a entrada da água no mesmo. Foi realizado um pequeno corte horizontal e longitudinal de 3 cm no solo (3 cm x 190 cm) paralelo ao coletor, abaixo da superfície do solo para encaixar uma chapa de poliestireno.

A chapa foi fixada na parte interna do coletor com anéis de tubo de PVC do mesmo diâmetro do coletor, para permitir que o coletor permanecesse aberto e a água caísse diretamente dentro do mesmo. O tubo coletor ficou parcialmente

coberto com uma lona plástica para que somente a água originária do escoamento superficial fosse coletada.

A área de captação do coletor foi delimitada em 2 m x 3 m, com tábuas de madeira enterradas parcialmente no solo, formando uma barreira física para evitar a entrada de água originária das áreas à montante e lateral do coletor. O reservatório plástico de polietileno (capacidade de 20 litros) foi instalado numa trincheira ao lado do coletor de modo que a parte superior do reservatório ficou em nível abaixo do tubo coletor permitindo assim, o fluxo de água até o reservatório (Anexo A). Coletor montado em campo (Anexo A, foto C).

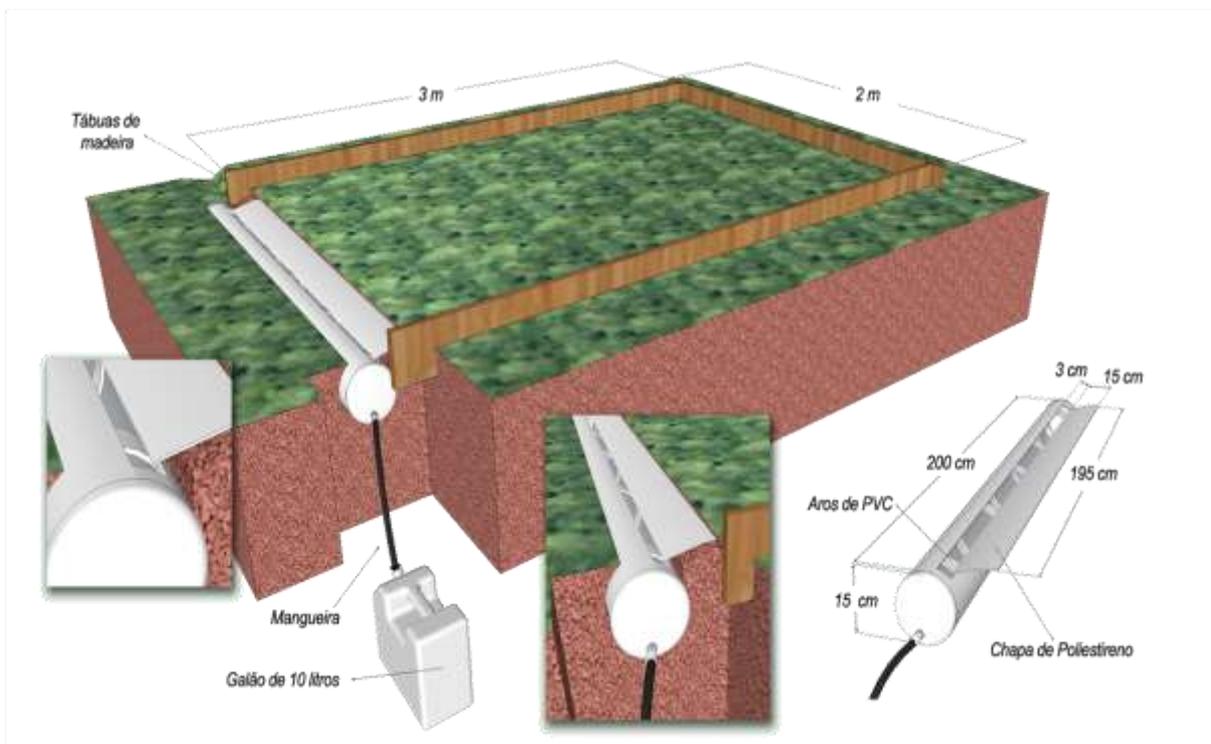


Figura 9 - Coletor de água de escoamento superficial do solo (ES) (Autor: Fábio Sian Martins)

### 2.2.6 Extrator de solução do solo (SS)

O extrator de solução do solo (Figura 10) consiste de um tubo de PVC de  $\frac{1}{2}$  polegada com uma cápsula de cerâmica porosa (de 60 mm de altura x 23 mm de diâmetro) na extremidade que ficou em contato com o solo. Por meio da cápsula porosa a água foi coletada através da diferença de pressão, produzida com uma bomba de vácuo manual da marca Nalgene (pressão aplicada ao sistema de 0,6

bar). O vácuo foi aplicado no extrator através de uma mangueira plástica de 3 mm de diâmetro que vai da cápsula porosa e se conecta a um Erlenmeyer (onde a amostra fica armazenada).

O Erlenmeyer permaneceu fechado por meio de uma rolha de silicone de 30 mm de diâmetro. A rolha foi perfurada para encaixar duas mangueiras: uma conectada ao extrator e a outra com uma saída à qual se aplicava a pressão negativa. O extrator foi instalado com auxílio de um trado de rosca com diâmetro semelhante ao tudo do extrator. Os extratores de solução do solo foram instalados nas profundidades de 20, 40 e 100 cm. Coletor montado em campo (Anexo A, foto D).

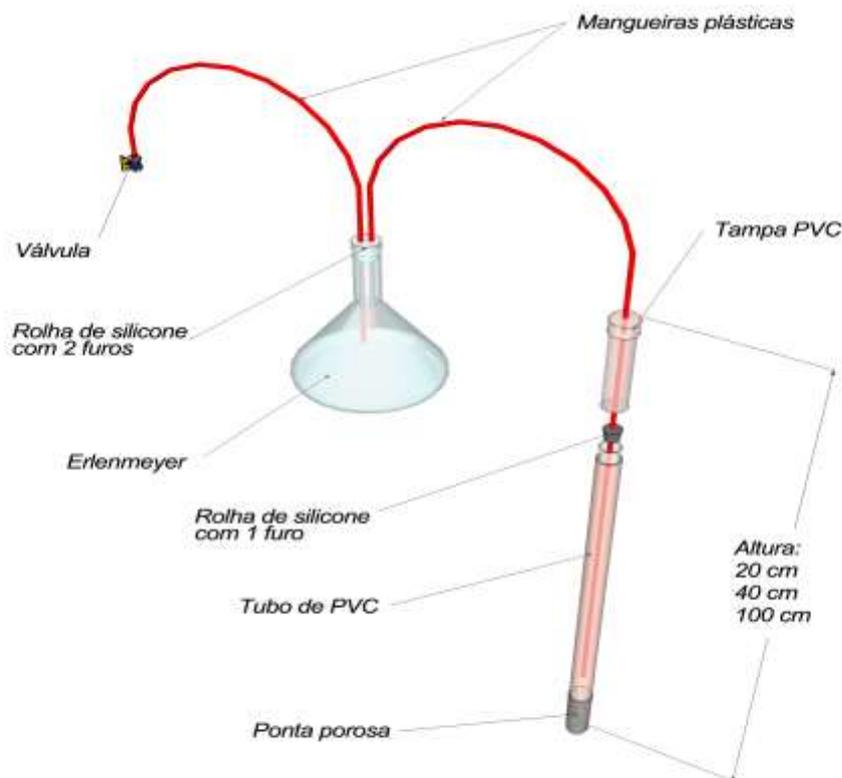


Figura 10 - Extrator de solução do solo (SS) (Autor: Fábio Sian Martins)

### 2.2.7 Coletor de água do lençol freático (Poço)

Consiste de um tubo de PVC de 10 cm de diâmetro com pequenas perfurações (cortes laterais de 1 cm em 1 cm dos dois lados do tubo) na extremidade inferior do mesmo (1 m). O tubo foi vedado nas suas extremidades com tampas de PVC (tipo cape), ficando com aproximadamente 20 cm da parte superior

acima do solo (Figura 11). A profundidade do poço variou conforme a altura do lençol freático. Com a ajuda de um trado tipo caneco, do mesmo diâmetro do cano, foi realizada a abertura de um furo no solo e posterior a instalação do coletor.

Para a coleta das amostras de água do lençol freático foi construído um coletor com um tubo de PVC de 1 m de comprimento por 5 cm de diâmetro. A parte inferior do coletor foi fechada com uma tampa de PVC com furo de 3 cm de diâmetro e um conjunto móvel formado por um anel de borracha colado em uma placa circular de vidro com 4 cm de diâmetro. Ao chegar à água do lençol freático, a placa de vidro sobe, permitindo a entrada da água. Ao puxá-lo para fora do poço, o peso da água que entrou no coletor empurra a placa de vidro para baixo e o anel de borracha faz a vedação do sistema, impedindo o vazamento da água. Na extremidade superior do coletor foi fixada, ao cabo de aço, uma corda para permitir descer o coletor até o lençol freático (Figura 11). Coletor montado na área de estudo (Anexo A, foto E).

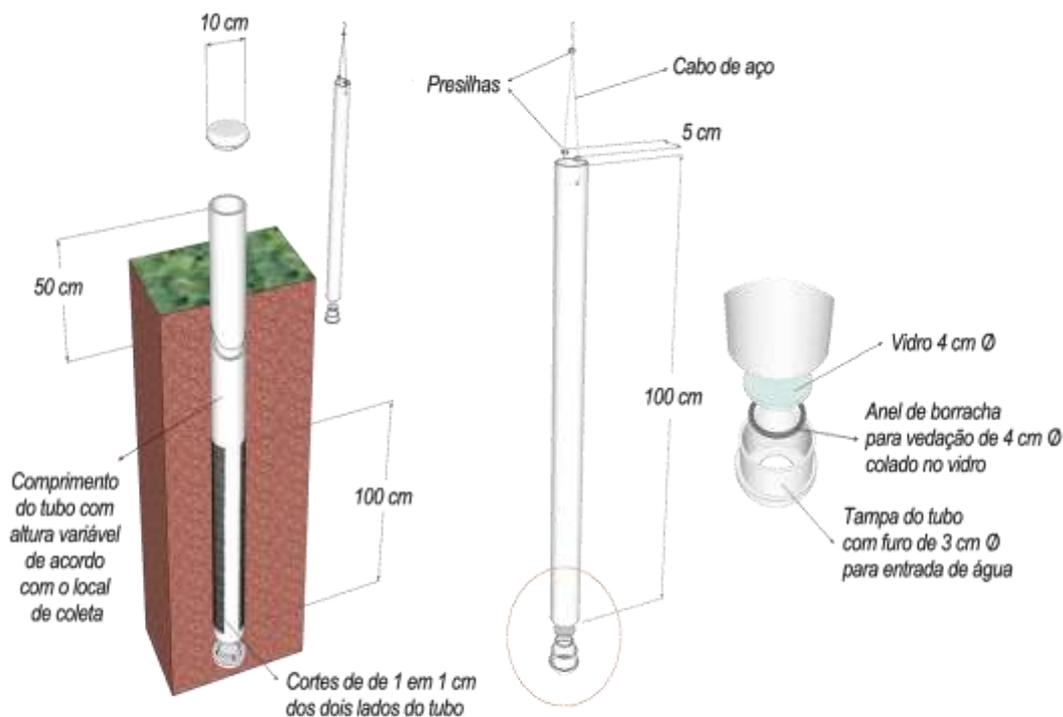


Figura 11 - Coletor de água do lençol freático (Poço) e detalhes do coletor para retirar a amostra de água do poço (autor Fábio Sian Martins)

### **2.2.8 Determinação dos parâmetros físico-químicos e vazão dos igarapés**

Nos igarapés 1 e 2 foram coletadas amostras de água por meio de uma seringa a 60% da profundidade destes, para a determinação do COD e CID. No mesmo ponto, foram determinados os parâmetros: (a) pH e temperatura, com peagâmetro marca Orion, modelo 250A; (b) oxigênio dissolvido por meio de oxímetro marca YSI, modelo 55; (c) condutividade elétrica da água, por meio de condutivímetro marca Amber Science, modelo 2052N.

A vazão foi determinada, somente no Igarapé 2 (Anexo A, foto F), em um ponto à jusante dos coletores, usando-se molinete fluviométrico marca Global Water, modelo FP101-FP102 Global Flow Probe. A vazão foi medida em um trecho do igarapé com perfil de fundo o mais regular possível (sem pedras ou grandes troncos). Fez-se um transecto com medidas de fluxo de 10 a 10 cm, a 60% da profundidade do canal. O igarapé Piquiá (Anexo A, foto G) foi utilizado para acesso aos igarapés 1 e 2.

### **2.2.9 Coleta de solo**

Cinco amostras de solo foram coletadas com trado holandês, de forma aleatória em cada sub-parcela de 10 m x 10 m ao longo da toposequência (platô, encosta e baixio), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 90-100 cm. Em cada profundidade, as cinco amostras coletadas foram homogeneizadas para fazer uma amostra composta, desta foi extraída uma alíquota de 500 gramas para a realização das análises de granulometria, e determinação dos teores de carbono e nitrogênio, totalizando 21 amostras compostas para cada parcela.

No centro das sub-parcelas, foram coletadas amostras para determinar a densidade aparente do solo, com a finalidade de calcular o estoque de carbono do solo. Em cada sub-parcela foi aberta uma trincheira de 60 cm x 60 cm até 100 cm de profundidade, de onde foram retiradas amostras com cilindro volumétrico, de 98 cm<sup>3</sup>, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 90-100 cm (Figura 12). Após a coleta de cada cilindro, foi eliminado, com o auxílio de uma faca, o excesso de solo da parte superior e inferior do cilindro, para obtenção do volume exato de solo com posterior determinação da densidade em laboratório.



Figura 12 - Trincheiras abertas ao longo da toposequência (baixo, encosta e platô) em cada parcela (Igarapé 1 e Igarapé 2)

## 2.3 Procedimentos analíticos

### 2.3.1 Carbono Orgânico e Inorgânico Dissolvido (COD e CID)

As concentrações de COD e CID foram determinadas em analisador de Carbono Orgânico Total por absorção no infravermelho de  $\text{CO}_2$  gerado após combustão a  $690^\circ\text{C}$ , em equipamento específico da marca Shimadzu, Modelo TOC-VCPH. Contudo, as amostras de CID foram quantificadas pelo TOC, apenas com a acidificação da amostra e carreamento para o detector de  $\text{CO}_2$ , resultante deste processo. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Análise Ambiental e Geoprocessamento (LAAG) do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba-SP.

### 2.3.2 Cálculo de extrapolação de entrada e saída para COD e CID

As entradas via água da chuva e saídas via água do igarapé, de carbono na floresta foram calculadas com base nos 16 eventos de chuva, assumindo-se que os volumes e concentrações mantiveram-se inalterados entre eventos. Assim, para cada evento foi calculado o número de dias até a metade do período anterior e do posterior, e os valores obtidos a cada coleta considerados como constantes durante estes períodos. O valor total foi obtido pela somatória destas extrapolações dividido pelo número total de dias amostrados durante o período deste estudo.

### 2.3.3 Análises do solo

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm. As análises de pH e granulometria, foram realizadas no Laboratório Temático de Solos e Plantas (LTSP) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em Manaus-AM.

O pH foi determinado por meio de eletrodo combinado, diretamente imerso em suspensão solo/água na proporção de 1: 2,5 ml, 10 gramas de solo para 2,5 ml de água. A reação da solução (ácida, neutra ou alcalina), é conhecida pela determinação da concentração efetiva dos íons H<sup>+</sup> nessa solução.

A granulometria foi determinada pelo método da Dispersão Total (EMBRAPA, 1997). A matéria orgânica foi oxidada por aquecimento com peróxido de hidrogênio que destruiu o excedente por ebulição. Fixou-se o tempo para o deslocamento vertical na suspensão do solo com água, após a adição de um dispersante químico (pirofosfato de sódio 1,0 N). Pipetou-se um volume de 20 ml da suspensão, para determinação da argila (<0,002 mm) que após seca em estufa a 105<sup>0</sup> C foi pesada. As frações de areia (2,0 a 0,05 mm, areia fina e grossa) foram separadas por tamisação (peneiras), secas em estufa a 105<sup>0</sup> C e pesadas para obtenção dos respectivos percentuais. O silte (0,05 a 0,002 mm) correspondeu ao complemento dos percentuais para 100%, sendo este obtido por diferença das outras frações em relação à amostra original.

A densidade aparente dos solos foi determinada no laboratório de solos da EMBRAPA Amapá. Após pesadas (peso úmido), as amostras foram colocadas em estufa à temperatura de 105<sup>0</sup> C por 48 horas, até atingir um peso constante. A densidade foi determinada pela relação entre a massa da amostra de solo seco e o volume que ele ocupa (Equação 1), na condição natural, ou seja, amostra indeformada (EMBRAPA, 1997).

$$d_a = P_{as} / V \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

$d_a$ = densidade aparente do solo (g/cm<sup>3</sup>)

$P_{as}$ =peso da amostra seca (g)

$V$ = volume do cilindro (cm<sup>3</sup>)

As análises de carbono e nitrogênio foram realizadas no Laboratório de Manejo Florestal (LMF/CDAM) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em Manaus-AM, pelo processo de combustão. O analisador Elemental modelo CHNS/O Perkin Elmer 2400 Series II, utiliza o método de combustão para converter os elementos (C, H e N) em gases (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>). As amostras, pesadas utilizando a autobalança modelo AD6 (Perkin Elmer), são oxidadas na zona de combustão, gerando CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub> e removendo elementos como halogênio e enxofre. Esses gases são homogeneizados e em seguida despressurizados, onde, ao passar pela coluna, são separados pela fase estacionária e detectados a partir de suas funções de condutividade térmica.

O estoque de carbono do solo foi determinado pela multiplicação da concentração de carbono, a espessura da camada de solo e a densidade correspondente. O resultado foi multiplicado por 100 para converter g cm<sup>-3</sup> para Mg ha<sup>-1</sup> (Equação 2).

$$E_c = (C/100) * d_a * H * 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde:

$E_c$  = estoque de carbono (Mg ha<sup>-1</sup> de C)

C = concentração de carbono (%) / 100

$d_a$  = densidade aparente do solo (g/cm<sup>-3</sup>)

H = espessura da camada de solo (cm)

Para calcular o estoque e o estoque acumulado de carbono da profundidade de 50-90 cm, foi necessário calcular o teor de carbono e a densidade da profundidade de 50-90 cm, já que não foi realizada a coleta de solo desta profundidade (50-90 cm). Para tal, foi feita uma aproximação dos valores, usando-se a média dos valores da densidade e do teor de C das camadas do solo de 40-50 cm a 90-100 cm, considerando-se a espessura da camada do solo de 40 cm. Da mesma forma, foi realizado o mesmo procedimento de cálculo de aproximação para o nitrogênio para calcular a relação C/N para a mesma profundidade (50-90 cm).

### 2.3.4 Cálculo da área das microbacias e método de desenho dos mapas

A extração automatizada da rede de drenagem e delimitação das microbacias ocorreu por meio de modelo digital de elevação (MDE) da imagem SRTM no programa *Arcgis* 10.1. No programa, foi utilizado o algoritmo *fill* para regularizar as imperfeições dos dados, o *flow direction* para determinar a direção do fluxo da bacia e o *stream order* a fim de hierarquizar a rede de drenagem pelo método *strahler*, no qual foi gerado 8 ordens de drenagem.

Contudo, há algumas redes que não refletem a realidade da região, então foi feito um refinamento e escolhido drenagens de até 3 ordens. Para delimitar a sub-bacia do igarapé Piquiá, foi demarcado 50 m de distância dos igarapés 1 e 2 em cima da drenagem criada anteriormente, para as sua sub-bacias foi realizado o mesmo procedimento, mas o local de demarcar foram os pontos mais distantes de suas nascentes. Feito isso, ocorreu o cálculo das áreas das sub-bacias através do aplicativo *calculate geometry*, que calcula a área do objeto de maneira automatizada.

### 2.3.5 Análises estatísticas

Primeiramente, foi feita a estatística descritiva das variáveis relacionadas às amostras de água da chuva (COD, CID, pH, condutividade) e às amostras de solo (granulometria, carbono e nitrogênio). Em seguida foi realizada comparação dos valores destas variáveis entre todos os tipos de coletores de água da chuva (PI, ET, ES, SS, Igarapé e Chuva), bem como das variáveis de cada tipo de coletor, entre as diferentes localizações na toposequência (platô, encosta e baixio). Para isso, a distribuição estatística dos dados de cada variável foi avaliada através de análise gráfica (gráficos quantil-quantil) e do teste de normalidade de Shapiro-Wilk, bem como do teste de Bartlett para checar a homogeneidade de variâncias. Quando necessário, realizamos a transformação logarítmica dos dados e retiramos *outliers* para prosseguir com a análise de variância (ANOVA). Se identificada diferença significativa, assumindo o nível de significância de 5%, foi realizado o teste de Tukey HSD para verificar a diferença entre as médias. No caso das variáveis de solo, que reportam a frequência dos componentes avaliados, a comparação foi realizada através do teste de Kruskal-Wallis, e se identificada diferença estatística significativa ( $p < 5\%$ ) entre as amostras de cada local na toposequência, foi elaborada a comparação pareada através do teste de Wilcoxon (ZAR, 1999).

Foi utilizado teste de correlação de Spearman para avaliar a relação entre a densidade do solo, a quantidade de carbono e a relação C/N em cada local da toposequência, assim como a relação entre a quantidade de argila, areia, silte e carbono do solo, independentemente da localização na toposequência. Da mesma forma foi avaliada a relação da precipitação acumulada nos dias de coleta e as médias das variáveis COD e CID de todos os tipos de coletores.

Todos os dados foram organizados em planilhas e as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do ambiente computacional R (R CORE TEAM, 2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Precipitação

A precipitação da área durante o período do estudo foi de 2303 mm (no intervalo de abril a junho foram registrados somente em 2014; no intervalo de julho a dezembro foram médias dos anos de 2014 e 2015; e no intervalo de janeiro a março foram registrados somente em 2015), sendo este um pouco inferior à média histórica (2000-2013) de 2358 mm. Estes valores encontram-se entre as médias de 1850 a 2550 mm, da série histórica de 44 anos (1968-2012) para a bacia do Rio Jari, 91,42 km ao sul do estado (DA SILVEIRA, 2014).

Durante o período chuvoso, de janeiro a julho, a precipitação acumulada foi de 2014 mm, superior à média histórica de 1831 mm (Figura 13). Durante o período seco de agosto a dezembro, a precipitação acumulada foi de 289 mm, sendo inferior à média histórica de 518 mm. O período de maior intensidade pluviométrica foi de fevereiro a maio, com precipitação de 1515 mm e o período de seca foi de setembro a novembro, com 112 mm acumulados.

A precipitação na região estudada apresentou um padrão com forte sazonalidade, como ocorre para outras regiões no estado (DA SILVEIRA, 2014) e em outras regiões da Amazônia (LIEBMANN & MARENGO, 2001), podendo variar por sub-regiões (KRUSCHE et al., 2011).

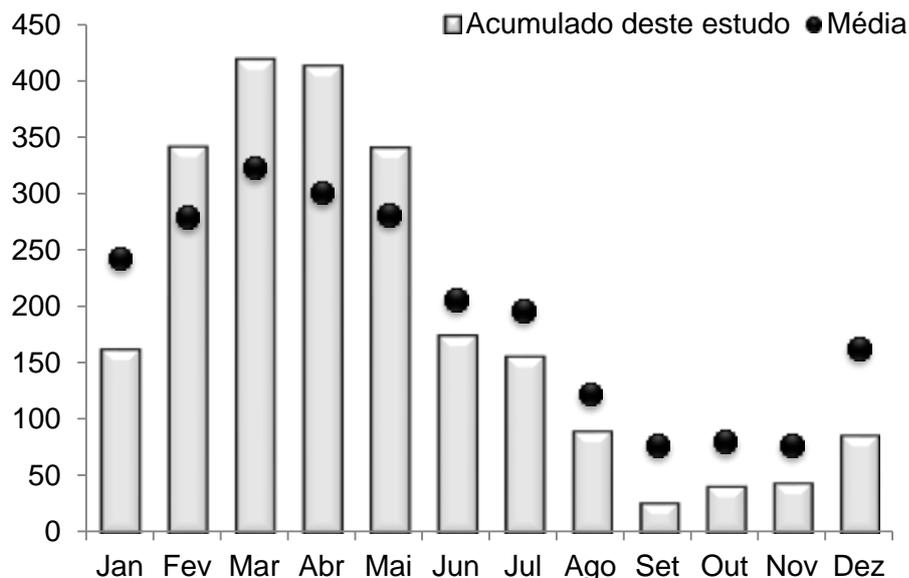


Figura 13 - Precipitação mensal acumulada neste estudo (julho/2014 a dezembro/2015) e precipitação média mensal da série histórica (2000-2013)

## 3.2 Caracterizações do solo

### 3.2.1 Caracterização física

Os Latossolos são considerados solos pobres em nutriente e de boa drenagem (PROJETO RADAMBRASIL, 1981). Em relação à textura, são considerados arenosos quando têm menos de 15% de argila; de textura média entre 15 a 35% de argila; de textura argilosa entre 35 a 60% de argila; e muito argilosos, têm acima de 60% de argila (OLIVEIRA JUNIOR & MELÉM JUNIOR, 2000).

O conteúdo de argila dos solos variou em profundidade ao longo da toposequência no platô entre 14,2 a 24,2%, na encosta de 12,6 a 24,68%, e 9,8 a 21,1% no baixio (Tabela 2), sendo estes classificados como Latossolos arenosos. Contudo, apresentou diferença estatística significativa para % de areia ( $df= 2$ ;  $F= 14,413$ ;  $p= 0,0007$ ), argila ( $df= 2$ ;  $F= 5,881$ ;  $p= 0,0528$ ), e silte ( $df= 2$ ;  $F= 14,201$ ;  $p= 0,0008$ ). A variação no gradiente topográfico destes solos foi bem pequena, mas houve diferença estatística significativa apenas entre platô e baixio ( $p= 0,021$ ).

Estudos realizados em Rondônia, Mato Grosso e Amazonas apresentaram o mesmo padrão, com aumento gradual no teor de argila em função da profundidade, (LEITE, 2011; NEU, 2009 e MARQUES, 2009). Na região de Manaus, AM (LUIZÃO *et al.*, 2004) encontrou um padrão acentuado na mudança de textura ao longo do gradiente topográfico, com a argila diminuindo de 69% no platô para 43% na encosta e 5% no baixo. Em florestas de terra firme, a textura pode influenciar, indiretamente, na produtividade, podendo ser mascarada pela umidade e disponibilidade de nutrientes no solo (PRICHETT & FISHER, 1987), como também, por outras características como a capacidade de retenção de água e a quantidade de matéria orgânica no solo (FISHER & BINKLEY, 2000; MARQUES, 2015).

Tabela 2 - Granulometria dos solos das áreas de baixio, encosta e platô, médias das parcelas Igarapé 1 e 2 (42 amostras compostas)

Profundidade (cm)	Argila (%)	Silte (%)	Areia total (%)
		<u>PLATÔ</u>	
0-5	14,23	20,20	65,57
5-10	18,18	20,38	61,45
10-20	18,38	17,92	63,71
20-30	20,73	18,29	60,98
30-40	23,53	17,90	58,58
40-50	27,90	19,33	52,77
90-100	24,18	26,81	49,01
		<u>ENCOSTA</u>	
0-5	12,75	14,46	72,79
5-10	15,50	17,28	67,22
10-20	18,78	16,88	64,35
20-30	21,90	17,14	60,96
30-40	24,30	18,17	57,53
40-50	24,03	19,34	56,63
90-100	24,68	27,80	47,53
		<u>BAIXIO</u>	
0-5	9,78	12,82	77,41
5-10	14,00	14,78	71,22
10-20	15,30	16,04	68,71
20-30	17,43	15,67	66,90
30-40	18,13	13,88	68,00
40-50	20,23	13,56	66,21
90-100	21,08	14,33	64,59

A densidade do solo aumentou em profundidade em todas as posições da toposequência, variando de 1,13 a 1,28 g cm<sup>-3</sup> na camada de 0-5 cm, de 1,62 a 1,74 g cm<sup>-3</sup> de 25-30 cm, e 1,51 a 1,69 g cm<sup>-3</sup> de 90-100 cm (Tabela 3). Na superfície, a densidade está acima dos valores encontrados por LEITE (2011) em Rondônia (0,8 a 1,4 g cm<sup>-3</sup>), NEU (2009) no Alto Xingu, Mato Grosso (1,06 a 1,13 g cm<sup>-3</sup>), e MARQUES (2009) no Amazonas (1,04 a 1,26).

Os valores de densidade estão na faixa de valores observados em solos de florestas, que variam entre 0,2 g cm<sup>-3</sup> (camada orgânica) e 1,9 g cm<sup>-3</sup> (areia grossa)

(BINKLEY & RICHTER, 1987), valores estes também observados em solos da Amazônia (NEILL et al., 1995; MELO, 2003; NEU, 2009; MARQUES, 2009; LEITE, 2011). O aumento da densidade em profundidade é uma característica natural, em solos de áreas de mata nativa e reflorestadas a densidade é maior em subsuperfície devido à presença de atividade biológica (raízes e fauna) aumentando a porosidade do solo (MARQUES, 2009).

Entretanto, nenhum valor de densidade, mesmo em camadas subsuperficiais, é considerado impeditivo ao crescimento radicular e desenvolvimento das plantas. De acordo com PRICHETT & FISHER (1987) o valor considerado limítrofe para tal, é  $1,75 \text{ g cm}^{-3}$ . No platô e encosta na profundidade de 25 a 30 cm observaram-se valores próximos a este limite, ocorrendo uma maior eficiência na agregação dos Latossolos, podendo potencializar uma proteção física e o acúmulo de matéria orgânica (FOSTER, 1994; MARQUES, 2009).

Os valores de pH do solo apresentaram variabilidade de 4,14 a 4,83, caracterizando-se como solos ácidos (EMBRAPA, 1999), com aumento de acidez em profundidade (Tabela 3). Os valores encontrados são semelhantes para Latossolos de outras regiões da Amazônia, como no Acre onde o pH variou entre 3,6 a 5,1. (MELO, 2003), em Rondônia com valores de 4,7 a 5,2 (LEITE, 2011), e no Amazonas com valores de 3,93 a 5,0 (MARQUES, 2009) e 3,8 a 4,4 (LUIZÃO *et al.*, 2004).

### **3.2.2 Concentrações, estoque de carbono e relação C/N no solo**

Os teores de carbono no Latossolo decresceram em profundidade; no platô de 3,38% na superfície e 0,31% a um metro, na encosta de 3,98 a 0,42%, e no baixio de 3,02 a 0,42%. Contudo, não observamos grande variação ao longo do gradiente topográfico (Tabela 4). A relação com a profundidade foi semelhante à encontrada por NEU (2009), entre 3,4 a 0,4% no Alto Xingu, também, observado por NEU (2005) e TELLES et al. (2003) na Amazônia, e por MELO (2003) em solos no Acre. Na região de Manaus foi encontrado valores entre 2,97 a 0,52% (MARQUES, 2009).

Tabela 3 - Densidade aparente dos solos ( $\text{g cm}^{-3}$ ) e pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ), média e desvio padrão nas duas parcelas

Profundidade (cm)	Densidade do Solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )			pH ( $\text{H}_2\text{O}$ )		
	BAIXIO	ENCOSTA	PLATÔ	BAIXIO	ENCOSTA	PLATÔ
0-5	1,28 ± 0,04	1,13 ± 0,10	1,19 ± 0,25	4,260 ± 0,01	4,145 ± 0,12	4,220 ± 0,23
5-10	1,20 ± 0,09	1,29 ± 0,33	1,16 ± 0,19	4,195 ± 0,28	4,145 ± 0,26	4,460 ± 0,14
10-20	1,57 ± 0,08	1,45 ± 0,18	1,54 ± 0,22	4,490 ± 0,31	4,500 ± 0,41	4,690 ± 0,18
20-30	1,62 ± 0,07	1,73 ± 0,05	1,74 ± 0,02	4,640 ± 0,23	4,675 ± 0,09	4,830 ± 0,18
30-40	1,61 ± 0,04	1,61 ± 0,34	1,66 ± 0,05	4,650 ± 0,21	4,505 ± 0,11	4,835 ± 0,13
40-50	1,64 ± 0,06	1,47 ± 0,27	1,62 ± 0,13	4,645 ± 0,21	4,570 ± 0,06	4,720 ± 0,07
90-100	1,59 ± 0,17	1,60 ± 0,10	1,51 ± 0,002	4,645 ± 0,30	4,725 ± 0,06	4,730 ± 0,10

As concentrações de carbono ao longo do gradiente topográfico foram similares aos encontrados em Latossolos na região de Manaus, AM, estes variaram no platô e encosta, enquanto no baixio as concentrações foram, significativamente, menores entre 2,3% a 3,5% para a camada (0-5 cm) (LUIZÃO et al., 2004). SOUZA (2004) encontrou valores na ordem de 3,79% a 3,09%, e MARQUES (2009) encontrou teores médios de carbono ao longo do gradiente topográfico variando de 1,36% a 2,97%, sendo maiores no platô, seguido da encosta e baixio. A variação de carbono com a topografia pode ser explicada pela taxa de produção e decomposição de liteira, conforme resultados encontrados por LUIZÃO, et al. (2004), os quais indicam maior produção no platô e menor no baixio.

Ao longo do gradiente topográfico, os teores de carbono não sofreram grandes alterações. A densidade do solo teve um leve aumento na topografia, oscilando no platô, diminuindo na encosta e aumentando no baixio. Isso demonstra que o aumento da densidade interfere diretamente nos teores de carbono, (Figura 14). Ao testar essa interferência foi observada uma correlação negativa significativa entre carbono e densidade apenas no baixio ( $r = -0,598$ ;  $p = 0,0238$ ).

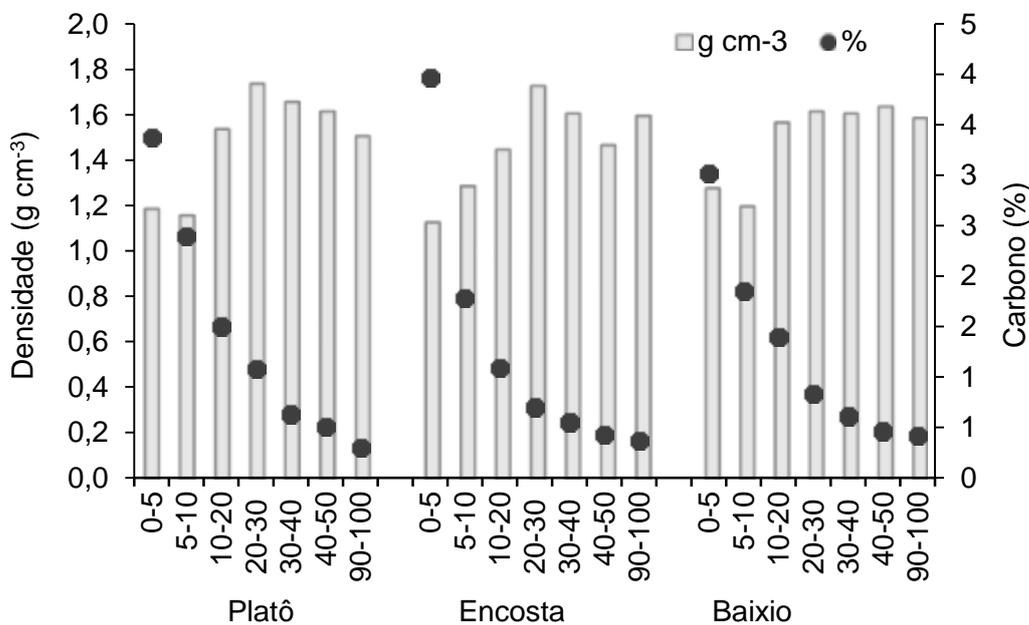


Figura 14 - Densidade do solo e teor de carbono no gradiente topográfico

Além disso, foi encontrada correlação do carbono com a textura, entre argila e carbono ( $r = 0,640$ ;  $p > 0,001$ ), e entre areia e carbono ocorreu uma correlação

negativa significativa ( $r = -0,772$ ;  $p > 0,001$ ). O teor de argila influencia diretamente o teor de carbono na superfície e subsuperfície, com o aumento da profundidade aumenta o teor de argila, e diminui o teor de carbono. Isso ocorre pela redução dos resíduos orgânicos em profundidade, o carbono encontrado abaixo da subsuperfície encontra-se retido nas frações finas de argila (MARQUES, 2009).

Em relação ao estoque de carbono, os maiores valores encontrados foram na superfície decrescendo com a profundidade, no platô variou de  $20,11 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (3,38% de C) a  $4,61 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (0,31% de C); na encosta de  $22,46 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (3,98% de C) a  $5,92 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (0,37% de C); e no baixio de  $19,33 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (3,02% de C) a  $6,68 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (0,42% de C) (Tabela 4). Em outras áreas da Amazônia, foram encontrados valores similares para o estoque de carbono, no Alto Xingu a variação foi de  $11,8 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (75-100 cm) a  $17,7 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (0-5 cm) (NEU, 2009). Em Rondônia de  $6,7 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (80-100cm) a  $26,9$  (10-20 cm) (LEITE, 2011). Os maiores valores de C são observados na camada superficial do solo (até 10 cm) decrescendo com a profundidade, isso ocorre devido ao maior acúmulo de matéria orgânica depositada pela floresta (MARQUES, 2009).

O estoque acumulado de carbono até 100 cm de profundidade na área de platô foi de  $125,89 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , na encosta de  $107,9 \text{ Mg C ha}^{-1}$ , e no baixio foi de  $119,12 \text{ Mg C ha}^{-1}$  (Tabela 4). Valores similares foram encontrados no Alto Xingu, no platô ( $105,2 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) e encosta ( $119,0 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) entre 75 a 100 cm de profundidade (NEU, 2009). Porém, foram bem maiores que os encontrados para Rondônia, com  $66,0 \text{ Mg C ha}^{-1}$  no baixio (LEITE, 2011). MARQUES (2009), em Latossolo, encontrou valores similares no platô até 100 cm de profundidade ( $137,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ).

A relação C/N diminuiu com a profundidade em todos os perfis, variando de 13,25 a 6,78 no platô, 15,29 a 10,57 na encosta e de 13,42 a 10,50 no baixio (Tabela 4). Em estudo no Alto Xingu, NEU (2009) não encontrou alterações em profundidade no platô (19,64 a 19,85), encontrando uma pequena variação na encosta (17,84 a 21,64). MARQUES (2009) observou uma pequena variação entre 12,77 a 13,23 com a profundidade, indicando atividade biológica intensa com maior grau de humificação da matéria orgânica.

Além disso, as mudanças no conteúdo de carbono orgânico do solo é função da entrada de carbono fixada fotossinteticamente e de perda via decomposição da matéria orgânica do solo. Em ecossistemas nativos, o clima e as condições do solo

são os fatores determinantes do balanço de carbono, porque eles controlam as taxas de produção e decomposição de matéria orgânica do solo (MARQUES, 2009).

Tabela 4 - Teor de C, estoque de C, carbono acumulado por camada e relação C/N

Profundidade (cm)	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	C %	Estoque Mg C ha <sup>-1</sup>	Estoque acumulado Mg C ha <sup>-1</sup>	C/N Relação
<u>PLATÔ</u>					
0-5	1,19	3,38	20,11	20,11	13,25
5-10	1,16	2,41	13,95	34,06	13,74
10-20	1,54	1,51	23,18	57,24	13,09
20-30	1,74	1,08	18,79	76,03	12,00
30-40	1,66	0,64	10,54	86,57	9,77
40-50	1,62	0,52	8,34	94,91	8,58
50-90	1,57	0,42	26,88	121,29	7,92
90-100	1,51	0,31	4,61	<b>125,89</b>	6,78
<u>ENCOSTA</u>					
0-5	1,13	3,98	22,46	22,46	15,29
5-10	1,29	1,79	11,55	34,00	12,79
10-20	1,45	1,10	15,88	49,88	12,17
20-30	1,73	0,71	12,20	62,08	10,85
30-40	1,61	0,56	8,94	71,01	12,33
40-50	1,47	0,43	6,32	77,33	9,56
50-90	1,54	0,40	24,64	101,89	10,00
90-100	1,60	0,37	5,92	<b>107,89</b>	10,57
<u>BAIXIO</u>					
0-5	1,28	3,02	19,33	19,33	13,42
5-10	1,20	1,86	11,16	30,49	12,83
10-20	1,57	1,40	21,98	52,47	13,33
20-30	1,62	0,84	13,61	66,08	12,92
30-40	1,61	0,62	9,90	75,98	13,67
40-50	1,64	0,47	7,63	83,60	13,29
50-90	1,62	0,45	28,84	112,35	11,71
90-100	1,59	0,42	6,68	<b>119,03</b>	10,50

### 3.3 Entradas e transporte de íons maiores (condutividade elétrica) e carbono orgânico dissolvido (COD)

No período entre Abril de 2014 a Maio de 2015, foram coletados 16 eventos de chuva, totalizando 1102 mm, o que correspondeu a 47,9% de eventos amostrados durante o período estudado (2303 mm acumulados). Durante este período, foram amostrados compartimentos acima do solo: precipitação (Chuva), precipitação interna da floresta (PI), escoamento pelo tronco (ET) e escoamento superficial do solo (ES), e abaixo do solo: solução do solo (SS) e água no lençol freático (Poço).

#### 3.3.1 Precipitação (Chuva)

A condutividade elétrica na água da chuva apresentou grande variação ao longo do ano, entre 2,9 a 70,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , com valor médio de  $15,2 \pm 16,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Figura 15), sendo maiores que os encontrados no Alto Xingu variando de 4,2 a 32,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (NEU, 2009). Os maiores valores de condutividade, 31,90 e 70,03  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , foram observadas no início da estação chuvosa, com posterior decréscimo ao longo da mesma. O mesmo padrão de valores elevados nos primeiros eventos de chuva foi encontrado no Alto Xingu (NEU, 2009).

O pH médio da água da chuva foi de  $5,578 \pm 0,45$ , com uma variação entre 4,801 a 6,211 (Figura 15). Valores similares foram registrados em Rondônia, onde o pH na água da chuva variou entre 4,9 e 6,5, com uma média de  $5,6 \pm 0,2$  (LEITE, 2011), valores similares foram encontrados no oeste da Amazônia (TOBÓN et al., 2004; GERMER et al., 2007). Porém, foram um pouco mais alto aos registrados na Amazônia Central (STALLARD & EDMOND, 1981; FRANKEN & LEOPOLDO, 1984; FILOSO et al., 1999), Valores estes considerados menos ácidos, que foram registrados na Amazônia Central, sua redução foi atribuída à neutralização dos ácidos orgânicos (ácido fórmico e acético) e pelos aerossóis minerais alcalinos (STALLARD & EDMOND, 1981; GERMER et al., 2007). Os maiores valores foram registrados no início do período chuvoso, em um padrão oposto ao encontrado no Alto Xingu, onde nos primeiros eventos de chuva os valores de pH registrados foram mais baixos (3,6 e 4,3) (NEU, 2009).

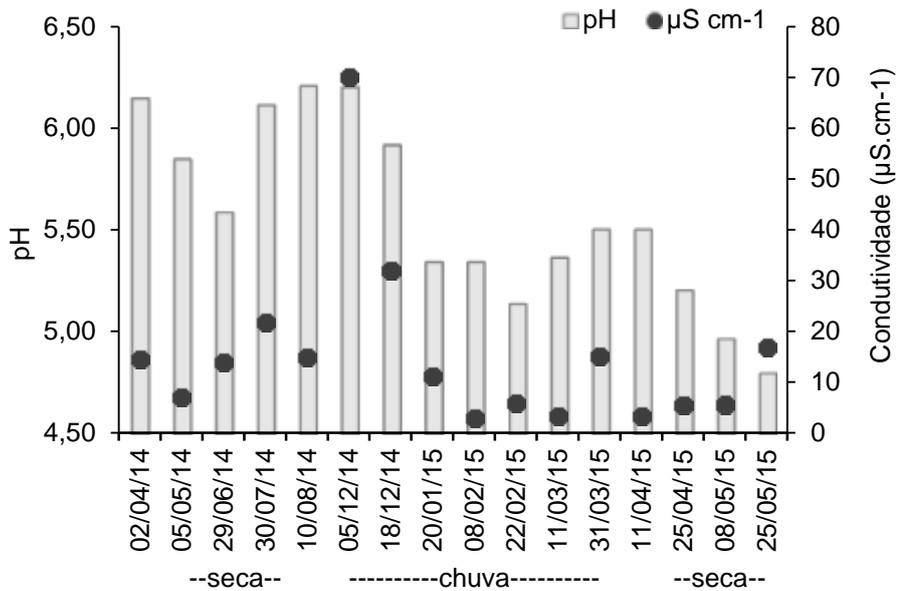


Figura 15 - pH e condutividade elétrica na água da chuva por evento (n=16)

A Concentração média anual de COD na água da chuva foi  $1,6 \pm 1,52 \text{ mg L}^{-1}$ , ocorrendo concentrações mais elevadas no início do período chuvoso, em dezembro, de  $6,6 \pm 0,49 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto no final do período chuvoso, no mês de abril, de  $0,8 \pm 1,48 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 16). Estes valores são menores que os encontrados no Alto Xingu (NEU, 2009), no início ( $15,6 \text{ mg L}^{-1}$ ) e final ( $3,39 \text{ mg L}^{-1}$ ) do período chuvoso. No Alto Xingu foi encontrada uma média anual de  $6,7 \text{ mg L}^{-1}$ , em torno de quatro vezes maior que o encontrado neste estudo.

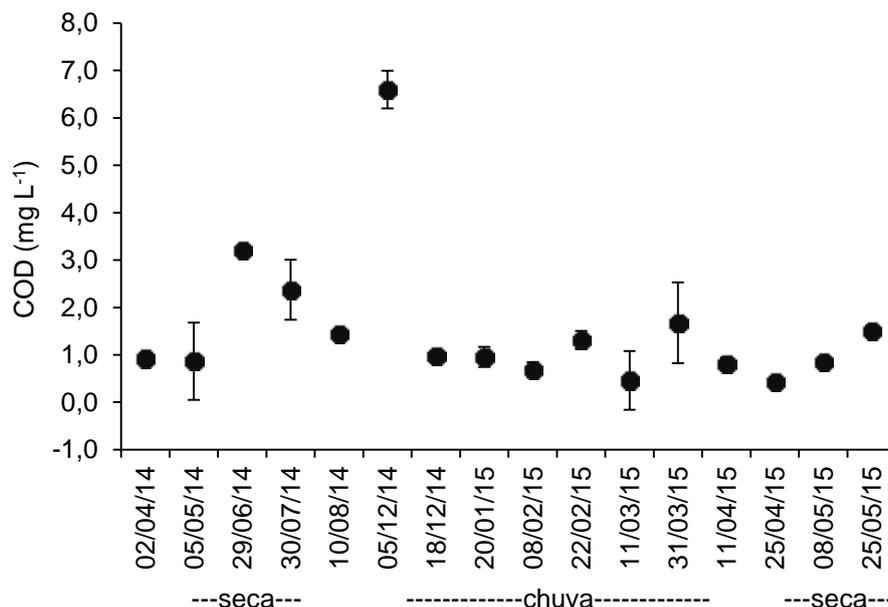


Figura 16 - Concentrações médias de COD na chuva por evento de (n=16)

As altas concentrações de carbono encontradas no início do período chuvoso são resultados, provenientes do acúmulo na atmosfera durante o período de seca, de partículas (aerossóis) ricas em carbono, provenientes do mar, de poeira do deserto, de intensas queimadas e das atividades agrícolas. No Alto Xingu a alta concentração de COD encontradas se deve as intensas queimadas e pelas atividades agrícolas da região NEU (2009).

Concentrações de COD em eventos de precipitação de baixa intensidade, 2 mm, foi de  $3,20 \pm 0,07 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto que em evento de maior intensidade, 94 mm, foi de  $0,42 \pm 0,45 \text{ mg L}^{-1}$ , com concentrações nos intervalos destes extremos de chuva variando entre  $2,37 \pm 0,63 \text{ mg L}^{-1}$  (38 mm) a  $1,31 \pm 0,19 \text{ mg L}^{-1}$  (74 mm). Mostrando que os valores de carbono não foram correlacionados com a intensidade pluviométrica ( $r = -0,421$ ;  $p = 0,105$ ) (Figura 17).

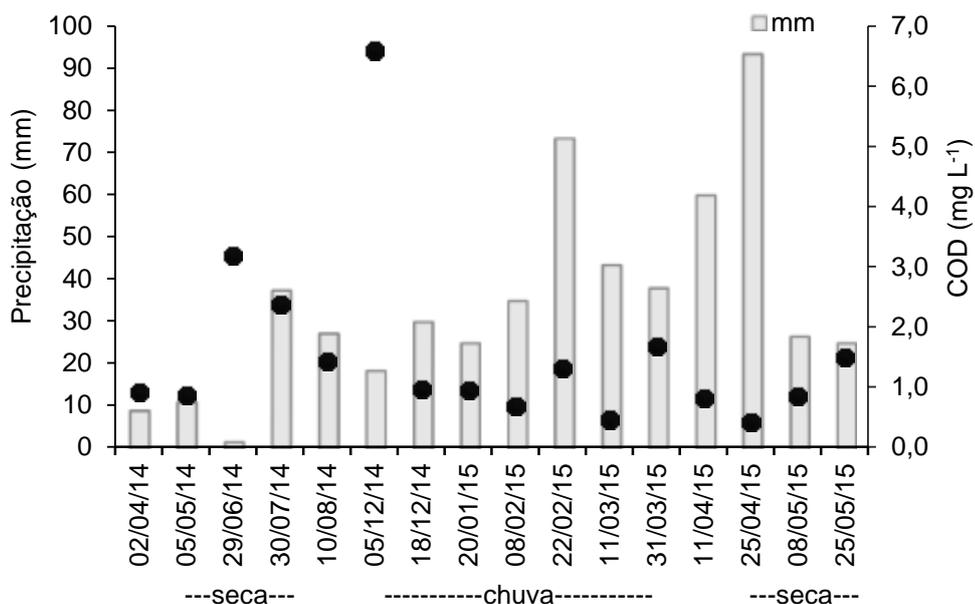


Figura 17 - Precipitação e entrada de COD ( $\text{mg L}^{-1}$ ) na precipitação por evento de chuva (n=16)

Durante o intenso período das chuvas, as concentrações de COD decrescem, ocorrendo uma lavagem da atmosfera (GERMER et al., 2005; NEU, 2009). Estudos realizados em outras áreas da Amazônia central, as quais apresentam índice pluviométrico elevado (FILOSO et al., 1999; WATERLOO et al., 2006), mostram que as concentrações de COD foram similares aos deste estudo. Isso demonstra que em

áreas com baixas taxas de desmatamento e mudanças no uso da terra, as concentrações de COD são inferiores às áreas com alterações antrópicas (NEU, 2009).

### 3.3.2 Precipitação interna da floresta (PI)

A variação da condutividade elétrica na precipitação interna da floresta foi semelhante ao encontrado na água da chuva, os valores variaram entre 7,6 a 72,2  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , a média foi de  $21,7 \pm 20,3 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Os valores mais elevados de 72,2  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  foram observados no início da estação chuvosa com posterior decréscimo. Os valores médios de pH foram de  $5,516 \pm 0,3$ , e variaram entre 4,952 e 6,169. Em Rondônia, LEITE, (2011), encontrou valores similares variando de 4,1 a 7,0, com uma média de  $5,8 \pm 0,2$ . NEU (2009) no Alto Xingu, também observou valores semelhantes, pH médio próximo de 5,5, entretanto com condutividade média mais elevada ( $>60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).

Ao longo da toposequência, tanto a condutividade elétrica ( $p= 0,49$ ) (Figura 18<sup>a</sup>), quanto o pH ( $p= 0,34$ ) (Figura 18<sup>b</sup>) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas. No Alto Xingu (NEU, 2009), também não encontrou relação com a toposequência.

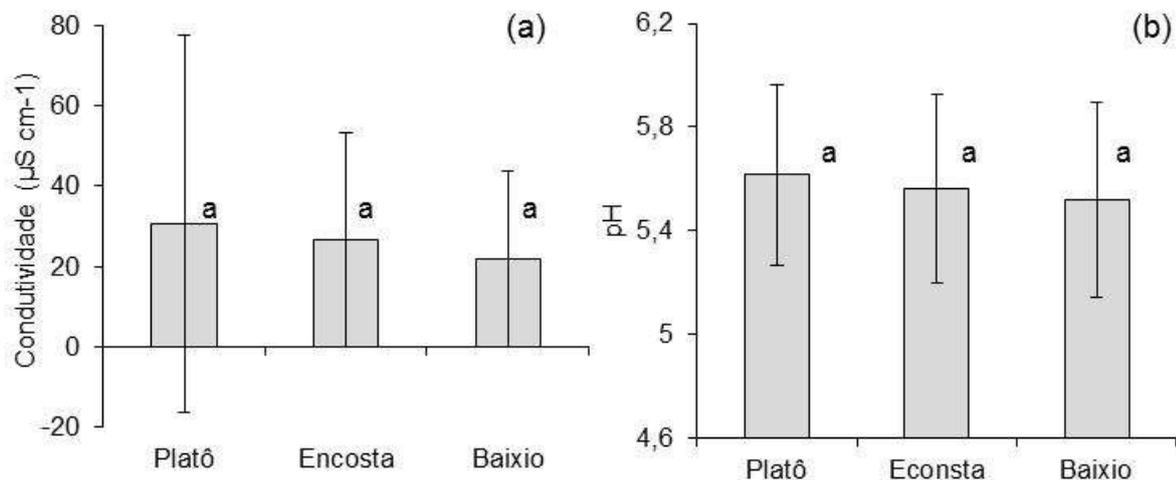


Figura 18 - (a) Condutividade elétrica e (b) pH na água da precipitação interna da floresta, ao longo da toposequência por evento de chuva (n=16)

A concentração média de COD na precipitação interna da floresta foi de  $9,1 \pm 5,99 \text{ mg L}^{-1}$ , variando no início do período chuvoso de  $27,1 \pm 0,83 \text{ mg L}^{-1}$ , diminuindo

para  $5,41 \pm 0,36 \text{ mg L}^{-1}$  no final das chuvas (Figura 19a ). A variação ao longo da toposequência foi pequena, não apresentando diferenças estatisticamente significativas ( $p= 0,18$ ) (Figura 19b). No platô as concentrações médias foram de  $9,08 \pm 8,42 \text{ mg L}^{-1}$ , encosta de  $10,13 \pm 9,07 \text{ mg L}^{-1}$ , e baixio de  $8,78 \pm 8,1 \text{ mg L}^{-1}$ .

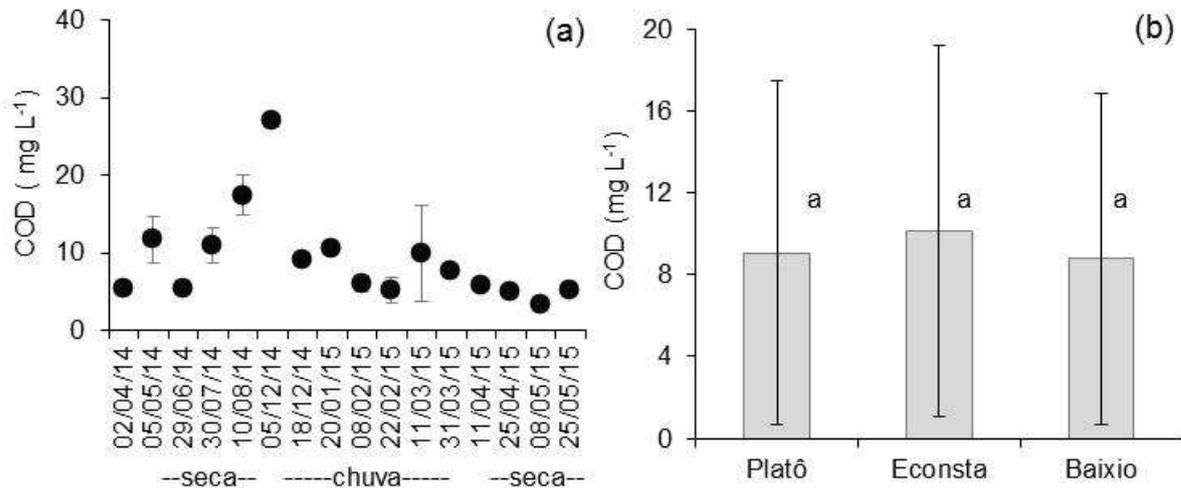


Figura 19 - (a) Concentrações médias de COD por evento de chuva, (b) comparação estatística de COD na precipitação interna da floresta ao longo da toposequência (n=16)

NEU (2009), em estudo realizado no Alto Xingu, encontrou valores de concentrações médias mais elevadas ( $126 \pm 68 \text{ mg L}^{-1}$ ) porém seguiu o mesmo padrão, diminuindo gradualmente ao longo da estação chuvosa, demonstrando que após varios eventos de chuva o dossel é lixiviado e o COD decresce. No mesmo estudo também não foram observadas diferenças significativas ao longo da toposequência.

Contudo, foi observado que os valores de concentrações de COD da precipitação interna são superiores ao da água da chuva, ao testar essa interferência, não encontramos correlação entre água da precipitação interna e da chuva ( $r= 0,341$ ;  $p>0,05$ ). Essas diferenças entre as concentrações de COD demonstram que água da chuva ao passar pelo dossel da floresta é enriquecida por substâncias, tais como aerossóis depositados sobre a floresta, esporos e pólen (NEU, 2009). Resultando em uma água de precipitação interna mais enriquecida por

COD, superior ao observado na água da chuva. Os mesmos padrões foram encontrados no Alto Xingu por NEU (2009).

Em eventos de baixa intensidade pluviométrica, 2 mm, a concentração de carbono na precipitação interna da floresta foi de  $5,35 \pm 0,34$  mg L, enquanto no evento de maior intensidade, 94 mm, foi de  $5,023 \pm 0,65$  mg L. As variações de COD entre os extremos de precipitação foram baixos, entre  $3,38 \pm 0,04$  mg L<sup>-1</sup> (27 mm) a  $11,68 \pm 2,99$  mg L<sup>-1</sup> (11 mm) (Figura 20). Os testes de correção indicaram que não foi encontrada correlação entre a precipitação e o carbono da precipitação interna da floresta ( $r = -0,208$ ).

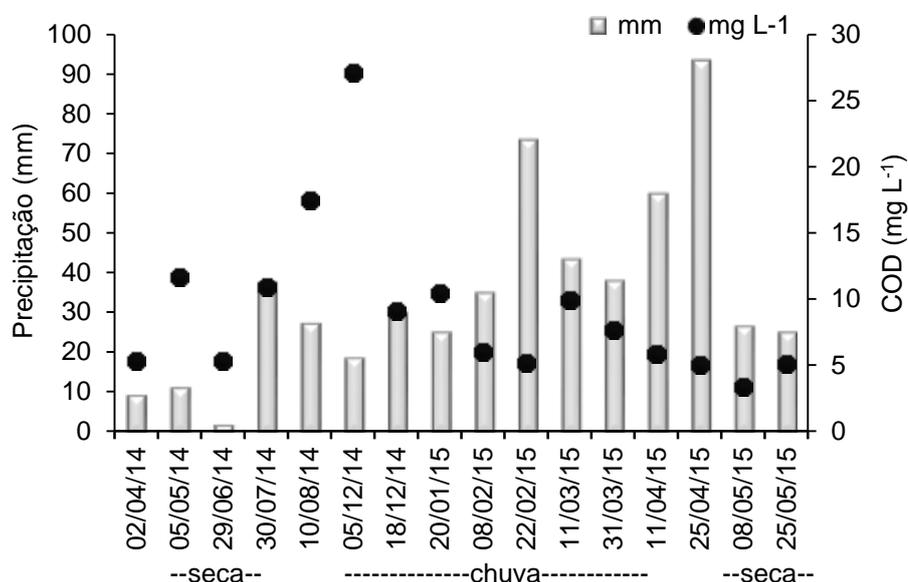


Figura 20 - Precipitação interna da floresta e concentrações médias de COD (mg L<sup>-1</sup>) por evento de chuva (n=16)

### 3.3.3 Escoamento de água pelo tronco (ET)

Os 64 indivíduos dentro da parcela do igarapé 2, pertencem a 31 espécies, no platô (21 espécies, n=24 indivíduos), encosta (15 espécies, n=22 indivíduos), baixo (11 espécies, n=18 indivíduos) (Anexo B). Destas, 14 espécies contribuíram com 73,44% do total de árvores (Figura 21), são elas: *Nectandra rubra* (Mez.) C. K. Allen (6); *Sclerolobium densiflorum* Benth. (6); *Pourouma guianensis* Aubl. (5); *Lecythis idatimon* Aubl. (4); *Guapira opposita* (Vell.) Reitz. (4); *Iryanthera sagotiana* (Benth.) Warb. (4); *Licaria canella* (Meiss.) Kosterm (3); *Protium puncticulatum* J. F. Macbr.

(3); *Buchenavia grandis* Ducke (2); *Caesalpinia leiostachya* (Benth.) Ducke (2); *Inga alba* (Sw.) Willd. (2). *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC (2); *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. (2); *Stryphnodendron spruceana* Kleinh. (2). As 17 espécies remanescentes, com apenas um indivíduo cada, contribuíram com 26,56%. Os nomes vulgares e científicos, DAP, tipo de casca, número e ocorrência de indivíduos encontram-se compilados no Anexo C. Todas as árvores apresentaram líquens e musgos no tronco.

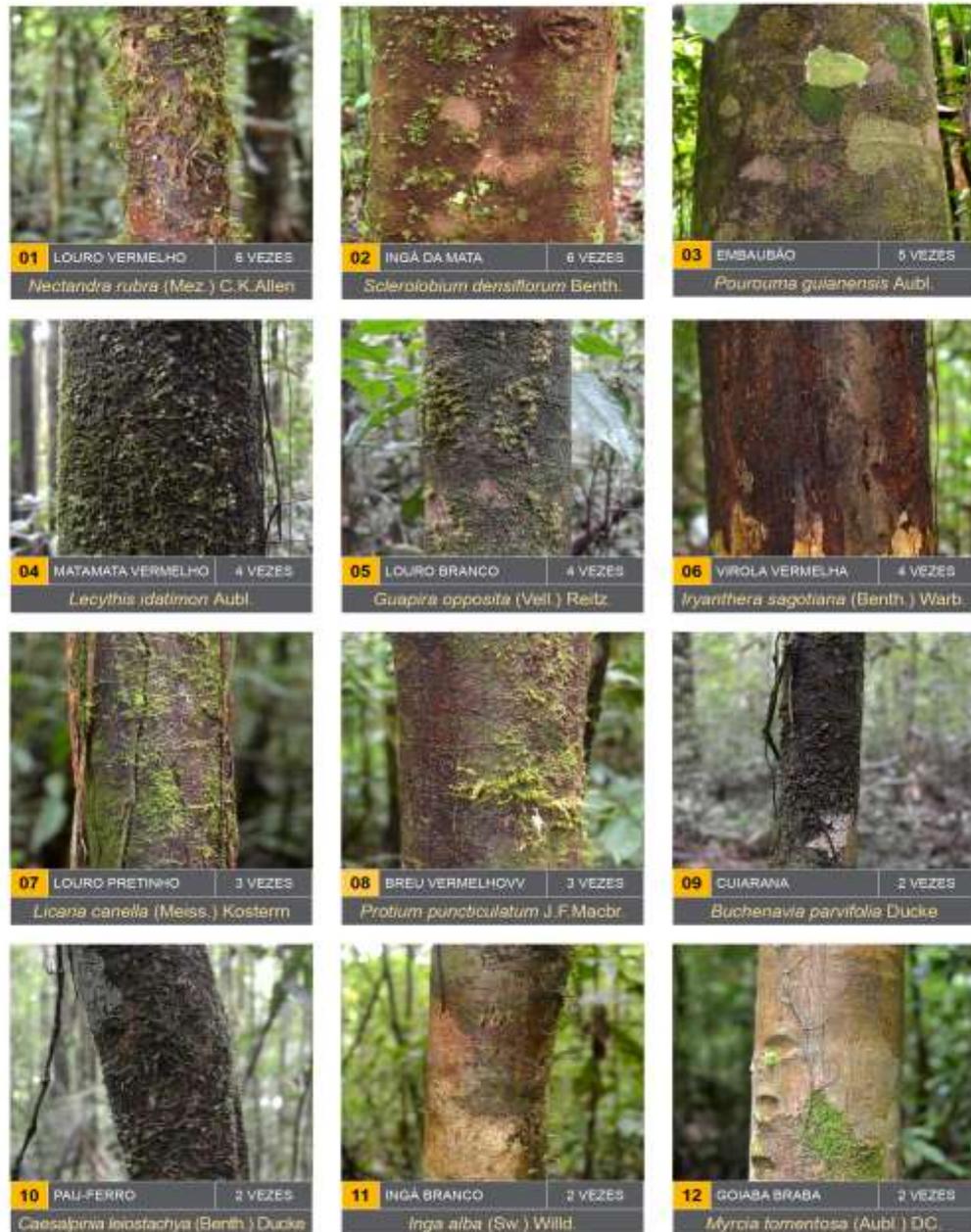


Figura 21 - Caracterização dos troncos das 31 espécies por ordem de ocorrência (n= 64), com nome vulgar e científico

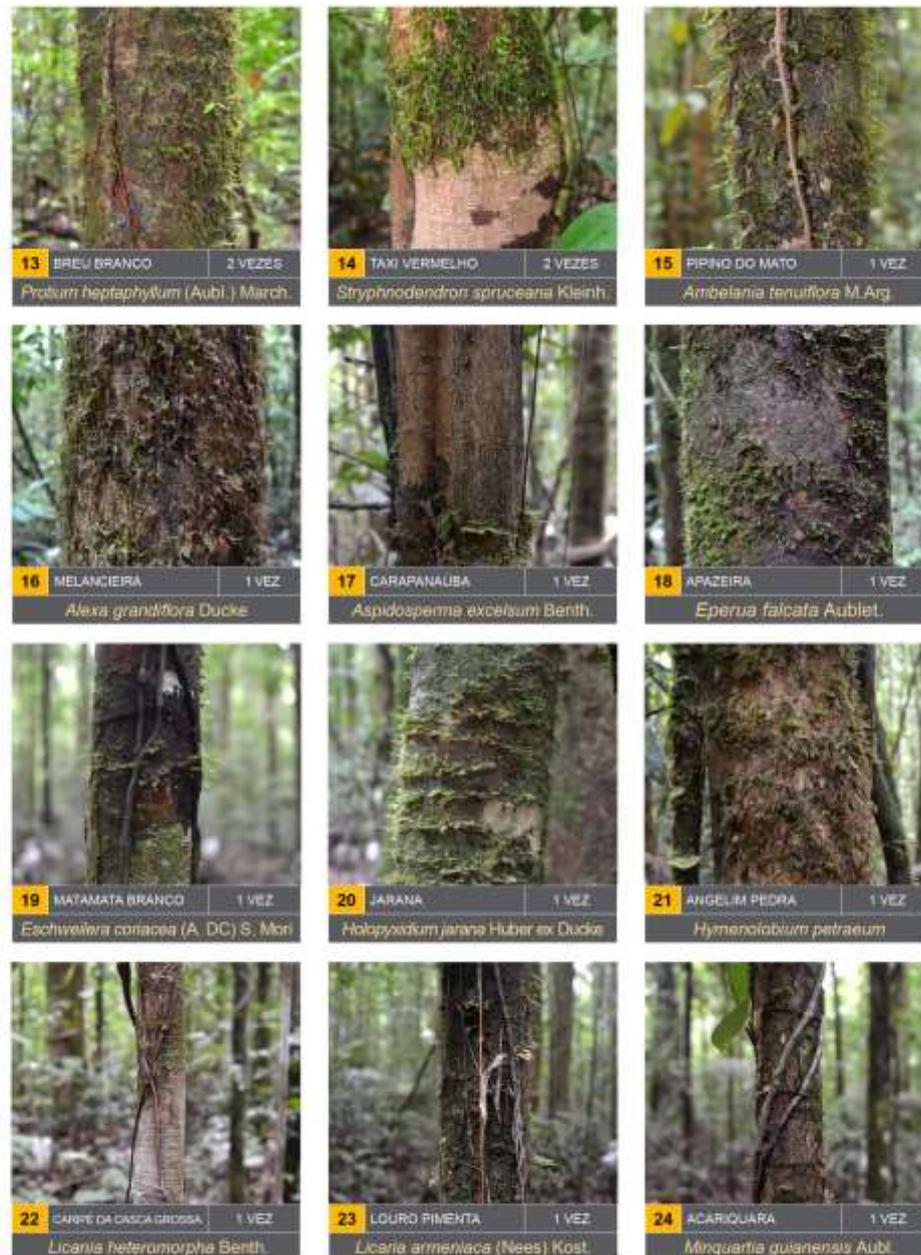


Figura 21 - (continuação) Caracterização dos troncos das 31 espécies por ordem de ocorrência (n= 64), com nome vulgar e científico



Figura 21 - (continuação) Caracterização dos troncos das 31 espécies por ordem de ocorrência (n= 64), com nome vulgar e científico

Ao longo da toposequência, observamos que a condutividade elétrica da água de escoamento pelo tronco apresentou uma grande variação, entre  $4,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no baixo, no início do período a espécie *Nectandra rubra*, e  $603,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no platô, no início do período chuvoso para a espécie *Eschweilera coriacea*. O valor médio foi de  $38,54 \pm 45,18 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na toposequência ( $df= 2$ ;  $F= 15,911$ ;  $p<0,0001$ ), entre encosta e baixo ( $p<0,0001$ ), platô e baixo ( $p<0,0001$ ) e, entre platô e encosta não apresentou diferença estatisticamente significativa ( $p= 0,79$ ) (Figura 22a).

O pH, apresentou média de  $4,840 \pm 1,26$ , e variou de 3,186 a 7,107 (Figura 22b), e não apresentou diferença estatisticamente significativa ao longo da toposequência ( $df= 2$ ;  $F= 1,2102$ ;  $p= 0,29$ ). Valores similares foram encontrados em Rondônia, de 3,5 a 7,2, e uma média ponderada pelo volume de  $5,3 \pm 0,2$  (LEITE, 2011). Na Amazônia foram encontrados valores mais ácidos de 4,4 a 4,7 em todos os gradientes topográficos (TOBÓN *et al.*, 2004).

Ao avaliarmos as vias hidrológicas amostradas acima do solo fora e dentro da floresta, foi observado que não houve diferenças entre a precipitação (chuva), e a precipitação interna. Contudo, ambas foram diferentes do escoamento do tronco, o qual apresentou um pH mais ácido.

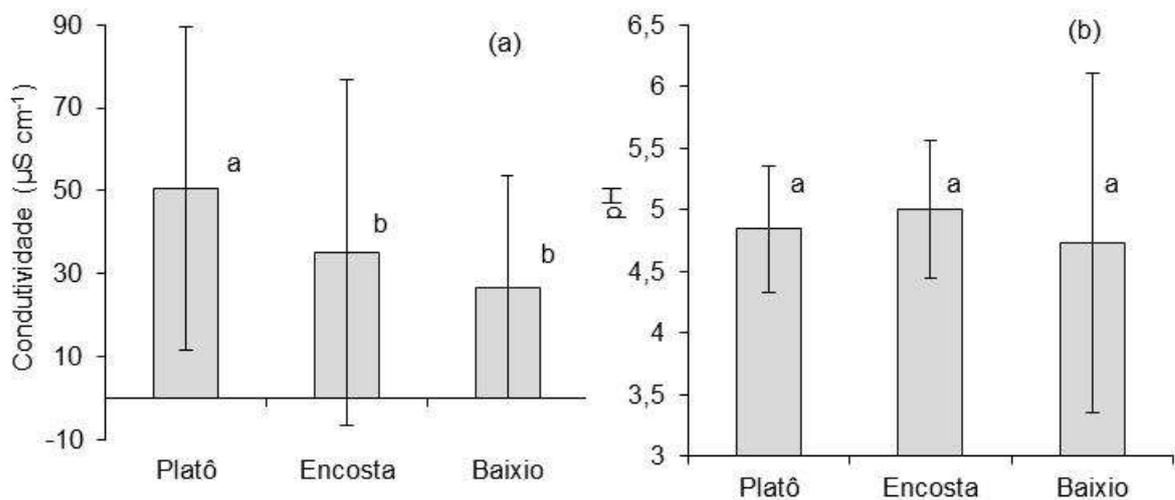


Figura 22 - Escoamento de água pelo tronco (a) Condutividade elétrica e (b) pH ao longo da toposequência (n=16)

No escoamento de água pelo tronco, a concentração média de COD foi de  $17,4 \pm 8,03 \text{ mg L}^{-1}$ , com as maiores concentrações registradas no início do período chuvoso, quando todas as árvores apresentaram concentrações de COD acima de  $15,0 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 23a), mesmo padrão da chuva e precipitação interna da floresta. Valores médios de  $42,13 \pm 14,74 \text{ mg L}^{-1}$  foram observados nos primeiro eventos de chuva e as menores concentrações, de  $12,64 \pm 4,93 \text{ mg L}^{-1}$ , em abril, no final do período chuvoso. No Alto Xingu, a concentração média mais alta no início do primeiro evento de chuva foi de  $87,7 \text{ mg L}^{-1}$ , após um grande período de estiagem, decrescendo durante o período chuvoso (NEU, 2009).

As concentrações médias de COD variaram no gradiente topográfico,  $23,63 \pm 8,33 \text{ mg L}^{-1}$  no platô; na encosta de  $17,28 \pm 9,89 \text{ mg L}^{-1}$ ; e no baixio de  $11,52 \pm 10,52 \text{ mg L}^{-1}$ , sendo encontrada diferença estatisticamente significativas ao longo da toposequência (df= 2; F= 48,43;  $p < 0,0001$ ), entre encosta e baixio ( $p < 0,0001$ ), platô e baixio ( $p < 0,0001$ ) e, entre platô e encosta ( $p < 0,0004$ ) (Figura 23b).

No alto Xingu, as concentrações de COD ao longo da toposequência foram, significativamente maiores, quando comparados a este estudo; no platô ( $27,6 \pm 1,6 \text{ mg L}^{-1}$ ), encosta ( $32,5 \pm 3,3 \text{ mg L}^{-1}$ ), e baixio ( $31,7 \pm 3,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) durante a estação chuvosa (NEU, 2009).

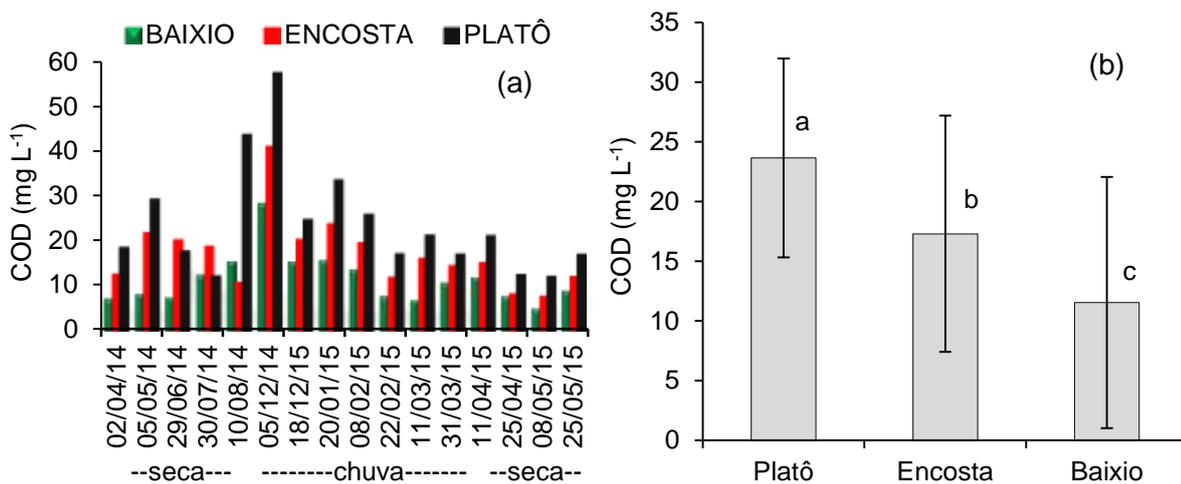


Figura 23 - (a) Concentrações médias de COD e (b) comparação estatística de COD no escoamento de água pelo tronco, ao longo da toposequência e por evento de chuva (n=16)

Dos compartimentos acima do solo, o ET foi à via que mais contribuiu com o transporte de COD, variando entre 37,4 a 46% dos 16 eventos amostrados. Seguidos do ES (24,2 a 45,3%) e PI (12,4 a 30%), e a chuva variou entre 1,3 a 9,7%. As variações são atribuídas a grande variabilidade encontrada entre diferentes espécies de árvores, onde as características da casca e presença de líquens na superfície da casca contribuíram mais para o enriquecimento em COD, observados no Alto Xingu com (51%) e as espécies que possuíam casca lisa (25,5%) (NEU, 2009).

A água de escoamento pelo tronco, é uma via de transporte de carbono pouco estudada, apesar de suas concentração serem altas, quando comparado as concentrações de carbono via precipitação e precipitação interna da floresta, seu volume representa uma fatia muito pequena do total de aporte de carbono pela floresta (NEU, 2009). Do total de chuva que chega ao solo, o volume de carbono do escoamento pelo tronco neste estudo foi de 37,4 a 46%. Em outros estudos realizado na Amazônia o volume de carbopno representou entre 1,8% a 8% (LLOYD & JORDAN, 1988), e no Alto Xingu 1% (NEU, 2009).

#### **3.3.4 Escoamento superficial do solo (ES)**

No escoamento superficial do solo, a condutividade elétrica variou de 15,4  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a 130,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , com a média de  $38,5 \pm 34,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . As concentrações mais elevadas foram observadas no início da seca e no início da estação chuvosa, respectivamente, com posterior decréscimo.

Quanto ao pH, o valor médio foi de  $4,937 \pm 0,5$ , com variação de 4,149 a 5,664. Poucos estudos em florestas na Amazônia apresentam resultados de pH no escoamento do solo, em Rondônia (LEITE, 2011), encontrou uma variação de 4,3 a 7,1, com média de  $5,7 \pm 0,3$ , e CASSIOLATO (2002) encontrou pH de 6,2 em floresta primária.

Ao longo da toposequência, a condutividade elétrica ( $df= 2$ ;  $F= 0,9363$ ;  $p=0,39$ ) (Figura 24a) e o pH ( $df= 2$ ;  $F= 1,1688$ ;  $p=0,31$ ) (Figura 24b) não apresentaram diferença estatisticamente significativa.

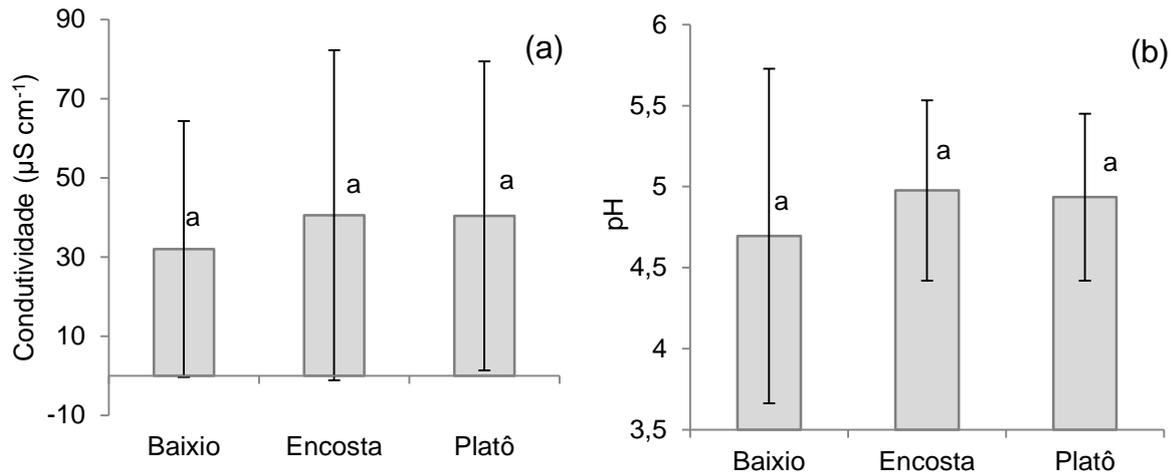


Figura 24 - (a) Condutividade elétrica e (b) pH do escoamento superficial do solo, ao longo da toposequência e por evento de chuva (n=16)

No escoamento superficial do solo, a concentração média de COD foi de  $14,2 \pm 6,4 \text{ mg L}^{-1}$ , os valores mais elevados foram observados no início do período chuvoso de  $29,6 \pm 1,7 \text{ mg L}^{-1}$  em dezembro, com decréscimo para  $9,45 \pm 0,91 \text{ mg L}^{-1}$  em abril, no final do período chuvoso (Figura 25a). Durante o intervalo entre o período seco e o chuvoso houve uma pequena variação nas sub-parcelas, platô ( $13,6 \pm 8,3 \text{ mg L}^{-1}$ ), encosta ( $15,9 \pm 9,9 \text{ mg L}^{-1}$ ), e baixo ( $11,8 \pm 6,5 \text{ mg L}^{-1}$ ), não apresentaram diferença estatisticamente significativa na toposequência (df= 2; F= 0,3286; p=0,72) (Figura 25b).

No Alto Xingu, as concentrações médias de carbono foram altas, nas primeiras chuvas foram de  $160 \pm 110 \text{ mg L}^{-1}$ , decrescendo durante o período para  $20 \text{ mg L}^{-1}$ , na toposequência as concentrações decrescem no platô ( $40,9 \pm 5,7 \text{ mg L}^{-1}$ ), na encosta ( $39,6 \pm 7,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) e, no baixo ( $57,2 \pm 10,6 \text{ mg L}^{-1}$ ), observando também uma alta variabilidade sazonal (NEU, 2009).

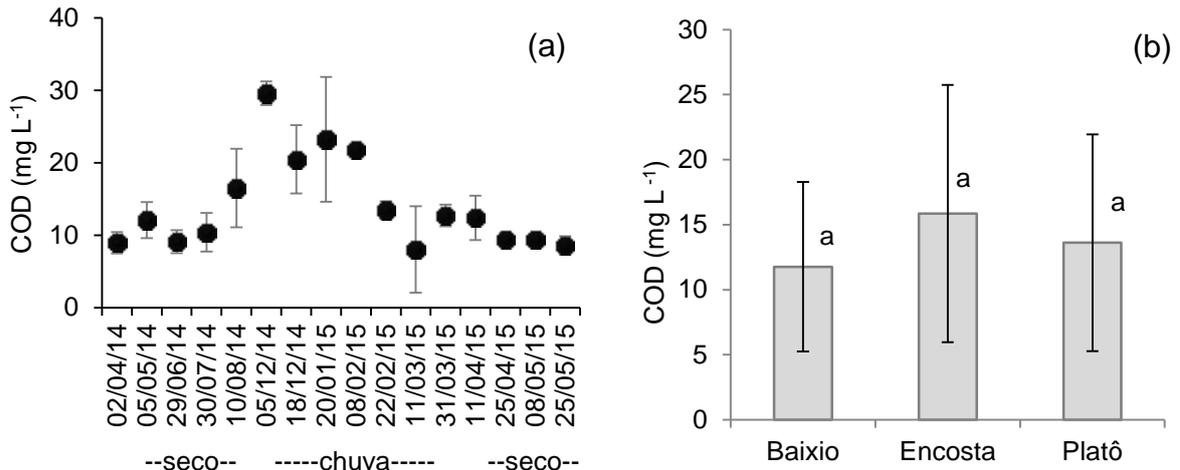


Figura 25 - (a) Concentrações médias de COD e (b) comparação estatística de COD no escoamento do solo, na toposequência e por evento de chuva (n=16)

Nas sub-parcelas, platô, encosta e baixio, as concentrações foram mais baixas no escoamento superficial do solo, quando comparado aos valores encontrados por NEU, (2009) no platô, encosta e baixio. Os solos deste estudo são do tipo Latossolo, os quais são solos bem drenados com alto teor de argila influenciando, diretamente, no teor de carbono da superfície do solo (MARQUES, 2009). As concentrações de COD do baixio foram altas (NEU, 2009), o solo desta área é do tipo Gleissolos, que são solos de má drenagem, os quais diferem deste estudo. Sendo esta via um mecanismo de transporte rápido do carbono orgânico do ambiente terrestre para o aquático (NEU, 2009). Demonstrando que os compartimentos terrestres e aquáticos estão intimamente relacionados, e que as mudanças no primeiro podem afetar drasticamente a dinâmica no segundo (KRUSCHE et al., 2005).

### 3.3.5 Solução do solo (SS)

A condutividade média da solução do solo foi de  $15,6 \pm 9,7 \text{ mg L}^{-1}$ , variou entre 6,0 e  $65,2 \text{ mg L}^{-1}$ . O pH médio foi de  $4,940 \pm 0,6$ , variando de 3,994 e 6,329 (Figura 26a). Tanto a condutividade (df= 2; F= 0,7793; p=0,46), quanto o pH (df= 2; F= 2,0576; p=0,13) não foram observadas diferenças estatisticamente significativa ao longo do gradiente topográfico (Figura 26b). Poucos estudos na Amazônia apresentam resultados de pH na solução do solo, LEITE, (2011), em Rondônia,

encontrou valores similares de pH variando entre 4,9 e 7,1, e a média de  $5,6 \pm 0,3$  (superfície), e em profundidade (100 cm) entre 4,8 e 6,8 com média de  $5,5 \pm 0,3$ .

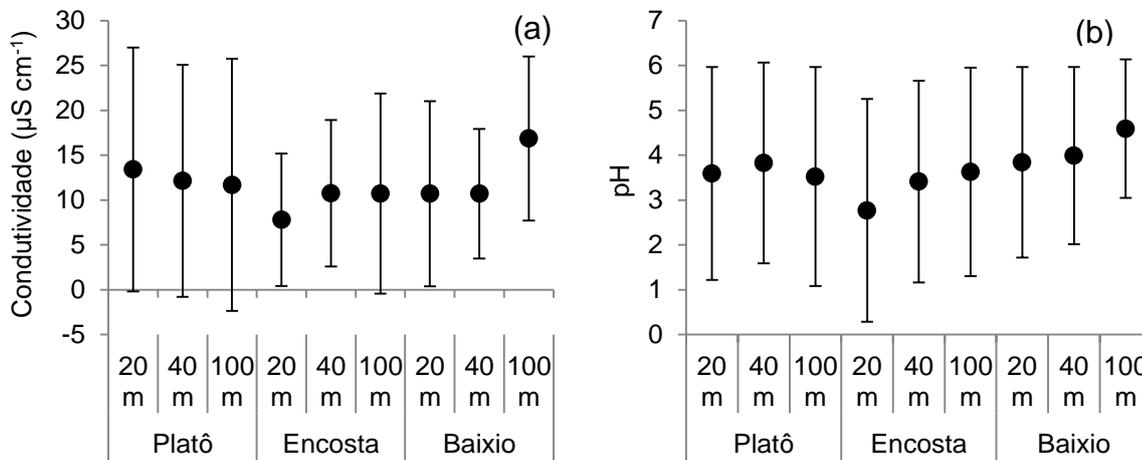


Figura 26 - (a) Condutividade elétrica e (b) pH na solução do solo ao longo da toposequência, nas diferentes profundidades e por evento de chuva (n=16)

As concentrações de COD, nos compartimentos amostrados abaixo do solo foram mais baixos do que os amostrados acima do solo. Na solução do solo, as concentrações médias foram de  $5,86 \pm 1,49 \text{ mg L}^{-1}$ , variando entre as profundidades foram, no platô de  $4,7 \pm 3,5 \text{ mg L}^{-1}$  (20 cm),  $4,4 \pm 3,2 \text{ mg L}^{-1}$  (40 cm), e  $3,5 \pm 3,5 \text{ mg L}^{-1}$  (100 cm); na encosta de  $3,7 \pm 3,7 \text{ mg L}^{-1}$  (20 cm),  $3,9 \pm 3,2 \text{ mg L}^{-1}$  (40 cm), e  $3,3 \pm 3,0 \text{ mg L}^{-1}$  (100 cm) e; no baixo foi de  $5,9 \pm 5,6 \text{ mg L}^{-1}$  (20 cm),  $5,0 \pm 3,0 \text{ mg L}^{-1}$  (40 cm), e  $4,4 \pm 2,5 \text{ mg L}^{-1}$  (100 cm) (Figura 27a).

No gradiente topográfico não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas ( $df= 2$ ;  $F= 1,0432$ ;  $p=0,35$ ) (Figura 27b). Durante o período seco e no início das chuvas entre (dezembro a fevereiro), não foi possível extrair água do solo, pela não saturação do mesmo.

Valores similares foram encontrados próximo à Manaus por MARQUES (2009), no platô 4 a  $11 \text{ mg L}^{-1}$  (40-100 cm) e 1,8 a  $6,0 \text{ mg L}^{-1}$  (100-200 cm), as concentrações foram mais elevadas no baixo 27,1 a  $50,6 \text{ mg L}^{-1}$  e, na camada 0-20 cm. A medida que a água percola no solo, as concentrações diminuem, no Alto Xingu os valores encontrados foram de  $17,9 \pm 1,96 \text{ mg L}^{-1}$  (10 cm), baixando para

14,9 ± 1,34 mg L<sup>-1</sup> (200cm) (NEU, 2009). O COD, geralmente, diminui com a profundidade devido a retenção pela superfície do solo (MARQUES, 2009).

No Alto Xingu (NEU, 2005), obteve um aumento do COD em profundidade em área de floresta, justificando ser devido a capacidade das raízes em transportar carbono. Os valores das concentrações de COD diferem de outros estudos, já realizados, em outros ambientes de florestas na Amazônia.

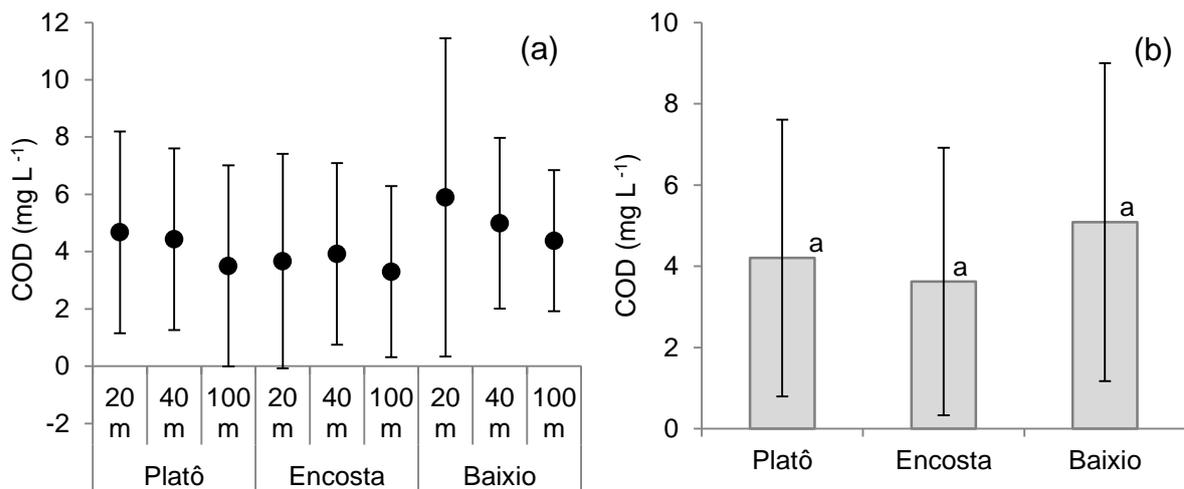


Figura 27 - (a) Concentrações médias de COD e (b) comparação estatística na solução do solo na toposequência, nas diferentes profundidades e por evento de chuva (n=16)

### 3.3.6 Água do lençol freático (Poço)

A profundidade do lençol freático apresentou variação ao longo do ano conforme o regime pluviométrico. Durante o ano foram observadas oscilações ao longo do gradiente topográfico nas duas parcelas. No igarapé 1 a profundidade média do lençol freático na área do platô foi de 7,20 m, na encosta 1,42 m e, no baixo 0,39 m; no igarapé 2 a profundidade média do lençol freático na área do platô foi de 9,22 m, na encosta 4,57 m e, no baixo 0,96 m (Tabela 5).

Tabela 5 - Características dos Poços e medidas do nível do lençol freático.

Parcelas	Poço	Profundidade (m)	Distância do Igarapé (m)	Média <sup>1</sup> do nível do Lençol freático (m)	Amplitude no nível do Lençol Freático (m)	
					Máximo	Mínimo
Igarapé 1	Baixio	2,33	5,0	0,39	0,04	1,17
	Encosta	3,33	35,0	1,42	0,57	3,04
	Platô	8,33	90,0	7,20	6,19	>8,33
Igarapé 2	Baixio	3,00	8,0	0,96	0,69	1,53
	Encosta	5,70	41,0	4,57	3,99	5,54
	Platô	12,00	103,0	9,22	6,84	>12,0

<sup>1</sup> Média dos 15 valores medidos, onde o nível é relativo a superfície do solo

Os valores de condutividade elétrica da água do lençol freático variaram entre 36,3 e 13,1  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , e a média de  $19,1 \pm 4,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Na toposequência a variação foi de  $16,0 \pm 12,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no platô,  $15,5 \pm 5,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  na encosta e,  $17,7 \pm 1,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  no baixio (Figura 28a). Ao longo da toposequência, foi encontrada diferença estatisticamente significativa ( $df= 2$ ;  $F= 20,263$ ;  $p<0,0001$ ), entre platô e baixio ( $p< 0,0001$ )e, platô e encosta ( $p<0,0001$ ).

O pH variou entre 3,853 a 6,612, com média de  $4,597 \pm 0,4$ . Na toposequência a variação foi de  $4,457 \pm 0,4$  no platô,  $4,654 \pm 0,5$  na encosta e,  $4,640 \pm 0,3$  no baixio, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa ao longo da toposequência ( $df= 2$ ;  $F= 1,9968$ ;  $p=0,14$ ) (Figura 28b).

Valores similares de pH foram encontrados por LEITE (2011) em Rondônia, na água do lençol freático, variando de 4,6 e 6,8, com média de  $5,5 \pm 0,4$ , não apresentando diferença significativa em relação a solução do solo mais profunda (100 cm). Este mesmo autor, constatou que a acidez presente na água do lençol freático é resultante da combinação da água que entra nesta via hidrológica (via chuva e processos no dossel) em associação com os solos ácidos da área estudada.

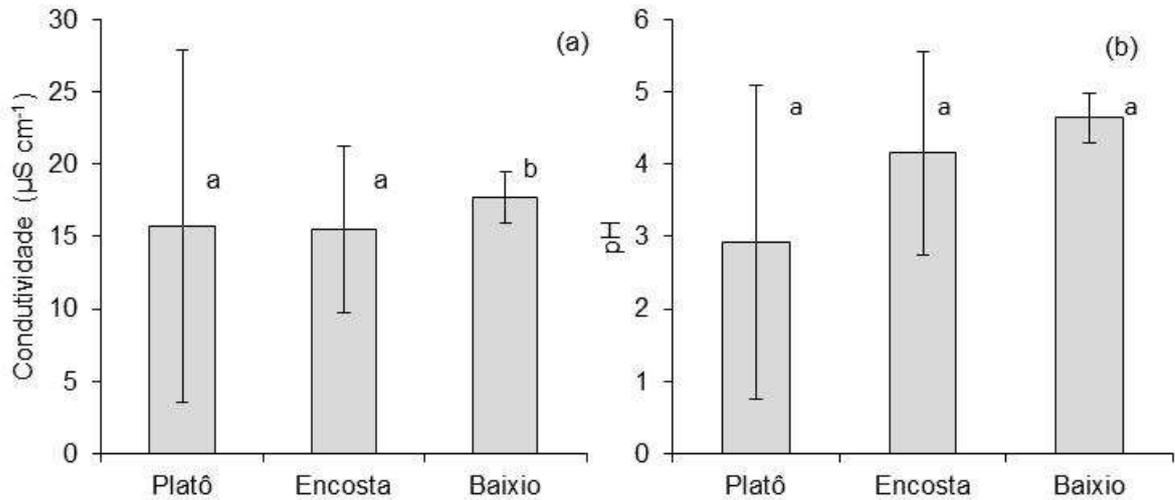


Figura 28 - (a) Condutividade elétrica e (b) pH na água do lençol freático no gradiente toposequência e por evento de chuva (n=16)

As concentrações médias de COD na água do lençol freático decresceram ao longo da toposequência. No platô a concentração média foi de  $1,7 \pm 2,2 \text{ mg L}^{-1}$ , na encosta de  $2,1 \pm 5,1 \text{ mg L}^{-1}$  e, no baixio de  $2,4 \pm 1,7 \text{ mg L}^{-1}$ , com médias de  $2,5 \pm 2,08 \text{ mg L}^{-1}$ . As maiores concentrações de COD foram observadas nos meses de fevereiro e março, após o início do período chuvoso, variando de  $0,7 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$  e,  $8,7 \pm 11,7 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 29a). Estatisticamente, foi encontrada diferença significativa (df= 2; F=3,174; p=0,04), na toposequência entre encosta e baixio (p= 0,04) (Figura 29b).

No Alto Xingu (NEU, 2009), encontrou baixas concentrações de COD no gradiente topográfico quando comparado com este estudo, no platô ( $0,9 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$ , na encosta ( $1,4 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ) e, no baixio de ( $1,9 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ), porém os maiores valores foram observados durante a estação seca. A maior taxa de adsorção ocorre no subsolo, nesta camada ocorre pouca concentração de carbono orgânico devido a presença de óxido de ferro e alumínio, favorecendo uma alta taxa de remoção de carbono da água que percola no solo, resultando em baixas concentrações de COD na água do lençol (McCLAIN et al., 1997; QUALLS et al., 2002; NEU, 2009).

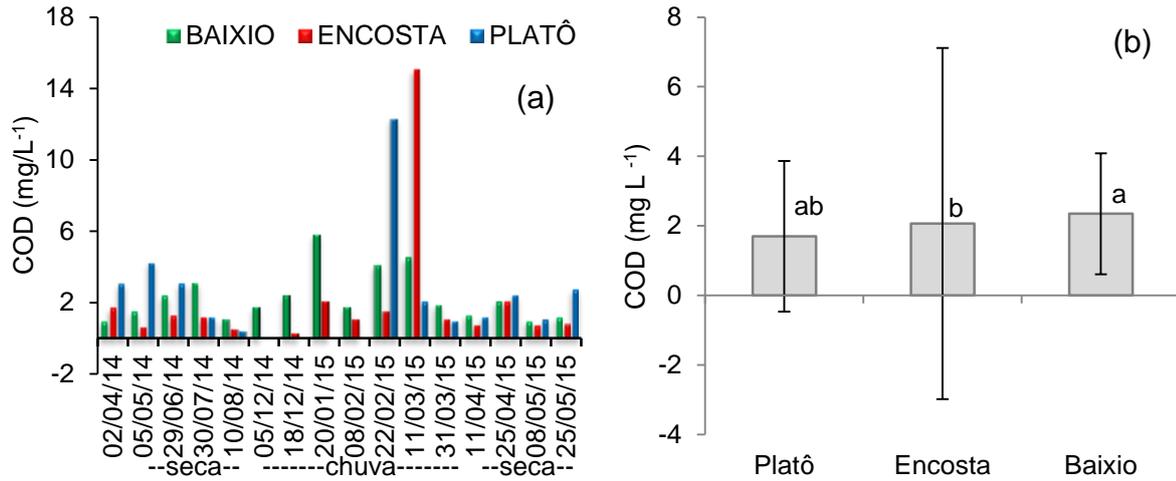


Figura 29 - (a) Concentrações médias de COD e (b) comparação estatística no lençol freático ao longo da toposequência e por evento de chuva (n=16)

### 3.4 Entrada e Transporte de Carbono Inorgânico Dissolvido (CID)

#### 3.4.1. Precipitação (Chuva)

A concentração média anual de CID na água da chuva foi baixa  $0,7 \pm 0,6 \text{ mg L}^{-1}$ , variando entre  $1,8 \text{ mg L}^{-1}$  a  $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ , ocorrendo uma pequena variação sazonal entre o final das chuvas  $1,4 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$  (94 mm), e o início das chuvas  $0,9 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$  (19 mm) (Figura 30). NEU (2009), no Alto Xingu, também encontrou baixas concentrações de CID na água da chuva.

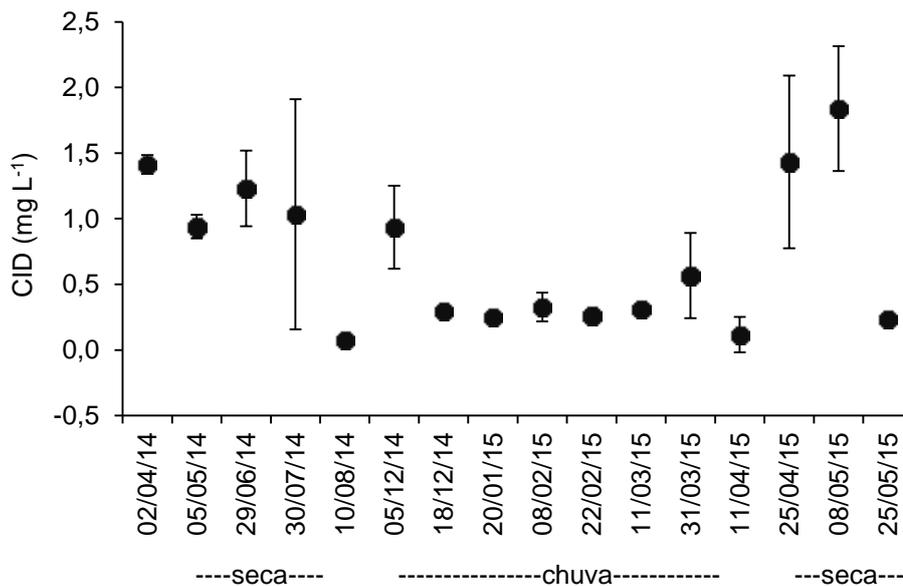


Figura 30 - Concentrações médias de CID na precipitação (n=16)

### 3.4.2 Precipitação interna da floresta (PI)

A concentração média de CID na precipitação interna da floresta foi de  $1,0 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ , e variaram numa amplitude de 0,4 e  $2,3 \text{ mg L}^{-1}$ . A variação média entre as sub-parcelas foi, no platô de  $1,0 \pm 0,9 \text{ mg L}^{-1}$ , na encosta de  $1,3 \pm 1,3 \text{ mg L}^{-1}$  e, no baixio de  $1,1 \pm 1,6 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 31a). Estatisticamente, foi encontrada diferença significativa ( $df= 2$ ;  $F=3,3491$ ;  $p=0,03$ ), no gradiente topográfico entre encosta e baixio ( $p=0,02$ ) (Figura 31b).

No início das chuvas os valores de concentração encontrados foi de  $1,93 \pm 0,57 \text{ mg L}^{-1}$  (19 mm); e no final do período chuvoso foi de  $2,2 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$  (60 mm), sendo este o maior valor de CID encontrado. NEU (2009), não encontrou diferença significativa ao longo da toposequência ( $p= 0,59$ ).

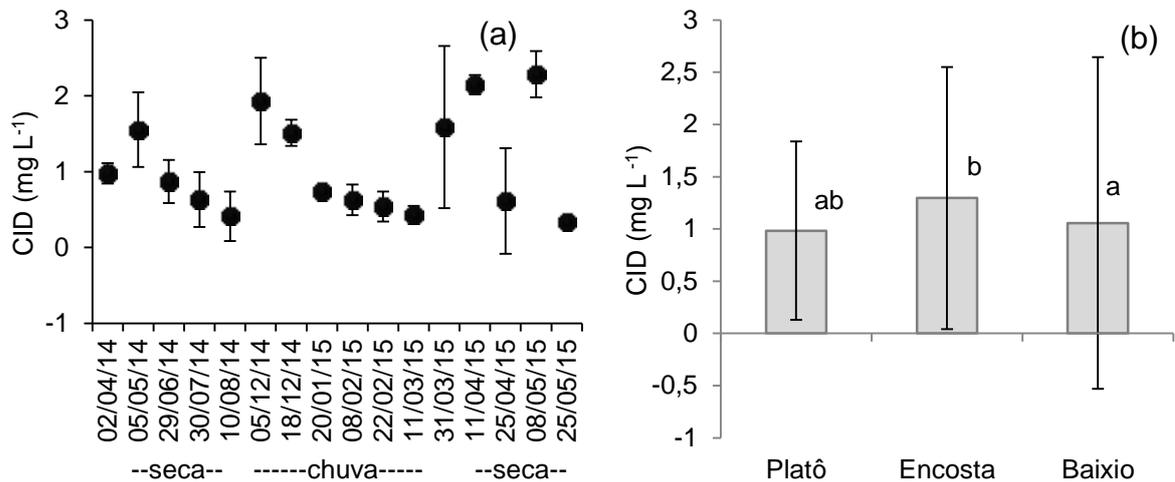


Figura 31 - Precipitação interna da floresta (a) Concentrações médias de CID e (b) comparação estatística ao longo da toposequência (n=16)

### 3.4.3 Escoamento pelo tronco (ET)

No escoamento de água pelo tronco a variação média encontrada na concentração de CID foi de  $1,0 \pm 0,7 \text{ mg L}^{-1}$ , variando numa amplitude de 0,2  $\text{mg L}^{-1}$  e  $2,6 \text{ mg L}^{-1}$ . A variação média encontrada no gradiente topográfico foi, no platô de  $1,0 \pm 1,9 \text{ mg L}^{-1}$ , na encosta de  $0,9 \pm 1,9 \text{ mg L}^{-1}$  e no, baixio de  $1,0 \pm 2,0 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 32a).

Estatisticamente, não foi encontrada diferença significativa ( $df= 2$ ;  $F= 0,1379$ ;  $p=0,87$ ), também, não foi encontrada correlação com a precipitação ( $r= 0,16$ ) (Figura

32b). NEU (2009), no Alto Xingu, não encontrou diferença estatística significativa no escoamento do tronco ( $p= 0,83$ ).

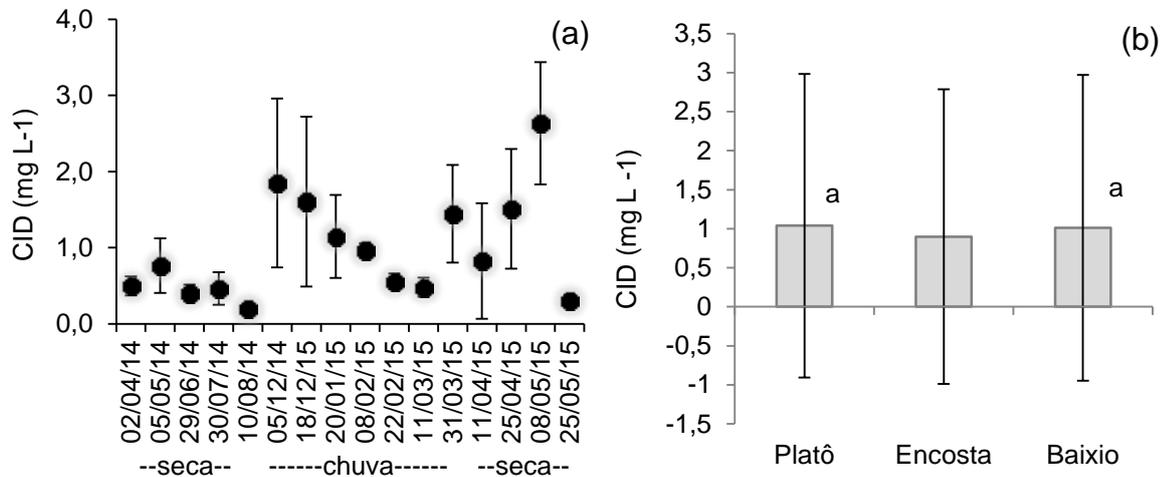


Figura 32 - Escoamento de água pelo tronco, (a) Concentrações médias de CID por evento de chuva e (b) comparação estatística ao longo da toposequência (n=16)

#### 3.4.4 Escoamento superficial do solo (ES)

A concentração média de CID no escoamento superficial do solo foi de  $1,3 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$ , variando numa amplitude de 0,3 e  $4,8 \text{ mg L}^{-1}$ . As variações encontradas no gradiente topográfico foi, no platô de  $1,5 \pm 2,0 \text{ mg L}^{-1}$ , na encosta de  $1,3 \pm 1,9 \text{ mg L}^{-1}$  e, no baixo de  $1,2 \pm 1,7 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 33a). Estatisticamente, não foi encontrada diferença significativa ( $df= 2$ ;  $F= 0,7618$ ;  $p= 0,46$ ) (Figura 33b).

No início das chuvas os valores de concentração encontrados foi de  $1,7 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$  (19 mm); e no final do período chuvoso foi de  $4,9 \pm 1,0 \text{ mg L}^{-1}$  (60 mm), sendo este o maior valor de CID encontrado. No Alto Xingu, não foi encontrada diferença estatística significativa no escoamento de água pelo tronco ( $p= 0,91$ ) (NEU, 2009).

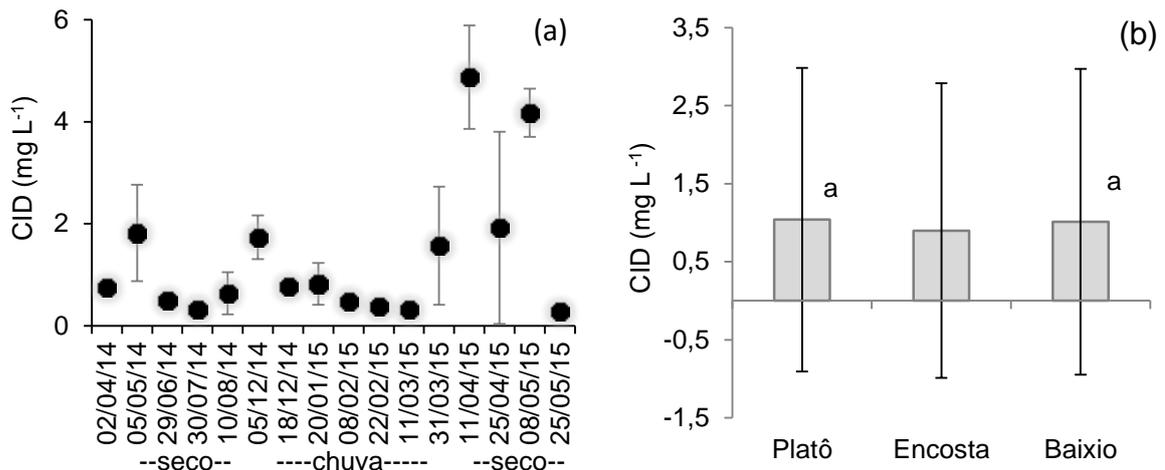


Figura 33 - (a) Concentrações médias de CID e (b) comparação estatística ao longo da toposequência no escoamento superficial do solo (n=16)

### 3.4.5 Solução do solo (SS)

Na solução do solo, a concentração média de CID foi de  $0,7 \pm 0,7$  mg L<sup>-1</sup>, variando numa amplitude de 0,1 e 2,2 mg L<sup>-1</sup>. As variações encontradas no gradiente topográfico foi, no platô de  $0,7 \pm 1,1$  mg L<sup>-1</sup>, na encosta de  $0,5 \pm 1,0$  mg L<sup>-1</sup> e, no baixo de  $0,6 \pm 0,8$  mg L<sup>-1</sup> (Figura 34a). Estatisticamente, não foi encontrada diferença significativa entre as médias (df=2, F=0,142; p=0,86) (Figura 34b).

Nas concentrações de CID na solução do solo, foi encontrado um pequeno aumento em relação à profundidade,  $0,5 \pm 0,2$  mg L<sup>-1</sup> (20 cm),  $0,6 \pm 0,01$  mg L<sup>-1</sup> (40 cm) e,  $0,6 \pm 0,1$  mg L<sup>-1</sup> (100 cm). Valores maiores aos encontrados neste estudo, foram observados no Alto Xingu, com um aumento significativo em profundidade,  $3,2 \pm 1,2$  mg L<sup>-1</sup> (10 cm),  $2,8 \pm 0,5$  mg L<sup>-1</sup> (50 cm) e,  $6,3 \pm 1,0$  mg L<sup>-1</sup> (100 cm), indicando um acúmulo de carbono ao longo do perfil (NEU, 2009).

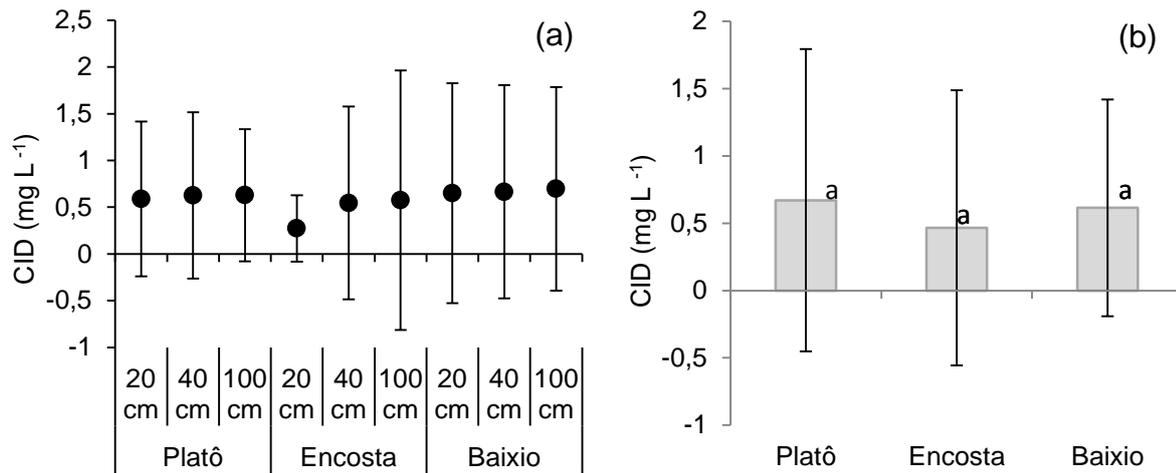


Figura 34 - (a) Concentrações médias de CID e (b) comparação estatística na solução do solo, na toposequência e nas diferentes profundidades (n=16)

### 3.4.6 Água do lençol freático (Poço)

As concentrações médias de CID ao longo do ano hidrológico, na água do lençol freático, foi de  $1,3 \pm 1,3 \text{ mg L}^{-1}$ , variando numa amplitude de 4,5 e  $0,4 \text{ mg L}^{-1}$ . A variação encontrada nas sub-parcelas decresceram ao longo do gradiente topográfico, no platô de  $1,2 \pm 1,9 \text{ mg L}^{-1}$ , na encosta de  $1,1 \pm 1,4 \text{ mg L}^{-1}$  e, no baixo de  $1,1 \pm 1,1 \text{ mg L}^{-1}$  (Figura 35a). Estatisticamente, não foram encontradas diferenças significativas (df= 2; F= 0,1559; p= 0,85) (Figura 35b).

No Alto Xingu, as concentrações médias de CID variaram de  $3,7 \pm 0,4 \text{ mg L}^{-1}$  no platô, e nas áreas da encosta e baixo de  $2,7 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ , sendo estatisticamente significativa no platô (p= 0,07) (NEU, 2009). Seguindo o mesmo padrão deste estudo, com o aumento gradual na topografia, porém com valores mais elevados. As concentrações mais elevadas no platô podem ser resultado da maior profundidade do lençol freático, o que pode dificultar no processo de difusão de gases do solo para a atmosfera (NEU, 2009).

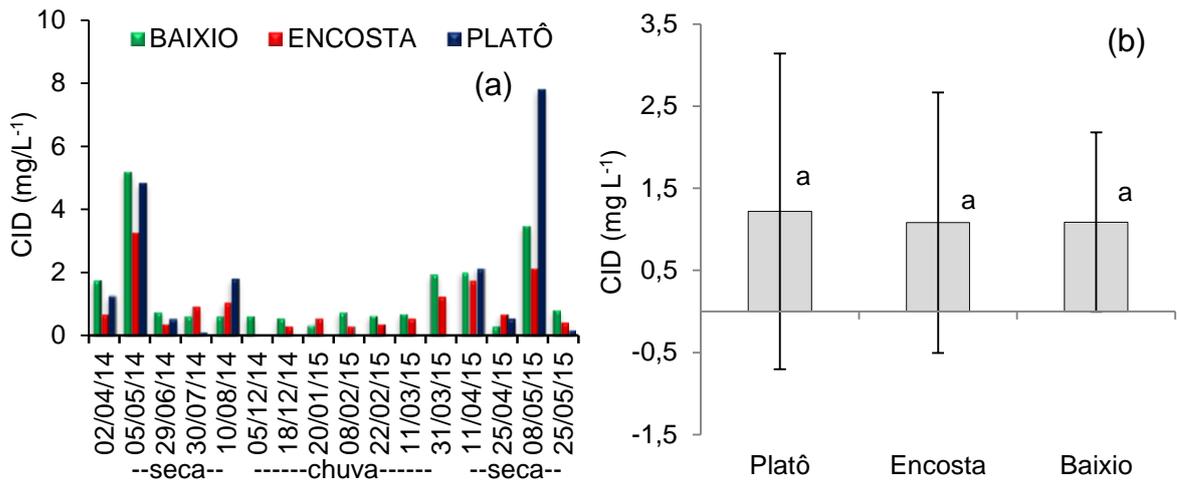


Figura 35 - (a) Concentrações médias de CID e (b) comparação estatística ao longo da toposequência na água do lençol freático (n=16)

### 3.5. Saída de Carbono pelo Igarapé

A vazão do igarapé 2 foi baixa durante todo o ano, a variação média foi de  $13,6 \pm 5,78 \text{ L s}^{-1}$ . A condutividade elétrica média foi de  $15,9 \pm 2,18 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , com uma variação anual de  $20,2 \mu\text{S.cm}^{-1}$  a  $14,2 \mu\text{S.cm}^{-1}$ . A variação média do pH foi de 5,618 a 4,286, a média anual foi de  $5,196 \pm 0,4 \mu\text{S.cm}^{-1}$  (Figura 36a).

O pH e a condutividade elétrica, seguiram o mesmo padrão, durante no período seco baixou o pH e também, a condutividade, aumentando no início das chuvas, e durante todo o período das chuvas se mantiveram estáveis. No Alto Xingu, os valores de pH variaram de 5,04 a 3,78, não apresentando diferença aos deste estudo, porém a condutividade elétrica foi mais baixa, varando de  $8,9 \pm 6,1 \mu\text{S.cm}^{-1}$  (NEU, 2009).

A concentração média de oxigênio dissolvido foi de  $2,9 \pm 2,3 \text{ mg L}^{-1}$ , e a variação foi de 0,7 a  $6,5 \text{ mg L}^{-1}$ , sendo mais alto no final do período seco e baixo durante o período das chuvas. A temperatura média foi de  $24,5 \pm 0,23$ , variando entre 24,0 a 29,9, ocorrendo uma pequena oscilação durante o ano (Figura 36b). No Alto Xingu, as concentrações de oxigênio dissolvido diminuíram no final do período seco (NEU, 2009), diferindo deste estudo onde a precipitação é maior e mais intensa.

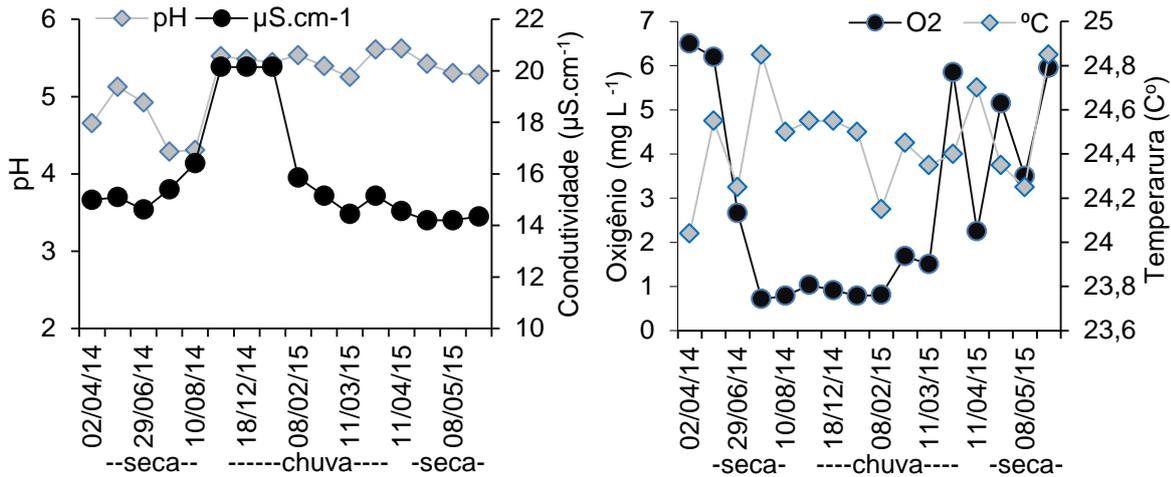


Figura 36 - Valores médios de (a) pH e condutividade elétrica, (b) oxigênio dissolvido e temperatura do Igarapé 2 (n=16)

As concentrações médias de COD no Igarapé 2 foram de  $3,4 \pm 1,7 \text{ mg L}^{-1}$ , variando de  $6,8 \pm 2,5 \text{ mg L}^{-1}$  (44 mm de precipitação) a mais alta observada durante o período chuvoso, e  $1,7 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$  (27 mm de precipitação) a mais baixa observada durante o período seco. Não foi encontrada correlação com a precipitação ( $r= 0,3590$ ) (Figura 37a).

A concentração de CID variou de  $5,5 \pm 3,8 \text{ mg L}^{-1}$  (27 mm de precipitação) a  $0,31 \pm 0,3 \text{ mg L}^{-1}$  (60 mm de precipitação), e a média foi de  $0,9 \pm 1,3 \text{ mg L}^{-1}$ , os valores de concentração de CID não variaram com a precipitação (Figura 37b).

No Alto Xingu (NEU, 2009), observou valores de concentração de COD mais elevados após grandes eventos de chuva. Apesar das concentrações de COD na água do Igarapé ser baixa, o COD pode ser a fração dominante na exportação de carbono (NEU, 2009; WATERLOO et al., 2006).

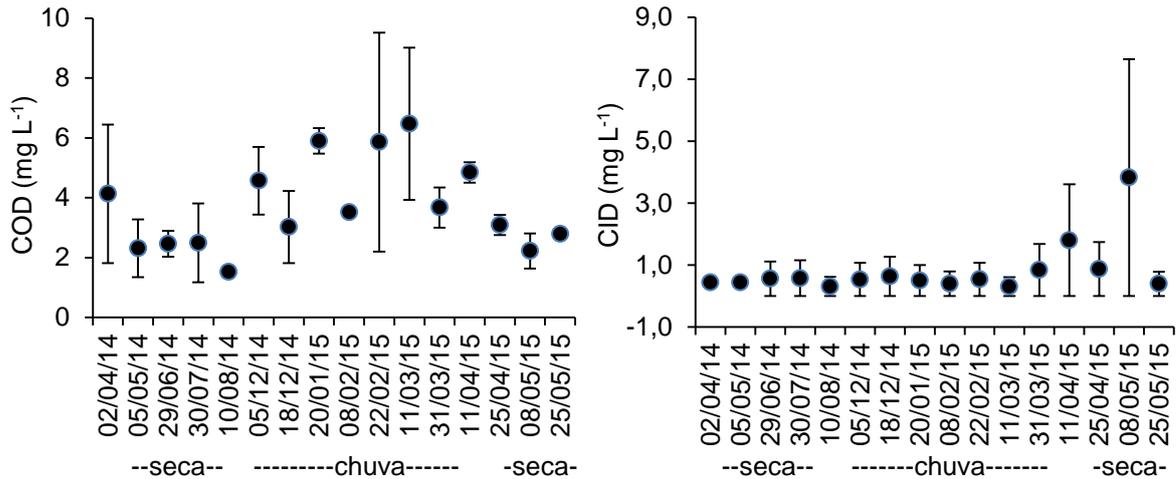


Figura 37 - Valores médios de (a) COD e (b) CID no Igarapé 2 (n=16)

### 3.6 Sínteses dos compartimentos amostrados

Estatisticamente, observamos que foi encontrada diferença significativa entre a condutividade elétrica e o pH entre todos os coletores e igarapés (médias dos igarapés 1 e 2).

Para condutividade elétrica (df= 6; F= 39,295; p<0,000), os maiores valores foram observados no escoamento de água pelo tronco, seguido pelo escoamento superficial do solo e precipitação interna da floresta (Figura 38a).

O pH a variação entre os coletores encontrada foi baixa, os valores mais altos foi observado no igarapé, seguido pela chuva, PI, ES, ET, poço e SS (df= 6; F= 19,697; p<0,0001) (Figura 38b).

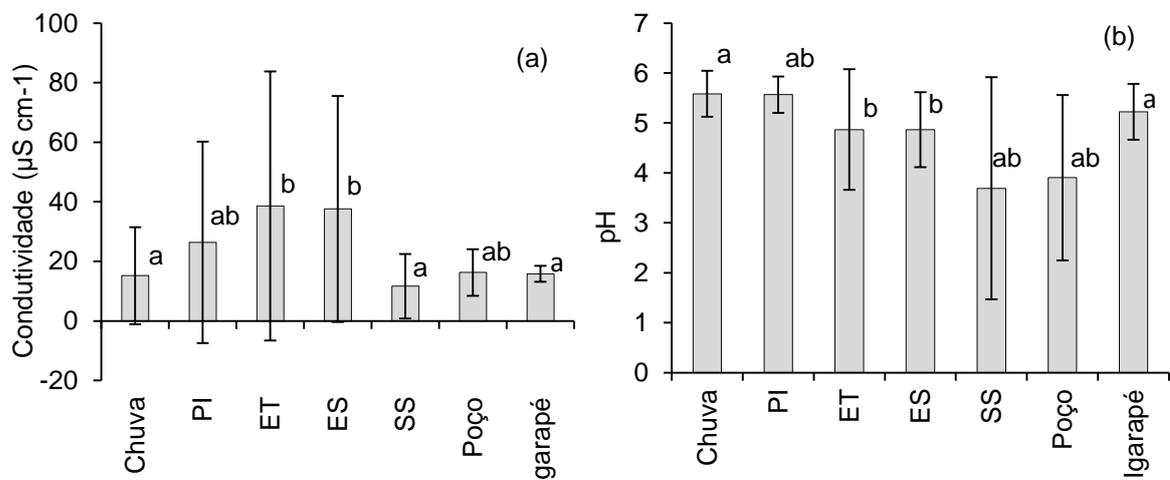


Figura 38 - Comparação estatística da (a) Condutividade elétrica e (b) pH entre todos os tipos de coletores e o igarapés 1 e 2 (n=16)

Ao compararmos estatisticamente as concentrações médias de COD e CID entre todos os compartimentos estudados, observamos que foi encontrada diferença significativa.

Para COD (df= 6; F= 276,24;  $p < 0,0001$ ) (Figura 39a) e CID (df= 6; F= 6,6383;  $p < 0,0001$ ) (Figura 39b), observando que as maiores concentrações ocorreram acima do solo e, decrescem chegando a baixas concentrações na água do lençol freático.

Os resultados de COD são evidentes mostrando o papel importante do dossel no ecossistema florestal, o escoamento de água pelo tronco (37,4%) foi à via mais importante de transporte de COD.

Para o CID os resultados mostram que as vias PI, ES e poço contribuem com concentrações semelhantes para o ecossistema florestal.

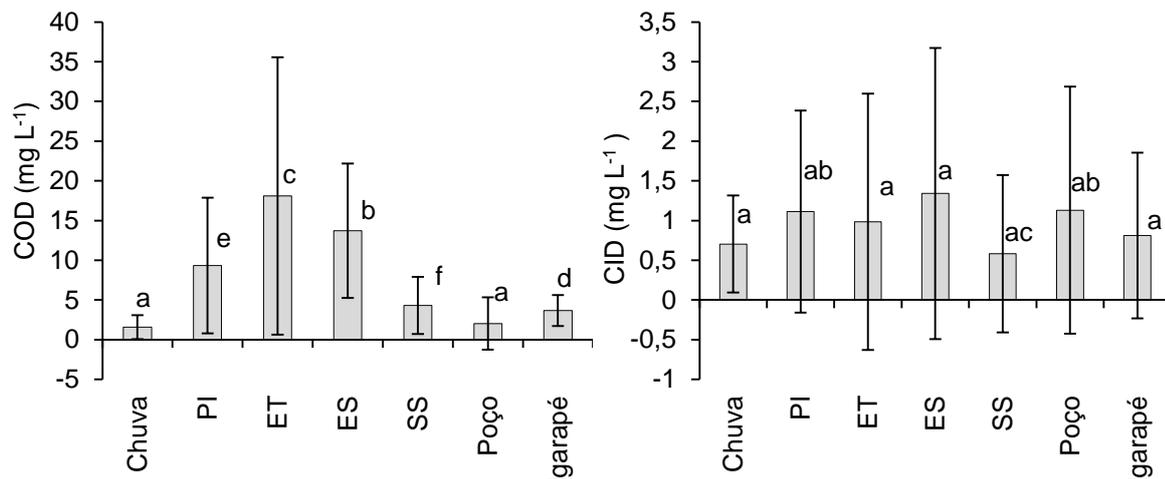


Figura 39 - Comparação estatística de, (a) COD e (b) CID entre todos os tipos de coletores e igarapés (1 e 2) (n=16)

Dos compartimentos aqui estudados, os resultados de COD seguiram a seguinte padrão de concentração: precipitação (Chuva) < precipitação interna da floresta (PI) < escoamento da água pelo tronco (ET) > escoamento superficial do solo (ES) > solução do solo (SS) > água do lençol freático (Poço) < saída pelo Igarapé.

Para CID os resultados seguiram o seguinte padrão: precipitação (Chuva) < precipitação interna da floresta (PI) > escoamento da água pelo tronco (ET) < escoamento superficial do solo (ES) > solução do solo (SS) < água do lençol freático (Poço) > saída pelo igarapé.

### 3.7 Fluxos de entrada de COD e CID pela precipitação e saída pelo igarapé

Os valores de fluxos anuais de entrada de carbono via água da chuva observados neste estudo são baixos quando comparados a outros estudos na Amazônia (Tabela 6).

O aporte anual de entrada de COD pela água da chuva foi de  $11,43 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . As altas diferenças nos fluxos de COD encontradas nas outras áreas da Amazônia se devem as significativas alterações antrópicas, principalmente, a queima de biomassa, fazendo com que a água da chuva fosse mais alta (NEU, 2009; GERMER et al., 2007; GOUVEIA NETO, 2006; TOBÓN et al., 2004; MARKEWITZ et al., 2004). A maior parte da água da chuva que entra na floresta, é via precipitação interna, com os valores variando de 77 a 91%, com uma média  $83 \pm 5\%$ , e a menor parte passa pelo escoamento do tronco de  $1,7\% \pm 2,2$  (KRUSCHE et al., 2011).

A saída de carbono pelo igarapé 2 foi de  $0,45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , as estimativas encontradas em outras bacias da Amazônia indicam saídas variando de  $4,36 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (GOUVEIA NETO, 2006), a  $31,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  em rios de água branca (JOHNSON et al., 2006) e, em rios de água preta os valores de COD chegam a  $190 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (WATERLOO et al., 2006).

Tabela 6 – Fluxo anual de COD na precipitação (chuva) na Amazônia

Localização	Precipitação Fluxo de C ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ )	Fonte
Amapá	11,4	Este estudo, 2016
Rondônia	15,8	Leite, 2011
Alto Xingu	82,4	Neu, 2009
Rondônia	106,4	Germer et al., 2007
Sudoeste da Amazônia	162,3	Gouveia Neto, 2006
Noroeste da Amazônia	133,9	Tobón et al., 2004
Pará	123,4	Markewitz et al., 2004
Amazonas	27,5	Filoso et al., 1999
Amazônia Central	48,0	Williams et al., 1997

Para CID as concentrações de entrada pela água da chuva foram de  $3,66 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , e as saídas pelo igarapé foram de  $0,07 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Tais valores são baixos, similares aos valores encontrados no Alto Xingu (NEU, 2009).

Para a determinação do balanço de carbono para a floresta estudada, foi considerado o fluxo de entrada pela precipitação (chuva) e o fluxo de saída via água do igarapé, delimitando a microbacia estudada (Figura 40).

Os valores encontrados neste estudo para a entrada de carbono via água da chuva foram abaixo dos observados no Alto Xingu ( $82,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) e saída pelo igarapé ( $1,6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) com um balanço de  $80,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para COD, e para CID de  $38,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e saída  $0,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  com um balanço de  $37,9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (NEU, 2009).

#### Fluxos de entrada – água da chuva

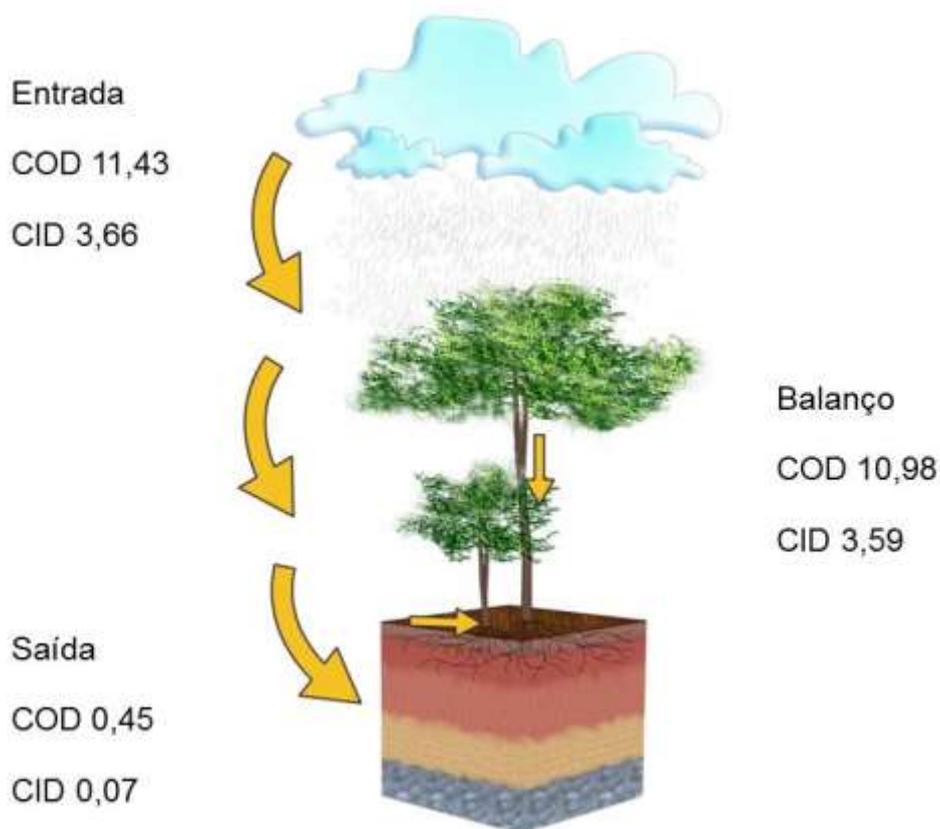


Figura 40 - Balanço anual de COD e CID, dos fluxos de entrada pela água da chuva, e os fluxos de saída pelo igarapé. Valores expressos em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (Modificado de Leite, 2011)

## 4 CONCLUSÕES

O carbono orgânico dissolvido apresentou uma variação espacial e temporal entre os coletores e as profundidades, sendo alguns influenciados diretamente pela variação topográfica (baixio, encosta e platô), pela precipitação e pelos atributos físicos do solo (granulometria e densidade).

A estrutura do solo exerce uma grande influência nas concentrações de COD nas camadas do solo, aliado a matéria orgânica do solo, os quais determinam as concentrações do carbono na solução do solo.

De todos os caminhos da água da chuva estudados, o escoamento da água pelo tronco a foi o via que mais contribuiu com o transporte de COD para o ecossistema, seguidos pelo escoamento superficial do solo e precipitação interna da floresta. O escoamento da água pelo tronco possui características externas importantes tais como rugosidade e presença de epífitas e líquens, fatores determinantes da água que passa por esta via.

No baixio, o acúmulo de liteira na superfície proporciona maiores concentrações de COD na solução do solo, mantendo-se em profundidade devido a lixiviação do material orgânico, podendo ser acumulado na flutuação do lençol. As camadas mais profundas da encosta demonstraram COD mais elevado que no platô sugerindo que esse carbono possa estar sendo exportado via solução do solo para o baixio.

Os resultados de CID mostraram que as vias PI, ES e poço contribuem com concentrações semelhantes para o ecossistema florestal.

Os valores dos fluxos anuais de carbono via água da chuva observados neste estudo são inferiores aos demais estudos reportados para a Amazônia Brasileira.

## REFERÊNCIAS

- ANDREAE, M.-O.; TALBOT, R.W.; BERRESHEIM, H.; BEECHER, K. M. Precipitation chemistry in Central Amazonia. **Journal of Geophysical Research – Atmospheres**, Washington, D.C., v. 95, n. D10, p. 16987-16999, 1990.
- APARÍCIO, P. da S. **Subsídio para o manejo sustentável na Floresta Estadual do Amapá: Estrutura e Dinâmica**. 2012. 114p. Tese (Doutorado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2012.
- ARTAXO, P.; GATTI, L.V.; LEAL, A.M.C.; LONGO, K.M.; DE FREITAS, S.R.; LARA, L. B.; PAULIQUEVIS, T.M.; PROCÓPIO, A.S.; RIZZO, L.V. química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 185-196, 2005.
- ARTAXO, P.; STORMS, H.; BRUYNSEELSA, F.; RIEKEN, R. V. Composition and sources of aerosols from the Amazon Basin. **Journal of Geophysical Research**, Utah, v. 93, n. D2, p. 1605-1615, 1988.
- BINKLEY, D.; RICHTER, D. Nutrient cycles and H<sup>+</sup> budgets of forest ecosystems. **Advances in Ecological Research**, London, v. 16, p. 1-51, 1987.
- BRINKMANN, W.L.F.; SANTOS, A. Natural water in Amazonia. VI-Soluble calcium properties. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 3, n. 2, p. 33-40, 1973.
- BROOKS, P.D.; McKNIGHT, D.M.; BENCALA, K.E. The relationship between soil heterotrophic activities, soil dissolved organic carbon (DOC) leachate, and catchment-scale DOC export in headwater catchments. **Water Resources Research**, Washington, DC, v. 35, p. 1895-1902, 1999.
- COX, P.M.; METTS, R.A.; JONES, C.D. Acceleration of global warming due to carbon cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, London, v. 408, n. 6809, p. 184-187, 2000.
- EIDT, R.C. The climatology of South America. In: FITTKAU, E.J.; ILLIES, J.; KLINGE, H.; SCHWABE, G.H.; SIOLI, H. (Ed.). **Biogeography and Ecology in South America**. Hague: W. Junk, 1968. v. 1, p. 54-81.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de método de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análise químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.
- FILOSO, S.; WILLIAMS, M.R.; MELACK, J.M. Composition and deposition of throughfall in a flooded forest archipelago (Negro River, Brazil). **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 45, p. 169-195, 1999.
- FISHER, R.F.; BINKLEY, D. **Ecology and management of forest soil**. 3<sup>rd</sup>. ed. New York: Wiley, 2000. 489p.

FOSTER, R.C. Microorganismos and soil aggregates. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPTS, V.V.S.R.; GRACE, P.R. **Soil biota**: management in sustainable farming systems. Melbourne: CSIRO, 1994. p. 144-155.

FRANKEN, W.; LEOPOLDO, P.R. Hydrology of catchment areas of Central Amazonian forest stream. In: SIOLI, H.; JUNK, W. (Ed.) **The Amazon**: Limnology an Landscape Ecology of a Mighty River and its Basin, Dordrecht: W. Junk Publishers, 1984. p. 501-519. (Monographiae Biologicae, v. 56).

GERMER, S.; NEILL, C.; KRUSCHE, A.V.; GOUVEIA NETO, S.C.; ELSENBEER, H. Amazonia, nutrient fluxes, rainfall chemistry, sequential sampling, throughfall chemistry, tropical rain forest. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 86, p. 155-174, 2007.

GERMER, S.; NEILL, C.; KRUSCHE, A.V.; GOUVEIA NETO, S.C.; ELSENBEER, H. Seasonal and within-event dynamics of rainfall and throughfall in an open tropical rainforest in Rondônia, Brasil. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 86, n. 2, p. 155-174, 2007.

GIBBS, R.J. Water chemistry of the Amazon River. **Geochemical Cosmochemical Acta**, Canberra v. 36, p. 1061-1066, 1972.

GUIMARÃES, D.P. Identificado local mais chuvoso do Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/noticias/mostranoticia.php?codigo=366>>. Acesso em 15 out. 2015.

GUIMARÃES, D.P.; HAYNES, R.J. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. **Soil Biochemistry**, Oxford, v. 32, p. 211-219. 2006.

HOLLAND, M.M.; RISSER, P.G.; NAIMAN, R.J. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains. In: JUNK, W.J. (Ed.). **Central Amazon Floodplain**, Springer-Verlag, Berlin, 1991. p.3-20.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, São Paulo, 1991. p.3-20.

JANSEN, B.; NIEROP, K.G.J.; VERSTRATEN, J.M. Mobility of Fe (II), Fe (III) and Al in acidic forest soils mediated by dissolved organic matter: influence of solution pH and metal/organic carbon ratios. **Geoderma**, Amsterdam, v. 113, p. 323-340, 2003.

JUNK, W.J. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains. In: JUNK, W.J. (Ed.). **The Central Amazon Floodplain**. Berlin: Springer-Verlag, 1997. p. 3-20.

JOHNSON, M.S.; LEHMANN, J.; SELVA, E.C.; ABDO, M.; RIHA, S.; COUTO, E.G. Organic carbon fluxes and streamwater export from headwater catchments in the Southern Amazon. **Hydrological Processes**, Glasgow, v. 20, p. 2599-2614, Aug. 2006a.

KOHLHEPP, G. Conflitos de interesse no ordenamento territorial da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 37-61, maio/agosto, 2002.

KRUGER, G.C.T.; CARVALHO, C.E.V.; FERREIRA, A.G.; GONÇALVES, G.M.; TRUCCOLO, E.C.; SCHETTINI, C.A.F. Dinâmica de carbono orgânico dissolvido no estuário do rio Paraíba do sul, sob diferentes condições de maré e descarga fluvial, **Atlântica**, Rio Grande, v. 25, n. 1, p. 27-33, 2003.

KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, M.V.; VICTORIA, R.L.; BERNARDES, M.C.; LEITE, N.K.; HANADA, L.; VICTORIA, D.C.; TOLEDO, A.M.; OMETTO, J.P.; MOREIRA, M. Z.; GOMES, B.M.; BOLSON, M.A.; NETO, S.G.; BONELLI, N.; DEEGAN, L.; NEILL, C.; THOMAS, S.; AUFDENKAMPE, A.K.; RICHEY, J.E. Efeito das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos de água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 197-205, 2005.

KRUSCHE, A.V.; BALLESTER, M.V.; VICTORIA, R.L.; LEITE, N.K. Hydrology and biogeochemistry of terra firme lowland Tropical Forests. Part III: Forest Hydrology and biogeochemistry by ecoregion and forest type. In: LEVIA, D.F.; CARLYLE-MOSES, D & TANAKA, T. (Ed.). **Forest Hydrology and Biogeochemistry**, Dordrecht: Springer, Cap. 9, p. 187-202, 2011.

LEITE, N.K. **Fluxo de nutrientes em um fragmento de mata ciliar no estado de Rondônia, Brasil**. 2011.136p. Tese (Doutorado em Química na Agricultura e no Ambiente) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

LEITE, N.K.; KRUSCHE, A.V.; CABIANCHI, G.M.; BALLESTER, M.V.; VICTORIA, R. L.; MARCHETTO, M; DOS SANTOS, J.G. Groundwater quality comparison between rural farms and riparian wells in the western Amazon, Brazil. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n.1, p. 11-15, 2011.

LESACK, L.F.W. Export of nutrients and major ionic solutes from a rain forest catchment in the Central Amazon Basin. **Water Resources Research**, Washington, D.C., v. 29, n. 3, p. 743-758, 1993.

LI, YUAN-HUI. Seasalt and pollution inputs over the continental United States. **Water, Air and Soil Pollution**, Dordrecht, v. 64, p. 561-573, 1992.

LIEBERMANN, B.; MARENGO, J.A. Interannual variability of the rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon basin. **Journal of Climate**, Boston, v. 14, n. 22, p. 4308-4318, 2001.

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**, Oxford, v. 22, p. 592-600.

MALHI, Y.; WOOD, D.; BAKER, T. R.; WRIGHT, J.; PHILLIPS, O. L.; COCHARANE, T.; MEIR, P.; CHAVE, J.; ALMEIDA, S.; ARROYO, L.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T.; LAURANCE, S. G.; LAURANCE, W.F.; LEWIS, S.L.; MONTEAGUDO, A.; NEIL, D.A.; VARGAS, P.N.; PITMAN, N.C.A.; QUESADA, C.A.; SALOMÃO, R.; SILVA, J.N.M.; LEZAMA, A.; TERBORGH, J.; MARTÍNEZ, R.V.; VINCET, I.B. The regional variation of above ground live biomass in old-growth Amazonian forests. **Global Change Biology**, Oxford, v. 12 p. 1107-1138, 2006.

MARQUES, J.D. de O. **Influência de atributos físicos e hídricos do solo na dinâmica do carbono orgânico sob diferentes coberturas vegetais na Amazônia Central**. 2009. 277p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2009.

MARQUES, J.D. de O.; LUIZÃO, F.J.; TEIXEIRA, W.G.; FERREIRA, S.J.F. Variações do carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Central, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 611-622, 2012.

MARQUES, J.D. de O.; LUIZÃO, F.J.; TEIXEIRA, W.G.; SARRAZIN, M.; FERREIRA, S.J.F.; BELDINI, T.P.; MARQUES, E.M. de A. Distribution of organic carbon in diferente soil fractions in ecosystems of Central Amazonia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 39, p. 232-242, 2015.

McCLAIN, M.E.; RICHEY, J.E.; JAY, A.B.; PIMENTEL, T.P. Dissolved organic matter and terrestrial-lotic linkages in the central Amazon basin of Brazil. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, D.C., v. 11, n. 3, p. 295-311, 1997.

MELO, A.W.F. de. **Avaliação do estoque e composição isotópica do carbono no solo do Acre**. 2003. 74p.. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MOLLER, J.; MILLER, M.; KJOLLER, A. Fungal bacterial interaction on beech leaves: influence on decomposition and dissolved organic carbon quality. **Soil Biology Biochemistry**, Leicestershire, v. 31, p. 367-374, 1999.

MONTEIRO, M.T.F.; OLIVEIRA, S.M.; LUIZÃO, F.J.; CÂNDIDO, L.A.; ISHIDA, F.Y.; TOMASELLA, J. Dissolved organic carbon concentration and its relationship to electrical conductivity in the Waters of a stream in a forested Amazonian blackwater catchment. **Plant Ecology & Diversity**, London, v. 1, n. 2, p. 205-213, 2015.

MONTEIRO, M.T.F. **Estudo integrado da dinâmica do carbono, nitrogênio e da hidrologia em uma microbacia da Amazônia Central**. 2013. 139p. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) - Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2013.

NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H. Ecological consequences and principles. In: NAIMAN, R.J.; DÉCAMPS, H. (Ed.). **The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones**. Paris, 1990.169p.

NEFF, J.C.; ASNER, G.P. Dissolved organic carbon in terrestrial ecosystems: Synthesis and a Model. **Ecosystems**, Verona, v. 4, p. 29-48, 2001.

NEILL, C. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southwestern Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, Washington, D.C., v. 7, n. 4, p. 1216-1225, 1997.

NENEPSTAD, D.C.; DE CARVALHO, C.R.; DAVIDSON, E.A.; JIPP, P. H.; LEFEBVRE, P.A.; NEGREIRO, G.H.; DA SILVA, E.D.; STONE, T.A.; TRUMBORE, S.E.; VIEIRA, S. The role of deep roots in hydrological and carbon cycles of Amazonian forest and pastures. **Nature**, London, v. 372, n. 6507, p. 666-669, 1994.

NEU, V. **Influência da cobertura vegetal na ciclagem de nutrientes via solução do solo na região de Manaus**. 2005. 93p.. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

NEU, V. **O ciclo do carbono na bacia do Alto Xingu: interações entre ambientes terrestre, aquático e atmosférico**. 2009. 113p.. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NORTCLIFF, S.; THORNES, J.B. Water and cation movement in a tropical rain forest environment. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 8, p. 245-258, 1978.

OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; MELEM JUNIOR, N.J. **Zoneamento agroecológico do município de Porto Grande**: relatório final. Macapá: EMBRAPA-CPAF Amapá, 2000. 68p.

OMETTO, J.P.H.B.; NOBRE, A.D.; ROCHA, H.R.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L.A. Amazonia and the modern carbon cycle: lessons learned. **Oecologia**, New York, v.143, n. 4, p. 483-500, 2005.

PAROLIN, P.; PIEDADE, M.T.F.; JUNK, W.J. Os rios da Amazônia e suas interações com a floresta. **Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v. 31, p. 49-64, 2005.

PROJETO RADAM. Folha NA/NB.22 - Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1974.1v.. (Levantamento de recursos naturais, v. 6).

PROJETO RADAM. Folha SD. 22- Goiás: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1981. v. 25. (Levantamento de recursos naturais, v. 25). Escala: 1:1 000 000.

QUALLS, R.G.; HAINES, B.L. Geochemistry of dissolved organic nutrients in water percolating through a forest ecosystem. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 55, p. 1112-1123, 1991.

QUESADA, C.A.; LLOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATIÑO, S. BAKER, T.R.; CZIMEZIK, C.; FYLLAS, N.M.; MARTINELLI, L.; NARDOTO, G.B.; SCHMERLER, J.; SANTOS, A. J.B.; HODNETT, M.G.; HERRERA, R.; LUIZÃO, F.J.; ARNETH, A.; LLOYD, G.; DEZZEO, N.; HILKE, I.; KUHLMANN, I.; RAESSLER, M., BRAND, W. A.; GEILMANN, H.; MORAES FILHO, J.O.; CARVALHO, F.P.; ARAUJO FILHO, R.N.; CHAVES, J. E.; CRUZ JUNIOR, O.F.; PIMENTEL, T.P.; PAIVA, R. Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. **Biogeosciences**, Munich, v. 7, p. 1515-1541, 2010.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing:** reference index. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: < <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/fullrefman.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2015.

RICKEY, 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 CO<sub>2</sub>. **Nature**, London, v. 416, p. 617-620, 2002.

SANTOS, dos A.; RIBEIRO, M. N. Nitrogênio na água do solo do ecossistema Campina Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 5, n. 2, p. 173-182, 1975.

SILVEIRA, J. DA S. DA. **Aspectos hidroclimatológicos da Bacia do Rio Jari no período de 1968 a 2012.** 2014. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais), Universidade Federal do Amapá, Macapá.

SMOLANDER, A.; KITUNEN, V. Soil microbial activities and characteristics of dissolved organic C and N in relation to tree species. **Soil Biology and Biochemistry**, Leicestershire, v. 34, p. 651-660, 2002.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Ed.). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_ipcc\\_fourth\\_assessment\\_report\\_wg1\\_report\\_the\\_physical\\_science\\_basis.htm](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm)>. Acesso em: 11 set. 2015.

SOUZA, Z.M. DE; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MOREIRA, L.F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.6, p.1763-1771, 2004.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon, I, Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the time of peak discharge. **Journal of Geophysical Research – Oceans and Atmospheres**, Washington, D.C., v. 86, n. 10, p. 9844-9858, 1981.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1979. 372p. (Studies in Ecology, v. 5).

TALBOT, R.W.; ANDREAE, M.O.; BERRESHEIM, H.; ARTAXO, P.; GARSTANG, M.; HARRISS, R.C.; BEECHER, K M.; LI, S.M. Aerosol chemistry during the wet season in central Amazonia: the influence of log-range transport. **Journal of Geophysical Research**, Washington, D.C., v. 95, n. D10, p. 955-969, Sept. 1990.

TARDIN, A.T.; SANTOS J.R. dos; MEIRA FILHO, L.G. Estado do desflorestamento da floresta amazônica brasileira em 1989. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTA, 6., 1990, Manaus. **Anais...** São José dos Campos: INPE, [1990]. 4 v.

TELLES, E.D.C.; CAMARGO, P.B.; MARTINELLI, L.A.; TRUMBORE, S.E.; COSTA, E. S.; SANTOS, J.; HIGUCHU, N.; OLIVEIRA, R.C. Influence of soil texture on carbon dynamics and storage potential in tropical forest soils of Amazonia. **Global Biogeochemical Cycles**, Washington, D.C., v. 17, n. 2, p. 1040-1052, 2003.

TOBÓN, M.C.; SEVINK, J.; VERSTRATEN, J.M. Solute fluxes in throughfall and stemflow in four forest ecosystems in northwest Amazonia. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 70, p.1-25, 2004.

UNGEMACH, H. Chemical rain water studies in the Amazon region. **Simposio y Foro Biologia Tropical**, Bogotá, p. 354-359, 1969.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. **IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**, Rio de Janeiro, 1991. 124p.

WATERLOO, M.J.; OLIVEIRA, S.M.; DRUCKER, D.P.; NOBRE, A.D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.G.; LANGEDIJK, I.; JANS, W.W.P.; TOMASELLA, J.; ARAÚJO, A. C.; PIMENTEL, T.P.; MÚNERA, J.C. Export of organic carbon in run-off from an Amazonian rainforest blackwater catchment. **Hydrological Processes**, Glasgow, v. 20, p. 2581-2597, 2006.

WRB, **World Reference Base for Soil Research**. A framework for international classification, correlation and communication. Food and agriculture organization of the United Nations. Rome, 2006. <<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsr103e.pdf>>. Acesso em 31 Mar. 2016.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 4th. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. 663p.

ZIMMERMANN, A.; GERMER, S.; NEIL, CHRISTOPHER, KRUSCHE, A. V.; ELSENBEER, H. Spatio-temporal patterns of throughfall and solute deposition in an open tropical rain forest. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 360, p. 87-102, 2008. <<http://www.cnpms.embrapa.br/noticias/mostranoticia.php?codigo=366>>. Acesso em 31 Mar. 2016.



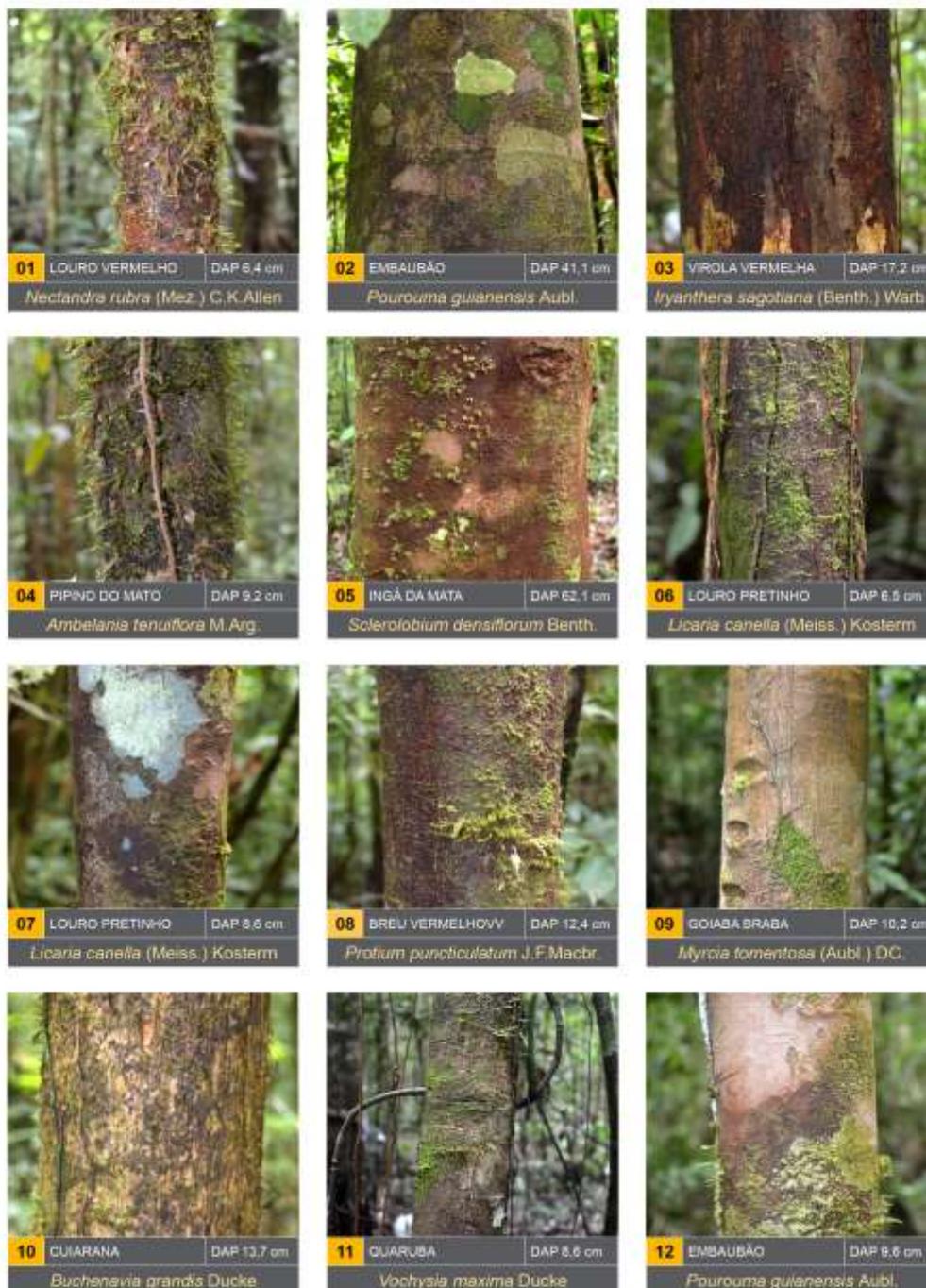
**ANEXOS**

Anexo A - Coletor de precipitação (chuva) e precipitação interna da floresta (PI); B= Coletor de escoamento de água pelo tronco (ET); C= Coletor de escoamento superficial do solo (ES); D= Coletor de solução do solo (SS); E= Coletor de água do lençol freático (poço); F= Igarapé; e G= Igarapé Piquiá, usado como via para chegar às parcelas (Igarapé 1 e 2)



Anexo B - Ilustração da casca e diâmetro a altura do peito (DAP) dos 64 indivíduos (31 espécies) amostrados na parcela do Igarapé 2

Baixio • árvores de 01 a 12



Anexo B - Ilustração da casca e diâmetro a altura do peito (DAP) dos 64 indivíduos (31 espécies) amostrados na parcela do Igarapé 2 (continuação)

Baixio • árvores de 13 a 18



Encosta • árvores de 19 a 24



Anexo B - Ilustração da casca e diâmetro a altura do peito (DAP) dos 64 indivíduos (31 espécies) amostrados na parcela do Igarapé 2 (continuação)

Encosta • árvores de 25 a 36



Anexo B - Ilustração da casca e diâmetro a altura do peito (DAP) dos 64 indivíduos (31 espécies) amostrados na parcela do Igarapé 2 (continuação)

Encosta • árvores de 37 a 40

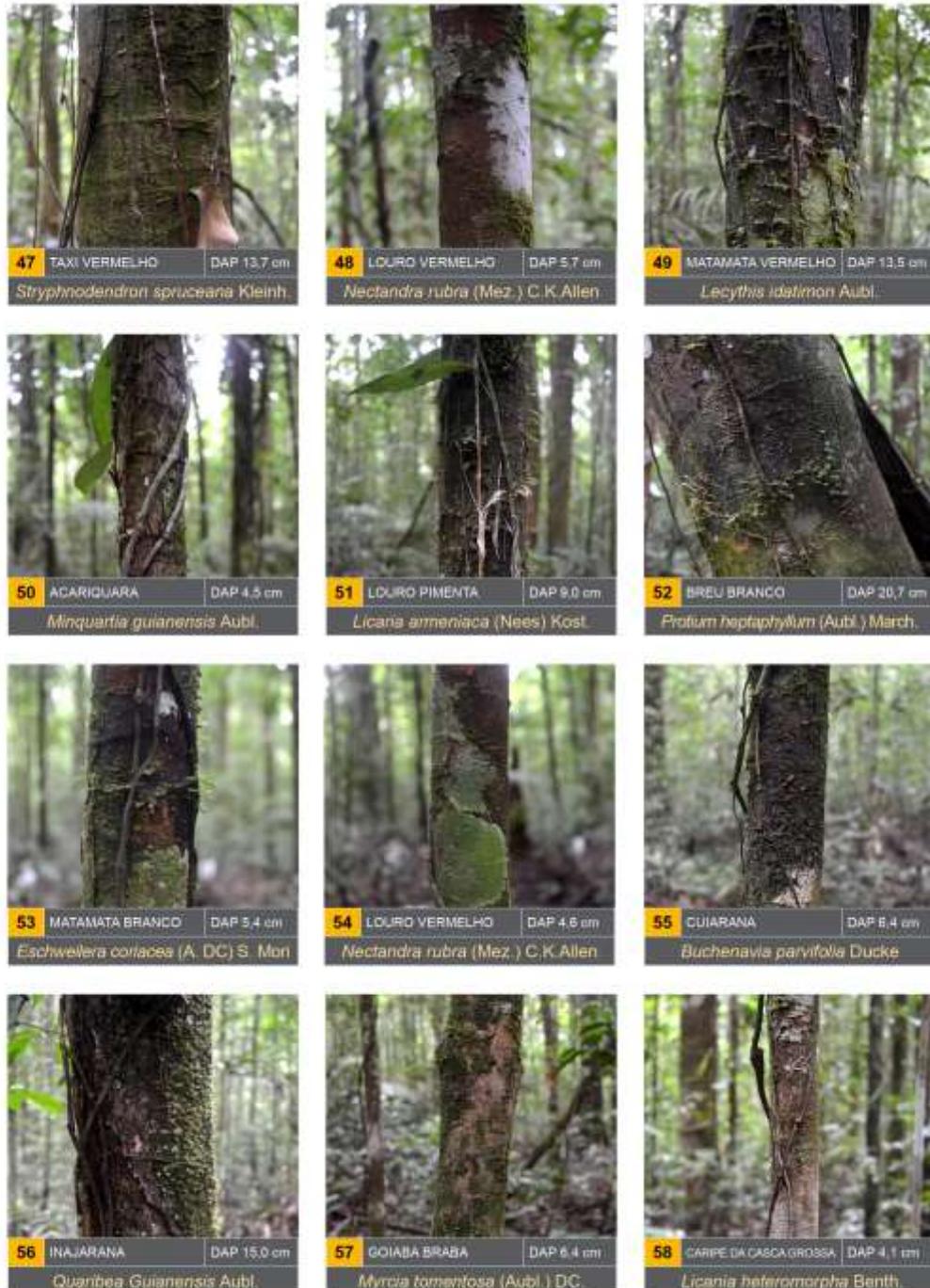


Platô • árvores de 41 a 46



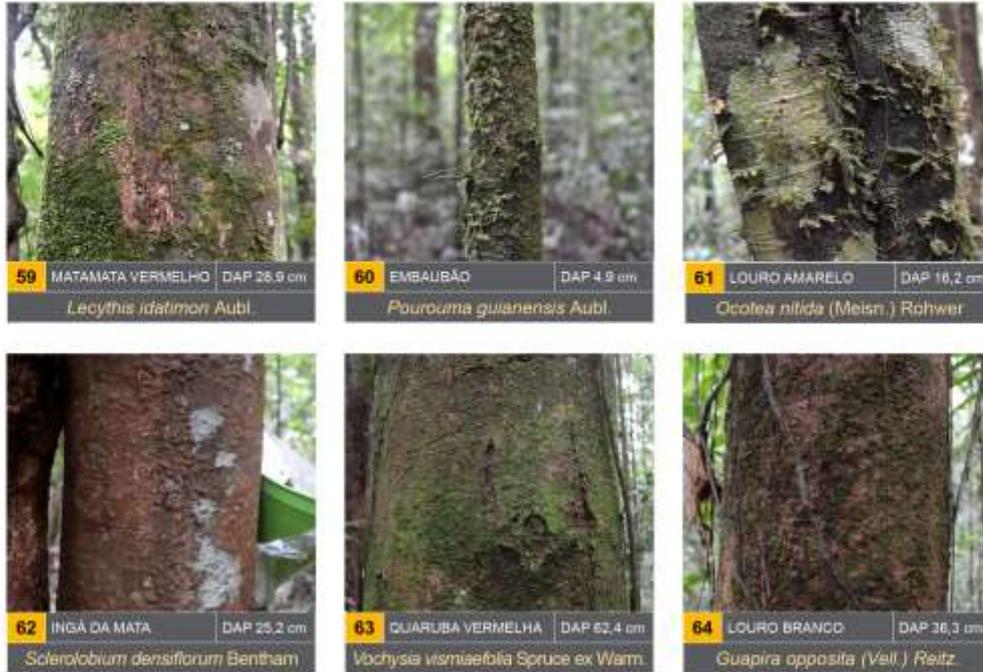
Anexo B - Ilustração da casca e diâmetro a altura do peito (DAP) dos 64 indivíduos (31 espécies) amostrados na parcela do Igarapé 2 (continuação)

Platô • árvores de 47 a 58



Anexo B - Ilustração da casca e diâmetro a altura do peito (DAP) dos 64 indivíduos (31 espécies) amostrados na parcela do Igarapé 2 (continuação)

Platô • árvores de 59 a 64



## ANEXO C - Lista de espécies de árvores nas toposequência da parcela Igarapé 2

<b>BAIXIO</b>				
<b>No. de campo</b>	<b>Nome vulgar</b>	<b>Nome científico</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>Características do tronco</b>
1	Louro vermelho	<i>Nectandra rubra</i> ( Mez. ) C.K.Allen	6,4	liso
2	Embaubão	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	41,1	liso
3	Virola vermelha	<i>Iryanthera sagotiana</i> (Benth.) Warb.	17,2	rugoso
4	Pipino do mato	<i>Ambelania tenuiflora</i> M.Arg.	9,2	rugoso
5	Inga da mata	<i>Sclerolobium densiflorum</i> Benth.	62,1	liso
6	Louro pretinho	<i>Licaria canella</i> (Meiss.) Kosterm	6,5	liso
7	Louro pretinho	<i>Licaria canella</i> (Meiss.) Kosterm	8,6	liso
8	Breu vermelho	<i>Protium puncticulatum</i> J.F.Macbr.	12,4	liso
9	Goiaba braba	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	10,2	rugoso médio
10	Cuiarana	<i>Buchenavia grandis</i> Ducke	13,7	rugoso médio
11	Cuaruba	<i>Vochysia maxima</i> Ducke	8,6	liso
12	Embaubão	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	9,6	liso
13	Embaubão	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	38,8	liso
14	Acapú	<i>Vouacapoua americana</i> Aublet	11,9	liso
15	Louro canela	<i>Ocotea fragrantissima</i> Ducke	6,5	liso
16	Breu branco	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	13,8	liso
17	Louro vermelho	<i>Nectandra rubra</i> ( Mez. ) C.K.Allen	12,1	liso
18	Taxi vermelho	<i>Stryphnodendron spruceana</i> Kleinh.	15	fissurado

## ANEXO C - Lista de espécies de árvores nas toposequência da parcela Igarapé 2 (continuação)

<b>ENCOSTA</b>				
<b>No. de campo</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Nome científico</b>	<b>DAP (cm)</b>	<b>Características do tronco</b>
1	Inga da mata	<i>Sclerolobium densiflorum Benth.</i>	23	liso
2	Matamata Vermelho	<i>Lecythis idatimon Aubl.</i>	22,3	rugoso
3	Carapanaúba	<i>Aspidosperma excelsum Benth.</i>	11,2	rugoso fissurado
4	Louro branco	<i>Guapira opposita (Vell.) Reitz.</i>	13,7	liso
5	Louro branco	<i>Guapira opposita (Vell.) Reitz.</i>	8	liso
6	Louro branco	<i>Guapira opposita (Vell.) Reitz.</i>	20,7	liso
7	Pau-ferro	<i>Caesalpinia leiostachya (Benth.) Ducke</i>	10,5	semi rugoso
8	Breu vermelho	<i>Protium puncticulatum J.F.Macbr.</i>	8,9	liso
9	Ingá branco	<i>Inga alba (Sw.) Willd.</i>	9,2	liso
10	Angelim pedra	<i>Hymenolobium petraeum</i>	16,1	liso
11	Louro vermelho	<i>Nectandra rubra ( Mez. ) C.K.Allen</i>	8	liso
12	Inga da mata	<i>Sclerolobium densiflorum Benth.</i>	25,5	liso
13	Virola vermelha	<i>Iryanthera sagotiana (Benth.) Warb.</i>	12,1	rugoso
14	Inga da mata	<i>Sclerolobium densiflorum Benth.</i>	22,3	liso
15	Louro pretinho	<i>Licaria canella (Meiss.) Kosterm</i>	28,9	liso
16	Embaubão	<i>Pourouma guianensis Aubl.</i>	35	liso
17	Virola vermelha	<i>Iryanthera sagotiana (Benth.) Warb.</i>	10,9	lisos
18	Melancieira	<i>Alexa grandiflora Ducke</i>	23,4	rugoso
19	Apazeira	<i>Eperua falcata Aublet.</i>	20,4	liso
20	Jarana	<i>Holopyxidium jarana Huber ex Ducke</i>	11,2	liso
21	Matamata Vermelho	<i>Lecythis idatimon Aubl.</i>	21,4	liso
22	Inga da mata	<i>Sclerolobium densiflorum Benth.</i>	57,6	semi rugoso

## ANEXO C - Lista de espécies de árvores nas toposequência da parcela Igarapé 2 (continuação)

PLATÔ				
No. de campo	Nome popular	Nome científico	DAP (cm)	Características do tronco
1	Louro vermelho	<i>Nectandra rubra</i> ( Mez. ) C.K.Allen	4,8	liso
2	Breu vermelho	<i>Protium puncticulatum</i> J.F.Macbr.	6,7	semi rugoso
3	Envira branca	<i>Xylopia nitida</i> Dun.	5,7	semi rugoso
4	Ingá vermelho	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.	24,3	semi rugoso
5	Virola vermelha	<i>Iryanthera sagotiana</i> (Benth.) Warb.	8	rugoso
6	Pau-ferro	<i>Caesalpinia leiostachya</i> (Benth.) Ducke	4,2	liso
7	Taxi vermelho	<i>Stryphnodendron spruceana</i> Kleinh.	13,7	semi rugoso
8	Louro vermelho	<i>Nectandra rubra</i> ( Mez. ) C.K.Allen	5,7	semi rugoso
9	Matamata vermelho	<i>Lecythis idatimon</i> Aubl.	13,5	liso
10	Acariquara	<i>Minuartia guianensis</i> Aubl.	4,5	rugoso
11	Louro pimenta	<i>Lcaria americana</i> (Nees) Cost.	9	semi rugoso
12	Breu branco	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) March.	20,7	liso
13	Matamata branco	<i>Eschweilera coriacea</i> (A. DC) S. Mori	5,4	semi rugoso
14	Louro vermelho	<i>Nectandra rubra</i> ( Mez. ) C.K.Allen	4,6	liso
15	Cuiarana	<i>Buchenavia parvifolia</i> Ducke	6,4	semi rugoso
16	Inajarana	<i>Quaribea guianensis</i> Aubl.	15	rugoso
17	Goiaba braba	<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	6,4	semi rugoso
18	Caripé da casca grossa	<i>Licania heteromorpha</i> Benth.	4,1	tronco liso
19	Matamata Vermelho	<i>Lecythis idatimon</i> Aubl.	28,9	semi rugoso
20	Embaubão	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	4,9	liso
21	Louro amarelo	<i>Ocotea nitida</i> ( Meisn. ) Rohwer	16,2	rugoso
22	Inga da mata	<i>Sclerolobium densiflorum</i> Bentham	25,2	rugoso
23	Quaruba vermelha	<i>Vochysia vismiaefolia</i> Spruce ex Warm.	62,4	rugoso
24	Louro branco	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz.	36,3	semi rugoso