

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

FABIANA BARBOSA GOMES

**DINÂMICA PALEOAMBIENTAL HOLOCÊNICA NO ENCLAVE DE SAVANA EM
MEIO A FLORESTA SITUADO NOS SETORES TABAJARA E ESTANHO DO
PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS (AM/RO)**

**CURITIBA
2016**

FABIANA BARBOSA GOMES

**DINÂMICA PALEOAMBIENTAL HOLOCÊNICA NO ENCLAVE DE SAVANA EM
MEIO A FLORESTA SITUADO NOS SETORES TABAJARA E ESTANHO DO
PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS (AM/RO)**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo José Cordeiro Santos
Coorientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

**CURITIBA
2016**

G633d

Gomes, Fabiana Barbosa

Dinâmica paleoambiental holocênica no enclave de savana em meio a floresta situado nos setores Tabajara e Estanho do Parque Nacional Campos Amazônicos (AM/RO) / Fabiana Barbosa Gomes. – Curitiba, 2016.
146 f ; il. color : 30 cm.

Tese - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra,
Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2016.

Orientador: Leonardo José Cordeiro Santos – Co-orientador: Vanderlei Maniesi.

Bibliografia: p. 116-136.

1. Savanas (Amazônia). 2. Cerrados. 3. Carbono – Isótopos.. I. Universidade Federal do Paraná. II.Santos, Leonardo José Cordeiro. III. Maniesi, Vanderlei . IV. Título.

CDD: 581:09



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS DA TERRA
Programa de Pós Graduação em GEOGRAFIA
Código CAPES: 40001016035P1

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE TESE PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM GEOGRAFIA

No dia trinta e um de Outubro de dois mil e dezesseis às 14:00 horas, na sala 109, Edifício João José Bigarella - Centro Politécnico, do Setor de CIÊNCIAS DA TERRA da Universidade Federal do Paraná, foram instalados os trabalhos de arguição da doutoranda **FABIANA BARBOSA GOMES** para a Defesa Pública de sua Tese intitulada: "**DINÂMICA PALEOAMBIENTAL HOLOCÊNICA NO ENCLAVE DE SAVANA SITUADA NOS SETORES TABAJARA E ESTANHO DO PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS (AM/RO)**". A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS (UFPR), DILCE DE FATIMA ROSSETTI (INPE), EVERTON PASSOS (UFPR), MARCIA REGINA CALEGARI (UNIOESTE), MAURICIO BERGAMINI SCHEER (SANEPAR), VANDERLEI MANIESI (UNIR). Dando início à sessão, a presidência passou a palavra a discente, para que a mesma expusesse seu trabalho aos presentes. Em seguida, a presidência passou a palavra a cada um dos Examinadores, para suas respectivas arguições. A aluna respondeu a cada um dos arguidores. A presidência retomou a palavra para suas considerações finais e, depois, solicitou que os presentes e a doutoranda deixassem a sala. A Banca Examinadora, então, reuniu-se sigilosamente e, após a discussão de suas avaliações, decidiu-se pela APROVAÇÃO da aluna. A doutoranda foi convidada a ingressar novamente na sala, bem como os demais assistentes, após o que a presidência fez a leitura do Parecer da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora.

Curitiba, 31 de Outubro de 2016.

LEONARDO JOSÉ CORDEIRO SANTOS
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

EVERTON PASSOS
Avaliador Interno (UFPR)

MAURICIO BERGAMINI SCHEER
Avaliador Externo (SANEPAR)

VANDERLEI MANIESI
Coorientador - Avaliador Externo (UNIR)

DILCE DE FATIMA ROSSETTI
Avaliador Externo (INPE)

MARCIA REGINA CALEGARI
Avaliador Externo (UNIOESTE)

OBS: documento é válido por 60 (sessenta) dias após a data.

AGRADECIMENTOS

Aos meus amores, Maria Isabela e Alexis, por estarem sempre ao meu lado e serem meus maiores críticos e conselheiros.

Aos meus pais, pelo exemplo e por me proporcionarem sempre um ambiente incentivador à minha formação.

À minha irmã, pela amizade e paciência.

Ao meu orientador, professor Dr. Leonardo dos Santos, por acreditar na proposta da tese. Obrigada pela orientação e contribuições.

Ao meu coorientador, professor Dr. Vanderlei Maniesi, com quem divido há tantos anos o gosto pela geologia e pelos Campos Amazônicos. Obrigada, mais uma vez, por suas orientações, contribuições e pela sua paciência.

Ao professor Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda, pelos ensinamentos e auxílio tão significativos ao desenvolvimento da pesquisa, bem como aos demais colegas do Laboratório de Carbono 14, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

À professora Dra. Kita Macário e às colegas Fabiana e Renata do Laboratório de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense, pela colaboração e análises isotópicas.

Aos amigos e amigas do Centro de Estudos Rioterra, pelo incentivo e ajuda.

Aos analistas e brigadistas do Parque Nacional Campos Amazônicos (ICMBio), pelo apoio.

À CPRM de Porto Velho, por disponibilizar o laboratório para o pré-tratamento das amostras.

Ao colega Afonso N. dos Santos, que sempre colabora com as análises mineralógicas.

Ao professor Dr. Jairo Schindwein e à colega Aline, do Laboratório de Solos da Universidade Federal de Rondônia, pelo auxílio nas análises granulométricas.

Aos professores, professoras, técnicos e colegas da Universidade Federal de Rondônia e da Universidade Federal do Paraná.

A todos que contribuíram e estiveram presentes na construção deste trabalho e que não foram mencionados.

Muito Obrigada.

RESUMO

Em meio às formações florestais típicas do Bioma Amazônia estão as savanas amazônicas distribuídas em manchas descontínuas como é o caso do maior enclave de savana instalado no interflúvio Madeira-Tapajós (sul do estado do Amazonas e nordeste de Rondônia), que atualmente compõe parte dos 961.317 hectares de área do Parque Nacional Campos Amazônicos. Com o objetivo de compreender a dinâmica paleoambiental holocênica desta savana foi realizado o estudo em apreço, incluindo a coleta de amostras de solos e carvão em perfis verticais (trincheiras), em diferentes profundidades dos Setores Tabajara e Estanho, com a realização de análises granulométricas, mineralógicas e químicas (elementares e isotópicas). Os resultados indicaram que há pelo menos 9.682 anos AP ao presente, o clima não afetou a dinâmica da vegetação da área de estudo com relação a promover alternância na vegetação nos ambientes de floresta e savana, sendo as condições edáficas as responsáveis em dar suporte à manutenção de suas respectivas fitofisionomias. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ de amostras de solo próximo à superfície (0 a 10 cm de profundidade) dos Setores Tabajara e Estanho revelaram que a savana abriga plantas representativas dos tipos fotossintéticos C_3 e C_4 que correspondem às adaptações para ambientes com diferentes características. Sob a vegetação savana e transição, os solos são hidromórficos e oligotróficos, possuindo gradientes texturais devido à podzolização, além da zona saprolítica com características ainda preservadas de arenitos da Formação Palmeiral, rochas que eventualmente estão expostas como relevos residuais. Suas porções de superfície (0 a 50 cm de profundidade) são altamente lixiviadas concentrando teores elevados de partículas bem selecionadas da fração areia (até 96,3%) compostos por grãos de quartzo (até 100%) arredondados a bem arredondados. Composições florísticas específicas (espécies lenhosas) de ocorrência em agrupamentos isolados semicirculares com diâmetros variando de 10 a 30 metros (murundus) adaptadas às condições da savana em função da ação de agentes bióticos como fatores determinantes na produção e incorporação de quantidades anômalas de matéria orgânica (até $24,2 \text{ g.kg}^{-1}$) em comparação com os solos do ambiente savana adjacente ($\leq 2 \text{ g.kg}^{-1}$) garantindo suas propriedades essenciais ao desenvolvimento e expansão desta vegetação arbórea em meio à savana.

Palavras-chave: Savanas Amazônicas. Dinâmica Paleoambiental Holocênica. Isótopos de Carbono. Atributos Edáficos.

ABSTRACT

In the midst of typical forest formations of the Amazon Biome are the Amazonian savannas distributed into discrete spots such as the largest savanna enclave installed on Madeira-Tapajos interfluvium (south of Amazonas state and northeastern Rondônia), which currently composes part of the 961.317 hectares of the Campos Amazônicos National Park. In order to understand the Holocene paleoenvironmental dynamics of this savanna area, studies were carried out, including samples collections in vertical profiles (trenches) of different depths of Tabajara and Estanho sectors (study area) at the Campos Amazônicos National Park, performing grain size analysis, mineralogical and elementary chemical and isotopic. Results indicate that, in ages close to 9.682 years BP, until present days, climate didn't affected the vegetation dynamic in the study area promoting changes in the forest and savanna environment, showing that edaphic conditions is the main factor that support the maintenance of this phytophysiognomy. Values of $\delta^{13}\text{C}$ soil samples nearby the surface (0 to 10 cm depth) at Tabajara and Estanho sectors reveal that savanna is a refuge to C_3 and C_4 photosynthetic grass type, related to adaptations to environments with different characteristics. Under savanna vegetation and its transition, soils are hydromorphic and oligotrophic, presenting textural gradients due to Podzolization, beyond the saprolite zone featuring preserved Palmeiral sandstones formation, rocks that are eventually exposed as residual relief. Its surface portions (0 to 50 cm depth) are highly leached, concentrating a high selected fine particles content of sand fraction (up to 96.3%) and mineral constituents based on quartz crystals (up to 100%) that vary from rounded to well rounded. Specific floristic composition (woody species) occur in semicircular isolated clusters with diameters ranging from 10 to 30 meters (called murundus) adapted to the savanna conditions due to biotic agents act as determining factors in the production and incorporation of abnormal amounts of organic matter (up 24.2 g.kg^{-1}) compared to the savanna adjacent soil ($\leq 2 \text{ g.kg}^{-1}$) ensuring essential properties to the development and expansion of woody vegetation through the savannah.

Key words: Amazonian savannas. Holocene paleoenvironmental dynamics. Carbon Isotopes. Edaphic attributes.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA SAVANA AMAZÔNICA DO PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS E DAS ÁREAS DE ESTUDO (SETORES TABAJARA E ESTANHO)	17
FIGURA 2 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO	19
FIGURA 3 - MODELO DE ELEVAÇÃO (MDE) COM A ORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NA ÁREA DE ESTUDO E ENTORNO	23
FIGURA 4 – MAPA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
FIGURA 5 - MAPA DOS BIOMAS DO BRASIL	27
FIGURA 6 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO DAS VEGETAÇÕES FLORESTAIS E NÃO FLORESTAIS EXISTENTES NO BIOMA AMAZÔNIA	32
FIGURA 7 - DADOS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA DO PERÍODO DE JANEIRO A DEZEMBRO DA REGIÃO AMAZÔNICA	39
FIGURA 8 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE E DE AMOSTRAGEM NOS SETORES TABAJARA E ESTANHO.....	58
FIGURA 9 - (A) PROCEDIMENTO DE COLETA (PERFIL T1-FLO). (B) SEQUÊNCIA DE COLETA (PERFIL T2-TRA)	59
FIGURA 10 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS: (A) PENEIRA COM ABERTURA DE (0,250 MM); (B) CENTRÍFUGA PARA LIMPEZA DAS PENEIRAS; (C) ESTUFA; E (D) AMOSTRAS ACONDICIONADAS EM TUBOS PLÁSTICOS	61
FIGURA 11 - MAPA DE HIPSOMETRIA DOS SETORES TABAJARA E ESTANHO (ÁREA DE ESTUDO) NO CONTEXTO DA SAVANA DO PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS.....	66
FIGURA 12 - MAPA DE DECLIVIDADE DOS SETORES TABAJARA E ESTANHO (ÁREA DE ESTUDO) NO CONTEXTO DO PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS	67
FIGURA 13 - GRANITOS SOB A VEGETAÇÃO DE FLORESTA NAS PROXIMIDADES DO RIO MACHADO (PONTILHADOS AMARELO) A 3 KM AO SUL DO PONTO T1-FLO. AO FUNDO A ÁREA MAIS PLANA DE SAVANA	68
FIGURA 14 - AFLORAMENTOS DE ARENITOS (RELEVOS RESIDUAIS) NO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA A APROXIMADAMENTE 12 KM DO PONTO T3-SA	69
FIGURA 15 - AFLORAMENTO DE ARENITO EM PROCESSO DE INTEMPERISMO NO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR ESTANHO A APROXIMADAMENTE 30 KM DO PONTO E2-SA	69

FIGURA 16 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NO SETOR TABAJARA	70
FIGURA 17 - (A) AMBIENTE DE FLORESTA DO SETOR TABAJARA COM ÁRVORES DE GRANDE PORTE QUE COMPÕEM O ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA (PONTO T1-FLO). (B) AMBIENTE DE TRANSIÇÃO DO SETOR TABAJARA COM A VEGETAÇÃO DE CONTATO ENTRE FLORESTA E SAVANA (PONTO T2-TRA)	71
FIGURA 18 - AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA COM PREDOMINÂNCIA DA VEGETAÇÃO DO TIPO GRAMÍNEA (PONTO T3-SA)	72
FIGURA 19 - VEGETAÇÃO ARBÓREA E LENHOSA (MURUNDU) EM MEIO ÀS GRAMÍNEAS (PONTO T4-MU)	72
FIGURA 20 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NO SETOR ESTANHO	73
FIGURA 21 - AMBIENTE DE TRANSIÇÃO DO SETOR ESTANHO (PONTO E1-TRA): (A) VEGETAÇÃO DE TRANSIÇÃO; E (B) SERRAPILHEIRA NA SUPERFÍCIE DO SOLO	74
FIGURA 22 - AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR ESTANHO: (A) AMBIENTE COM PREDOMINÂNCIA DA VEGETAÇÃO DO TIPO HERBÁCEA; E (B) VEGETAÇÃO ARBÓREA EM MEIO ÀS GRAMÍNEAS E ARBUSTOS	74
FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CORTE DO TERRENO MOSTRANDO OS PERFIS VERTICAIS DOS SOLOS COM INTERVALOS DE AMOSTRAGEM EM CENTÍMETROS, INCLUINDO OS TRANSECTOS FLORESTA (T1-FLO), TRANSIÇÃO (T2-TRA), SAVANA (T3-SA) E MURUNDU (T4-MU) DO SETOR TABAJARA E TRANSIÇÃO (E1-TRA), SAVANA (E2-SA; E3-SA) E MURUNDU (E4-MU) DO SETOR ESTANHO	75
FIGURA 24 - PORCENTAGENS DAS FRAÇÕES DE AREIA FINA, MÉDIA, GROSSA E MUITO GROSSA DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO, T2-TRA, T3-SA E T4-UM, SETOR TABAJARA	80
FIGURA 25 - PORCENTAGENS DAS FRAÇÕES DE AREIA FINA, MÉDIA, GROSSA E MUITO GROSSA DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS E1-TRA, E2-SA, E3-SA E E4-MU, SETOR ESTANHO	81
FIGURA 26 - (A) SOLO SOB VEGETAÇÃO COM SUNÚSIAS GRAMINOIDES; (B) E (C) DETALHE MOSTRANDO A PREDOMINÂNCIA DO MINERAL DE QUARTZO DISTRIBUÍDO EM GRÃOS DE AREIA BEM SELECIONADOS E BEM ARREDONDADOS. PERFIL T3-SA.....	83

FIGURA 27 - VARIAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO (AMBIENTE DE FLORESTA), T2-TRA (AMBIENTE DE TRANSIÇÃO) E T3-SA (AMBIENTE DE SAVANA) DO SETOR TABAJARA	90
FIGURA 28 - VARIAÇÃO DOS TEORES NITROGÊNIO TOTAL (NT) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO (AMBIENTE DE FLORESTA), T2-TRA (AMBIENTE DE TRANSIÇÃO) E T3-SA (AMBIENTE DE SAVANA) DO SETOR TABAJARA	90
FIGURA 29 - VARIAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS E1-TRA (AMBIENTE DE TRANSIÇÃO) E E2-SA (AMBIENTE DE SAVANA) E E3-SA (AMBIENTE DE SAVANA) DO SETOR ESTANHO	93
FIGURA 30 - VARIAÇÃO DOS TEORES DE NITROGÊNIO TOTAL (NT) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS E1-TRA (AMBIENTE DE TRANSIÇÃO) E E2-SA (AMBIENTE DE SAVANA) E E3-SA (AMBIENTE DE SAVANA) DO SETOR ESTANHO	93
FIGURA 31 - DATAÇÕES POR ¹⁴ C NA MOS E CARVÃO: (A) DATAÇÕES NAS AMOSTRAS DOS PERFIS VERTICAIS DE FLORESTA (T1-FLO), TRANSIÇÃO (T2-TRA) E SAVANA (T3-SA) DO SETOR TABAJARA. E (B) TRANSIÇÃO (E1-TRA) E SAVANA (E2-SA) DO SETOR ESTANHO.....	97
FIGURA 32 - FRAGMENTO DE CARVÃO ENCONTRADO NO SOLO DO PERFIL T1-FLO, PROFUNDIDADE DE 130 CM	98
FIGURA 33 – PERFIL ESQUEMÁTICO DO TRANSECTO FLORESTA, TRANSIÇÃO E SAVANA SITUADO NO SETOR TABAJARA COMPOSTO POR PLANTAS C ₃	112
FIGURA 34 - PERFIL ESQUEMÁTICO DO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR ESTANHO COMPOSTO POR PLANTAS C ₄ E MISTURA DE PLANTAS C ₃ E C ₄	113

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – DADOS DE CLIMATOLOGIA DO DISTRITO DE TABAJARA, MUNICÍPIO DE MACHADINHO D'OESTE/RO. SÉRIE HISTÓRICA DE 1981 - 2010.....	24
QUADRO 2 – DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DISTRIBUÍDAS NAS REGIÕES FITOECOLÓGICAS DO BIOMA AMAZÔNIA	31
QUADRO 3 – INFORMAÇÕES SOBRE OS LOCAIS DE COLETA E TIPOS DE ANÁLISES DAS AMOSTRAS	59

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA E OS ATRIBUTOS TEXTURAIIS E CROMÁTICOS. AMOSTRAS DE SOLOS COLETADAS NOS PERFIS T1-FLO, T2-TRA, T3-SA E T4-MU DO SETOR TABAJARA E E1-TRA, E2-SA E E3-SA E E4-MU DO SETOR ESTANHO	78
TABELA 2 - PORCENTAGEM EM VOLUME (%) DE MINERAIS DA FRAÇÃO AREIA DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO, T2-TRA, T3-SA E T4-MU DO SETOR TABAJARA E E1-TRA, E2-SA, E3-SA E E4-MU DO SETOR ESTANHO (-) AUSÊNCIA E (T) TRAÇO	82
TABELA 3 - ANÁLISES QUÍMICAS DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO (FLORESTA), (T2-TRA) TRANSIÇÃO, T3-SA SAVANA E T4-MU (MURUNDU) DO SETOR TABAJARA E E1-TRA (TRANSIÇÃO), E2-SA E E3-SA (SAVANA) E E4-MU (MURUNDU) DO SETOR ESTANHO.....	85
TABELA 4 - TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO (FLORESTA), (T2-TRA) TRANSIÇÃO, T3-SA SAVANA E T4-MU (MURUNDU) DO SETOR TABAJARA E E1-TRA (TRANSIÇÃO), E2-SA E E3-SA (SAVANA) E E4-MU (MURUNDU) DO SETOR ESTANHO.....	87
TABELA 5 - TEORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%), NITROGÊNIO TOTAL (%) E RAZÃO C/N (%) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO (FLORESTA), (T2-TRA) TRANSIÇÃO, T3-SA SAVANA E T4-MU (MURUNDU) DO SETOR TABAJARA	89
TABELA 6 - TEORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%), NITROGÊNIO TOTAL (%) E RAZÃO C/N (%) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS E1-TRA (TRANSIÇÃO), E2-SA E E3-SA (SAVANA) E E4-MU (MURUNDU) DO SETOR ESTANHO.....	92
TABELA 7 - VALORES DE $\delta^{13}\text{C}$ (‰) DA MATÉRIA ORGÂNICA DAS AMOSTRAS DE SOLOS DO SETOR TABAJARA T1-FLO (FLORESTA), T2-TRA (TRANSIÇÃO), T3-SA (SAVANA) E DO SETOR ESTANHO E1-TRA (TRANSIÇÃO) E E2-SA E E3-SA (SAVANA).....	94

LISTAS DE ABREVEATURAS E SIGLAS

AMS – *Accelerator Mass Spectrometer* – Espectrômetro de Massa Acoplado ao Acelerador

AP – Antes do Presente

C – Carbono

CAM - *Crassulacean Acid Metabolism* – Metabolismo Ácido das Crassuláceas

COT – Carbono Orgânico Total

MO - Matéria Orgânica

MOS – Matéria Orgânica do Solo

N - Nitrogênio

NT – Nitrogênio Total

SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*

$\delta^{13}\text{C}$ – Composição isotópica do carbono

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	HIPÓTESES E OBJETIVOS	15
2	LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO E FISIAGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO	17
2.1	CONTEXTO GEOLÓGICO E FISIAGRÁFICO	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO	27
3.1	O BIOMA CERRADO E O BIOMA AMAZÔNIA	27
3.2	O ATUAL MOSAICO DE FITOFISIONOMIAS NA AMAZÔNIA E AS CONTRIBUIÇÕES DOS ASPECTOS DO MEIO FÍSICO PARA O ENTENDIMENTO DA DINÂMICA PALOAMBIENTAL NA REGIÃO	30
3.2.1	Clima	33
3.2.2	Sedimentação e tectônica	39
3.2.3	Solos	43
3.3	RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL UTILIZANDO ISÓTOPOS DE CARBONO	49
3.3.1	Isótopos de carbono	50
3.3.2	Aplicação dos isótopos de carbono na reconstrução paleoambiental.....	52
4	MÉTODOS E MATERIAIS	55
4.1	GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO	55
4.2	TRABALHOS DE CAMPO E COLETA	56
4.3	PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS	60
4.4	MÉTODOS DE ANÁLISES DAS AMOSTRAS	61
4.4.1	Análise granulométrica	62
4.4.2	Análise mineralógica	62
4.4.3	Análises químicas	63
4.4.4	Análises elementares e isotópicas do carbono e nitrogênio	63
5	RESULTADOS.....	65
5.1	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS (RELEVO, GEOLOGIA E VEGETAÇÃO)..	65
5.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, MINERALÓGICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS	75

5.3	CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO ($\delta^{13}\text{C}$ E ^{14}C): SETORES TABAJARA E ESTANHO	94
6	DISCUSSÕES	99
6.1	DINÂMICA DA VEGETAÇÃO BASEADA NA COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA ($\delta^{13}\text{C}$) E NA DATAÇÃO ^{14}C	99
6.2	PROCESSOS PEDOGENÉTICOS E O ENCLAVE DE SAVANA	104
6.3	DINÂMICA AMBIENTAL DA SAVANA NA ÁREA DE ESTUDO: CONDICIONANTES E LIMITANTES.....	110
7	CONCLUSÕES	114
	REFERÊNCIAS	116
	APÊNDICES	137
	ANEXO	144

1 INTRODUÇÃO

A diversidade de paisagens do território brasileiro compõe um mosaico de ecossistemas tropicais e representa uma herança resultante de processos antigos, remodelados e modificados por processos recentes (AB'SABER, 2003).

Em cada bioma brasileiro há uma fitofisionomia predominante que ocupa a maior parte da área, sendo condicionada principalmente pelo clima. Porém, outras fitofisionomias também são encontradas e suas ocorrências podem estar associadas a eventos temporais e à variações locais, como as características físicas e químicas dos solos e a topografia (RIBEIRO; WALTER, 2008).

Para as formações savânicas, dominantes no Bioma Cerrado do Brasil e em diferentes áreas do planeta, existem importantes teorias desenvolvidas para esclarecer sua gênese. Dentre elas, destacam-se as teorias fundamentadas nos aspectos do clima, considerando-os como essenciais para a distribuição de savanas (WARMING; FERRI, 1973); as teorias bióticas, pelas quais a vegetação seria resultado da ação antrópica (WAIBEL, 1948; RIZZINI, 1997); as teorias pedológicas, onde características relacionadas com a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes no solo são apontadas como definidoras da instalação das savanas (RAWITSCHER et al., 1943; BEARD, 1953; ALVIM, 1954; ARENS, 1958; GOODLAND; FERRI, 1979); e ainda, as teorias combinadas, que englobam fatores bióticos e abióticos (COLE, 1960; AMARAL FILHO, 1995; OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2000).

Pesquisas relacionadas à evolução das savanas na Amazônia iniciaram-se com a Teoria dos Refúgios (HAFFER, 1969). A partir da análise de pólenes foi possível a reconstrução de cenários paleoambientais que apontaram para modificações no clima e na vegetação, ocorridas durante o Quaternário. Inferências referentes à relação das alternâncias ocorridas na vegetação, com a origem das áreas de enclave de savana foram apontadas em Ab'Saber (1982; 2004) e Haffer (1992).

Estudos baseados nas teorias climáticas incorporaram novos indicadores, como dados isotópicos e bioindicadores. Esses trabalhos têm apresentado informações importantes para a reconstrução paleoambiental da Amazônia, incluindo a cronologia de eventos ocorridos durante o Holoceno, como em Pessenda et al. (1998a, 1998b, 1998c) e Gouveia et al. (1997). Aspectos do solo e processos geológicos (neotectônica e sedimentação) foram incorporados como verificado nas

pesquisas realizadas por Bravard e Righi (1990), Meneses (2010), Campos et al. (2012), Silva et al. (2007) e Rossetti et al. (2010; 2012b).

Informações geradas pelas investigações sobre as mudanças ocorridas na vegetação da Amazônia ao longo do Quaternário, por exemplo, nos Campos de Humaitá-AM (FREITAS, 1999; GOUVEIA et al., 1997; GOUVEIA, 2001; VIDOTTO et al. 2007) e Ilha do Marajó-PA (LIMA, 2008), evidenciaram que múltiplos fatores proporcionam a formação dos contrastes vegetacionais e as diferenças na atual dinâmica desses ambientes, demonstrando que por meio de apenas um modelo não é possível reconstruir e explicar todo o cenário paleoambiental da Amazônia, levando, assim, à necessidade de pesquisas multidisciplinares em novos locais, a fim de contribuir para uma melhor compreensão da evolução desse bioma.

A Amazônia apresenta quantidades significativas de tipos de vegetação abertas (savanas amazônicas) distribuídas, principalmente, nas margens norte e sul das Bacias Sedimentares Solimões e Amazonas (MMA, 2006). No limite sul do embasamento com a Bacia Amazônica encontram-se os Setores Tabajara e Estanho (área de estudo) incluídos no maior enclave de savana em meio à floresta, instalado no interflúvio Madeira-Tapajós e que atualmente compõem o Parque Nacional Campos Amazônicos.

1.1 HIPÓTESE E OBJETIVOS

Para a investigação da pesquisa foi elencada a seguinte hipótese: o enclave de savana na Floresta Amazônica localizado nos Setores Tabajara e Estanho do Parque Nacional Campos Amazônicos (nas porções sul do estado do Amazonas e nordeste de Rondônia) é resultado não só das mudanças ocorridas no clima durante o Holoceno, mas, também, de interações com processos pedogenéticos e condições edáficas.

O objetivo geral do trabalho foi compreender a dinâmica paleoambiental do enclave de savana em meio à floresta amazônica nos Setores Tabajara e Estanho do Parque Nacional Campos Amazônicos.

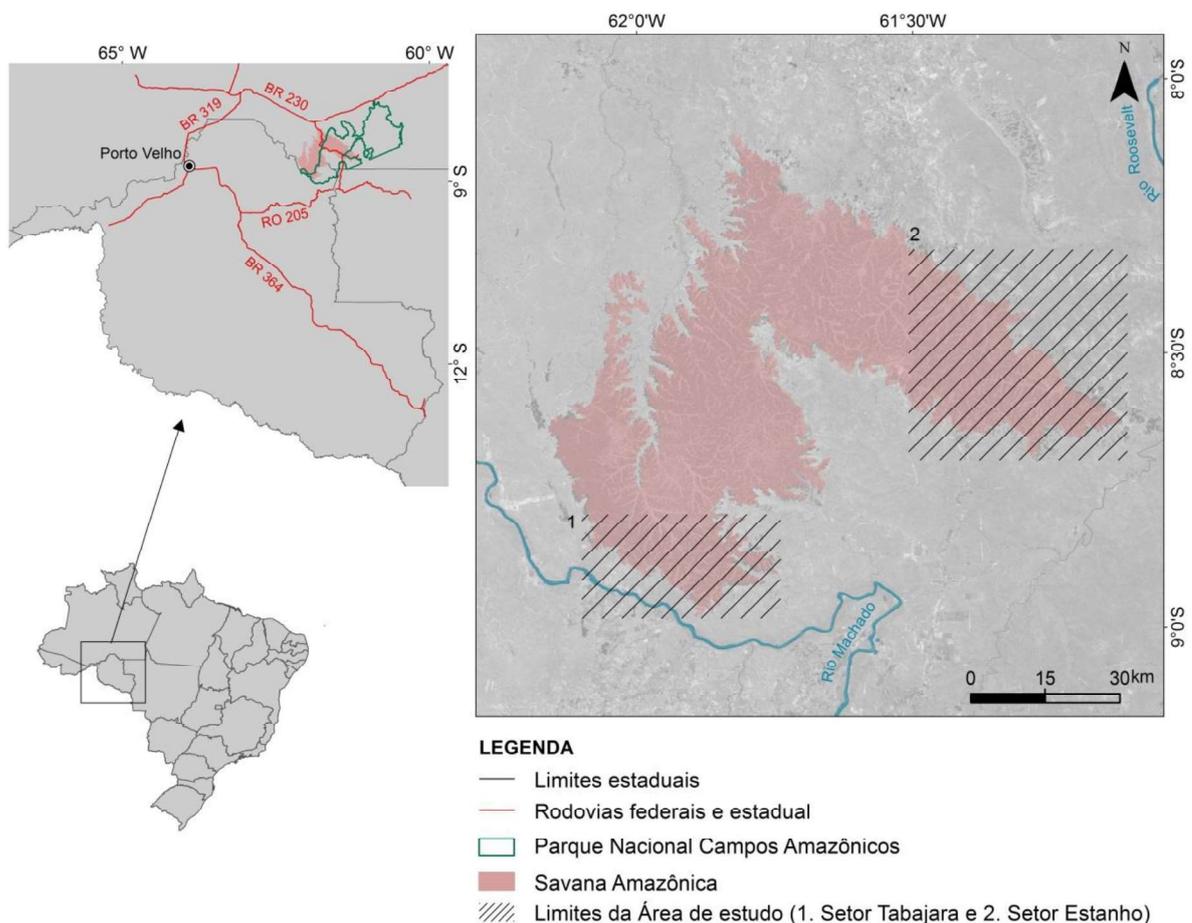
Os objetivos específicos foram:

- verificar se houve alternância de vegetação (savana-floresta);
- avaliar se existem diferenças litológicas e pedológicas no ambiente de ocorrência da savana e da floresta ombrófila adjacente;
- analisar as contribuições do clima e processos pedogenéticos para a evolução da paisagem composta por floresta, transição e savana; e

2 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO E FISIAGRÁFICO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no sul da Amazônia, inclui o Setor Tabajara ($62^{\circ} 08' 50''$ e $61^{\circ} 45' 00''$ de longitude oeste e $8^{\circ} 45' 00''$ e $9^{\circ} 00' 00''$ de latitude sul) e o Setor Estanho ($61^{\circ} 30' 00''$ e $61^{\circ} 05' 20''$ de longitude oeste e $8^{\circ} 15' 00''$ e $8^{\circ} 40' 50''$ de latitude sul), no contexto do enclave de savana no Parque Nacional Campos Amazônicos, inserido no sul do estado do Amazonas (municípios de Humaitá e Manicoré) e no município de Machadinho D'Oeste, nordeste de Rondônia (Figura 1).

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA SAVANA AMAZÔNICA DO PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS E DAS ÁREAS DE ESTUDO (SETORES TABAJARA E ESTANHO).



FONTE: IBGE (2014), SIPAM (2010), Imagem Landsat 8 - USGS (2015).

O Parque Nacional denominado Campos Amazônico foi criado por meio do Decreto em 2006 BRASIL (2006c) e possui atualmente 961.317 hectares de área. O

enclave de savana abrange 384.530 hectares de área total. Distribui-se dentro dos limites da unidade de conservação e das Terras Indígenas Tenharim Marmelos e Tenharim do Igarapé Preto.

No Setor Tabajara a área de savana chega a aproximadamente 41.600 hectares e no Setor Estanho a 85.3300 hectares.

O Parque Nacional Campos Amazônicos pode ser acessado por via terrestre a partir de Porto Velho, seguindo 380 km pela BR-319 e pela rodovia Transamazônica (BR-230), no estado do Amazonas, ou 400 km pela BR-364 e pela rodovia estadual RO-205, no estado de Rondônia, percorrendo mais 65 km em estradas não oficiais nos estados do Mato Grosso e do Amazonas.

2.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E FISIAGRÁFICO

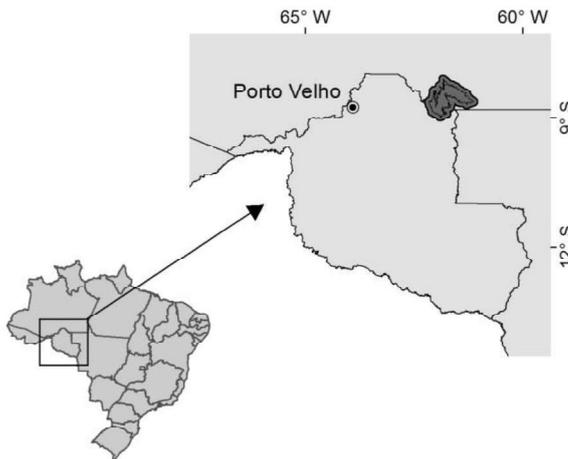
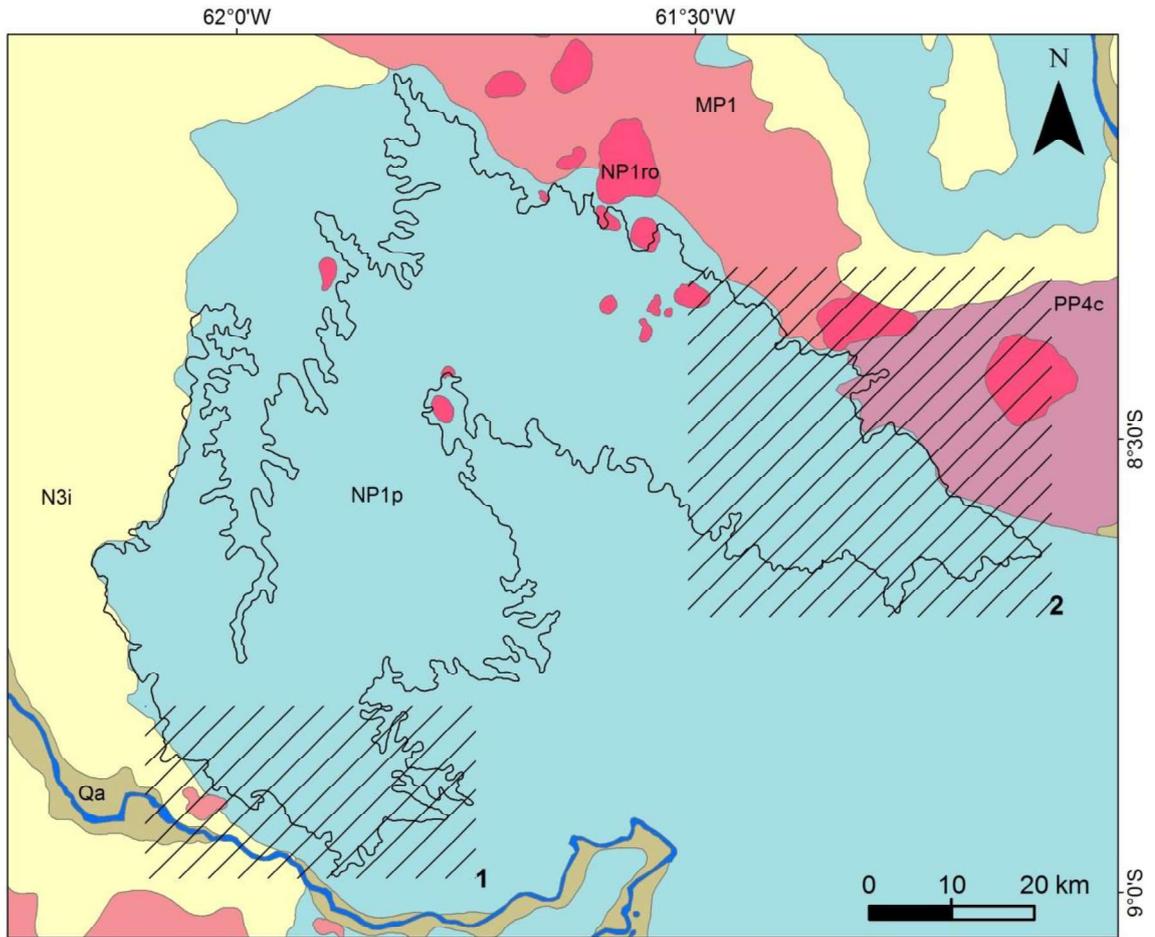
No conjunto das paisagens de exceção do Bioma Amazônia, a área de estudo compõe o bloco de enclaves de savana situado do lado direito do rio Amazonas e que em quase sua totalidade foi transformado em áreas protegidas.

Em termos geológicos, a área de estudo está posicionada no contato entre a Bacia Sedimentar Solimões e o Embasamento Cristalino Escudo Brasileiro (AB' SABER, 1970, LEAL et al., 1978; SILVA et al., 2003; SANTOS, 2003; MOHRIAK, 2003). Definidas como bacias intracratônicas, as Bacias do Solimões e do Amazonas são separadas por discordâncias bem marcadas e preenchidas por coberturas inconsolidadas, constituindo pacotes sedimentares que denotam eventual controle estrutural (PEDREIRA SILVA et al., 2003).

Os domínios geológicos que integram a área de estudo e suas respectivas unidades litoestratigráficas representam histórias geológicas que vão do Proterozoico ao Cenozoico (Figura 2).

No final do período relacionado à fase de colisão de segmentos litosféricos e agregação de extensas massas crustais houve uma generalizada reativação distensiva regional envolvendo a intrusão de corpos granitoides epizonais de características intraplacas que afloram na região (KLOOSTERMAN, 1968; QUADROS; RIZZOTTO, 2007).

FIGURA 2 - MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DE ESTUDO.



LEGENDA

- Limite da savana
- ▨ Área de estudo
1. Setor Tabajara e 2. Setor Estanho
- ⚡ Rios

Cenozoico

- Qa - Depósitos aluvionares
- N3i - Formação Içá

Proterozoico

- NP1p - Formação Palmeiral
- NP1ro - Suíte Intrusiva Rondônia (YG)
- MP1 - Suíte Intrusiva Serra da Providência
- PP4c - Grupo Colíder

FONTE: CPRM (2013).

Rochas pertencentes ao Grupo Colíder (U-Pb 1773-1786 Ma) localizam-se na porção leste do Setor Estanho exibindo litotipos predominantemente vulcânicos (riolitos, dacitos e riodacitos) com corpos subvulcânicos associados (LACERDA FILHO et al., 2001; SANTOS 2003).

Granitos deformados com idade mesoproterozoica (1606-1535 Ma U-Pb) com uma ampla variação estrutural e textural pertencentes à Suíte Intrusiva Serra da Providência (BRASIL, 2006b; QUADROS; RIZZOTTO, 2007) estão dispostos nas porções sudoeste do Setor Tabajara e nordeste do Setor Estanho (Figura 2).

Sedimentos arenosos e conglomeráticos da Formação Palmeiral (U-Pb 1030 Ma, idade máxima de sedimentação) e granitos da Suíte Intrusiva de Rondônia (U-Pb 998-974 Ma) (BRASIL, 2011; BRASIL, 2006b) encontram-se distribuídos na área de estudo.

O termo da unidade estratigráfica - Formação Palmeiral - foi utilizado com o objetivo de reunir litotipos das adjacências da Vila Palmeiral/RO, situada às margens do rio Madeira e, posteriormente, estendido por Rizzotto (2005) aos litotipos que ocorrem no extremo nordeste de Rondônia, região limítrofe com os estados do Amazonas e Mato Grosso.

Seu ambiente de sedimentação tem sido interpretado como bacia do tipo sinéclese, com deposição por sistema fluvial anastomosado proximal ou de leque fluvial (LEAL et al., 1978; BAHIA, 1997). Trata-se de sedimentos plataformais constituídos por conglomerados, quartzo arenitos e arenitos arcoseanos. Seis litofácies foram identificadas as quais compreendem conglomerado maciço ou com estratificação incipiente e arenito com: a) estratificação horizontal; b) estratificação cruzada acanalada; c) estratificação cruzada tabular; d) estratificação cruzada sigmoidal; e e) arenito maciço (BAHIA, 1997).

Completando a sequência estratigráfica têm-se as coberturas sedimentares cenozoicas na porção oeste do Setor Tabajara e nordeste do Setor Estanho, marcadas pelo contínuo processo de erosão e sedimentação (BRASIL, 2015a). No entorno da área de estudo, este domínio é representado principalmente por rochas sedimentares indiferenciadas recentes, caracterizadas como sedimentos flúvio-lacustres e aluvionares de terraços fluviais com predomínio de argilas e coberturas detritolateríticas, controladas por fatores neotectônicos como consequências da orogenia, bem como por fatores litológicos e paleoclimáticos associados aos mais diferentes ambientes deposicionais, entre eles as grandes bacias sedimentares

(BRASIL, 2006a; BRASIL, 2015b; COSTA, 1996; NASCIMENTO, 2012; QUADROS; RIZZOTTO, 2007; SOUZA FILHO, 1999).

Geomorfologicamente a área de estudo caracteriza-se como superfícies de aplainamento elaboradas durante sucessivas fases de retomada de processos de erosão. São superfícies que apresentam uma relativa estabilidade geológica com rebaixamento progressivo condicionado pelo soerguimento da Bacia dos Parecis no Terciário e, conseqüentemente, com rebaixamentos do nível de base regional (ADAMY, 2010).

Também, a referida área apresenta relevos planos e suaves ondulados com as porções de savanas revestindo a superfície topográfica mais plana. As altitudes variam de 80 a 160 metros. Altitudes superiores a 200 metros são encontradas somente em pontos onde emergem afloramentos de rochas graníticas como nas porções sudoeste do Setor Tabajara e nordeste do Setor Estanho.

A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do rio Madeira, entre a Bacia do rio Marmelos a oeste e do rio Roosevelt a leste. Na porção sul da área encontra-se o rio Machado que segue seu curso em direção geral sul-norte até a latitude 8° 57' sul, onde há um desvio brusco para oeste até seu curso desaguar no rio Madeira. O desvio do rio foi denominado por Cruz (1974) como cotovelo de captura relacionado à interferência de reativação holocênicas de estruturas antigas e soerguimentos com reajuste da drenagem.

A organização da rede de drenagem destas bacias exhibe distintas direções acompanhando os diferentes níveis altimétricos identificados na área (Figura 3).

Cotas de 70 a 90 metros são encontradas na Bacia Hidrográfica do rio Marmelos, na região composta ainda pelos rios Preto, Branco e Macacos. Instalada desde o limite oeste da formação savânica até o interior desta formação, a rede de drenagem segue predominantemente o sentido sul-norte sob altitudes inferiores a 100 metros.

Com altitudes baixas, esta porção da área de estudo exhibe drenagens que não se estabeleceram completamente, onde o escoamento superficial é parcialmente difuso, sobretudo na área de influência do rio Preto. Nesses locais, a densidade da drenagem é muito fraca e é frequente a presença de lagoas que durante o período de chuvas transbordam inundando parcialmente a área. Na floresta do limite oeste da savana, os rios Maici, Pacuí e Maicimirim conduzem a direção da drenagem da Bacia Hidrográfica do rio Marmelos de sudeste-noroeste voltada diretamente para o rio

Madeira, com altitudes de 90 a 110 metros. Nessas áreas foram mapeados diversos paleocanais, por Hayakawa (2011).

Na Bacia Hidrográfica do rio Roosevelt (porção leste da savana e seu entorno de floresta), as altitudes variam de 110 a 160 metros. De dentro da área de savana (Setor Estanho) o sentido oeste-leste da drenagem é conduzido precipuamente pelos igarapés Taboca, Preto e Boré, complementado por outros rios do entorno formado por floresta, como o rio Jaturana.

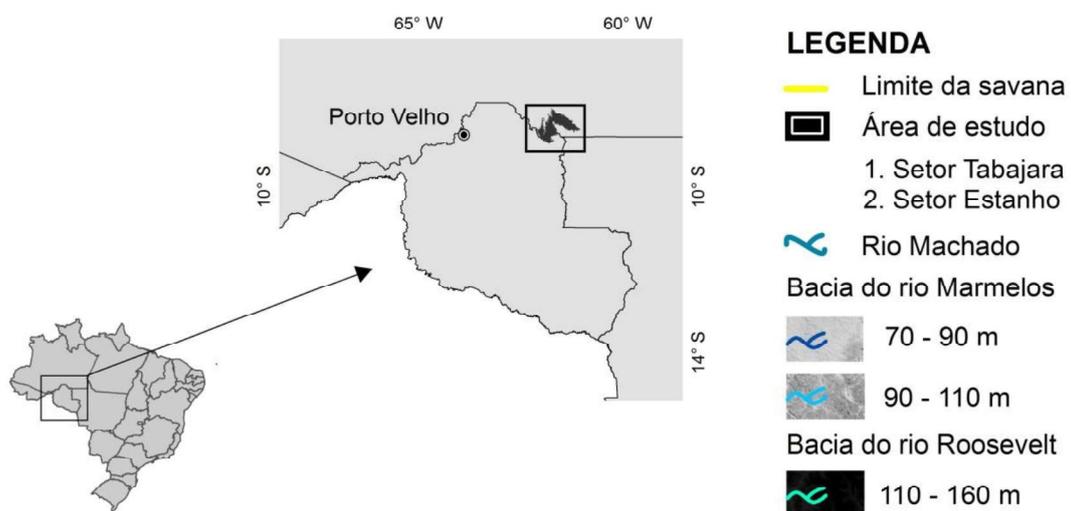
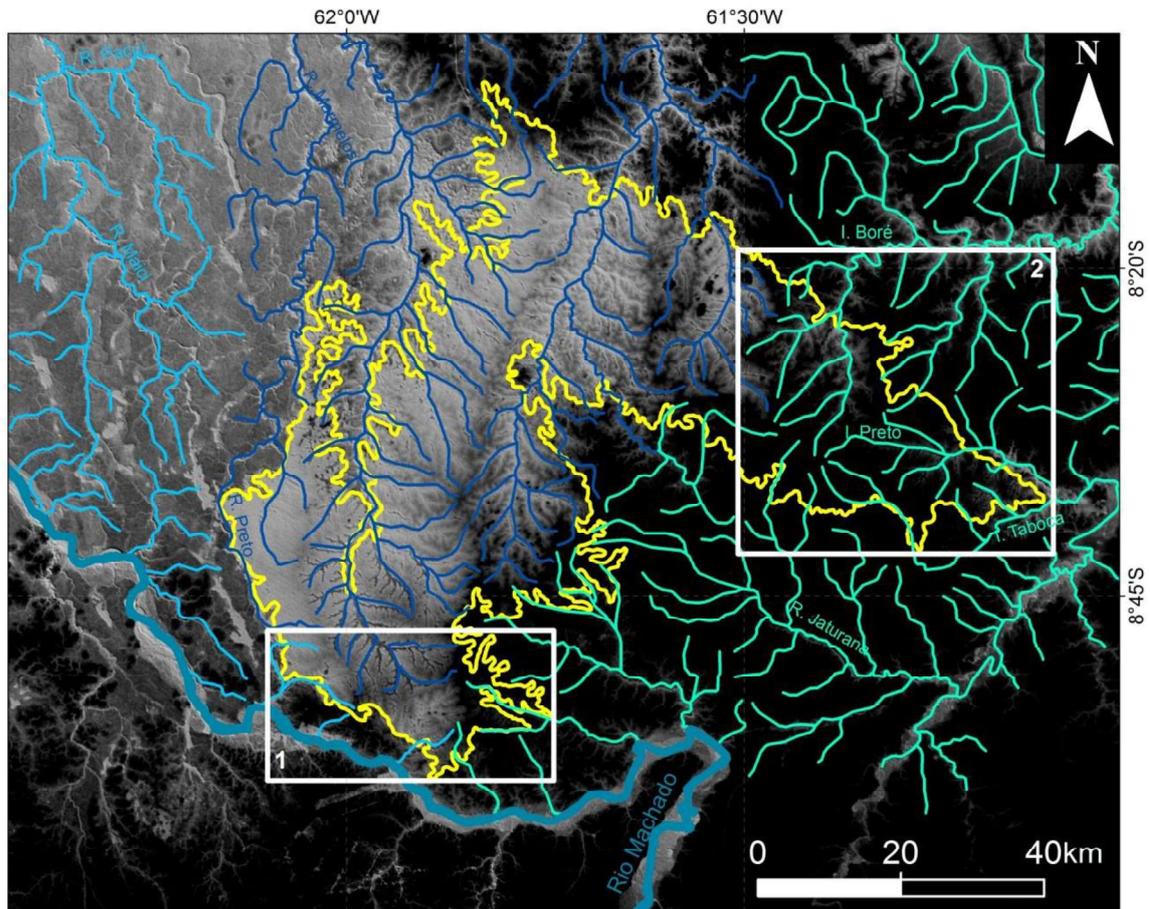
Baseado no mapeamento de Amaral Filho et al. (1978) e na atualização realizada pelo IBGE (2003), o tipo de solo predominante na área de savana é o Plintossolo. São solos que apresentam sua gênese associada às condições de excesso de umidade (alagamento ou encharcamento) ou restrição temporária à percolação d'água em ambientes imperfeitamente ou mal drenados e podem apresentar coloração variada (SANTOS et al., 2013).

O ambiente de floresta ombrófila no entorno da savana na área de estudo é constituído por diferentes classes de solos e dados da Embrapa (2011) informam que no entorno de floresta do Setor Estanho e na porção leste do Setor Tabajara predominam os Argissolos. Na porção oeste do Setor Tabajara são os Latossolos que prevalecem com presença, ainda, de Neossolos Flúvicos, Quartzarênicos e os Gleissolos, situados nas proximidades dos rios.

De acordo com avaliação realizada nos solos do município de Manicoré por Aquino et al. (2014), os Latossolos da região são provenientes da alteração dos granitos da Suíte Intrusiva Rondônia.

O clima da área de estudo é classificado por Köppen como AW – clima Tropical Chuvoso, registrando médias anuais de precipitação que vão de 2.100 a 2.600 mm/ano, com temperaturas médias entre 24 e 26 graus.

FIGURA 3 - MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO (MDE) COM A ORGANIZAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM NA ÁREA DE ESTUDO E ENTORNO.



FONTE: ANA (2010), MDE TOPODATA – INPE (2013).

O maior acúmulo de precipitação na área de estudo tem início no mês de outubro e permanece até o mês de maio (SILVA et al., 2010). Por outro lado, os deficit hídricos mais significativos foram registrados no trimestre dos meses de junho, julho e agosto, conforme se verifica no Quadro 1.

QUADRO 1 - DADOS DE CLIMATOLOGIA DO DISTRITO DE TABAJARA, MUNICÍPIO DE MACHADINHO D'OESTE/RO. SÉRIE HISTÓRICA DE 1981 - 2010.

CLIMATOLOGIA DA FAIXA NORMAL											
Precipitação Acumulada no Período (mm)											
TRIMESTRE	JAN FEV MAR	FEV MAR ABR	MAR ABR MAI	ABR MAI JUN	MAI JUN JUL	JUN JUL AGO	JUL AGO SET	AGO SET OUT	SET OUT NOV	OUT NOV DEZ	NOV DEZ JAN
Limite Superior da Faixa Normal	1016.5	868.9	693.8	395.5	191.3	125.2	219.2	399.8	566	761.8	928.6
Média	963.9	807.1	650.1	349.9	166.5	94.4	191.3	355.7	539.5	713.3	863
Limite Inferior da Faixa Normal	908.4	767.3	591.5	309.3	128.3	76.4	172.8	322.8	505.5	646.9	796.8

FONTE: INMET (2011).

A vegetação da área de estudo é composta por formações savânicas e florestais. A área de estudo comporta ainda vegetação de contato denominada de ecótono conforme IBGE (2012). Essas áreas apresentam mistura de estruturas fisionômicas, no caso da área de estudo representada pela savana e floresta ombrófila (Figura 4).

As características fitofisionômicas das formações savânicas verificadas na área de estudo são similares às descritas em Silveira (2003), variando entre gramíneo-lenhosa rala e aberta com alta penetração de luz e, de modo localizado, apresentam árvores finas e pequenas. Conforme Miranda et al. (2006), as savanas amazônicas formam “ilhas” de vegetação isoladas pela floresta amazônica caracterizando o enclave de savana.

O primeiro levantamento florístico na savana da área de estudo foi realizado por Barros-Silva et al. (1978) durante o projeto RADAMBRASIL, que evidenciou a ocorrência de *Loganiaceae Antonia ovata*, *Melastomataceae Macairea spp*, *Miconia theaezans*, *Rubacea Palicourea corymbifera* e *Malpighiaceae Byrsonima*. Descreve

ainda a presença de *Ravenala guianensis* ao longo das matas-galeria, que por vezes cedem lugar as veredas, nas quais sobressaem grupamentos de *Mauritia flexuosa* associadas à *Oenocarpus multicaulis*.

Entretanto, detalhes das fitofisionomias somente foram possíveis por intermédio do levantamento florístico realizado no Parque Nacional Campos Amazônicos por Oliveira e Sobral (2011), que registraram as seguintes variações fitofisionômicas que compõem o ambiente de savana da área de estudo:

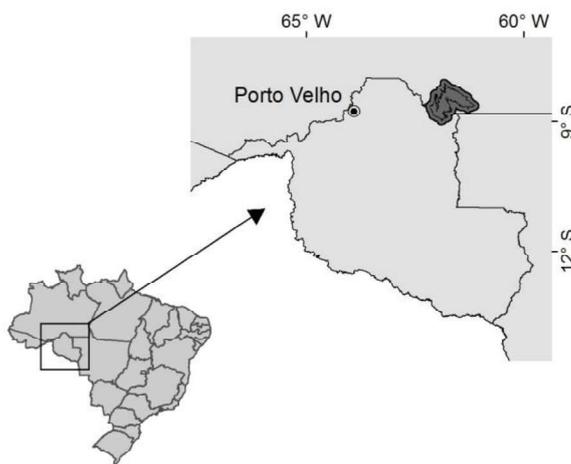
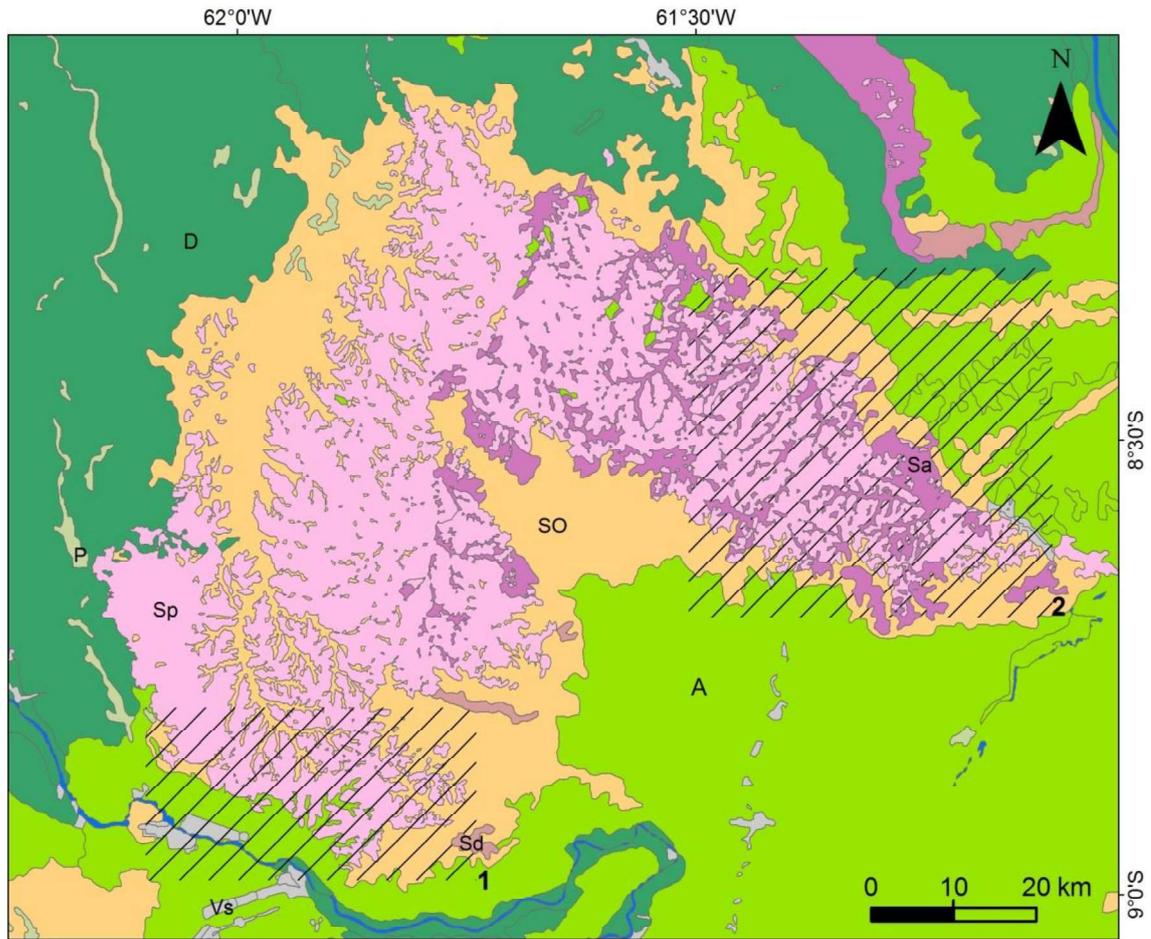
- Cerradão (Savana Florestada): apresenta fisionomia típica e característica com sinúcias lenhosas, indivíduos tortuosos com ramificações irregulares, além de arbustos perenes ou semidecíduais, de ritidoma esfoliado cortiçoso rígido ou córtex maciamente suberoso;
- Campo Cerrado (Savana Arborizada): caracterizado por apresentar fisionomia arbustiva rala com estrato graminoide contínuo e apesar de possuir uma composição florística semelhante à do Cerradão possui ecótipos (populações diferenciadas) dominantes que caracterizam os ambientes;
- Parque de Cerrado (Savana Parque): é constituído essencialmente por estrato graminoide, integrado por plantas herbáceas e entremeadas por arvoretas isoladas;
- Campo (Savana Gramíneo-Lenhosa): prevalecem gramados entremeados por plantas lenhosas raquílicas que ocupam extensas áreas dominadas por plantas herbáceas com gemas e brotos de crescimentos protegidos ao nível do solo.

Entre as espécies encontradas por Oliveira e Sobral (2011), destacam-se a *Actinocephalus sp1*, *Lagenocarpus sp1*, *Desmodium juruenense*, *Drosera sp1* e a *Selenicereus sp1*.

No entorno da savana, as formações florestais compostas por Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Aberta com presença de espécies da família *Lecythidaceae*s e árvores da espécie *Dinizia excelsa* respectivamente e ainda as Formações Pioneiras são as coberturas vegetais predominantes (OLIVEIRA E SOBRAL, 2011).

Em decorrência da inserção de pastagens e da plantação de arroz em períodos anteriores à criação do Parque Nacional Campos Amazônicos, essas áreas são consideradas como vegetação secundária. Na área de estudo, as pastagens e áreas em recomposição estão localizadas, mais precisamente, ao longo da Estrada do Estanho e das estradas que dão acesso às antigas fazendas.

FIGURA 4 - MAPA DE VEGETAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.



LEGENDA

-  Área de estudo
- 1. Setor Tabajara e 2. Setor Estanho
-  Rios
-  Sp - Savana Parque
-  Sa - Savana Arborizada
-  Sd - Savana Florestada
-  SO - Ecótono - savana e floresta ombrófila
-  P - Formações Pioneiras
-  A - Floresta Ombrófila Aberta
-  D - Floresta Ombrófila Densa
-  Vs - Vegetação secundária

FONTE: IBGE, 2006

3 REFERENCIAL TEÓRICO

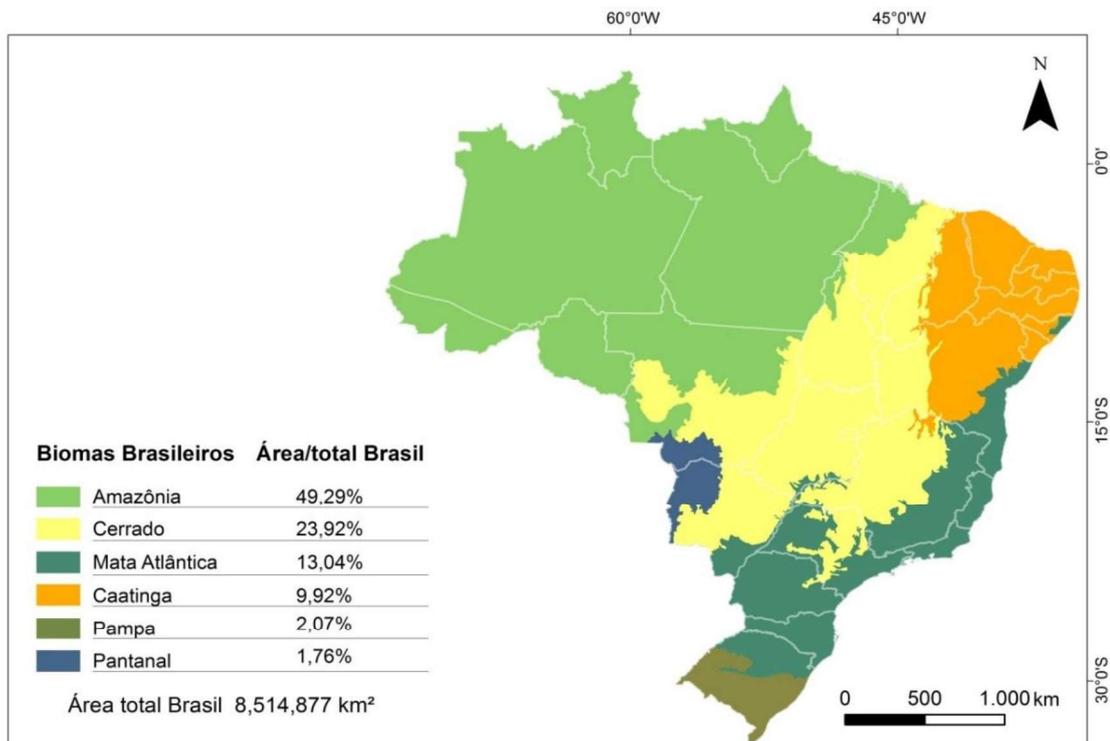
3.1 O BIOMA CERRADO E O BIOMA AMAZÔNIA

Com a exceção dos desertos, a maioria das regiões terrestres do mundo possui a vegetação como a mais clara representação física de um ecossistema. Assim, diferentes tipos de ecossistemas incluem, também, diferentes tipos de vegetação e as formas de vida e espécies dominantes (KENT, 2012).

No Brasil, um conjunto de tipos de vegetação que abrange grandes áreas contínuas, em escala regional, com flora e fauna similares, definida pelas condições físicas predominantes nas regiões, representa um bioma. Os aspectos climáticos, geográficos e litológicos, por exemplo, fazem com que um bioma seja dotado de uma diversidade biológica singular, própria (IBGE, 2004).

Partindo-se desta definição, a diversidade vegetacional brasileira é classificada em seis biomas, distribuídos espacialmente conforme demonstra a Figura 5.

FIGURA 5 - MAPA DOS BIOMAS DO BRASIL.



FONTE: IBGE (2004).

O Bioma Amazônia abrange uma área de aproximadamente 4.196.943 km² e representa 67% da área total da Floresta Amazônica na América do Sul. A outra parte da área deste Bioma está distribuída entre a Venezuela, Suriname, Guianas, Bolívia, Colômbia, Peru e Equador (IBGE, 2004).

O Cerrado é o segundo maior bioma em área correspondendo a 2.036.448 km² e está localizado essencialmente no Planalto Central (IBGE, 2004; MMA, 2006). Como área contínua, abrange os estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, além de porções dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia, Paraná e São Paulo (RIBEIRO; WALTER, 2008).

A maior parte da área do Cerrado possui solos da ordem dos Latossolos, Argilosos e Neossolos que em associação com as condições do clima favorece o estabelecimento de ampla diversidade de espécies vegetais, seja estrato gramíneo, arbustivo ou arbóreo (REATTO, 2008). Os solos são caracterizados como arenosos, altamente lixiviados, pobres em fósforo e nitrogênio, e ricos em alumínio e ferro, possuindo ainda baixa capacidade de troca catiônica. Aliado a isso, o Bioma Cerrado é constituído predominantemente por uma típica vegetação de savana com uma composição florística amplamente variável, que ocupa sua maior parte (em torno de 80% a 90%) em níveis de altitude que variam entre 300 a 1.700 metros (PINHEIRO, 2010).

Além das formações savânicas, a vegetação do Bioma Cerrado apresenta fitofisionomias que englobam as formações campestres e florestais como a Mata de Galeria, Matas Secas e Cerradão, sendo encontradas mais de seis mil espécies de fanerógamas reportadas ao cerrado do Brasil Central (RIBEIRO; WALTER, 2008; WALTER et al., 2008; MIRANDA et al., 2006).

A área *core* do cerrado brasileiro instalou-se há muito tempo em espaços contínuos de climas quentes, úmidos e subúmidos, com três a cinco meses secos por ano e temperaturas médias entre 20 e 26°C (WALTER et al., 2008; MMA, 2006; AB´SABER, 2003).

A origem das formações savânicas no Brasil e em diferentes áreas do planeta é sustentada por quatro teorias, a citar:

- a)** as teorias climáticas, segundo as quais a vegetação seria resultado do clima, principalmente em função da limitação sazonal hídrica no período seco, como em Warming e Ferri (1973);
- b)** as teorias bióticas, pelas quais a vegetação seria resultado da ação antrópica, principalmente pelo uso do fogo, pastejo excessivo, ou ainda, por atividade de outros agentes, propostas por Waibel (1948) e Rizzini (1997);
- c)** as teorias pedológicas, nas quais a vegetação seria dependente de aspectos edáficos e geológicos como deficiências minerais (oligotrofismo), saturação por elementos como alumínio, diferenças de drenagem e profundidade dos solos, em Rawitscher et al. (1943), Beard (1953), Alvim (1954), Arens (1958) e Goodland e Ferri (1979); e
- d)** as teorias combinadas, que englobam os fatores bióticos e abióticos tratados nas teorias anteriores considerando, ainda, a dinâmica da vegetação, aspectos climáticos e de gênese evolutiva destacada nos estudos de Cole (1960), Amaral Filho (1995) e Oliveira-Filho e Ratter (2000).

O Bioma Amazônia é alicerçado pelas angiospermas (plantas superiores), consideradas o fundamento botânico da floresta pluvial. Essas plantas trouxeram uma nova natureza botânica e também proporcionaram milhões de nichos provocando um aumento na diversidade e no aparecimento de interações altamente específicas desenvolvendo-se, essencialmente, sob Argissolos e Latossolos, mas também, sob outras classes de solos com menor ocorrência (GOULDING, 1997; SANTOS et al., 2013).

Desta forma, a área nuclear da Amazônia opõe-se ao domínio das vegetações do cerrado (Brasil Central), porém, ao mesmo tempo em que entram em coalescência, separam-se por faixas de transição (AB' SABER, 1966).

A presença de áreas de cerrados, campinas, campinaranas, campos submersíveis e refúgios ecológicos situadas nos domínios da Floresta Amazônica são citados em Ab'Saber (2003) como exemplos de contato entre os biomas, pois são espaços que permitem diferentes associações de vegetações, apresentando-se como mosaicos de ecossistemas. Os estados do Mato Grosso, Rondônia, Tocantins, Pará e Maranhão, por localizarem-se nas regiões de transição entre o Bioma Cerrado e o Bioma Amazônia, além de comportarem a vegetação *core* de seus respectivos biomas, abrigam áreas de tensão ecológica. Entretanto, nas florestas dos estados do

Amazonas, Amapá, Pará, Roraima e Rondônia existem ambientes com vegetações isoladas similares àquelas do Cerrado.

O entendimento da origem das formações savânicas na região Amazônica ainda encontra-se em desenvolvimento, muito embora, a hipótese de que o crescimento e a expansão da floresta, assim como o isolamento das savanas, são resultados de múltiplas expansões laterais da vegetação influenciadas pelas mudanças ocorridas no clima as quais são consideradas como uma importante teoria por autores como Haffer (1969), Ab'Saber (1978) e Pessenda (1998).

3.2 O ATUAL MOSAICO DE FITOFISIONOMIAS NA AMAZÔNIA E AS CONTRIBUIÇÕES DOS ASPECTOS DO MEIO FÍSICO PARA O ENTENDIMENTO DA DINÂMICA PALOAMBIENTAL NA REGIÃO

A Amazônia concentra quantidades significativas de tipos de vegetações com fitofisionomias contrastantes, principalmente em direção às suas porções sul e leste. Esses ambientes configuram-se como paisagens de exceção na Amazônia em contraste com a floresta ombrófila adjacente (LLOYD et al., 2009; AB'SABER, 2010).

Entre os principais tipos fitofisionômicos do Bioma Amazônia estão: Vegetação Nativa Florestal, Vegetação Nativa Não-Florestal (Formações Pioneiras, Refúgios Ecológicos, Campinaranas Arbustiva e Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque e Gramíneo-Lenhosa, Savana Estépica Parque e Gramíneo-Lenhosa, Áreas de Tensão Ecológicas) e Áreas Antrópicas ou Vegetação Secundária (IBGE, 2004).

A vegetação nativa florestal representa 63,33% da área total do bioma, onde predomina a Floresta Ombrófila do tipo densa, correspondendo a 41,67% do bioma. As classes de não floresta representam 21,22% e correspondem a uma área superior a 900.000 km². Os demais espaços são constituídos por áreas antropizadas, afloramentos rochosos e por rios e lagos (Quadro 2).

Áreas de tensão ecológica ou ecótonos são espaços de transições entre comunidades ecológicas e representam áreas de contato entre diferentes tipologias, ou ainda, como respostas das comunidades vegetais. Sua ocorrência pode-se dar em múltiplas escalas espaciais, que vão desde as transições entre biomas até transições de pequena escala locais (HANSEN; DI CASTRI, 1992; CARNEIRO FILHO, 1993; MCARTHUR; SANDERSON, 1999; KARK; RENSBURG, 2006; DANZ et al., 2012).

Esses ambientes registram o aumento da riqueza e abundância, inclusive a ocorrência de espécies ecotonais únicas (ODUM, 1953).

QUADRO 2 - DIFERENTES FITOFISIONOMIAS DISTRIBUÍDAS NAS REGIÕES FITOECOLÓGICAS DO BIOMA AMAZÔNIA.

Região Fitoecológica	Área (km²)	%
Floresta Ombrófila Densa	1.762.700,46	41,67
Floresta Ombrófila Aberta	884.680,70	20,91
Floresta Estacional Semidecidual	30.853,31	0,73
Floresta Estacional Decidual	877,47	0,02
Campinarana	113.971,44	2,69
Savana	105.730,83	2,50
Savana-Estépica	7.639,01	0,18
Áreas de Formações Pioneiras	74.177,95	1,75
Áreas de Tensão Ecológica	610.354,59	14,43
Refúgios Vegetacionais	4.242,29	0,10
Áreas Antrópicas	527.490,84	12,47
Tipos de terreno (afloramentos rochosos)	2,35	0,00
Água	107.787,52	2,55
Total	4.230.490,77	100,00

FONTE: Adaptado de IBGE (2004) e MMA (2006).

Na Amazônia, áreas onde os ambientes ocupados por florestas mudam de forma gradual ou abrupta para savanas são denominadas de ecótonos ou enclaves, e suas diferentes fisionomias recebem nomes variados regional e localmente. Estas fitofisionomias cobrem extensas áreas em padrões de distribuição tanto do tipo ilhas isoladas, como de maneira contínua (CARNEIRO FILHO, 1993).

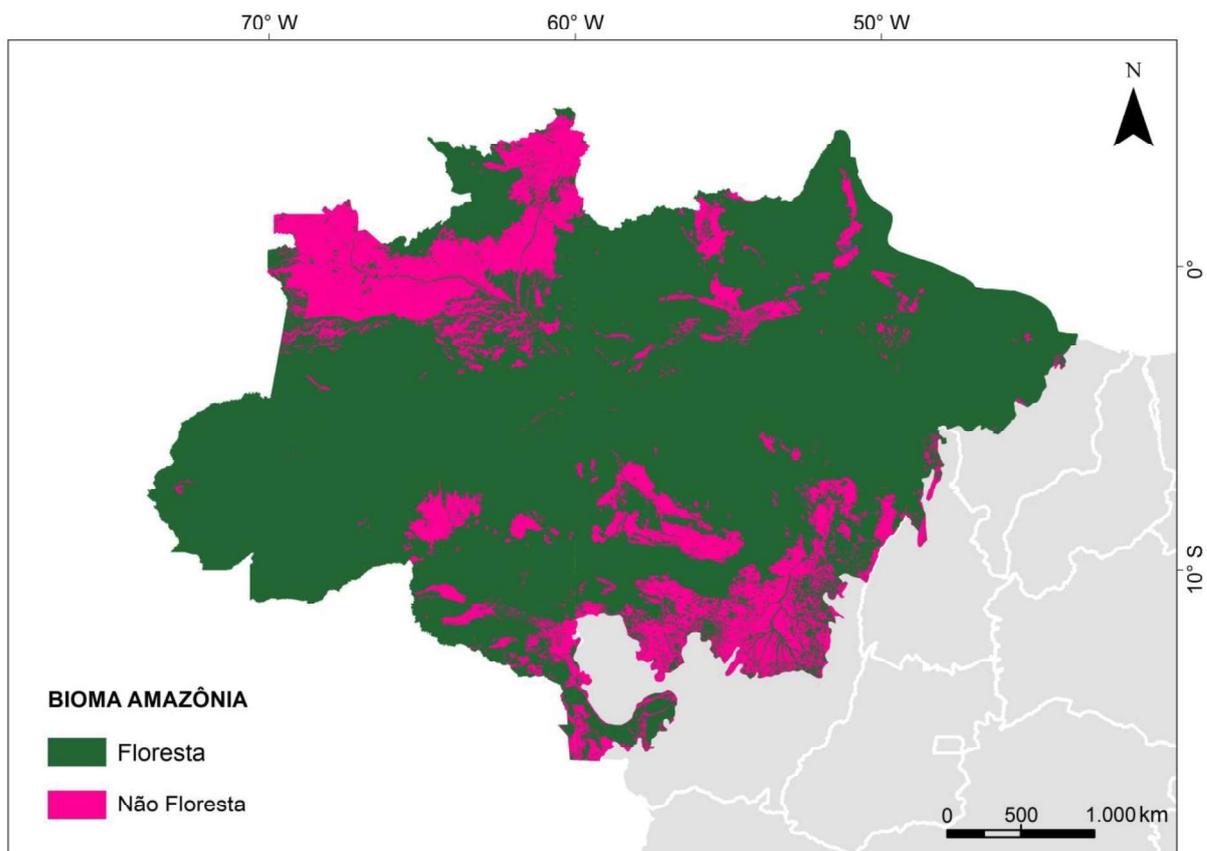
A distribuição das vegetações não florestais estabelecidas em meio à matriz de floresta formam o retrato fitofisionômico do Bioma Amazônia conforme representado na Figura 6.

Na tentativa de entender a grande diversidade instalada no domínio de floresta tropical típica da Amazônia, várias teorias foram desenvolvidas e ainda provocam discussões (MENESES; COSTA, 1992).

Entre os aspectos ambientais considerados como preponderantes nas mudanças ocorridas na vegetação destaca-se o clima. Este elemento ganha evidência na Amazônia através das pesquisas desenvolvidas por Haffer (1969) que ao estudar a ocorrência de aves na Amazônia idealizou a Teoria dos Refúgios Florestais,

amparada principalmente nas flutuações climáticas ocorridas no passado influenciadas pelos ciclos de Milankovitch. De acordo com essa teoria, a Amazônia era dominada por savanas com ilhas de florestas úmidas durante as glaciações do Pleistoceno. Posteriormente, com o retorno da umidade no Holoceno, as ilhas de floresta teriam novamente se expandido proporcionando o isolamento das savanas e a ampliação da floresta na região.

FIGURA 6 - DISTRIBUIÇÃO DAS VEGETAÇÕES FLORESTAIS E NÃO FLORESTAIS EXISTENTES NO BIOMA AMAZÔNIA.



FONTE: MMA (2006).

Com relação às comunidades de plantas, elas não se comportam como um conjunto aleatório, pois sua composição é dependente de uma série de fatores, tanto bióticos quanto abióticos. Assim, as espécies de plantas agrupam-se por gradientes ambientais e/ou de recursos e estão sempre tentando expandir sua distribuição espacial, uma vez que melhora a sua chance de sobrevivência a longo prazo. Novos habitats adequados ao estabelecimento podem aparecer por meio de mudanças ocorridas em diferentes aspectos ambientais como clima, geologia e solos (KENT, 2012; ELLENBERG, 1988; HODGSON et al., 1995; PIDWIRNY, 2006).

Outras teorias que englobam aspectos geomorfológicos, características dos solos, processos de sedimentação e influência de eventos tectônicos vêm sendo desenvolvidas para explicar a evolução da paisagem na Amazônia e a origem de ecótonos e enclaves na região, e novos modelos são avaliados (IRION, 1984; ROSSETTI et al., 2006, 2011, 2012a, 2012b), entretanto, ainda aliadas aos aspectos paleoclimáticos (CARNEIRO-FILHO, 1993; PESSEDA et al., 2001; VIDOTTO et al., 2007; AB'SABER, 2004; MENESES 2010).

Em Cole (1996) são listados os principais fatores que determinam as savanas tropicais e entre eles estão o clima, o solo, a hidrologia, a geomorfologia, o fogo e o pastejo, mas, para o autor, o clima e o solo exerceriam os efeitos mais significativos na fisionomia e na distribuição das savanas. Não obstante, os modelos desenvolvidos para explicar as savanas na Amazônia, considerando as condições físicas do ambiente, revelaram grande contribuição por parte dos processos geológicos para a existência dos enclaves de savana na região.

A seguir são apresentados os fatores mais expressivos que condicionam as savanas na Amazônia (clima, sedimentação e tectônica e solos) e que fundamentaram os estudos realizados na região, trazendo, ainda, os principais autores de cada modelo proposto.

3.2.1 Clima

O clima como agente controlador na evolução da vegetação durante o Holoceno foi o primeiro fator envolvido nos modelos e teorias propostos com o objetivo de explicar a distribuição biogeográfica e a diversidade de tipos fitofisionômicos na Amazônia.

As condições climáticas, tanto globais como regionais, são determinadas especialmente pela disponibilidade de energia solar e qualquer alteração neste processo poderá resultar em modificação do clima. Desta maneira, nosso clima está sempre em processo evolutivo, passando por sucessivas fases, mesmo quando situações de equilíbrio dinâmico de duração limitada são estabelecidas (SALATI et al., 1978).

A Amazônia situa-se na região equatorial, entre 5°N e 10°S, condicionando-a a um clima quente e úmido muito embora os dados demonstrem que este

comportamento não tenha sido uma constância durante os últimos 15.000 anos (FISCH et al., 2015).

Para Van Der Hammem (1974) e Carneiro Filho (1993), a compreensão das mudanças ocorridas no clima e na vegetação no passado é considerada de grande importância para explicar os padrões de especiação e a recente distribuição de taxa de plantas e animais.

As áreas geográficas de organismos vegetais podem expandir e contrair e até mudar continuamente com o passar do tempo. Essas alterações são o resultado de dois processos contrastantes: a criação e a extinção, bem como o estabelecimento de uma espécie que ocorre quando os indivíduos colonizam novas áreas e são capazes de manter populações reprodutivamente viáveis, pois, nenhuma espécie está adaptada para sobreviver sob todas as condições encontradas na Terra. Cada uma tem limites específicos de tolerância a fatores físicos que afetam diretamente a sua sobrevivência ou sucesso reprodutivo (PIDWIRNY, 2006).

As comunidades de plantas são dinâmicas por natureza em todas as partes do mundo, e com a sazonalidade do clima (as estações) mudam tanto em termos de presença de espécies quanto em sua abundância relativa. Durante longos períodos de tempo, a composição da comunidade muda muitas vezes de acordo com os princípios da sucessão e do clímax (KENT, 2012).

A existência das flutuações no clima e na vegetação na Amazônia durante o Quaternário tem sido muito discutida, principalmente a partir dos dados palinológicos que demonstraram que as mudanças na flora estavam ligadas às condições climáticas (ABSY, 1985).

Desde o início do Quaternário, entre 1.6 – 2 M.a. (datação de potássio-argônio e paleomagnetismo), toda a flora moderna já existia. Os megafósseis de plantas, os grãos de pólen, os esporos de pteridófitas, os foraminíferos e as diatomáceas, achados em sedimentos quaternários são os mesmos dos atuais e podem ser relacionados com gêneros modernos. Desta forma, é possível reconstruir os ecossistemas, estudar a sucessão de vegetação de uma região e observar o seu comportamento frente às mudanças e oscilações climáticas (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

Após o soerguimento dos Andes alternaram-se quadros de distribuição de solos e flora, em períodos relativamente curtos de tempo geológico, baseados nas bruscas mudanças climáticas. Sucederam-se distribuições complexas de coberturas

vegetais, diretamente associadas às condições ambientais úmidas e quentes, nas fases interglaciais, e mais secas e relativamente frias, nas fases glaciais. Assim, o crescimento dessa floresta processou-se por múltiplas expansões laterais e com a generalização dos climas tropicais úmidos configurou-se como um gigantesco domínio de terras baixas florestadas com pequenas áreas de redutos. Em seus estudos sobre paleoambientes na Amazônia, Ab'Saber (1977; 2004; 2010) descreve que no Pleistoceno Terminal, a sazonalidade tornou-se muito radical.

Mudanças ocorridas durante longos intervalos no Quaternário são admitidas em todas as latitudes. Porém, observa-se a ocorrência de pequenas, mas significativas flutuações sobrepostas a estas, acontecendo em períodos mais curtos (KENT, 2012).

Informações sobre os paleoclimas desenvolvidas pelo CLIMAP Project Members em 1976 foram apresentadas por Suguio (2010). Elas demonstram que entre 18.000 AP até o presente houve uma diferenciação nas temperaturas chegando a registrar valores de até 6°C menores em comparação com as temperaturas atuais na região Amazônica.

O desenvolvimento dos trabalhos de reconstrução do paleoambiente na Amazônia tem como marco principal os estudos realizados por Haffer (1969), que a partir de observações biológicas de aves na região Amazônica deduziu que várias vezes durante o Quaternário a floresta úmida teria sido reduzida a manchas conservadas em locais de maior umidade, as quais seriam consideradas como refúgios separados entre si por formações abertas. Segundo Hooghiemstra e Van der Hammen (1998), esta teoria foi desenvolvida em um período que não havia dados palinológicos da região.

Enquanto Haffer verificava a ocorrência de flutuações baseadas nos padrões de distribuição das aves, outros dois autores chegavam à conclusão similar, Vanzolini (1970) analisando dois gêneros de lagartos e Brown Jr. (1977) com estudos biogeográficos na Amazônia.

A Teoria dos Refúgios como proposta por Haffer (1969) corroborada por posteriores contribuições de Vanzolini e Williams (1970), Ab'Saber (1977), Brown e Ab'Saber (1979), postula a persistência de extensas manchas de floresta tropicais úmidas nas partes das terras baixas amazônicas onde havia condições para maiores índices de chuva durante as fases geralmente secas do Cenozoico.

Para Haffer (1992), o fundamental ao modelo dos refúgios não é somente a existência de fragmentação da floresta pluvial amazônica em certo número de blocos de florestas úmidas durante o pico de várias fases climáticas, mas que os refúgios de florestas úmidas são admitidos como tendo sido separados por vários tipos de savana, floresta seca, floresta de lianas e outros tipos intermediários de vegetação de climas sazonalmente secos os quais podem ter funcionado como efetivas barreiras.

Van Der Hammen (1974); Absy et al. (1991); Van Der Hammen e Absy (1994) e Van Der Hammen e Hooghiemstra (2000), inicialmente apoiados na Teoria dos Refúgios Florestais, ao estudarem as modificações ambientais ocorridas na Amazônia ao longo do Quaternário também concluíram que houve mudanças na temperatura, variando de 2° a 6° C mais baixo que a atual.

Com informações obtidas principalmente a partir dos dados palinológicos de diferentes lugares da Amazônia, Van Der Hammen e Absy (1994); Van Der Hammen e Hooghiemstra (2000) verificaram que as oscilações na precipitação resultaram em frequentes inundações dos rios nos períodos mais úmidos, alternados por períodos mais secos sem inundações. Afirmaram, ainda, que não restam dúvidas da relação dinâmica entre as mudanças no clima e a vegetação durante o Quaternário e que com a diminuição da temperatura e/ou da precipitação a floresta foi substituída por savanas em algumas áreas durante os intervalos climáticos.

Hooghiemstra e Van der Hammen (1998) analisando as hipóteses da Teoria dos Refúgios e também a teoria de um cenário na Amazônia sem este modelo, concluíram que os dados palinológicos, além de contribuírem com evidências das mudanças ocorridas no clima, revelaram potenciais cenários de refúgios florestais. Para a compreensão da história da floresta na Bacia Amazônica, os autores consideram aspectos como a migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os ciclos de precessão orbital e as formas da encosta oriental do Andes.

No processo de reconstrução da paleovegetação na Amazônia, Pessenda et al. (1998a, 1988c, 2001 e 2005); Freitas (1999 e 2001) e Vidotto et al. (2003 e 2007) demonstram que os mosaicos de fitofisionomias existentes na região são reflexos da alternância de episódios paleoambientais secos e úmidos que afetaram a Amazônia no Holoceno.

Apesar da Teoria dos Refúgios ser a mais difundida entre as pesquisas realizadas sobre a dinâmica da vegetação durante o Quaternário e o atual mosaico fitofisionômico estabelecido na Amazônia, ela é, igualmente, contraposta por autores

como Colinvaux (1996) e Bush et al. (2004) que sugerem em seus estudos a estabilidade e a continuidade da floresta tropical durante o Quaternário (MENESES; COSTA, 2012).

Todavia, para Haffer e Prance (2002), o modelo dos refúgios florestais permanece como uma hipótese de trabalho viável para a Amazônia (e para outras regiões tropicais do planeta) até que uma quantidade representativa de dados palinológicos, geológicos e geomorfológicos estejam disponíveis, em particular das regiões de terra firme da Amazônia Central e a certa distância da foz dos grandes rios.

As características do clima quente e úmido referentes à temperatura e umidade relativa estão condicionadas à precipitação, este é um dos elementos climáticos mais importantes a ser analisado na região tropical, pois além de induzir as características e o comportamento dos outros elementos, tais como umidade relativa, a temperatura e o vento, a sua distribuição temporal condiciona o clima regional (FISCH et al., 1998; PILLAR, 1995).

Ao analisar os aspectos do clima como fatores que delimitam áreas com ocorrências de floresta e de savanas na atual configuração vegetacional da Amazônia, Lloyd et al. (2009) consideraram a precipitação e sua sazonalidade como os elementos mais significativos.

Em Carneiro Filho (1993), o autor lista dezenas de espécies similares entre os biomas Amazônia e Cerrado e em concordância com as hipóteses da Teoria dos Refúgios avalia que as áreas conceituadas por ele como cerrados amazônicos podem ser relictos originados durante as flutuações climáticas, e a acentuada similaridade florísticas desses cerrados pode ser interpretada como isolamento recente, não permitindo, ainda, a formação de comunidades mais diversificadas.

Porém, como mencionado, os padrões regionais de precipitação dependem grandemente dos balanços hídricos e da energia à superfície, impulsionados pelos ciclos sazonais e diurnos de energia solar que, por sua vez, modulam a reciclagem de precipitação que responde por aproximadamente 25 – 30% da precipitação na Amazônia (NOBRE et al., 2009; ELTAHIR; BRAS, 1996).

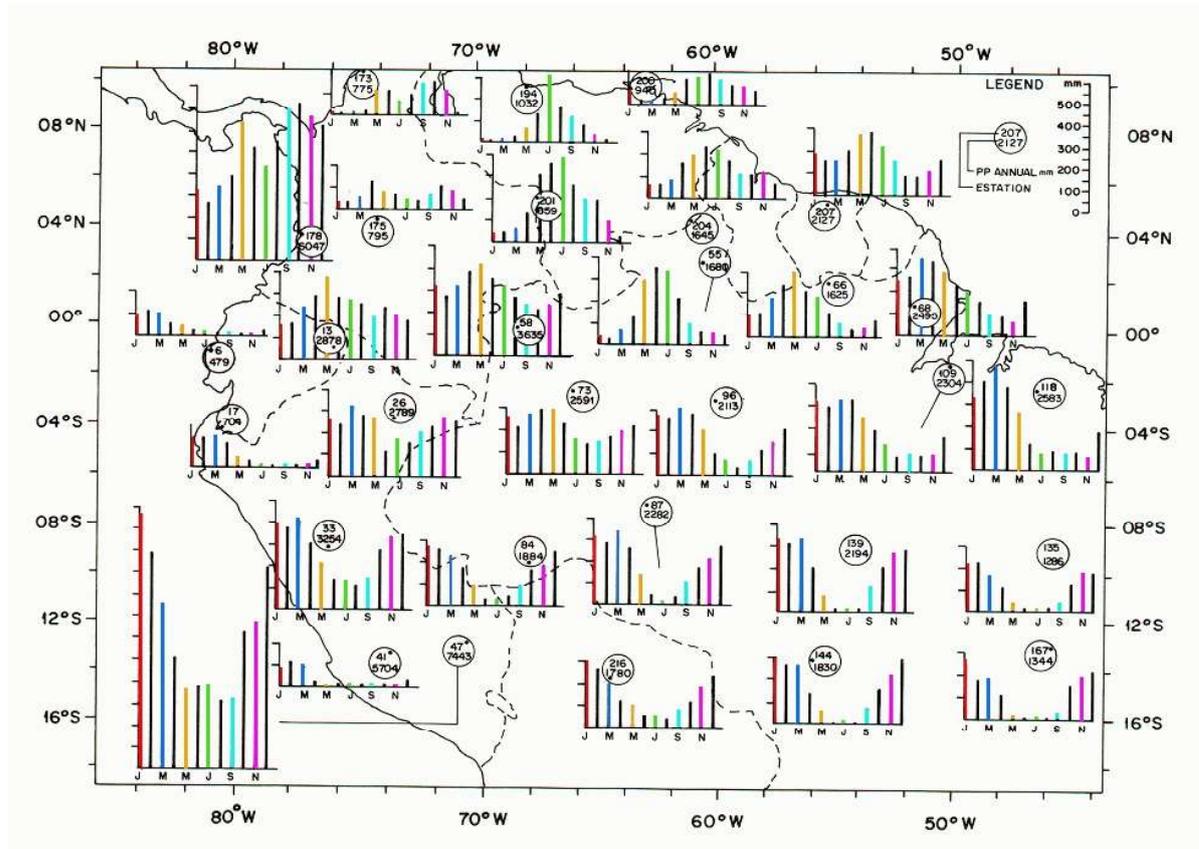
Atualmente, a forte sazonalidade da precipitação e a transição relativamente rápida entre as estações úmida e seca na Amazônia estão associadas ao início da estação chuvosa e relacionadas ao estabelecimento do Sistema de Monção da América do Sul (SMAS). Na parte norte da bacia, a distribuição da precipitação sazonal mostra uma heterogeneidade significativa (NOBRE et al., 2009).

Os diferentes regimes de chuvas na região são determinados pela interação da Zona de Convergência Intertropical, pela massa de ar Equatorial do Atlântico no leste da região e pela presença da massa de ar Equatorial Continental na região mais ocidental (VAN DER HAMMEN, 1991). A precipitação média é de aproximadamente 2300 mm/ano, com período de chuvas ou forte atividade convectiva concentrados entre novembro e março e o período de seca (sem grande atividade convectiva) entre os meses de maio e setembro. Na bacia central o regime de chuva é determinado pela expansão da massa de ar Continental no verão e sua contração no inverno (SALATI; VOSE, 1984; NOBRE et al., 2009).

Conforme a Figura 7, existem variações significativas entre os períodos da chuva e da estiagem. Na fronteira entre Brasil, Colômbia e Venezuela e na região costeira (no litoral do Pará ao Amapá) onde a precipitação é alta o ano inteiro, não se apresenta período de seca definido (FISCH et al., 1998). Nas porções central e sul da Amazônia Brasileira, apesar da similaridade entre os meses de menor precipitação (junho a setembro), pontualmente ocorrem pequenas variações.

De acordo com Nobre et al. (2009), pequenas mudanças na precipitação da Bacia Amazônica têm consequências imediatas na sobrevivência das florestas, assim, as diferenças no comportamento da precipitação relacionadas aos meses e às áreas geográficas conforme demonstrada na Figura 7, permite vislumbrar a possibilidade da existência de distintos paleoambientes desenvolvendo-se ao mesmo tempo sobre um único clima, porém com condições climáticas semelhantes ao longo da evolução da paisagem Amazônica no Quaternário.

FIGURA 7 - DADOS DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA DO PERÍODO DE JANEIRO A DEZEMBRO DA REGIÃO AMAZÔNICA. PERÍODO PREDOMINANTE DAS SÉRIES ENCONTRAM-SE ENTRE 20 E 10 ANOS.



FONTE: Figueroa e Nobre (1990).

3.2.2 Sedimentação e tectônica

O estabelecimento dos primeiros materiais sedimentares depositados na Amazônia tem sua origem a partir de fatores geodinâmicos internos, iniciados antes do choque das placas de massas antagônicas e o desnível dos escudos das Guianas e Brasileiro (ALMEIDA; SOURDAT, 1983).

Durante o Eoceno se inicia a elevação da Cordilheira dos Andes e o episódio de manifestação extensional relacionado a este evento corresponde à instalação de uma bacia assimétrica e alongada de direção NW-SE, onde se depositaram sedimentos que testemunham um ciclo transgressivo-regressivo. Inicia-se continuamente e de forma alternada o preenchimento com sedimentos continentais, marinhos e lacustres. A Cordilheira se instala definitivamente em seu local, acompanhada por fraturas, subsidência e atividades vulcânicas (ALMEIDA; SOURDAT, 1983; FERNÁNDEZ et al., 1999; MESCUA et al., 2013).

Eventos geodinâmicos internos marcaram algumas características da atual Amazônia e o seu entendimento traz evidências sobre a presença de sedimentos de ambientes marinhos (origem pacífico) e continentais (escudos das Guianas e Brasileiro) que foram posteriormente retrabalhados por fenômenos resultantes dos efeitos da instabilidade tectônica, climática e glácio-eustática (ALMEIDA; SOURDAT, 1983; HOOGHIEMSTRA; VAND DER HAMMEN, 1998).

A Bacia do Amazonas é uma bacia sedimentar intracratônica (SCHOBENHAUS et al., 2003), instalada no Cráton Amazônico, entre duas plataformas cristalinas, e marcada por duas paisagens contrastantes. A área central é caracterizada por extensa planície coberta depósitos sedimentares erodidos ao longo de diversos ciclos, principalmente dos Andes, formando um pacote que pode chegar a mais de 1000 metros de espessura. Nos limites norte, sul e oeste encontram-se, respectivamente, os escudos das Guianas, o Brasileiro, e a Cordilheira do Andes, com altitudes variando de 3.000 até 7.000 metros (HERRERA et al., 1978; MARTINELLI, 1986; IRION et al., 1994).

O embasamento é composto basicamente por rochas ígneas, metamórficas e vulcano-sedimentares que correspondem às rochas mais antigas do Cráton Amazônico (PEDREIRA SILVA et al., 2003; TASSINARI; MACAMBIRA, 1999; HAYAKAWA, 2011).

Trabalhos desenvolvidos nos depósitos Cretáceos e Miocenos, além de outros depósitos quaternários na Bacia Amazônica, como em Frailey et al. (1988); Irion (1984); Irion et al. (1994); Tuomisto et al. (1992); Sombroek (2000); Hoorn e Vonhof (2006); Hoorn (2010), demonstraram a possível ocorrência de incursões marinhas, a provável instalação de um grande lago, ou ainda, diversos lagos e outros múltiplos eventos que se deram alternadamente ao longo de todo o Cenozoico.

Parte da história do Quaternário da Amazônia caracterizada por eventos de deposição de sedimentos de proveniência Andina e também pela influência de mudanças no nível do mar é descrita em Irion (1984) e Irion et al. (1994).

Irion et al. (1994) consideraram e analisaram a presença de lagos ao longo do rio Amazonas durante a elevação do nível do mar iniciada a cerca de 15.000 anos AP e concluíram que como consequência da subida do lençol freático, o vale do rio Amazonas ao longo de aproximadamente 1.500 km de distância da foz foi inundado, assim como seus afluentes. Durante a baixa do nível do mar, a erosão nas áreas de drenagem foi maior e os níveis de água do sistema foram reduzidos. Afirmaram,

também, que grande parte da Amazônia não foi afetada pela elevação do nível do mar e essas áreas foram denominadas pelo autor como áreas de Terra-Firme do Quaternário.

Por outro lado, a ideia de que no Cenozoico a atual Bacia Amazônica era um único ambiente de deposição lacustre foi sugerida por Frailey et al. (1988). A partir da interpretação dos dados dos sedimentos da Formação Solimões, suas pesquisas indicaram que neste ambiente formou-se o Lago Amazonas e que após fases de tectonismo, com a inclinação da bacia para o leste, este grande lago entrou em colapso até o seu rompimento. Os autores associam, ainda, a sedimentação na Amazônia com o tectonismo Andino e ajustes isostáticos.

Ao relacionar a Teoria dos Refúgios com as evidências geológicas da presença de lagos, Frailey (1988) sugeriu que gramíneas podem ter se instalado na oscilação do nível do Lago Amazonas e as espécies florestais ficaram isoladas ao longo das margens do lago.

Na Amazônia, o ambiente de sedimentação é predominantemente fluvial e os materiais são constantemente erodidos de alguns lugares e depositados em outros. Tuomisto et al. (1992) trazem outras informações sobre a deposição dos sedimentos na Amazônia para além dos lagos.

Para Tuomisto et al. (1992), os depósitos fluviais são frequentemente cíclicos e a cada ciclo exhibe nas sequências superficiais sedimentos de partículas mais finas. A sedimentação de partículas de grãos finos ocorre em condições semelhantes a lacustre, principalmente durante as cheias anuais. Por outro lado, os canais sinuosos e anastomosados criam camadas de areias em forma de estratificação cruzada. Esses processos podem ser interrompidos várias vezes e o canal pode até mudar seu curso. Assim, diversos tipos de depósitos podem ser formados, com características tanto vertical como horizontalmente diferentes. Para os autores a Amazônia não foi e nem é geologicamente uniforme, além de registrar atividades tectônicas ativas.

Desta forma, fica evidente a importância dos depósitos sedimentares quaternários para inferências e discussões relacionadas ao nível do mar, tectônica e paleoclimas, e são considerados imprescindíveis em Miranda (2010) que afirma que esses ambientes abrigam um conjunto variado de dados sobre a evolução da região Amazônica.

Cenários resultantes desse ambiente altamente dinâmico na Amazônia são apresentados por Rossetti e Toledo (2006) e Rossetti et al. (2012b) que explicam

como o desenvolvimento de um grande paleovale durante o Plio-Pleistoceno e Holoceno desencadeou a separação da Ilha do Marajó. Eventos dessa natureza, juntamente com os posteriores processos de deposição causaram impacto direto sobre a fitofisionomia presente nesta ilha (MIRANDA, 2010).

Para Silva e Rossetti (2009), a atuação de falhas geológicas relacionadas às mudanças na paisagem, por meio da influência na dinâmica fluvial dos rios, ocasionam mega migrações de rios, surgimento e aparecimento de banco de areias, desmoronamento de margens e o abandono de leitos, cujos registros são os extensos pacotes de sedimentos, terraços e lagos.

De acordo com Hayakawa (2011), os fenômenos sísmicos identificados na Bacia do Amazonas podem ter contribuído ativamente no desenvolvimento e configuração da drenagem atual e naquelas desenvolvidas ao longo do Quaternário. Elementos como abandono, captura e demais ajustes nos sistemas de drenagem podem ter sido amplamente influenciados por atividades sísmicas.

A atividade tectônica consegue mudar de lugar o leito de rios da Amazônia e criar condições para o surgimento de áreas de savana. Os antigos leitos de rios por onde não drena mais água há alguns milhares de anos sofreram um processo de sedimentação, viraram paleocanais e paleorios e foi justamente sobre esses segmentos aterrados de rios do passado que uma vegetação mais esparsa, com predomínio de gramíneas e poucas árvores, prevaleceu de forma natural (ROSSETTI, 2011).

Sombroek (2000) também indica o estabelecimento de alta biodiversidade em áreas de antigos leitos de rios cheios de areias, tais como no município de Manicoré, Novo Aripuanã e áreas próximas do rio Madeira.

Hayakawa (2011) mapeou diversas paleofeições em parte da Bacia Hidrográfica do rio Madeira incluindo inúmeros paleocanais. Em seus estudos, o autor afirma que a história deposicional da área teve forte controle na distribuição florística podendo explicar contrastes vegetacionais bruscos entre floresta densa e componentes herbáceos e arbustivos. Dessa forma, a reativação de falhas tectônicas também deve ser considerada como uma variável responsável por esse processo.

3.2.3 Solos

As pesquisas realizadas na Amazônia ao longo de décadas confirmam que os solos típicos da Floresta Amazônica são caracterizados como altamente lixiviados, pois possuem, em sua maioria, baixo pH, concentrações elevadas de alumínio permutável e baixas concentrações de cátions trocáveis, fósforo e matéria orgânica (HERRERA et al., 1978, COCHRANE; SANCHEZ; 1982, SALATI; VOSE 1984; MARTINELLI, 1986; CERRI et al., 2003; MARKEWITZ et al., 2004; LUIZÃO et al., 2009).

As classes de solos mais representativas são as dos Argissolos e Latossolos, que ocupam aproximadamente 70% da área, seguidos dos Plintossolos, Neossolos, Gleissolos, Espodossolos, Cambissolos e outros em menor abundância. A maior parte dos solos da região apresenta o horizonte B do tipo textural ou B latossólico (AMARAL-FILHO, 1978; LUIZÃO et al., 2009; SANCHEZ et al., 1982; FEARNSSIDE; LEAL FILHO, 2001; EMBRAPA 2011; SANTOS et al., 2011).

Ao se analisar as pesquisas realizadas em áreas de savana na Amazônia como as de Desjardins et al. (1996), Mafra et al., (2002), Vidotto et al. (2007) e Meneses (2010), verifica-se que os tipos de solos predominantes nesses ambientes são os Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos e Flúvicos, Plintossolos, Gleissolos e Latossolos. Por outro lado, no ambiente das florestas adjacentes prevalecem os Latossolos e Argissolos.

As características dos solos e os processos pedogenéticos muitas vezes comportam-se como limitantes para o crescimento vegetal, mesmo que a precipitação exerça efeito fundamental sobre a distribuição da vegetação na Amazônia (PIDWIRNY, 2006; SIOLI; KLINGE, 1964; MALHI; DAVISON, 2009; MAGALHÃES et al., 1998).

Baruch et al. (1996) citam que a diminuição do número de espécies lenhosas, particularmente do estrato arbóreo, é uma consequência da diminuição de nutrientes essenciais. Já Haffer e Prance (2002) ao avaliarem os aspectos geográficos regionais para explicar a distribuição da riqueza local apontaram que a quantidade de nutrientes no solo foi determinante. Conforme os autores, onde os solos são mais ricos em nutrientes presume-se que faunas e floras mantidas são mais ricas, como por exemplo, as florestas de várzeas sobre os solos aluviais.

Conforme Liyoyd et al. (2009) e Magalhães et al. (1998), os trabalhos pioneiros de mapeamento dos solos realizados no Peru, Bolívia e Brasil, iniciados na década de 1970, revelaram que existe um gradiente de grande escala na fertilidade dos solos, no sentido de nordeste para sudoeste da região Amazônica, com isso os solos tornam-se consideravelmente mais férteis. Malli et al. (2004) afirmaram que diferenças graduais nas condições físicas do solo ocorrem de forma semelhante.

A natureza do material de origem aparece como um fator determinante das características mineralógicas e químicas em grande parte dos solos da Amazônia. Áreas mais extensas de solos eutróficos só existem onde há influência atual (planície aluvial) ou pretérita (sedimentos andinos), ou onde afloram rochas de maior riqueza em bases. Os solos de terra firme, localizados sobretudo na Amazônia Central, são menos profundos e menos intemperizados em comparação com os solos de terra firme derivados de sedimentos terciários/cretáceos (LIMA et al., 2006).

Porém, apesar da Amazônia apresentar-se como um ambiente oligotrófico segundo afirmam Medina (1978), Herrera et al. (1978) e Vicentini (2004) e os dados mineralógicos demonstrarem a baixa capacidade dos solos em disponibilizarem nutrientes, este bioma desenvolveu mecanismos de conservação dos nutrientes que possibilitam a diferenciação entre vegetações de portes variados, com a instalação e evolução de florestas mesmo em solos com poucos recursos nutricionais (HERRERA et al., 1978; LUIZÃO et al., 2009).

De acordo com Luizão et al. (2009), parte significativa de suprimentos de nutrientes para as plantas se dá por meio da remineralização da matéria orgânica e o desenvolvimento dessa vegetação mais densa ocorre pela presença de camadas de raízes e matéria orgânica que podem chegar à espessura de 20 a 30 cm em subsuperfície (HERRERA et al., 1978).

A matéria orgânica, além de conter nutrientes, tem a capacidade de absorvê-los e realizar intercâmbios e sua oferta comporta-se como um importante mecanismo de conservação que pode se sobrepor à baixa fertilidade natural dos solos (LUIZÃO et al., 1999; LUIZÃO et al., 2009).

Devido às condições de alta temperatura e umidade, a atividade biológica no solo e na liteira é impulsionada. Assim, o material orgânico que cai é decomposto em poucos meses e a transferência de nutrientes é direta para as raízes, conservando o mecanismo de retenção dos elementos (LUIZÃO, 1989; LUIZÃO et al., 2009), além

da origem dos mecanismos de conservação de nutrientes estar ligada a um fator comum, pois são todos parte viva e natural da floresta (HERRERA et al., 1978).

O baixo conteúdo de MOS, associado à rápida mineralização de carbono implica em baixa retenção de cátions e, conseqüentemente à suscetibilidade maior dos solos à lixiviação de nutrientes (LUIZÃO et al., 2009).

Então, somente a disponibilidade de determinados nutrientes não seria suficiente para explicar o abrupto limite entre as formações florestais e savanas. A umidade e a textura dos solos apresentam-se como fatores consideráveis para separá-las (WALTER et al., 2008).

A importância desses fatores deve-se ao fato de que a capacidade do solo de concentrar matéria orgânica é dependente não só do clima e da vegetação, mas, também, de suas próprias características como a textura, que afeta diretamente o microambiente de decomposição, a estabilização dos substratos e dos produtos de decomposição (CHRISTENSEN, 1992; 1996; FELLER; BEARE, 1997, HASSINK, 1994). Desta maneira, a textura do solo é uma importante característica por conter propriedades de controlar nutrientes, troca de gases e água (SCHOENHOLTZ et al., 2000).

Como a textura influencia a tendência do solo de reter mais ou menos matéria orgânica, a argila é essencial nesse processo uma vez que sua textura fina apresenta uma proporção maior de pequenos poros, e assim, com o acréscimo do teor da argila, a proporção da porosidade total aumenta e o potencial de estabilização da MOS contra o ataque biológico devido à exclusão de organismos decompositores se eleva (BALDOCK; SKJEMSTAD, 2000). Por outro lado, nos solos arenosos a produção de agregados é considerada nula em consequência da baixa quantidade de partículas coloidais que dificulta a floculação, em função das partículas de areia terem pouquíssimas cargas e pequena superfície específica (LEPSCH, 2011).

A quantidade de argila de um solo pode ainda influenciar na disponibilidade e na manutenção da água no solo por períodos mais longos, o que não se verifica em solos mais arenosos e menos desenvolvidos do ponto de vista pedogenético com fraca agregação (LEPSH, 2011).

A importância dessa condição textural é verificada em áreas com regimes de precipitações semelhantes onde a presença de solos com texturas variadas influencia a instalação de fitofisionomias diferentes, como por exemplo, no interior do domínio

da Floresta Amazônica, que apesar da elevada precipitação, a vegetação de savana se desenvolveu, sobretudo sobre os solos mais arenosos (LLOYD et al., 2009).

Chauvel et al. (1996), ao estudar os processos de pedogênese e sedimentação na Amazônia Central, e Vicentini (2004), ao analisar a vegetação ao longo de um gradiente edáfico no Parque Nacional do Jaú também constataram que as alterações na vegetação correspondiam às mudanças ocorridas especialmente na textura dos solos, ao longo do topo, vertente e fundo do vale, e que a diferença na capacidade de retenção de água dos solos argilosos em relação aos arenosos, bem como a alteração dos minerais foram os principais condicionantes para a instalação das diferentes fitofisionomias.

No norte de Rondônia, nas proximidades do rio Machado, ocorrem áreas formadas por areias quartzosas brancas (Neossolos Quartzarênicos) originadas pelo desmantelamento dos arenitos da Formação Palmeiral que inviabilizam o desenvolvimento da floresta ombrófila regional em preferência às vegetações similares aos do bioma cerrado (GOMES, 2009).

Trabalhos realizados sobre as formações de campinas e campinaras na Amazônia, em Ferreira (2009); Mendes (2014) e Guimarães (2014), associam essas vegetações aos solos arenosos, principalmente aos Espodossolos. Para os autores, estes solos estão situados predominantemente em ambientes citados por Rossetti (2011), Rossetti et al. (2012a, 2012b) e Ferreira (2009) com origem relacionada aos antigos leitos de rios (paleocanais).

Entretanto, a gênese desses solos na Amazônia possui diferentes explicações que vão desde a origem relacionada à alteração de rochas sedimentares (arenitos e quartzitos), ou ao retrabalhamento de sedimentos fluviais e erosão superficial, como também, pela transformação de solos lateríticos (argilosos) em solos arenosos pela remoção das frações mais finas (MAFRA et al., 2002; GUIMARÃES; BUENO, 2016).

A maior parte das pesquisas voltadas aos sistemas que envolvem Latossolos, Neossolos Quartzarênicos e Espodossolos (Podzol) na Amazônia foram realizadas em áreas de ocorrência de campinas e campinaranas. Lucas et al. (1984), Demattê et al. (1994), Mafra et al. (2002) e Nascimento et al. (2004) afirmaram que as áreas estudadas não apresentaram descontinuidades litológicas e concluíram que os processos pedogenéticos associados às condições hídricas, como gleização, podzolização, lessivagem, ferrólise e acidólise são os principais agentes na transformação destes solos.

Mudanças físicas e químicas causadas pela mobilização de elementos em solos da Amazônia submetidos à inundação alteram os atributos morfológicos e, em consequência de processos tal como o de plintização, muitos solos hidromórficos apresentam mosqueamento nas zonas enriquecidas em ferro (CORINGA et al., 2012).

A relação “solo-água-planta” estabelecida entre os diferentes ambientes da Amazônia também tem sido analisada por Sioli e Klinge (1964), Hillel (2003), Kirkham (2005), Walter et al. (2008), Lloyd et al. (2009), Campos et al. (2012) no desenvolvimento de pesquisas sobre a evolução da paisagem na região.

Ecologicamente a água é importante por carregar nutrientes que são absorvidos pelas plantas e pedologicamente é responsável por diversos processos inerentes à formação dos solos, a exemplo, na mobilização e transporte de substâncias de uma parte do perfil para outra. Não obstante, a quantidade de água que as plantas necessitam para completar seu ciclo varia de espécie para espécie (LEPSH, 2011).

Ainda, o nível elevado do lençol freático e a inundação periódica dos solos limitam os processos pedogenéticos produzindo solos jovens e, em alguns casos, sedimentos em processo incipiente de pedogênese (LIMA et al., 2006).

Com o encharcamento prolongado, a solução do solo fica desprovida de oxigênio o que ocasiona entre outros, a transformação do ferro e de outros metais, a exemplo, os íons de metais solúveis como o Fe^{2+} e o Mn^{2+} que são tóxicos para as plantas quando em níveis muito altos. Verifica-se, por sua vez, o aumento da acidez do solo, feições causadas pelas condições de hidromorfia, como mosqueados e a formação de crostas e concreções (LEPSH, 2011; LADEIRA, 2010; HERRERA et al., 1978).

A variação no período de inundação influencia na disponibilidade de nitrogênio que diminui com o aumento do tempo da água no solo e interfere na quantidade húmus acumulado na superfície (FRANCO; DEZZEO, 1994).

Condições de hidromorfia aliada ao processo de podzolização, comuns em regiões tropicais, ocasionam a remoção de argilas deslocando-as das camadas superiores para as inferiores e essa diferenciação entre os teores de argila nos horizontes comporta-se como uma barreira a qual condiciona a água e dificulta o desenvolvimento do sistema radicular, como explica Silva (1995).

Logo, a presença de um lençol freático alto estabelece um impedimento ao enraizamento, principalmente em áreas onde este nível permanece alto durante boa

parte do ano, como ocorre nos campos úmidos da Amazônia, nos campos de Humaitá e nas campinas da Amazônia Central (MAGALHÃES et al., 1998; SIOLI; KLINGE, 1964; CAMPOS et al., 2012; FERREIRA, 2009).

Considerando-se que as plantas mostram um comportamento variável a esta situação, só as espécies mais tolerantes, no caso as espécies hidrófitas, por exemplo, estabelecer-se-ão neste ambiente (SÁ et al., 2004).

O hidromorfismo origina implicações que contribuem para selecionar espécies adaptadas e mais tolerantes a estas condições extremas. Geralmente a adaptação está relacionada à esclerofilia e à produção de lenticelas, pois nesses ambientes os processos de saturação de água e afloramento do lençol freático no período das chuvas são constantes impossibilitando, assim, o desenvolvimento de formações florestais nesses ambientes redutores.

Meneses e Costa (2012) ao analisarem a influência dos atributos dos solos sobre diferentes fitofisionomias, estabelecidas sobre regolitos existentes em área de contato savana-floresta em Roraima, apontaram que entre as condições de deficiência de nutrientes, da textura arenosa e da questão hídrica, o principal condicionante para o contraste fitofisionômico foi a condição de hidromorfia dos solos acompanhada da oscilação do lençol freático e escoamento superficial, sendo estes agentes responsáveis pela lixiviação dos argilominerais e óxi-hidróxido de ferro do horizonte superficial levando os autores a definir tais fatores como limitantes ao avanço da floresta sobre as savanas.

As limitações ao desenvolvimento de espécies arbóreas são mais intensas no período da seca em razão da umidade da camada superficial diminuir drasticamente em consequência da textura arenosa, causando insuficiência hídrica, aumento da temperatura do solo, e, apesar de existir água nas camadas inferiores, não estará disponível para o sistema radicular, que não conseguiu o aprofundamento no período anterior, marcado pela inundação (SILVA, 1995).

Sabe-se que na Amazônia existem áreas onde a topografia é fortemente marcada por diferenças nos solos e nas condições microclimáticas, pois a diversidade de espécies nesses ambientes é maior. E as diferenças ocorrem principalmente em regiões onde os processos morfogenéticos estavam ativos em vários momentos do Pleistoceno, sobretudo quando estas atividades resultaram em exposição de rochas contrastando com a litologia e mineralogia já presentes. Assim, novos processos de pedogênese se iniciam e resultam em solos de diferentes profundidades, texturas,

novas condições de drenagem e variedade na ocorrência e estágio dos minerais (SOMBROEK, 2000).

3.3 RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL UTILIZANDO ISÓTOPOS DE CARBONO

A matéria orgânica do solo (MOS) é formada por materiais com diferentes origens e composições. Desse modo, os materiais orgânicos que entram no solo, advindos do ambiente, das rotas de decomposição, mineralização e humificação, e os derivados das interações dos compostos orgânicos com a fração mineral resultam na formação de uma MOS diversificada e, conseqüentemente, torna-se um reservatório heterogêneo de carbono (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Conforme Silva e Mendonça (2007), os teores de carbono orgânico do solo estão ligados à sua interação com a biosfera e são inseridos no solo, maiormente por meio dos produtos da fotossíntese.

A quantidade de carbono armazenada na matéria orgânica do solo é aproximadamente duas vezes maior do que a quantidade presente na atmosfera, como CO₂, com um expressivo estoque concentrado no primeiro metro do qual quase um terço desse carbono é constituído de formas lábeis, com a ciclagem bastante rápida (SOMBROEK et al., 1993; FERNANDES et al., 2007).

No solo o carbono pode ser encontrado em dois compartimentos da matéria orgânica. O primeiro, formado de MO viva (raízes, fauna e microorganismos) e que não ultrapassa 4% do carbono orgânico total; e o segundo, é constituído de MO não vivente, que contribui com até 98% do carbono orgânico total (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Esse compartimento é formado por matéria microrgânica e húmus que se divide em substâncias não-húmicas (30%) e substâncias húmicas (70%), compostas pelas frações de ácido fúlvico, ácido húmico e humina e têm a função de reservar nutrientes para as plantas, sendo a longo prazo de grande importância para o solo (STEVENSON, 1994).

À vista disso, a decomposição dos resíduos das plantas e a síntese da matéria orgânica do solo estão intimamente associadas e o carbono orgânico gerado que entra no solo tem sua distribuição no perfil, realizada via lixiviação (WAGNER; WOLF, 1999; LAL et al., 2000).

O carbono é o principal componente da matéria orgânica, por isso ele se comporta como um dos elementos fundamentais da natureza e os ciclos de outros elementos importantes como nitrogênio e oxigênio são influenciados pelo ciclo deste elemento (ZAGATTO, 2000).

3.3.1 Isótopos de Carbono

O carbono ^{12}C possui abundância média de 98,99%, já o isótopo estável ^{13}C representa 1,11% do carbono na natureza; o radioativo ^{14}C tem abundância não estimada (PESSENDA, 1998a).

Na década de 1970 foi demonstrado e aceito que as plantas diferiam amplamente em suas composições isotópicas e que a relação dos isótopos estáveis poderia ser utilizada para distinguir os diferentes tipos de ciclos fotossintéticos, C_3 (predomínio de árvores) e C_4 (predomínio de gramíneas). Os processos fotossintéticos discriminam o isótopo ^{13}C em favor do ^{12}C e a discriminação de um isótopo em detrimento do outro ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) é denominado de fracionamento (CERRI, 1986; PESSENDA, 1998b).

Essa variação decorre de processos físicos, químicos e biológicos, mas o resultado do fracionamento biológico dos isótopos ocorre primariamente durante os processos fotossintéticos (BOUTTON, 1991).

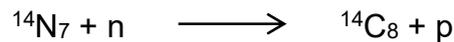
A composição isotópica é expressa pela relação entre o isótopo raro e o mais abundante ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), usualmente referida como $\delta^{13}\text{C}$. As espécies C_3 e C_4 apresentam valores distintos de ($\delta^{13}\text{C}$) que não se sobrepõem, sendo medida em relação a um padrão e expressa em partes por milhão ($^{\circ}/_{00}$) (EHLERINGER, 1991; BOUTTON, 1991).

As plantas C_3 discriminam o ^{13}C mais do que as plantas C_4 . Dessa maneira, as plantas com ciclos fotossintéticos C_4 apresentam valores $\delta^{13}\text{C}$ mais positivos, entre $-9^{\circ}/_{00}$ e $-17^{\circ}/_{00}$. São compostas predominantemente por gramíneas de origem tropical e subtropical representando apenas 5% de todas as espécies de plantas. As plantas com ciclos fotossintéticos C_3 têm valores mais negativos de $\delta^{13}\text{C}$ entre $-22^{\circ}/_{00}$ e $-32^{\circ}/_{00}$, com média de $-27^{\circ}/_{00}$, e são representadas basicamente por vegetação arbórea. Existem, ainda, as plantas CAM, constituídas por plantas suculentas, com valores de

$\delta^{13}\text{C}$ entre -10 ‰ e -28 ‰ (BOUTTON, 1991; BOUTTON, 1996; CERRI, 1986; EHLERINGER, 1991).

Os valores obtidos por meio do fracionamento isotópico do carbono ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$) podem revelar a origem da matéria orgânica permitindo analisar a ocorrência de mudanças na vegetação no passado, posto que durante a decomposição da matéria orgânica do solo ocorre o fracionamento isotópico da ordem de 2 ‰ a 3 ‰ . Este fracionamento não impede que os valores possam ser utilizados para registrar modificações do tipo de vegetação presente na região, pois os sinais isotópicos de plantas C_3 e C_4 não se sobrepõem, porém se diferenciando em média de até 14 unidades de delta (PESSENDA et al., 1998c).

O registro temporal dos eventos ocorridos na evolução da vegetação pode ser obtido por meio de análises realizadas no isótopo de carbono radioativo (^{14}C). Este isótopo é formado naturalmente na alta atmosfera, através da interação de nêutrons (provenientes de colisões de raios cósmicos) com o isótopo estável de ^{14}N :



O método de datação por ^{14}C foi creditado a W.F. Libby em 1949 que tem por base a contínua produção de carbono radioativo (^{14}C) na alta atmosfera pela interação de nêutrons cósmicos com átomo de nitrogênio (^{14}N). O ^{14}C é então oxidado a $^{14}\text{CO}_2$ e entra no ciclo global do carbono (PESSENDA, 1998a; 1998b).

Todos os seres vivos mantêm a entrada de ^{14}C durante a vida, todavia, o abastecimento contínuo cessa na morte das plantas e animais. O tempo da morte pode ser estabelecido pela determinação do ^{14}C residual. O ^{14}C decai com a meia-vida de 5.730 anos (valor determinado com precisão), porém, utiliza-se o primeiro valor determinado na década de 1950 de 5.568 anos. A idade radiocarbônica convencional é reportada em anos AP (Antes do Presente) sendo Presente o ano de 1950 (PESSENDA, 1998).

Portanto, a partir da diferença entre os tipos de plantas (C_3 e C_4), as mudanças na dominância entre esses dois grupos podem ser utilizadas em estudos sobre a dinâmica da vegetação em períodos relativamente longos e em estudos sobre a história ecológica de paisagens, visto que a matéria orgânica do solo, na maioria dos casos, reflete a composição isotópica da vegetação (CERRI, 1986). A cronologia desses eventos obtidos por meio da determinação do ^{14}C residual na MOS

complementa a reconstrução do paleoambiente situando-os no tempo geológico de até aproximadamente 50.000 anos AP.

3.3.2 Aplicação dos isótopos de carbono na reconstrução paleoambiental

As primeiras informações sobre o cenário paleoambiental da Amazônia foram geradas a partir de dados palinológicos obtidos nos trabalhos realizados por Absy (1985); Absy et al. (1991); Van der Hammen e Absy (1994). Posteriormente, esses estudos foram complementados com dados de isótopos de carbono. A importância dos traçadores isotópicos está associada, principalmente, ao fato de que a técnica pode ser utilizada em todas as regiões brasileiras onde há vegetação nativa e solos relativamente espessos (PESSENDA et al., 2005).

As pesquisas feitas com o objetivo de entender a evolução da paisagem na Amazônia mediante o uso de isótopos, avaliaram, precipuamente, as mudanças ocorridas na vegetação situadas, sobretudo, no Pleistoceno Tardio e Holoceno (FREITAS et al., 2001; GOMES, 1995; GOUVEIA, 1996; GOUVEIA et al., 1997; MIRANDA, 2010; PESSENDA et al., 1996; 2001; 2005; VIDOTTO et al., 2007).

Logo, a determinação da razão isotópica ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) associada à datação do radionuclídeo ^{14}C podem auxiliar na definição de quais tipos de vegetação se desenvolveram em uma região durante os últimos 50.000 anos, e ainda indicar se houve expansão e regressão dessa vegetação (FREITAS, 1999).

A datação se constitui em uma questão crucial, não apenas para o entendimento da natureza dos acontecimentos paleoclimáticos, mas também, para testar o sincronismo ou o diacronismo desses eventos e conhecer a taxa de ocorrência das transformações. Então, a convergência do maior número de evidências ou de idades é importante para que as informações obtidas aproximem-se ao máximo da realidade dos fatos ocorridos (SUGUIO, 2010).

Diferenças de comportamento nas frações da MOS foram identificadas e as análises de ^{14}C começaram a ser produzidas em distintas frações da matéria orgânica e também em fragmentos de carvão, como forma de avaliar a mobilidade e o grau de preservação dos materiais nos diversos os ambientes (GOUVEIA et al., 1999; GOUVEIA, 2001; PESSENDA, 1998; PESSENDA et al., 1998c; 1998d).

No Brasil, as pesquisas voltadas ao desenvolvimento dos cenários paleoambientais foram realizadas principalmente nos estados Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Maranhão, Pará, Roraima, Amazonas e Rondônia (PESSENDA et al., 2005).

Na Amazônia, os trabalhos de reconstrução do paleoambiente que retratam episódios ocorridos durante o Pleistoceno tardio e no Holoceno concentraram-se na Ilha do Marajó e Altamira (Pará); Boa Vista, Amajari, Parque Nacional do Viruá (Roraima); Vilhena, Pimenta Bueno e Ariquemes (Rondônia); e Humaitá e às margens do Rio Solimões (Amazonas).

A análise da composição isotópica do carbono no solo e em fragmentos de carvão foi utilizada como indicador para a investigação de trocas de vegetação e de mudanças no clima nos diferentes estados da Amazônia por Desjardins et al. (1996), Freitas et al. (2001), Gomes (1995), Gouveia et al. (1997), Meneses (2010), Pessenda et al. (1996, 1998b; 2001; 2005), Rossetti et al. (2012a, 2012b), Vidotto et al. (2007). Os resultados obtidos por esses autores deram sequência às inferências iniciadas com os estudos palinológicos sobre a ocorrência de quedas na temperatura aliadas a períodos secos na Bacia Amazônica e áreas adjacentes.

Em termos de dinâmica da vegetação, esses estudos reuniram informações que evidenciam que na Amazônia, por volta de 17.000 a 9.000 anos A.P., a vegetação florestal (C₃) era predominante. Já no Holoceno Inferior (entre 9.000 e 8.000 até 3.000 anos A.P.), alguns locais apresentaram predominantemente gramíneas (C₄), ou ainda mistura de plantas (C₃ e C₄), provavelmente vinculadas a períodos mais curtos de clima mais seco. E por volta de 3.000 anos A.P. até o presente muitos locais indicaram o predomínio de plantas C₃, associadas ao provável aumento da umidade (PESSENDA et al., 2005).

Os valores da matéria orgânica na parte superficial do solo (0 a 10 cm) possuem grande relação com a atual vegetação. Dessa maneira, os valores obtidos nessa zona refletem a atual constituição vegetacional indicando o ciclo fotossintético dominante (LIMA, 2008). Porém, os estudos realizados nas savanas amazônicas revelaram ser frequente a ocorrência de valores $\delta^{13}\text{C}$ referentes ao ciclo fotossintético C₃ na parte superficial do solo, como verificado na savana de Humaitá/AM, por Freitas (1999) e Vidotto et al. (2007), que encontraram sinais de $\delta^{13}\text{C}$ indicativos de plantas do tipo C₃ em ambientes dominados por espécies de gramíneas.

Assim, a análise dos dados de $\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C na Amazônia (PESSENDA et al., 2005), tanto nas áreas de floresta, de transição, quanto nas variadas formações savânicas geraram diversos cenários sobre a evolução da paisagem durante parte do Pleistoceno e ao longo do Holoceno, como por exemplo, a confirmação da alternância de vegetação em grande parte dos locais estudados até o momento, ou ainda, apenas enriquecimento ou empobrecimento isotópico em outros, e também, a constatação da existência de gramíneas do tipo fotossintético C_3 fazendo parte da atual composição fitofisionômica do Bioma Amazônia.

Essas informações fortalecem as teorias que afirmam que os eventos ocorridos no clima e na dinâmica da vegetação não aconteceram de forma uniforme em toda a região, entretanto, a maior similaridade ocorreu entre os dados gerados a partir da datação ^{14}C nas diversas profundidades de perfis de solos analisados.

Dessa maneira, para o esclarecimento dos diferentes cenários encontrados ao longo da evolução da paisagem amazônica, a inclusão de outros indicadores tornou-se essencial, pois, somente os dados dos isótopos de carbono não conseguem explicar a diversidade encontrada na distribuição da vegetação ocorrida durante o Pleistoceno e o Holoceno e, conseqüentemente, a atual composição fitofisionômica do Bioma Amazônia.

Entre os indicadores que têm contribuído com as pesquisas que já utilizam dados palinológicos e/ou isótopos de carbono, têm-se os isótopos de outros elementos (nitrogênio e enxofre), os fitólitos, as técnicas de antracologia, os levantamentos fitossociológicos e os dados físicos e químicos dos materiais pedológicos e sedimentares.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo descreve os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho e as fases e procedimentos metodológicos adotados na seleção das áreas amostrais, bem como para as coletas e análises laboratoriais.

4.1 GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO

Materiais cartográficos foram elaborados a partir de dados secundários em formato “*shapefile*”, dos componentes ambientais geologia, pedologia, rede de drenagem, topografia e declividade. Também foram utilizados dados em formato *geotiff* e *tiff* (imagens de satélite e de radar).

As bases de dados utilizadas para análises, sobreposições e elaboração dos mapas pautaram-se em: Projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1978), CPRM (2013), RONDÔNIA (2002), IBGE (2004; 2006; 2014), MMA (2006), ANA (2010), ICMBio (2016), SIPAM (2010), INPE (2013a) Imagens Landsat 1, 1973; Landsat TM 5 (período de 1984 a 2013); USGS (2014 e 2015) Landsat OLI 8 (2014 e 2015); Modelo Digital de Elevação (MDE) derivado do Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) INPE (2013b) e USGS (2014).

Para o processamento e elaboração dos mapas, cartas e imagens foram adotados os softwares ArcGIS 10.1, Global Mapper 13 e ENVI 4.8.SA.

Com relação à análise do $\delta^{13}\text{C}$ foram necessárias coletas de amostras de solo em áreas onde a vegetação primária não havia sido alterada pelo uso do solo para atividades agropecuárias. A seleção dessas áreas foi realizada através de técnicas de sensoriamento remoto com a utilização das imagens do satélite Landsat 1 (cena 248-066) e Landsat 5 e 8 (cena 231-66), das décadas de 1970, 1980, 1990, 2000 e 2010. O método aplicado para esta análise foi o de interpretação visual das imagens (FLORENZANO, 2002) utilizado em áreas da Amazônia como, por exemplo, Bastos (2009; 2015), Hayakawa (2011) e Bertani (2011). Para uma melhor verificação ao longo do processo foram realizadas combinações entre as bandas espectrais.

Áreas onde detectou-se desmatamentos ou conversão da vegetação às atividades agropecuárias ao longo dos anos foram excluídas. Com a exclusão dessas

áreas e as informações obtidas por meio da análise dos mapas temáticos que possibilitaram identificar a distribuição dos diferentes atributos relacionados aos aspectos ambientais (litologias, solos, topografia e declividade) na área de estudo foi possível, então, eleger duas áreas amostrais: o Setor Tabajara e o Setor Estanho.

Após as atividades de campo, os pontos georreferenciados das áreas amostrais e de controle obtidos pelo Sistema de Posicionamento Global - GPS foram organizados e transformados do formato *gpx* para o formato *shapefile* para posterior composição dos mapas de localização dos pontos amostrais nos Setores Tabajara e Estanho.

4.2 TRABALHOS DE CAMPO E COLETA DE AMOSTRAS

As duas áreas amostrais estabelecidas à realização dos trabalhos de campo envolveram a parte sul e leste do enclave de savana situado no Parque Nacional Campos Amazônicos (Figura 8).

O Setor Tabajara está localizado no limite dos estados de Rondônia e Amazonas e o acesso foi realizado pelo distrito de Tabajara, em Rondônia, às margens do rio Machado, fazendo-se necessário o uso de balsa ou barco para a travessia do rio, onde se inicia a sequência de floresta, transição e savana deste setor.

O Setor Estanho situa-se no estado do Amazonas, onde a Estrada do Estanho atravessa a área de savana no sentido oeste a leste. O acesso a esse Setor foi realizado via terrestre, partindo-se de Humaitá, no Amazonas, e via Machadinho D'Oeste, em Rondônia.

Como os limites da área de savana são constituídos por duas terras indígenas e uma unidade de conservação, e em função da restrição de acesso nas áreas protegidas e das dificuldades de logística para acessar determinados locais, necessitou-se reduzir a escolha dos locais de amostragem.

Durante os anos de 2014 e 2015 foram coletadas 134 amostras, em 11 pontos de amostragem, incluindo solos e fragmentos vegetais carbonizados. As coletas nesses pontos ocorreram por meio de tradagens ou em trincheiras realizadas durante duas campanhas de campo no Setor Tabajara e três no Setor Estanho (Figura 8).

Os trabalhos de campo tiveram como objetivo a escolha de locais que possibilitassem a abertura de trincheiras com pelo menos dois metros de

profundidade, dispostas em um transecto que abrangesse floresta, transição e savana para fins de comparação entre os três ambientes e com os resultados obtidos por estudos de reconstrução de paleoambientes realizados nas demais áreas da Amazônia. O ambiente de murundu foi incluído por representar uma feição inserida no ambiente savana que abriga espécies arbóreas.

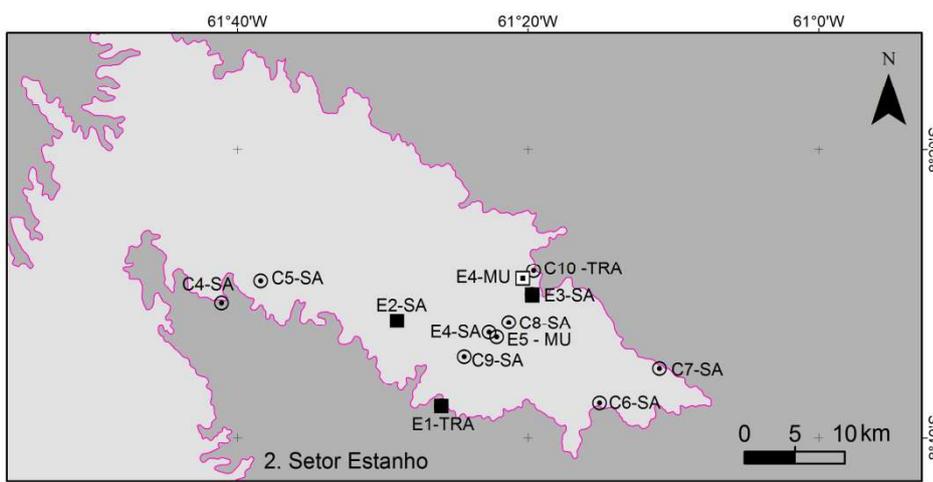
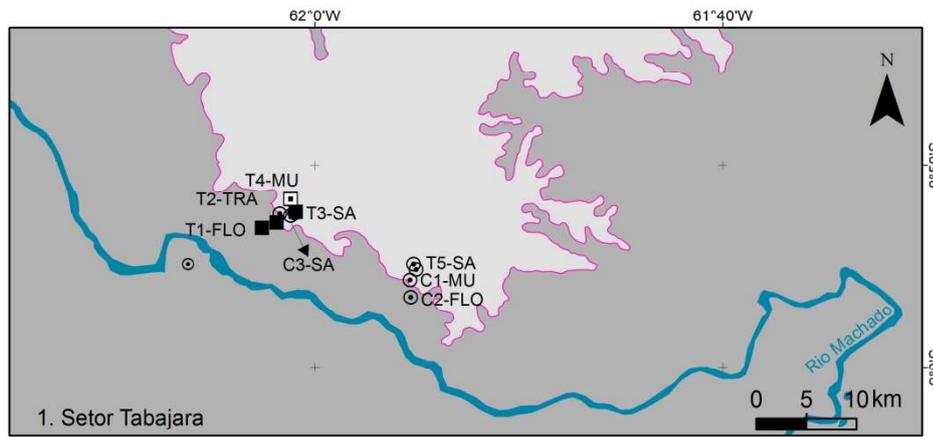
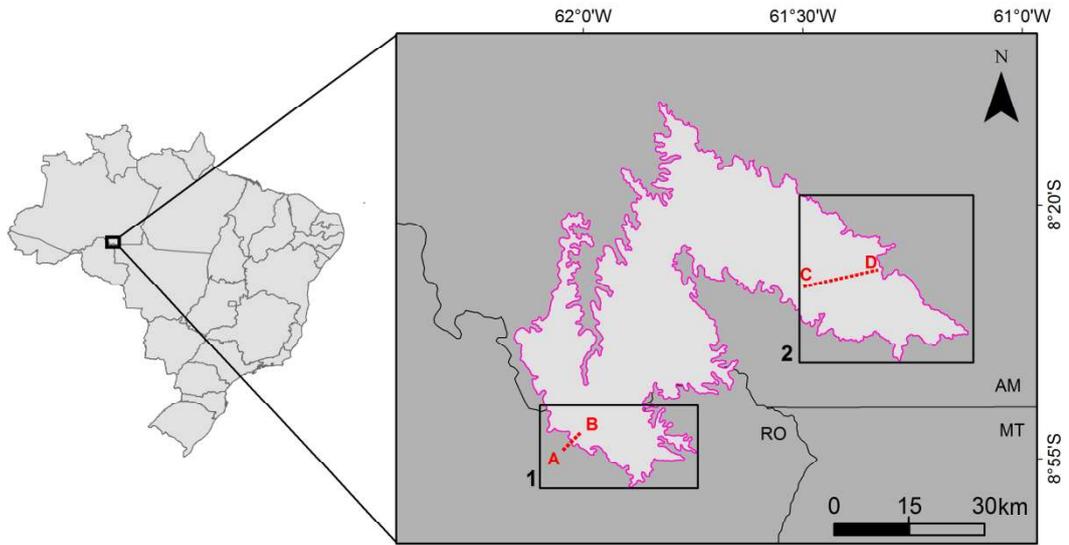
As profundidades das trincheiras variaram de 0,50 a 2 metros, em função do afloramento ou não do lençol freático durante a escavação nos meses menos chuvosos (julho e setembro) em alguns pontos amostrais, ou ainda pela proximidade da zona de saprólito, ou de pavimentos de concreções. Todas as 6 trincheiras analisadas tiveram a medida de 2x1 metros, comprimento e largura, respectivamente.

Para a análise de $\delta^{13}\text{C}$ e ^{14}C , o procedimento de coleta foi realizado com o uso de touca e luvas, evitando a contaminação das amostras (Figura 9a). Materiais de alumínio serviram para auxiliar a retirada das amostras que se iniciou no sentido das camadas inferiores para superiores (Figura 9b).

Com a finalidade de comparar com os demais ambientes estudados na Amazônia, as amostras às análises de COT, NT e $\delta^{13}\text{C}$ foram coletadas em profundidades similares, mas em intervalos de 20 cm; para a datação por meio do ^{14}C , as coletas foram realizadas em 50 cm e 150 cm de profundidade.

Para as análises granulométricas e mineralógicas coletou-se amostras representativas dos horizontes de cada trincheira estudada. Nas análises químicas utilizou-se material coletado nas profundidades de 10, 30 e 50 cm das trincheiras. Nos ambientes de murundus realizou-se coletas por gradagem em intervalos de 10 cm até a profundidade de 50 cm.

FIGURA 8 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE CONTROLE E DE AMOSTRAGEM NOS SETORES TABAJARA E ESTANHO.



Legenda

- | | | |
|----------|--------------------|----------------------------------|
| Savana | Transectos | Pontos de coleta por tradagem |
| Floresta | Pontos de controle | Pontos de coleta por trincheiras |
| Setores | | |

FIGURA 9 - (A) PROCEDIMENTO DE COLETA (PONTO T1-FLO). (B) SEQUÊNCIA DE COLETA (PONTO T2-TRA).



AUTOR: Alexis Bastos, 2015.

As amostras coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e identificadas conforme a profundidade, horizonte e a finalidade, tendo sua etiquetagem específica composta por siglas referentes ao seu respectivo setor, sequência numérica do perfil da trincheira e tipo de ambiente (Quadro 3).

QUADRO 3 - INFORMAÇÕES SOBRE OS LOCAIS DE COLETA E TIPOS DE ANÁLISES DAS AMOSTRAS.

Setor	Identificação e vegetação dos pontos	Tipo de amostragem e profundidade (cm)	Tipo de análise ¹
Tabajara	T1-FLO - Floresta	Trincheira - 190 cm	1, 2, 3, 4 e 5
	T2-TRA - Transição	Trincheira - 195 cm	1, 2, 3, 4 e 5
	T3-SA - Savana	Trincheira - 190 cm	1, 2, 3, 4 e 5
	T4-MU - Murundu	Tradagem - 50 cm	3, 4 e 5
Estanho	E1-TRA - Transição	Trincheira - 190 cm	1, 2, 3 e 4
	E2-SA - Savana	Trincheira - 200 cm	1, 2, 3, 4 e 5
	E3-SA - Savana	Trincheira - 120 cm	1, 3, 4 e 5
	E4-MU - Murundu	Tradagem - 50 cm	3, 4 e 5

¹Tipo de análise: 1. COT, NT, ¹³C/¹²C; 2. ¹⁴C; 3. Granulometria; 4. Mineralogia; 5. Químicas.

4.3 PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

No que tange aos tipos de análises foi realizado pré-tratamento nas amostras de solo e de carvão conforme os protocolos existentes nos laboratórios de Carbono 14 e de Isótopos Estáveis do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, no de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense – UFF e no Laboratório AMS da Universidade da Geórgia (UGAMS).

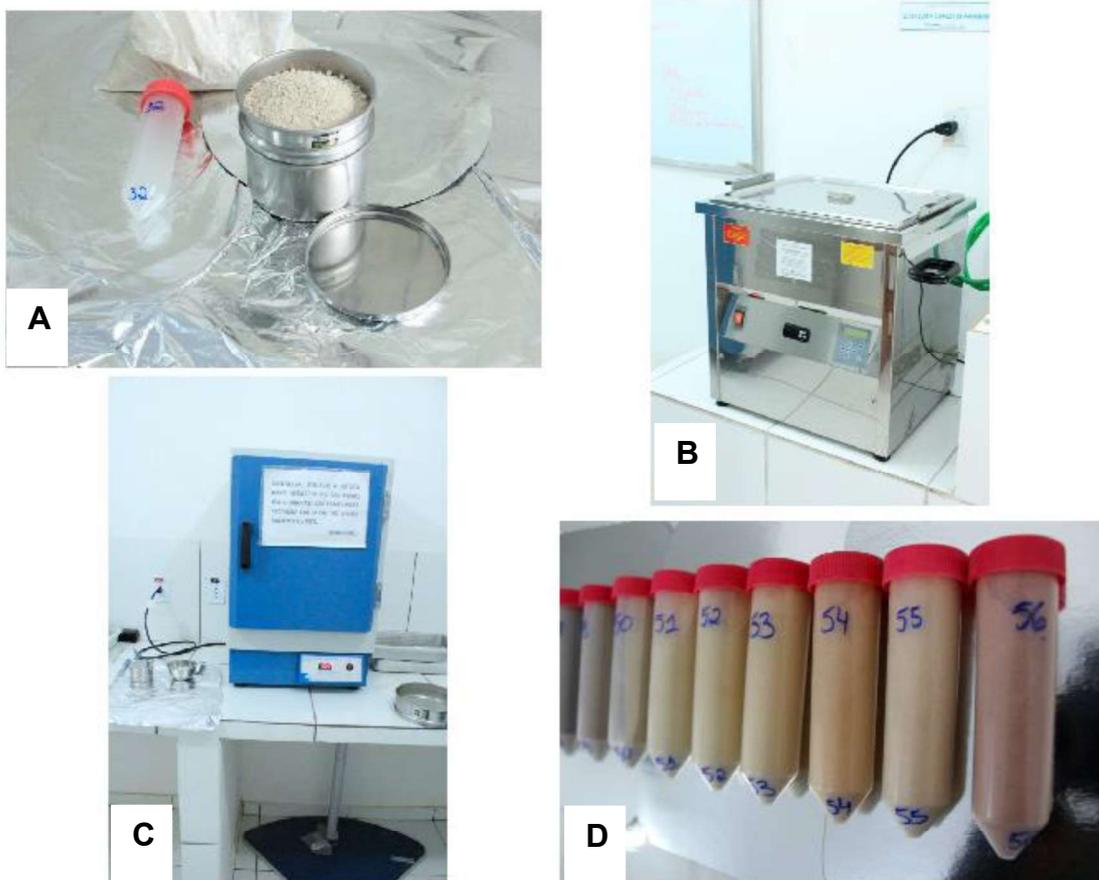
As amostras para datação do carbono ^{14}C (04 de carvão e 09 de solos) tiveram pré-tratamentos no Laboratório de Geociências/UNIR, iniciando com a remoção manual de fragmentos vegetais (raízes, folhas, sementes). Em seguida, foram secas em estufa e posteriormente pesadas. As amostras de carvão foram embaladas em papel alumínio e colocadas em tubos plásticos, e as de solos foram dispostas em sacos plásticos tipo zip loc.

O pré-tratamento de 56 amostras para Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total e $\delta^{13}\text{C}$ teve início no Laboratório de Geociências/UNIR onde foram retiradas as raízes e demais fragmentos vegetais e, posteriormente, secas em estufa a 40° . O material seco foi destorroado em almofariz de porcelana (objeto lavado sempre com água deionizada e seco em estufa para evitar possíveis contaminações) e depois pesado.

A posteriori, o material foi peneirado no Laboratório da CPRM/Porto Velho, em peneiras com malha de 0,250 mm de abertura (Figura 10a). Após cada amostra peneirada, as peneiras foram reutilizadas com tratamento prévio sendo lavadas com água deionizada, limpas em centrífuga e secas em estufas (Figuras 10b e 10c). A seguir, cada amostra foi novamente pesada e acondicionada em tubo plástico (Figura 10d).

No Laboratório de Radiocarbono da Universidade Federal Fluminense – UFF foram realizados, ainda, tratamentos físicos, químicos e lavagens das amostras de carvão e do solo total para então passar à combustão e grafitação.

FIGURA 10 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PRÉ-TRATAMENTO DAS AMOSTRAS: (A) PENEIRA COM ABERTURA DE (0,250 MM); (B) CENTRÍFUGA PARA LIMPEZA DAS PENEIRAS; (C) ESTUFA E (D) AMOSTRAS ACONDICIONADAS EM TUBOS PLÁSTICOS.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

4.4 MÉTODOS DE ANÁLISES DAS AMOSTRAS

Os perfis de solos (T1-FLO, T2-TRA, T3-SA, E1-TRA, E2-SA e E3-SA) foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2013).

Para a determinação das cores (úmidas) foi realizada a comparação visual utilizando a carta de cores de Munsell. E, por fim, para a definição das classes texturais dos horizontes, utilizou-se o triângulo textural proposto por Santos (2013).

4.4.1 Análise granulométrica

Para determinação das diferentes proporções entre areia, silte e argila dos materiais coletados foram selecionadas 21 amostras que representaram as mudanças granulométricas ao longo dos perfis de 6 trincheiras situadas nas áreas de floresta, transição e savana, e 2 amostras coletadas através da gradagem nas áreas de murundus.

Quanto à seleção da fração areia, as amostras foram peneiradas via úmida (Laboratório de Geociências/Universidade Federal de Rondônia), utilizando séries padronizadas de peneiras. Após o peneiramento as amostras foram secadas em estufa de circulação de ar forçado para definição de pesos e representação em cada amostra, conforme trabalhos de Nascimento et al. (2012) e Bastos et al. (2015). O resultado obtido representa a frequência relativa com que os diferentes tamanhos entre um limite superior e um limite inferior estão presentes na população de partículas.

Para as frações silte e argila foi utilizado o método de pipeta (EMBRAPA, 1997), no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Rondônia e o granulômetro a laser Cilas 1064 (Laboratório de análise de Minerais e Rochas da Universidade Federal do Paraná - LAMIR/UFPR).

4.4.2 Análise mineralógica

Quanto às análises mineralógicas, nos intervalos da fração areia foram selecionadas 25 amostras que representaram mudanças granulométricas ao longo dos 8 perfis estudados e realizadas no Laboratório de Geociências/UNIR, com o auxílio de lupa binocular, observando-se as propriedades do mineral como cor, brilho, clivagem, magnetismo, traço, dureza e a transparência, incluindo-se, ainda, as características dos grãos.

4.4.3 Análises químicas

No tocante à identificação da disponibilidade dos nutrientes nos solos dos ambientes analisados e avaliação da interferência no estabelecimento dos diferentes tipos fitofisionômicos, foram analisadas 23 amostras coletadas nos perfis dos 8 pontos, nas profundidades de 10, 20, 30, 40 e 50 cm, no Laboratório da EMBRAPA, em Porto Velho/RO.

As análises do pH e matéria orgânica do solo foram realizadas por digestão úmida. Os elementos P e K determinados pelo método de Mehlich I, e Ca, Mg e Al trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ (EMBRAPA, 1997).

A determinação do nível de acidez no solo utilizando os resultados referentes ao pH das amostras baseou-se nos valores indicados em Raij et al. (1997). Por outro lado, a avaliação dos teores de nutrientes e do grau de fertilidade seguiu os parâmetros de Ronquim (2010).

4.4.4 Análises elementares e isotópicas do carbono e nitrogênio

A espectrometria de massa foi utilizada para análises de Carbono Total (COT), Nitrogênio Total (NT) e composição $\delta^{13}\text{C}$ em 56 amostras no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP, com a utilização do espectrômetro ANCA GSL 20-20, composto por analisador automático de CN interfaceado com um espectrômetro de massas (IRMS).

Os resultados das análises elementares (COT e NT) foram expressos em porcentagem (%) de peso seco. Aos isotópicos, o valor de $\delta^{13}\text{C}$ foi expresso em partes por mil (‰) e representa a proporção da razão ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) de uma amostra em relação à do padrão internacional PDB - *Belemnite Americana* da Formação Pee Dee (PESSENDA et al., 1998c; TRIVELIN, 2015).

Os parâmetros para a diferenciação dos tipos de plantas (C₃ e C₄)-basearam-se nos intervalos dos grupos fotossintéticos propostos por Boutton (1991).

Com referência à datação utilizou-se de 2 a 5 mg de carbono extraídos das 9 amostras de solo total e das 4 amostras de carvão (2 obtidas em ambientes de floresta e 2 em ambiente de transição), sob a forma de grafites.

As concentrações isotópicas foram medidas por meio de técnicas de datação ^{14}C -AMS (Accelerator Mass Spectrometry), no Laboratório de Radiocarbono-UFF. Uma duplicata da amostra de carvão do ambiente de floresta (T1-FLO) foi realizada no Laboratório AMS da Universidade da Geórgia (UGAMS) devido a idade obtida na primeira análise no LAC-UFF ser muito superior às demais obtidas na MOS das amostras próximas da mesma profundidade onde o fragmento foi encontrado. O grafite da amostra E3-SA também foi enviado ao Laboratório da UGAMS, em consequência da baixa concentração de carbono dificultar a datação no LAC-UFF.

As datas foram calibradas com 2 sigmas e as datações obtidas pelo método de ^{14}C natural são referenciadas como idade ^{14}C convencional em anos AP (Antes do Presente) sendo considerado presente o ano de 1950 (PESSENDA, 1998).

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir das análises descritas no Capítulo 4 (Materiais e Métodos) referentes aos ambientes de floresta, transição, savana e murundus nos setores estudados (Tabajara e Estanho) são apresentados em três seções. A primeira traz a caracterização dos setores a partir de aspectos fisiográficos (relevo, geologia e vegetação), a segunda traz a exposição dos dados relacionados aos solos e a terceira a caracterização da composição isotópica do carbono.

5.1 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS (RELEVO, GEOLOGIA E VEGETAÇÃO)

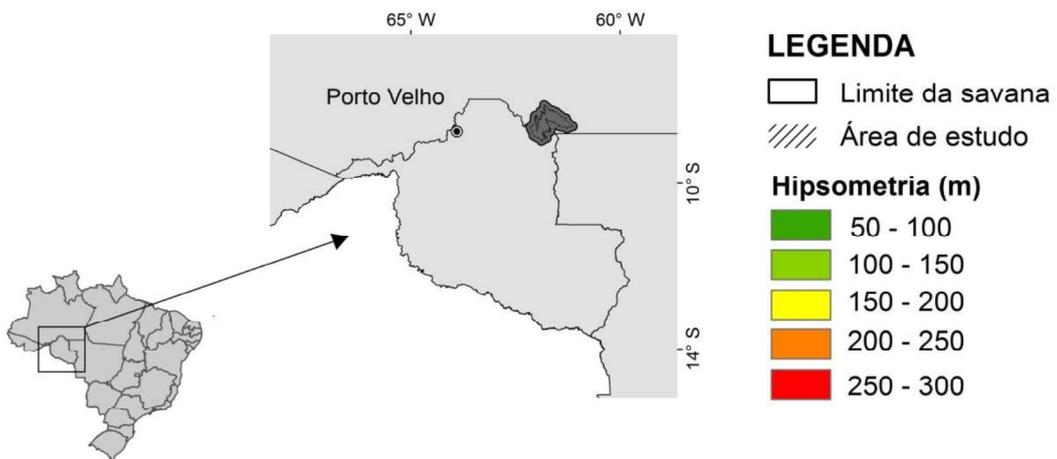
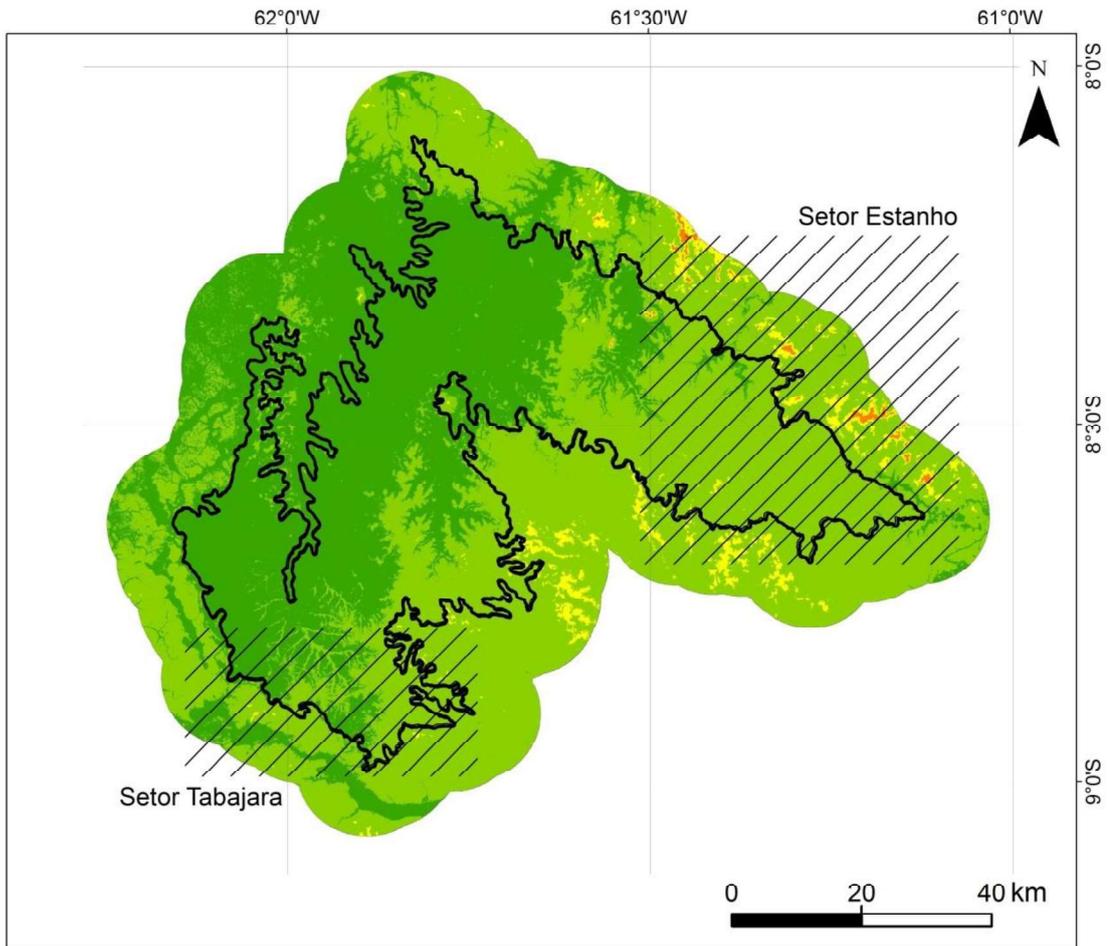
Os Setores Tabajara e Estanho encontram-se em porções do terreno com altitudes variando de 50 a 300 metros (Figura 11). No Setor Tabajara, predomina o intervalo de 50 a 150 metros de altitude, entretanto, na maior parte de seu ambiente de savana as altitudes estão abaixo de 100 metros, representando uma porção do terreno do Parque Nacional Campos Amazônicos topograficamente mais baixa em relação à floresta de entorno.

A declividade nesse Setor exibe valores entre 0 e 7% em sua maior parte, porém, próximo aos rios e nos relevos residuais constituídos por afloramentos de arenitos, no ambiente de savana, e por granitos, na floresta, há porções do terreno com declividades mais elevadas (>7%), Figura 12.

Por outro lado, no Setor Estanho, o ambiente da savana encontra-se em altitudes de 100 a 150 metros. Cotas superiores (150 a 300 m) são encontradas no ambiente de floresta de entorno (Figura 11).

A distribuição de seus intervalos de declividade apresenta comportamento semelhante ao Setor Tabajara, inclusive com menores intervalos em relação à floresta do entorno. O predomínio de 7 a 23% (Figura 12) se reflete no estabelecimento da rede de drenagem e no escoamento superficial mais eficiente.

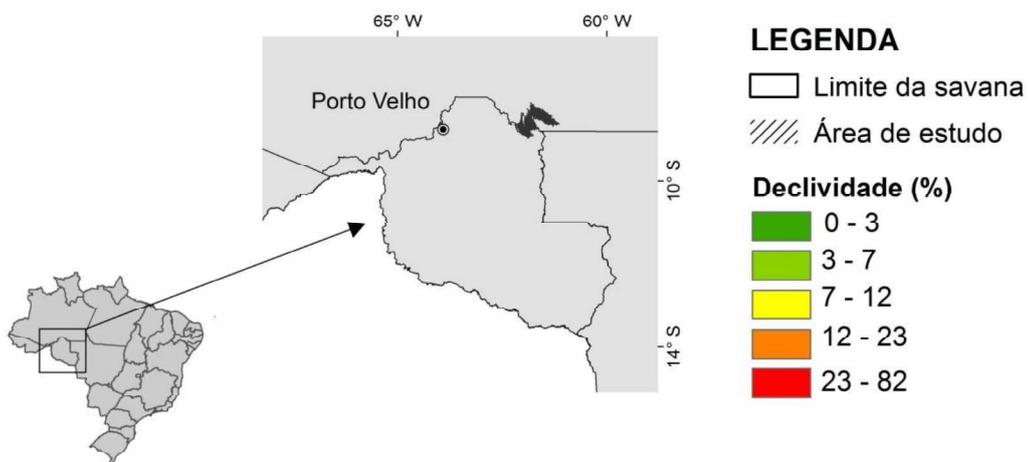
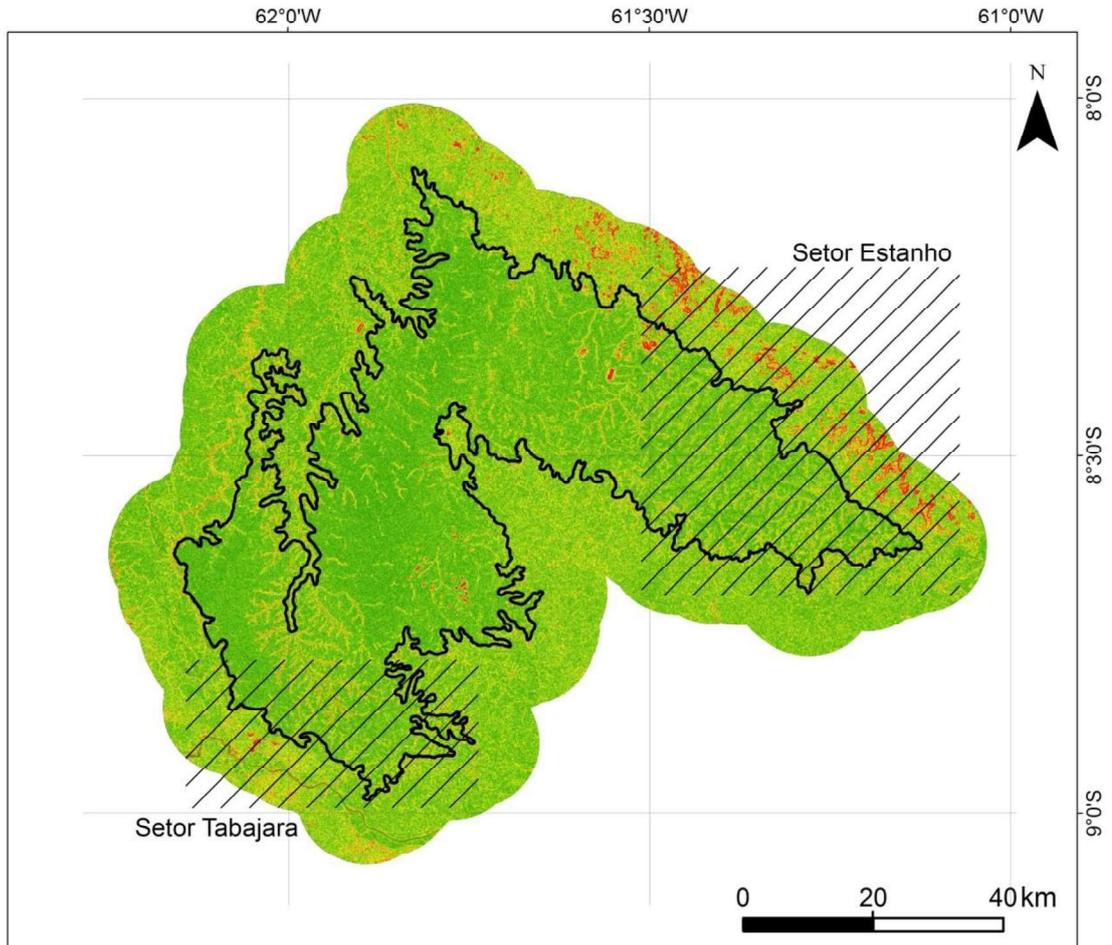
FIGURA 11 - MAPA DE HIPSOMETRIA DA SAVANA DOS SETORES TABAJARA E ESTANHO (ÁREA DE ESTUDO) NO CONTEXTO DA SAVANA DO PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS.



Elaboração: José Guilherme de Oliveira;
A autora (2016)

FONTE: MDE TOPODATA – INPE (2013).

FIGURA 12 - MAPA DE DECLIVIDADE DOS SETORES TABAJARA E ESTANHO (ÁREA DE ESTUDO) NO CONTEXTO DA SAVANA DO PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS.



Elaboração: José Guilherme de Oliveira;
A autora (2016)

FONTE: MDE TOPODATA – INPE (2013).

Afloramentos de rochas graníticas encontram-se distribuídos no ambiente de floresta nas proximidades do rio Machado, limite sudoeste do Setor Tabajara (Figura 13), e também nos limites norte e nordeste do Setor Estanho, onde o terreno apresenta as maiores altitudes (Figura 11). São rochas graníticas da Suíte Intrusiva Serra da Providência (QUADROS E RIZZOTTO, 2007).

No ambiente de savana o substrato rochoso é constituído por arenitos mapeados como Formação Palmeiral por Quadros e Rizzotto (2007), ocorrendo nos Setores Tabajara e Estanho, como relevos residuais, eventualmente encobertos por vegetação lenhosa (Figuras 14 e 15). No Setor Tabajara são encontrados seixos de quartzo que permaneceram após o retrabalhamento do arenito e encontram-se distribuídos junto à matriz arenosa do solo.

FIGURA 13 - GRANITOS SOB A VEGETAÇÃO DE FLORESTA NAS PROXIMIDADES DO RIO MACHADO (PONTILHADOS AMARELO) A 3 KM AO SUL DO PONTO T1-FLO. AO FUNDO A ÁREA MAIS PLANA DE SAVANA.



AUTORA: Rafaela D'Amico, 2014.

FIGURA 14 - AFLORAMENTOS DE ARENITOS (RELEVOS RESIDUAIS) NO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA A APROXIMADAMENTE 12 KM DO PONTO T3-SA.



AUTORA: Rafaela D'Amico, 2014.

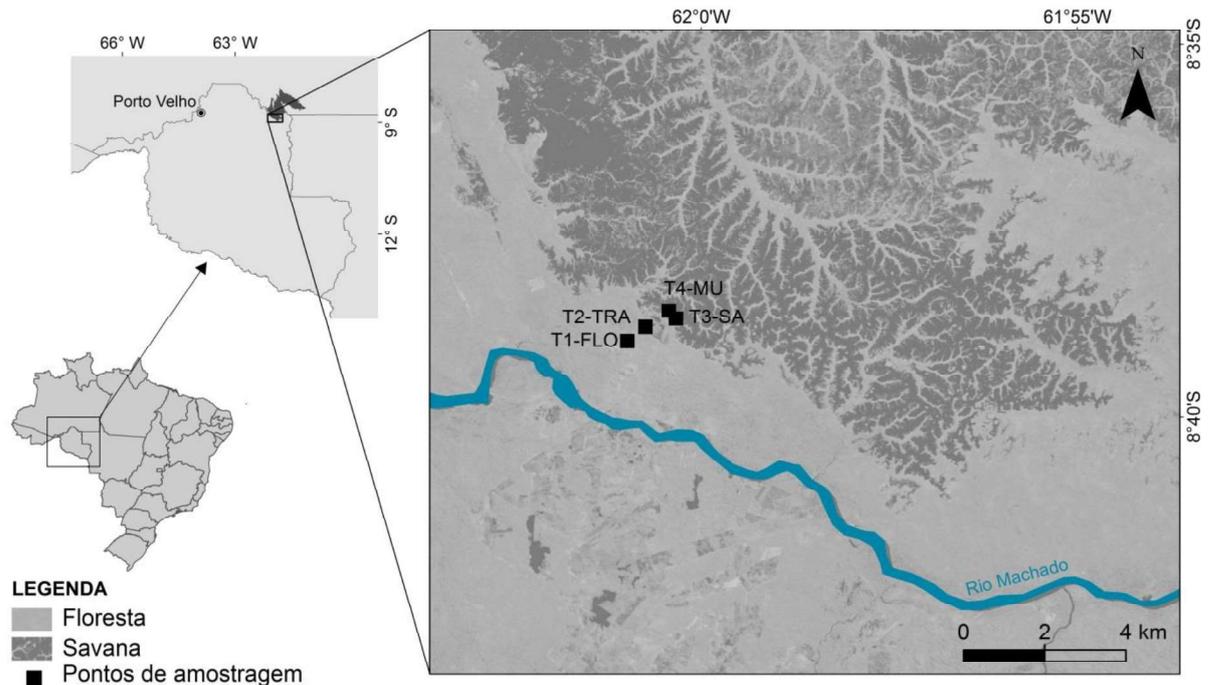
FIGURA 15 - AFLORAMENTO DE ARENITO EM PROCESSO DE INTEMPERISMO NO AMBIENTE SAVANA DO SETOR ESTANHO A APROXIMADAMENTE 30 KM DO PONTO E2-SA.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

No Setor Tabajara foram coletadas amostras em quatro perfis verticais (trincheiras) representativos de ambientes de fitofisionomias diferentes, em um transecto com sequência de vegetação floresta, transição, savana e murundu, correspondendo aos Pontos T1-FLO, T2-TRA e T3-SA, e T4-MU (Figura 16).

FIGURA 16 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NO SETOR TABAJARA.



FONTE: USGS - LANDSAT OLI 8 (2015).

O Ponto T1-FLO está situado em ambiente de floresta ombrófila aberta, caracterizado por uma vegetação distribuída em estratos com dossel constituídos por árvores de grande porte (20 e 30 m), Figura 17A.

O Ponto T2-TRA localiza-se na transição entre a vegetação de floresta ombrófila aberta e a vegetação de savana. É constituído por vegetação dos tipos herbácea e arbórea e, este último tipo ocorre com densidade mais baixa e indivíduos possuindo menor porte quando comparados aos da floresta (Figura 17B). Nesse ambiente verifica-se o incremento de serapilheira em decomposição, visualmente incorporada nos primeiros centímetros do solo.

FIGURA 17 - (A) AMBIENTE DE FLORESTA DO SETOR TABAJARA COM ÁRVORES DE GRANDE PORTE QUE COMPÕEM O ESTRATO SUPERIOR DA FLORESTA (PONTO T1-FLO). (B) AMBIENTE DE TRANSIÇÃO DO SETOR TABAJARA COM VEGETAÇÃO DE CONTATO ENTRE FLORESTA E SAVANA (PONTO T2-TRA).



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

Na sequência, o Ponto T3-SA (Figura 18) é constituído por vegetação de savana com predomínio de gramíneas e de modo subordinado de arbustos. Nas proximidades deste ponto de amostragem ocorre vegetação arbórea de forma isolada ou distribuída em agrupamentos semicirculares com diâmetros variando de 10 a 30 metros (Figura 19), caracterizando, neste caso, murundus (Ponto T4-MU). Tratam-se de “ilhas” de vegetação sobre relevos que se destacam em meio às gramíneas e são descritas por Oliveira-Filho e Furley (1990) como montes protegidos do encharcamento de campos circundantes. Comumente são encontrados em áreas alagadiças, com sua formação ligada a agentes bióticos e abióticos. Ocorrem no Brasil Central e em áreas de savanas do Mato Grosso e no sul do estado de Rondônia (OLIVEIRA-FILHO; FURLEY, 1990; MARINON et al., 2012).

FIGURA 18 - AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA COM PREDOMINÂNCIA DA VEGETAÇÃO DO TIPO GRAMÍNEA (PONTO T3-SA).



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

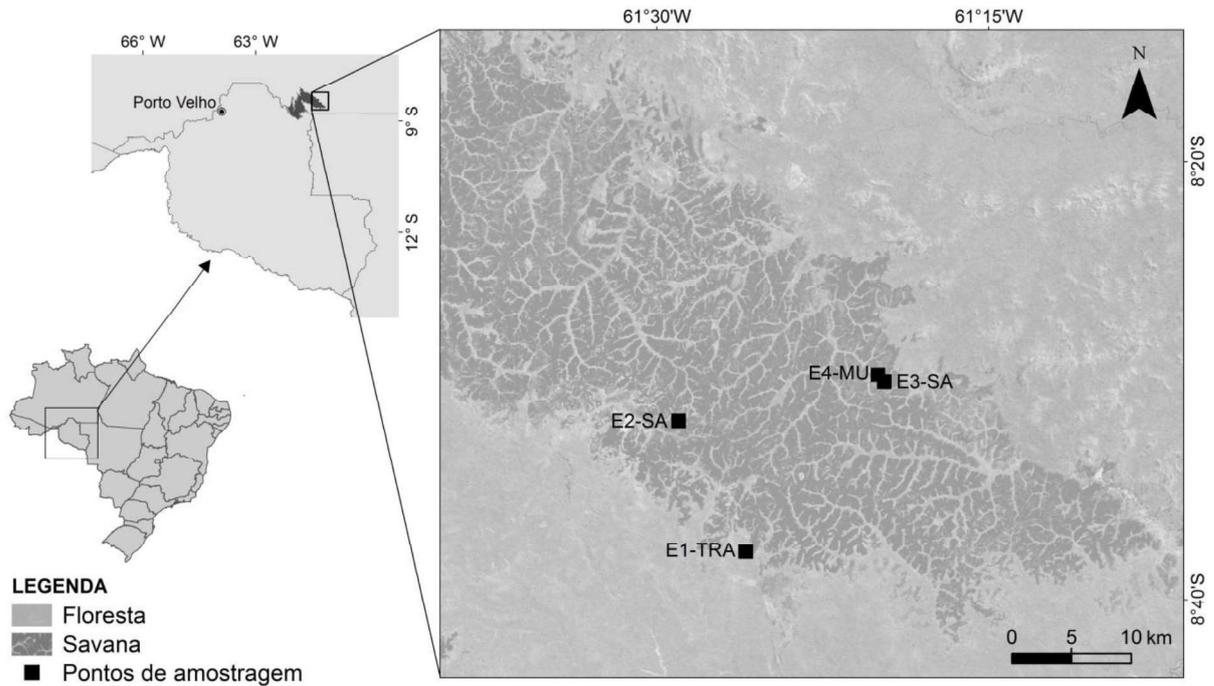
FIGURA 19 - VEGETAÇÃO ARBÓREA (MURUNDU) EM MEIO ÀS GRAMÍNEAS (PONTO T4-MU).



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

No Setor Estanho foram coletadas amostras em perfis verticais de solo (trincheiras) em pontos representativos do ambiente transição (E1-TRA), do ambiente de savana (E2-SA e E3-SA) e em murundu (E4-MU), Figura 20.

FIGURA 20 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM NO SETOR ESTANHO.



FONTE: USGS - LANDSAT OLI 8 (2015).

A vegetação da transição no Setor Estanho (perfil E1-TRA) exibe uma fitofisionomia similar à transição do Setor Tabajara (Figura 21) com plantas arbóreas em menor densidade quando comparadas à floresta.

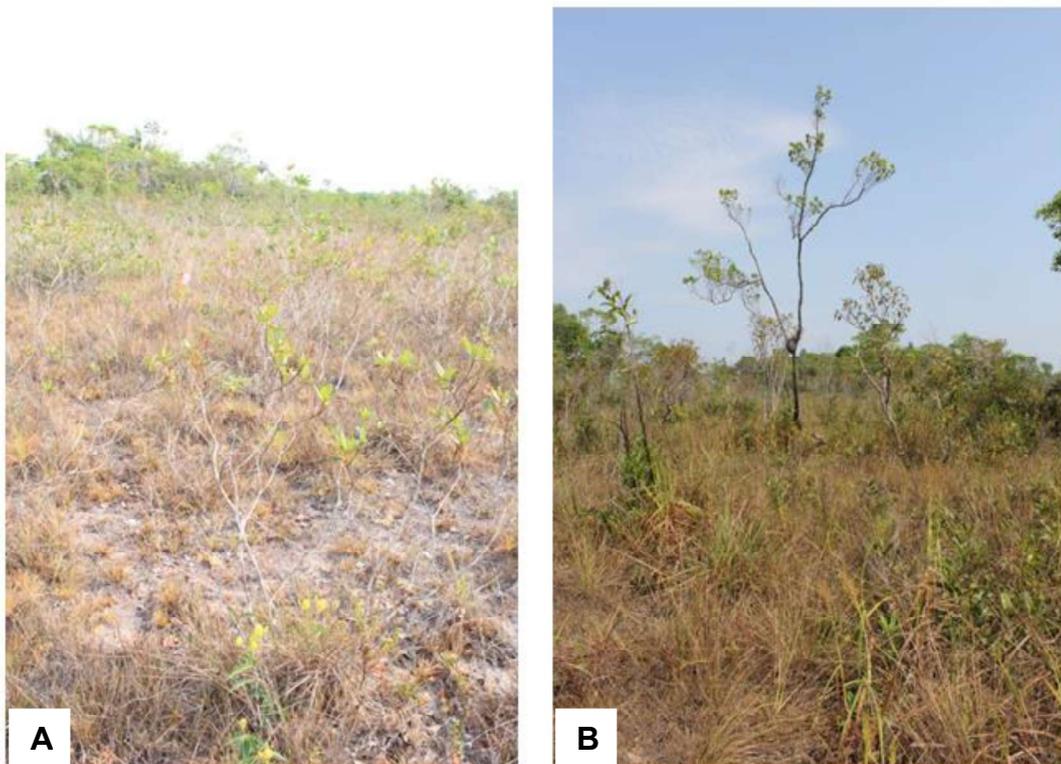
A savana do Setor Estanho possui uma diversidade maior de tipos fitofisionômicos quando comparada com o Setor Tabajara onde áreas com predomínio somente de gramíneas (campos limpos) são mais raras. Esta savana apresenta um estrato formado por plantas herbáceas e arbustos em meio às gramíneas, assim como plantas arbóreas pouco desenvolvidas (Figura 22). Neste ambiente de savana foram realizados os perfis verticais E2-SA, E3-SA e E4-MU, sendo o primeiro localizado na porção central e os dois últimos na porção nordeste da fitofisionomia.

FIGURA 21 - AMBIENTE DE TRANSIÇÃO DO SETOR ESTANHO (PONTO E1-TRA): (A) VEGETAÇÃO DE TRANSIÇÃO; E (B) SERAPILHEIRA NA SUPERFÍCIE DO SOLO.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

FIGURA 22 - AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR ESTANHO: (A) AMBIENTE COM PREDOMINÂNCIA DA VEGETAÇÃO DO TIPO HERBÁCEA; E (B) VEGETAÇÃO ARBÓREA EM MEIO ÀS GRAMÍNEAS E ARBUSTOS.



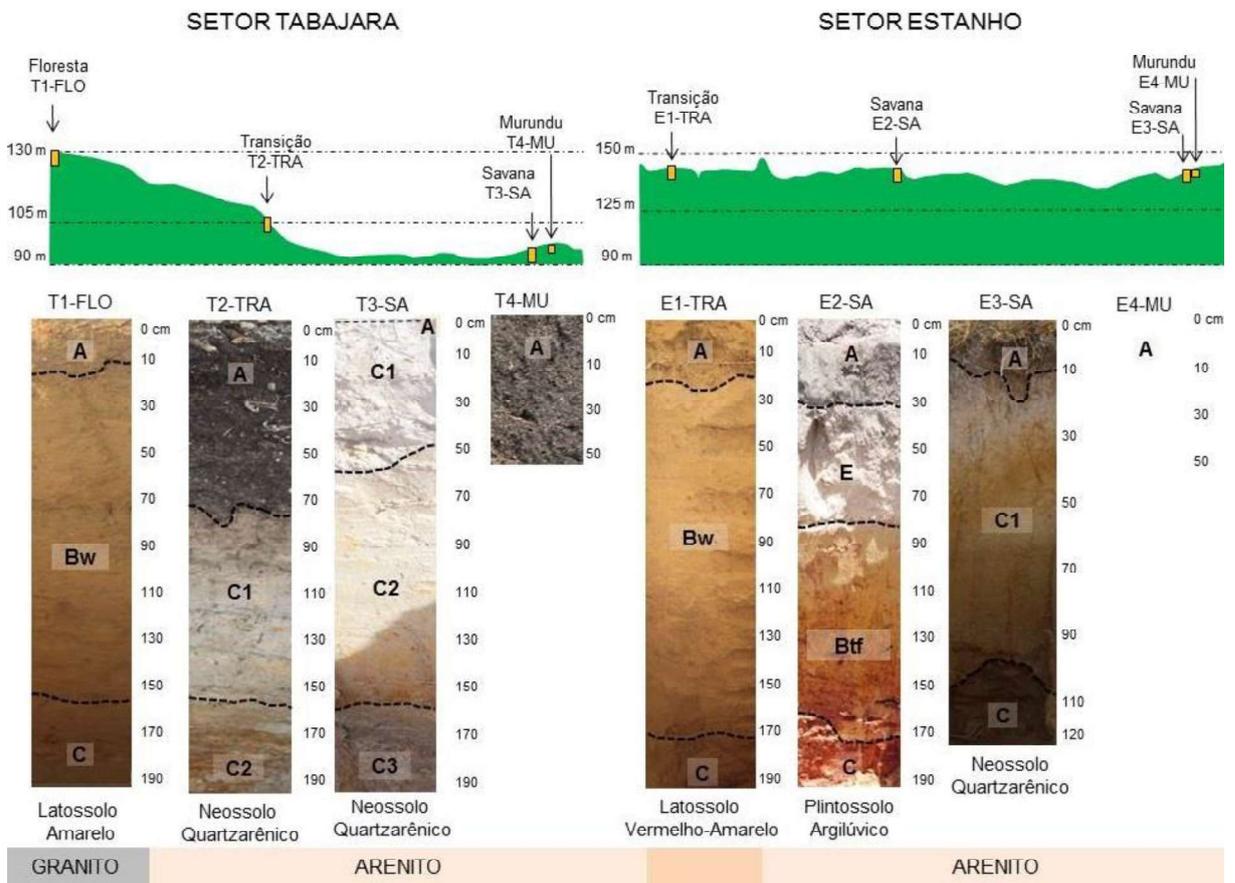
AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

5.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, MINERALÓGICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS

Os perfis verticais de solos realizados nos ambientes de floresta, transição, savana e murundu dos Setores Tabajara e Estanho estão representados na Figura 23.

Para a caracterização das partículas dos solos de estudo foram realizadas análises granulométricas, mineralógicas e químicas nas amostras dos perfis verticais T1-FLO, T2-TRA, T3-SA, T4-MU (Setor Tabajara) e E1-TRA, E2-SA, E3-SA e E4-MU (Setor Estanho). As dosagens elementares de carbono e de nitrogênio ocorreram nas amostras de solos dos perfis verticais T1-FLO, T2-TRA, T3-SA e E1-TRA, E2-SA, E3-SA.

FIGURA 23 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO CORTE DO TERRENO MOSTRANDO OS PERFIS VERTICAIS DOS SOLOS (TRINCHEIRAS) COM INTERVALOS DE AMOSTRAGEM EM CENTÍMETROS, INCLUINDO OS TRANSECTOS FLORESTA (T1-FLO), TRANSIÇÃO (T2-TRA), SAVANA (T3-SA) E MURUNDU (T4-MU) DO SETOR TABAJARA E TRANSIÇÃO (E1-TRA), SAVANA (E2-SA; E3-SA) E MURUNDU (E4-MU) DO SETOR ESTANHO.



O solo do perfil T1-FLO sob floresta corresponde ao tipo Latossolo Amarelo, possui coloração bruno-amarelado-escuro no horizonte A em função do enriquecimento em matéria orgânica, seguido por um material vermelho-amarelado, prevalecendo no horizonte Bw (Tabela 1). A partir de então, ainda no horizonte Bw, essa coloração se intensifica em profundidade.

O solo do ambiente de transição (perfil T2-TRA) possui concentrações mais enriquecidas em matéria orgânica em sua porção de superfície (horizonte A) tornando-o mais escurecido até 50 cm de profundidade (Figura 23). Na sequência do perfil, na parte inicial do horizonte C1 ocorre intervalo de aproximadamente 20 cm de coloração bruno-pálida constituída por areias de textura média a grossa, além de seixos com até 4 cm de diâmetro com graus de arredondamentos variados. Em seguida, como consequência do excesso de água, o material torna-se menos escurecido e, gradativamente, ocorrem porções mosqueadas predominando as cores vermelhas em meio a matriz branco-amarelada. Neste setor foi possível a identificação do lençol freático em superfície em diversos locais no mês de fevereiro, e a 160 cm no perfil T2-TRA no mês de julho, em função de sua má drenagem.

O perfil realizado no ambiente de savana (T3-SA), apresenta horizonte A incipiente, com baixo teor de matéria orgânica, com até 5 mm de espessura. O horizonte C1 é constituído por um material esbranquiçado até com 50 cm de profundidade e, gradativamente, se torna amarelo-pálido no horizonte C2. Conforme a profundidade aumenta neste horizonte, porções mosqueadas amarelo-avermelhadas se intensificam até o horizonte C3 (Figura 23). Semelhante ao que ocorreu no solo do ambiente de transição (T2-TRA) o lençol freático aflorou a 140 cm de profundidade neste T3-SA.

No murundu, representado pelo perfil T4-MU, ocorre solo de cor acinzentada escura até a profundidade analisada (50 cm). Além de concentrações elevadas de materiais orgânicos, apresenta-se mais úmido quando comparados com o solo de savana de seu entorno nesse mesmo intervalo de profundidade.

No ambiente de savana desse setor foram identificados elementos botânicos adaptados a solo úmidos, sob condições de hidromorfismo, como indivíduos do gênero *Drosera* e tufos de líquens.

No ambiente de transição do Setor Estanho (E1-TRA) o solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo apresentou um material levemente escurecido no horizonte A (bruno forte) seguido por coloração vermelho-amarelada no horizonte Bw, até 170 cm.

A partir de então se inicia um sutil mosqueamento de coloração vermelho-escura que se intensifica no sentido do horizonte C.

No ambiente de savana do Setor Estanho o perfil E2-SA apresenta sequência de horizontes A-E-Btf-C, com transições planas, abruptas e claras, correspondendo ao tipo Plintossolo Argilúvico (Figura 23). O horizonte A apresenta coloração bruno-acinzentada muito escuro, seguido do horizonte E branco e o horizonte Btf bruno muito pálido com porções amarelo-avermelhada. Neste horizonte, ocorrem plintitas e eventuais porções mosqueadas e úmidas (imperfeitamente drenadas). Na sequência (horizonte C) ocorre um material intemperizado com características texturais ainda associadas ao arenito (zona saprolítica), que se inicia a partir de 160 cm de profundidade.

O perfil E3-SA constituído pela sequência A-C, caracteriza-se como Neossolo Quartzarênico (Figura 23). O horizonte A tem coloração bruno-acinzentado, seguido pelo horizonte C1, com transições entre bruno pálido e amarelo e o horizonte C2 (zona saprolítica) onde predomina a coloração vermelho-amarelada (Tabela 1).

As proporções das frações areia, silte e argila (Tabela 1) evidenciam que os solos dos Setores Tabajara e Estanho são arenosos, predominando partículas da fração areia em relação às frações silte e argila nas profundidades analisadas, com processos de eluviação atuantes.

Os resultados da composição granulométrica das amostras de solos do perfil T1-FLO demonstram pouca variação entre os horizontes, caracterizando a textura do Latossolo Amarelo como franco argilo-arenosa. Exibem predominância da fração areia (67,6% e 57,2%) em relação às frações silte (7,9% e 8%) e argila (24,5% e 34,8%), respectivamente, nos horizontes Bw e C (Tabela 1).

Diferente do solo sob floresta, as análises granulométricas das amostras do perfil T2-TRA (Neossolo Quartzarênico) foram realizadas em quatro intervalos, duas representativas do horizonte C1 em função de mudanças na textura (Figura 23). Este perfil vertical evidencia a mobilidade das partículas da fração argila com enriquecimentos em níveis mais profundos no solo (>72 cm).

TABELA 1 - RESULTADOS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS E OS ATRIBUTOS TEXTURAIS E CROMÁTICOS. AMOSTRAS DE SOLOS COLETADAS NOS PERFIS VERTICAIS DE FLORESTA (T1-FLO), TRANSIÇÃO (T2-TRA), SAVANA (T3-SA) E MURUNDU (T4-MU) DO SETOR TABAJARA E TRANSIÇÃO (E1-TRA), SAVANA (E2-SA E E3-SA) E MURUNDU (E4-MU) DO SETOR ESTANHO.

HORIZONTE E PROFUNDIDADE (CM)	GRANULOMETRIA (%)			TEXTURA ¹	COR ³ (úmida)
	ARG	SIL	ARE		
SETOR TABAJARA					
T1-FLO (LATOSSOLO AMARELO)					
A (0 -10 cm)	-	-	-	-	10YR 4/6 (Bruno amarelado escuro)
Bw (10 - 160 cm)	24,5	7,9	67,6	Franco argilo arenosa	10YR 5/8 (Vermelho amarelado)
C (160 -190 cm)	34,8	8	57,2	Franco argilo arenosa	5YR 6/6 (Vermelho amarelado)
T2-TRA (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO)					
A (0 - 50 cm)	3,7	1,4	94,9	Areia	2.5Y 4/1 (Acinzentado escuro)
C1 (50 -72 cm)	2,8	0,9	96,3	Areia	2.5Y 7/3 (Bruno pálido)
C1 (72 - 169 cm)	13,1	10,1	76,8	Areia franca	2.5Y 8/1 (Branco)
C2 (169 -190 cm)	18,7	14	67,3	Franco arenosa	2.5Y 8/1 (Branco)
T3-SA (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO)					
A (0 - 0,5 cm)	-	-	-	-	2.5Y 4/1 (Acinzentado escuro)
C1 (0,5 - 50 cm)	3,5	0,2	96,3	Areia	7,5YR 8/1 (Branco)
C2 (50 - 160 cm)	11,3	11,2	77,5	Areia franca	2.5Y 8.5/2 (Amarelo pálido e Branco)
C3 (160 - 190 c m)	-	-	-	-	-
T4-MU					
A (0 - 40 cm)	19,3 ²	80,7		Areia franca	2.5Y 4/1 (Acinzentado escuro)
SETOR ESTANHO					
E1-TRA (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO)					
A (0 - 10 cm)	13,3	5,9	80,8	Areia franca	7.5YR 4/6 (Bruno forte)
Bw (10 - 170 cm)	23,1	5,4	71,5	Franco arenosa	5YR 5/8 (Vermelho amarelado)
C (170 - 190 cm)	22,3	5,1	72,6	Franco arenosa	5YR 5/8 (Vermelho amarelado)
E2-SA (PLINTOSSOLO ARGILÚVICO)					
A (0 - 30 cm)	5,4	20,2	74,4	Areia franca	10YR 3/2 (Bruno acinzentado escuro)
E (31 - 51 cm)	2,3	9,1	88,6	Areia	10YR 8/1 (Branco)
E (52 - 78 cm)	5,8	7,4	86,8	Areia franca	10YR 7/3 (Bruno muito pálido)
Btf (79 -1 40 cm)	19,5	35,5	45,2	Franca	10YR 8/4 (Bruno muito pálido)
Btf (140 - 161 cm)	18,3	40,6	41,1	Franca	10R 3/6 (Vermelho escuro)
C (162+)	12,6	41,8	45,6	Franca	10R 4/8 (Vermelho)
E3-SA (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO)					
A (0 -15 cm)	-	-	-	-	-
C1(15 - 50 cm)	2,6	3,4	94	Areia	2.5Y 5/2 (Bruno acinzentado)
C1 (50 - 65 cm)	0,9	2,2	96,9	Areia	2.5Y 8/2 (Bruno pálido)
C1 (65 - 100 cm)	10,9	4,7	84,4	Areia franca	2.5Y 8/6 e 2.5Y 8/2 (Amarelo e Bruno pálido)
C2 (100 - 120 cm)	6,7	17,3	76	Areia franca	7.5YR 6/6 (Amarelo avermelhado)
E4-MU					
A (0 - 40 cm)	28,8 ²	71,2		Areia franca	2.5Y 4/1 (Acinzentado escuro)

ARG - Argila / **SIL** - Silte / **ARE** - Areia.

¹Classificação segundo Santos (2013); ² Argila + Silte; ³ Cor (Munsell) da matriz.

A fração areia é predominante chegando a 94,9% no intervalo do horizonte superficial, enriquecendo para 96,3% no intervalo de 50 a 72 cm do horizonte C1. Os valores de argila nesses intervalos são similares (3,7 e 2,8%), entretanto, a coloração diverge pelos maiores conteúdos de material orgânico no intervalo de superfície. A partir de 72 cm de profundidade ocorre o enriquecimento das frações silte e argila chegando à base do perfil com 14% de silte e 18,7% de argila.

As amostras do perfil T3-SA (Neossolo Quartzarênico) revelam que no horizonte C1 a fração areia prevalece em proporções semelhantes ao solo do ambiente de transição chegando a 96,3% de areia, seguida de 3,5% de argila e 0,2% de silte. No horizonte C2 os teores de argila aumentam para 11,3% e de silte para 11,2%. A textura arenosa do solo varia de forma abrupta da classe areia no horizonte C1 para a classe areia franca no C2, possivelmente como reflexo do processo de eluviação. Em profundidade, a umidade se eleva até a saturação total do solo na base do perfil prevalecendo a consistência pegajosa em meio à textura ainda arenosa. No murundu (perfil T4-MU), o nível de areia é de 80,7%, inferior ao encontrado no solo do entorno sob a vegetação de savana.

No perfil E1-TRA (Latosolo Vermelho-Amarelo) do Setor Estanho, a composição granulométrica do horizonte A apresentou 80,8% de areia, 5,9% de silte e 13,3% de argila. Nos horizontes Bw e C a distribuição granulométrica foi similar quanto aos teores de silte (5,4 e 5,1%) e de argila (23,1 e 22,3%), caracterizando a textura nestas profundidades como franco arenosa (Tabela 1).

No perfil E2-SA (Plintossolo Argilúvico), apesar das concentrações das partículas da fração areia serem relativamente elevadas em relação às frações de silte e argila nos horizontes A e E (Tabela 1), a partir horizonte Btf ocorre uma inversão desta tendência, ou seja, as partículas da fração areia diminuem e as partículas de silte mais argila ultrapassam a proporção da fração areia. A textura no perfil E2-SA varia entre franca arenosa e franca.

No perfil do solo E3-SA, a distribuição das partículas se mantém similar aos demais Neossolos identificados nos ambientes de transição e savana do Setor Tabajara. No horizonte C1 os teores de areia atingem 96,9%, em seguida os teores de argila e silte se enriquecem até a base do perfil chegando ao saprólito (C2) com 6,72% de argila e 17,28% de silte. Por outro lado, próximo deste perfil, no murundu (E4-MU), os níveis de areia não ultrapassaram 80% no intervalo de 0 a 40 cm de profundidade.

Estes resultados, onde ocorre o predomínio da fração areia são similares aos apresentados por Meneses (2010) para os regolitos (solos, saprólitos e linhas de pedras) da paisagem de transição (savana e floresta) em Roraima onde a textura arenosa prevalece nos dois ambientes. Em contrapartida, divergem na distribuição granulométrica encontrada nos solos da região de Manicoré/AM (CAMPOS et al., 2010) e de Humaitá/AM (GOUVEIA, 1996; ROSOLEN; HERPIN, 2008; CAMPOS et al., 2012), onde predomina a fração argila.

A distribuição das partículas de areia nas amostras de solos dos perfis verticais evidenciou a predominância da fração areia média nos ambientes de transição, savana e murundu do Setor Tabajara e nos ambientes de savana e murundu do Setor Estanho (Figuras 24 e 25). Nos Neossolos Quartzarênicos do Setor Tabajara, a proporção dos grãos na fração areia média predominam em relação às outras frações com teores superiores a 60% nos horizontes analisados.

Nos perfis E2-SA, E3-SA (ambiente savana) e E4-MU (ambiente murundu) do Setor Estanho, as frações de areia média também predominam, porém, com teores mais empobrecidos pelo maior incremento da fração de areia grossa. As areias dos perfis E2-SA (Plintossolo Argilúvico) e do E3-SA (Neossolo Quartzarênico) encontram-se com selecionamento dos grãos de moderado a bem selecionados e formas bem arredondadas, apresentando, assim, alta porosidade que diminui somente em locais onde ocorrem variações granulométricas significativas, como nas amostras do Neossolo Quartzarênico do perfil T2-TRA (ambiente de transição).

FIGURA 24 - PORCENTAGENS DAS FRAÇÕES DE AREIA FINA, MÉDIA, GROSSA E MUITO GROSSA DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO, T2-TRA, T3-SA E T4-MU, SETOR TABAJARA.

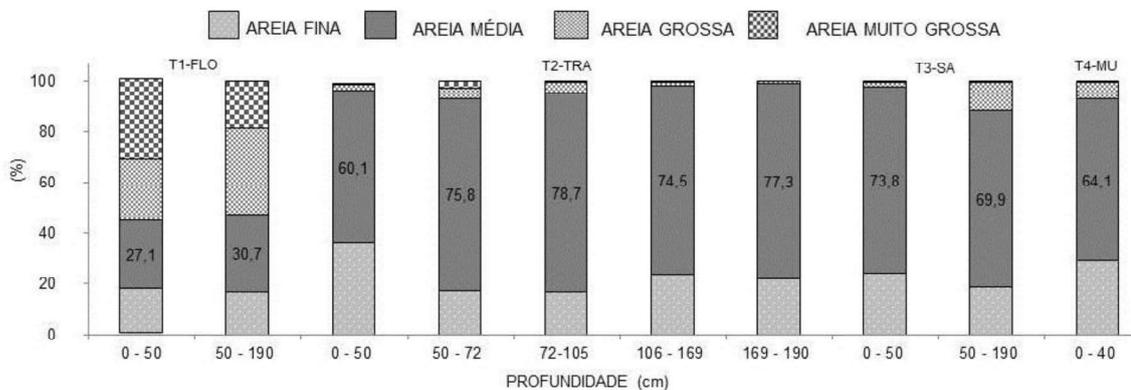
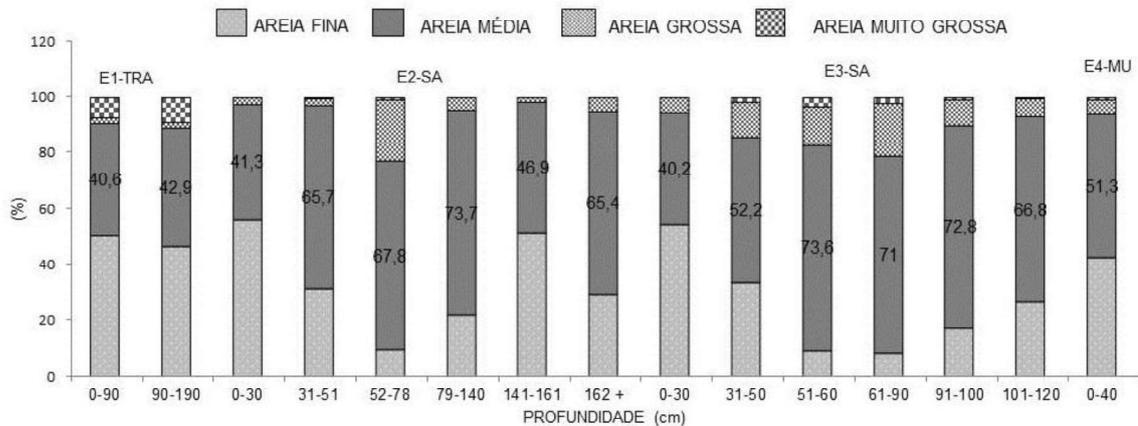


FIGURA 25 - PORCENTAGEM DAS FRAÇÕES DE AREIA FINA, MÉDIA, GROSSA E MUITO GROSSA DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS E1-TRA, E2-SA, E3-SA E E4-MU, SETOR ESTANHO.



Entre os minerais da fração areia dos solos de estudo dos Setores Tabajara e Estanho, o quartzo ocorre de modo predominante em relação às outras fases minerais (67,8 a 100%). Em quantidades subordinadas ocorrem hidróxidos de ferro (0 a 9,8%), feldspato (0 a 22,6%), micas (0 a 5,5%), ilmenita (0 a 1,4%) e rutilo (0 a 1%). O zircão, anatásio, monazita e afrisita completam os constituintes minerais em quantidades inferiores a 1% (Tabela 2).

No perfil T1-FLO (Latossolo Amarelo) sob floresta do Setor Tabajara a mineralogia da fração areia é constituída por quartzo com 89% no horizonte Bt, enriquecendo para 94% no horizonte C. Os hidróxidos de ferro (9,8 e 4,6%) encontram-se predominantemente na fração areia muito grossa, enquanto que os cristais de ilmenita (1,3 e 1,4%) ocorrem exclusivamente nas frações areia fina e muito fina, bem como os cristais de rutilo e zircão em quantidades inferiores a 1% na fração areia muito fina.

Diferente do Latossolos Amarelos, nos horizontes superficiais dos perfis T2-TRA, T3-SA T4-MU (Neossolos Quartzarênicos), o quartzo ocorre como o único constituinte mineral da fração areia.

Na savana (perfil T3-SA), os grãos de quartzo do solo além de serem bem selecionados, arredondados a bem arredondados variam entre transparentes e leitosos (Figura 26). No horizonte C3 do perfil T3-SA as concentrações de quartzo diminuem para 94,8% e no solo sob a vegetação de transição para 68,4%, em função da participação do feldspato (5,2 e 41,6%). Completando os constituintes minerais

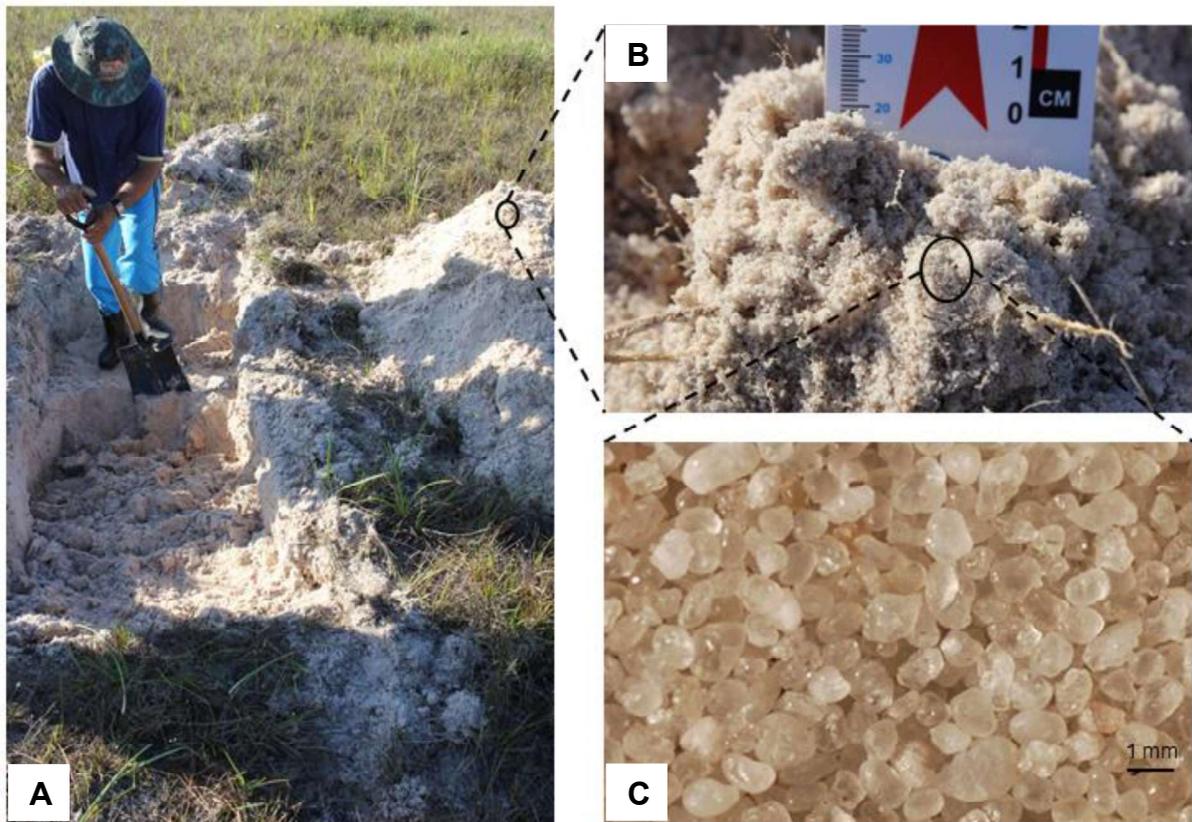
destes horizontes, o rutilo, micas e zircão estão em quantidades inferiores a 1% na fração areia muito fina.

TABELA 2 - PORCENTAGEM EM VOLUME (%) DE MINERAIS DA FRAÇÃO AREIA DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS DE SOLO T1-FLO, T2-TRA, T3-SA E T4-MU DO SETOR TABAJARA E E1-TRA, E2-SA, E3-SA E E4-MU DO SETOR ESTANHO. (-) AUSÊNCIA E (T) TRAÇO.

HORIZONTE E PROFUNDIDADE (cm)	QTZ	H-Fe	ILM	RUT	MCS	FDSP	ZRC	ANT	MNZ	AFT
SETOR TABAJARA										
T1-FLO										
A (0 - 10 cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bw (10 - 160 cm)	88,9	9,8	1,3	t	-	-	t	-	-	-
C (160 - 190 cm)	94	4,6	1,4	t	-	-	-	-	-	-
T2-TRA										
A (0 - 50 cm)	100	-	-	t	-	t	-	-	-	-
C1 (50 - 72 cm)	96,7	-	-	-	-	3,3	-	-	-	-
C1 (72 - 169 cm)	75,2	-	-	t	t	24,8	-	-	-	-
C2 (169 - 190 cm)	68,4	-	-	t	t	41,6	-	-	-	-
T3-SA										
C1 (0 - 50 cm)	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2 (50 - 160 cm)	94,8	-	-	t	-	5,2	-	-	-	-
C3 (160 - 190 cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T4-MU										
A (0 - 20 cm)	100	-	-	t	-	-	-	-	-	-
A (20 - 40 cm)	100	-	t	t	-	-	-	-	-	-
SETOR ESTANHO										
E1-TRA										
A (0 - 10 cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bw (10 - 170 cm)	82,4	11,6	6	t	-	-	-	t	-	-
C (170 - 190 cm)	83,7	14,9	1,4	t	-	-	-	t	-	-
E2-SA										
A (0 - 30 cm)	99	1	t	t	-	-	t	t	-	-
E (31 - 51 cm)	97,5	2,5	t	t	-	t	-	t	t	-
E (52 - 78 cm)	97,1	2,9	t	t	-	-	t	-	-	-
Bt (79 - 140 cm)	94,9	5,1	-	-	t	t	t	t	-	t
Bt (140 - 161 cm)	90,4	9,6	t	t	t	t	t	-	-	-
C (162+ cm)	67,8	9,6	t	-	t	22,6	t	-	-	-
E3-SA										
A (0 - 15 cm)	99,3	-	t	0,7	-	-	-	t	-	-
C1 (15 - 50 cm)	99,8	-	t	0,2	-	-	-	t	-	-
C1 (50 - 65 cm)	99,9	-	-	t	0,1	-	-	t	-	-
C1 (65 - 100 cm)	93	1,5	-	t	5,5	t	t	t	-	-
C2 (100 - 120 cm)	96,8	t	-	-	3,2	-	-	t	-	-
E4-MU										
A (0 - 20 cm)	98,9	-	0,1	1	-	-	t	t	-	-
A (20 - 40 cm)	99	-	0,2	0,8	-	-	-	t	-	-

Minerais: QTZ - quartzo/ H-Fe - hidróxido de ferro/ ILM - ilmenita/ RUT - rutilo/ MCS - micas/ FDSP - feldspato/ ZRC - zircão/ ANT - anatásio/ MNZ - monazita/ AFT - afrisita. (-) ausência e (t) traço.

FIGURA 26 - (A) SOLO SOB VEGETAÇÃO COM SUNÚSIAS GRAMINOIDES; (B) E (C) DETALHE MOSTRANDO A PREDOMINÂNCIA DO MINERAL QUARTZO DISTRIBUÍDO EM GRÃOS DE AREIA BEM SELECIONADOS E BEM ARREDONDADOS NO NEOSSOLO QUARTZARÊNICO - PERFIL T3-SA.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

Os constituintes minerais identificados e sua distribuição nas partículas de areia sugerem ,semelhança entre os solos dos ambientes de transição, savana e murundu do Setor Tabajara permitindo fazer inferências desses minerais derivarem de um mesmo contexto rochoso como área fonte (arenitos da Formação Palmeiral, mapeados por QUADROS; RIZZOTTO, 2007).

No Setor Estanho, o quartzo ocorre como o constituinte mineralógico predominante nos solos sob a vegetação de transição e de savana, com teores que variam de 67,8 a 99,9%.

Apesar das amostras do Plintossolo Argilúvico e do Neossolo Quartzarênico conterem em sua composição mineralógica basicamente o quartzo, outros minerais primários foram encontrados principalmente nas amostras do perfil E2-SA que, a partir do início da zona saprolítica, exibiu teores mais enriquecidos em feldspato, sobretudo na fração areia média. Os minerais encontrados na fração areia deste solo (quartzo, hidróxidos de ferro, feldspato e traços de zircão, ilmenita, rutilo e anatásio).

Os solos do ambiente de murundu (E4-MU) acompanham os constituintes minerais dos solos do entorno (ambiente savana), no entanto, divergem na distribuição dos teores. Os minerais primários identificados nos solos do ambiente savana do Setor Estanho, com tendência ao enriquecimento com a profundidade são indícios de que essas porções ainda conservam relação composicional com o material de origem e, assim como no Setor Tabajara, esses minerais sugerem sua origem de um mesmo contexto rochoso (arenitos da Formação Palmeiral).

Os resultados do pH, MO, H+Al, CTC, M e V das amostras dos perfis T1-FLO, T2-TRA, T3-SA, T4-MU (Setor Tabajara) e E1-TRA, E2-SA, E3-SA e E4-MU (Setor Estanho) estão listados na Tabela 3.

Seus valores de potencial hidrogeniônico (3,8 a 5,4) são similares a outros solos ácidos da região Amazônica, analisados por Campos et al. (2010), Gouveia (1996) e Martins et al. (2006).

Na sequência dos solos do transecto floresta, transição e savana do Setor Tabajara, o perfil T1-FLO (ambiente floresta) possui no horizonte superficial (0 a 10 cm) 11,9 g.kg⁻¹ de MO e, conforme a profundidade aumenta, seus valores empobrecem (até 4,5 g.kg⁻¹). No perfil T2-TRA (ambiente transição), a 10 cm de profundidade, os teores de MO estão mais empobrecidos (9,5 g.kg⁻¹), contudo, a 30 cm de profundidade, oposto à amostra de solo da floresta, os teores de MO enriquecem para 18,9 g.kg⁻¹ tornando a cair na profundidade seguinte (4,0 g.kg⁻¹).

O perfil de solo sob savana (T3-SA) exhibe os conteúdos de MO relativamente mais empobrecidos quando comparados com os ambientes de floresta e transição. Por outro lado, verifica-se que o solo do perfil T4-MU mostra as maiores concentrações de MO (21 e 24,2 g.kg⁻¹) quando comparadas com teores dos demais solos estudados do Setor Tabajara (Tabela 3).

TABELA 3 - ANÁLISES QUÍMICAS DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS AMBIENTES DE TRANSIÇÃO (T2-TRA), SAVANA (T3-SA) E MURUNDU (T4-MU) DO SETOR TABAJARA E TRANSIÇÃO (E1-TRA), SAVANA (E2-SA; E3-SA) E MURUNDU (E4-MU) DO SETOR ESTANHO.

PERFIL	PROFUNDIDADE (cm)	pH	MO	H+Al	CTC	m	v
		água	g.kg ⁻¹	cmolc.dm ⁻³		%	
SETOR TABAJARA							
T1-FLO	10	3,8	11,9	6,6	6,72	94	2
	30	4,1	7,0	4,1	4,17	97	1
	50	4,1	4,5	3,8	3,85	96	1
T2-TRA	10	4,1	9,5	4,8	4,85	95	1
	30	4,2	18,9	6,4	6,57	92	2
	50	4,4	4,0	2,8	2,86	94	2
T3-SA	10	5,0	2,0	0,5	0,53	88	6
	30	5,1	1,0	0,3	0,36	91	8
	50	4,8	2,0	3,8	4,02	93	6
T4-MU	10	4,3	24,2	11,7	12,00	92	2
	40	4,7	21,0	12,0	12,16	97	1
SETOR ESTANHO							
E1-TRA	10	4,2	6,0	5,0	5,06	90	2
	30	4,2	7,5	3,8	3,86	94	2
	50	4,2	5,0	3,6	3,68	94	1
E2-SA	10	4,8	20,9	6,1	6,25	90	2
	30	4,5	5,5	4,1	4,18	95	1
	50	5,0	3,0	1,7	1,73	89	4
E3-SA	10	4,8	5,0	2,0	2,05	88	3
	30	5,2	2,0	0,5	0,55	81	10
	50	5,4	1,5	2,0	2,01	91	2
E4-MU	10	4,4	40,1	21,0	21,33	92	2
	30	5,0	17,2	7,6	7,67	96	1
	50	5,2	7,5	5,3	5,37	94	2

Assim, os resultados dos conteúdos de matéria orgânica revelam tendência decrescente em seus teores na sequência floresta, transição e savana, enriquecendo nos solos do ambiente de murundu.

Verifica-se, também, que nos ambientes com maior densidade de vegetação (floresta, transição e murundu) encontram-se as maiores concentrações de MO (até 24,2 g.kg⁻¹) quando comparadas com as amostras de solos de ambiente savana o qual apresentou conteúdos mais empobrecidos (≤ 2 g.kg⁻¹).

Com relação aos conteúdos de matéria orgânica nos solos do Setor Estanho, os valores mais enriquecidos apresentam-se próximos à superfície dos perfis verticais analisados. Entretanto, no perfil de solo sob vegetação de transição houve enriquecimento a 30 cm de profundidade voltando a diminuir no intervalo seguinte (50 cm), assim como ocorreu nas amostras do perfil de transição estudado no Setor Tabajara. Por outro lado, comportamento decrescente conforme o aumento da profundidade ocorreu nos solos sob savana (E2-SA e E3-SA) e no solo do ambiente de murundu (E4-MU).

Ao se analisar o conteúdo de matéria orgânica nos solos dos ambientes de transição e savana do Setor Estanho não se observam variações significativas. No entanto, os solos do ambiente de murundu compõem os maiores teores ($40,1 \text{ g.kg}^{-1}$ a 10 cm de profundidade), indicando relação com os conteúdos mais enriquecidos de silte e argila, que podem viabilizar uma condição hídrica mais favorável ao desenvolvimento e aporte de espécies arbóreas, como as que ocorrem neste ambiente.

Os valores da capacidade de troca catiônica (CTC) nos perfis analisados apresentam comportamentos similares aos da matéria orgânica nos solos dos ambientes de estudo e seus maiores valores concentram-se no ambiente de murundu, demonstrando o expressivo efeito da matéria orgânica para as condições das demais propriedades dos solos (Tabela 3).

As porcentagens de saturação por alumínio nas amostras de solos analisadas nos dois setores de estudo são superiores a 80% (T3-SA, E2-SA e E3-SA) e ultrapassam os 90% nos solos da floresta, transição e murundus (Tabela 3).

Em termos regionais, solos com acidez elevada, saturação por bases muito baixas e saturação por alumínio muito elevada favorecem a lixiviação dos nutrientes (BASTOS, 2015; CAMPOS et al., 2010, 2012; FREITAS, 1999; GOUVEIA, 1996; MARTINS et al., 2006). Consequentemente, exibem conteúdos empobrecidos dos micronutrientes Cu, Mn e Zn, e dos macronutrientes P, K, Ca e Mg, como verificado nos solos analisados dos Setores Tabajara e Estanho (Tabela 4).

Teores de fósforo de 1 mg.dm^{-3} foram dosados nas amostras de solos de estudo, exceto nas amostras dos perfis T4-MU e E4-MU que variam de 3 a 5 mg.dm^{-3} . Os conteúdos de potássio, cálcio e magnésio apresentam-se empobrecidos nas amostras analisadas, confirmando a baixa saturação por base, porém, com

enriquecimentos relativos de seus conteúdos nos solos de ambiente de murundus (Tabela 4).

TABELA 4 - TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS DE FLORESTA (T1-FLO), TRANSIÇÃO (T2-TRA), SAVANA (T3-SA) E MURUNDU (T4-MU) DO SETOR TABAJARA, BEM COMO DE TRANSIÇÃO (E1-TRA), SAVANA (E2-SA; E3-SA) E MURUNDU (E4-MU) DO SETOR ESTANHO.

PERFIL	PROFUNDIDADE (cm)	P	K	Ca	Mg	Al	Cu	Fe	Mn	Zn
		mg.m ³	cmolc.dm ⁻³				mg.dm ⁻³			
SETOR TABAJARA										
T1-FLO	10	1	0,06	0,03	0,03	1,72	0,24	491,48	2,39	1,03
	30	1	0,02	0,01	0,01	1,32	0,71	568,52	2,50	0,92
	50	1	0,02	0,01	0,02	1,28	0,16	305,37	4,51	0,60
T2-TRA	10	1	0,02	0,01	0,03	1,31	0,0	3,66	0,63	0,58
	30	1	0,07	0,01	0,06	1,52	0,0	26,18	0,74	0,93
	50	1	0,02	0,01	0,03	0,89	0,07	2,11	0,67	0,58
T3-SA	10	1	0,01	0,01	0,01	0,23	0,25	6,58	0,45	0,68
	30	1	0,01	0,01	0,01	0,29	0,32	6,33	0,48	0,77
	50	1	0,06	0,01	0,15	2,80	0,25	20,64	0,41	1,17
T4-MU	10	3	0,14	0,03	0,12	3,42	0,0	29,26	1,35	0,93
	40	1	0,09	0,01	0,02	3,36	0,0	16,37	0,94	0,62
SETOR ESTANHO										
E1-TRA	10	1	0,03	0,04	0,04	1,01	0,11	733,57	1,18	0,76
	30	1	0,02	0,02	0,02	0,98	0,45	894,73	2,00	0,78
	50	1	0,02	0,02	0,01	0,86	0,16	698,20	2,41	0,66
E2-SA	10	1	0,08	0,02	0,05	1,33	0,0	281,26	1,21	0,74
	30	1	0,03	0,02	0,01	0,99	0,05	253,72	0,03	0,66
	50	1	0,02	0,05	0,01	0,60	0,05	46,35	0,64	0,47
E3-SA	10	1	0,04	0,02	0,01	0,50	0,30	902,39	0,51	0,93
	30	1	0,02	0,02	0,01	0,22	0,32	130,23	0,37	0,55
	50	1	0,01	0,01	0,01	0,32	0,21	138,33	0,38	0,64
E4-MU	10	5	0,19	0,05	0,13	4,44	0,0	223,02	3,56	1,55
	30	4	0,05	0,01	0,02	1,84	0,0	211,99	1,12	0,96
	50	3	0,05	0,01	0,03	1,37	0,09	100,00	1,23	1,02

Os valores de potássio variam de 0,01 a 0,14 cmolc.dm⁻³. O teor mais enriquecido (0,14 cmolc.dm⁻³) refere-se à amostra coletada a 10 cm de profundidade do perfil T4-MU. Para o cálcio, valores de 0,01 a 0,02 cmolc.dm⁻³ são verificados na

maior parte das amostras coletadas sendo que esses valores se enriquecem até 0,05 cmolc.dm^{-3} nos ambientes de floresta, transição e murundu. O resultado de magnésio mostra-se sem variações significativas, exceto em amostras dos perfis T3-SA, T4-MU e E4-MU, com valores acima de 0,10 cmolc.dm^{-3} .

As concentrações de alumínio, ao contrário dos outros elementos analisados, são mais enriquecidas, principalmente nos solos do ambiente de murundu, com 3,42 e 3,36 cmolc.dm^{-3} no perfil T4-MU e 4,44 cmolc.dm^{-3} no perfil E4-MU.

Para os micronutrientes ferro e manganês, as maiores concentrações estão nas amostras do perfil T1-FLO (Setor Tabajara) com teores de ferro acima de até 568,52 mg.dm^{-3} . No Setor Estanho, as amostras de seus perfis exibem teores elevados de ferro com concentrações de 281,26 a 902,39 mg.dm^{-3} a 10 cm de profundidade nos ambientes de transição, savana e murundu.

Os teores dos macronutrientes e micronutrientes dosados nas amostras de solos listados na Tabela 4 mostram enriquecimentos acentuados nos solos de ambiente de murundu, em relação às amostras dos perfis dos ambientes de savana, transição e floresta.

O carbono orgânico total das amostras de solos dos perfis T1-FLO, T2-TRA e T3-SA, Setor Tabajara (Tabela 5), apresenta teores com um comportamento decrescente em relação à profundidade a partir de 50 cm. Entre as amostras de solos dos ambientes de estudo, das maiores para as menores concentrações estão, respectivamente, o ambiente de floresta, seguido pela transição e a savana.

Por outro lado, as amostras do perfil T2-TRA exibem uma inversão nos teores de carbono orgânico total em seus intervalos próximos à superfície, assim como ocorreu no conteúdo de matéria orgânica. Da primeira (10 cm) para a segunda profundidade (30 cm) os teores de carbono orgânico total aumentam e, em seguida, diminuem a 50 e 70 cm de profundidade. A partir de então, verifica-se uma alternância de aumento e diminuição de seus teores. Neste ambiente de transição (T2-TRA), a 30 cm de profundidade, foi possível obter a dosagem do maior teor de carbono do solo analisado (1,89%) quando comparado aos teores das demais amostras de solos tanto do Setor Tabajara (Figura 27) quanto do Setor Estanho (Figura 29).

Nas amostras do perfil T3-SA a incorporação de matéria orgânica é menor, como pode ser observado nos resultados obtidos para a MO (1 e 2 g.kg^{-1}). O carbono orgânico total das amostras de solos do perfil apresenta-se mais empobrecido em relação às amostras dos ambientes de floresta e transição. Os resultados indicam uma

oscilação dos teores a 50 cm de profundidade onde se elevam para 0,27%, representando o maior valor entre as amostras deste perfil (Figura 27). A contar desta profundidade (50 cm) verifica-se um comportamento decrescente dos teores de carbono orgânico total até a base do perfil (190 cm).

TABELA 5 - TEORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%), NITROGÊNIO TOTAL (%) E RAZÃO C/N (%) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS VERTICAIS DOS AMBIENTES DE FLORESTA (T1-FLO), TRANSIÇÃO (T2-TRA) E SAVANA (T3-SA), SETOR TABAJARA.

PROFUNDIDADE (cm)	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%)	NITROGÊNIO TOTAL (%)	C/N (%)
T1-FLO (LATOSSOLO AMARELO)			
10	1,54	0,142	10,83
30	0,83	0,075	11,02
50	0,6	0,063	9,53
70	0,49	0,050	9,86
90	0,41	0,041	9,95
110	0,31	0,034	9,08
130	0,28	0,029	9,68
150	0,29	0,029	10,1
170	0,23	0,024	9,37
190	0,2	0,020	10,83
T2-TRA (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO)			
10	0,93	0,068	13,72
30	1,89	0,147	12,82
50	0,27	0,025	10,92
70	0,17	0,012	13,91
90	0,24	0,036	6,61
110	0,2	0,024	8,2
130	0,12	0,014	8,28
150	0,1	0,010	10,2
170	0,08	0,008	10,37
190	0,05	0,005	13,72
T3-SA (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO)			
10	0,1	0,010	9,8
30	0,05	0,006	8,33
50	0,27	0,036	7,5
70	0,18	0,025	7,08
90	0,14	0,018	7,55
110	0,08	0,008	10
130	0,06	0,006	10,66
150	0,05	0,004	11,5
170	0,04	0,002	18
190	0,03	0,001	28

FIGURA 27 - VARIAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO (◆ AMBIENTE FLORESTA), T2-TRA (■ AMBIENTE TRANSIÇÃO) E T3-SA (▲ AMBIENTE SAVANA) DO SETOR TABAJARA.

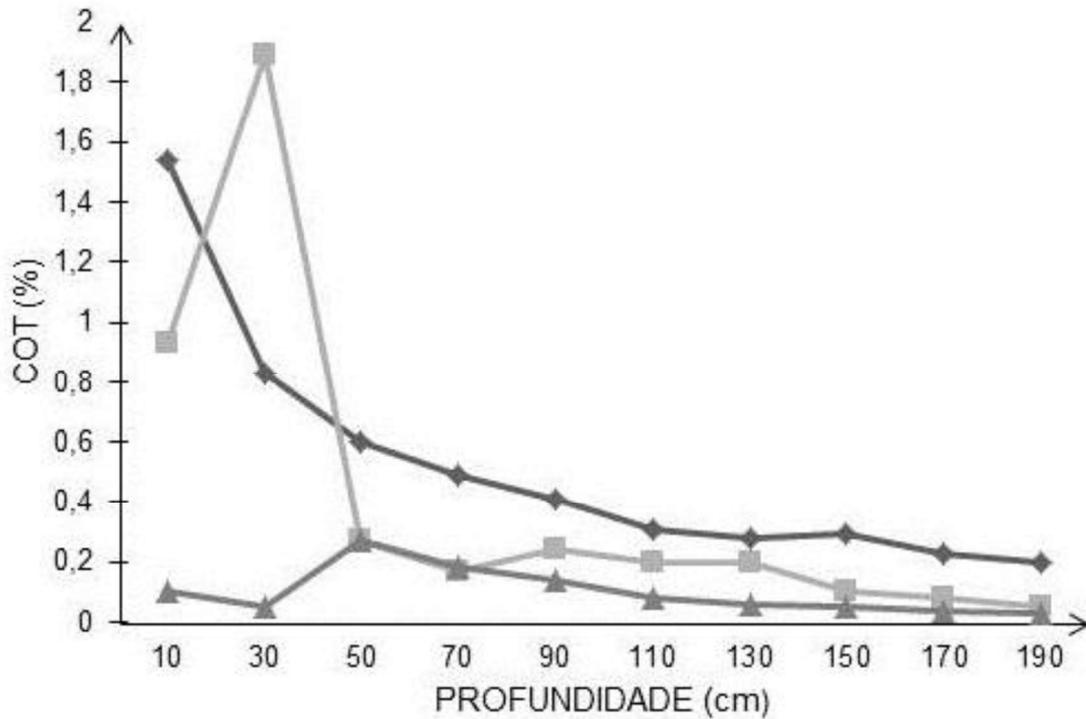
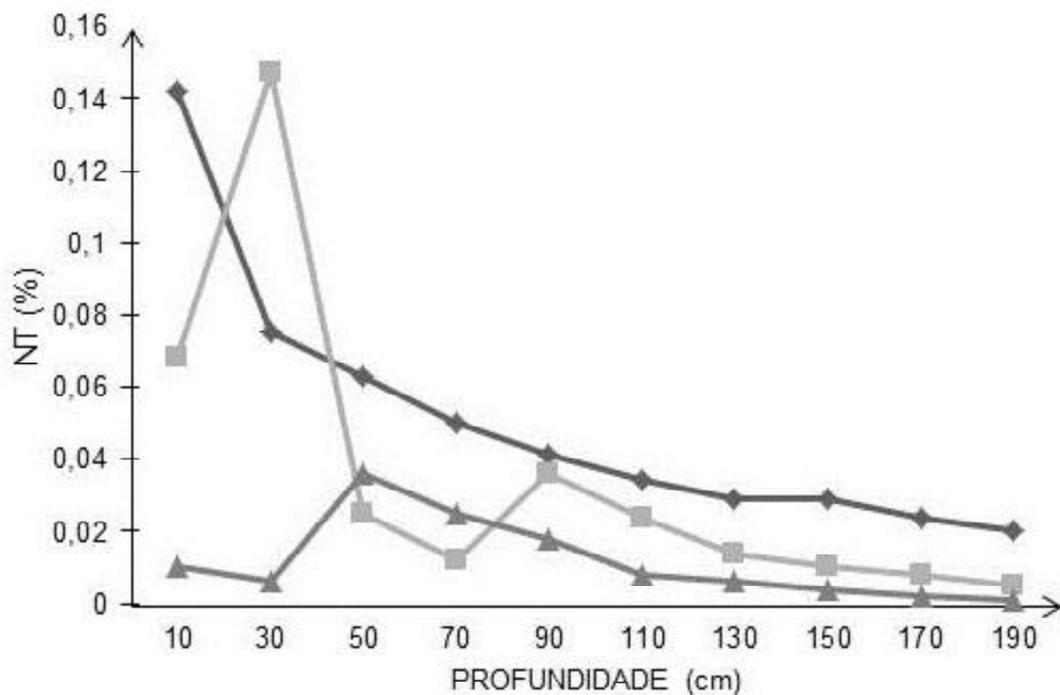


FIGURA 28 - VARIAÇÃO DOS TEORES DE NITROGÊNIO TOTAL (NT) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS T1-FLO (◆ AMBIENTE FLORESTA), T2-TRA (■ AMBIENTE TRANSIÇÃO) E T3-SA (▲ AMBIENTE SAVANA) DO SETOR TABAJARA.



Os conteúdos de nitrogênio total dos solos das amostras do Setor Tabajara (Tabela 5) revelam uma tendência decrescente com a profundidade, mantendo, assim, o comportamento semelhante ao verificado para o carbono orgânico total. Este comportamento pode ser observado nas amostras do perfil T2-TRA que exibem uma alternância de valores nas profundidades de 10 cm (0,068%) e 30 cm (0,147%), apresentando, a partir desta profundidade (30 a 190 cm), oscilações em seus teores (0,010 a 0,025%). Nas amostras do perfil T3-SA (savana), assim como no carbono orgânico, estão mais empobrecidas em seus teores quando comparadas às amostras dos ambientes de floresta e transição (Tabela 5; Figura 28).

Os resultados da razão C/N (Tabela 5) relacionados ao solo sob floresta do perfil T1-FLO apresentam-se com pouca dispersão permanecendo com valores próximos a 10%. Isto pode indicar uma matéria orgânica mais enriquecida em nitrogênio possibilitando a viabilização de uma decomposição mais rápida da matéria orgânica ou, ainda, um material com maior grau de humificação relacionado tanto com a estabilidade do carbono no solo quanto com a fertilidade, conforme menciona Lima (2008).

Os valores de C/N para as amostras dos perfis de solos sob transição (T2-TRA) e savana (T3-SA) registram as variações mais significativas, com valores de 13,72 a 6,61%. Nas profundidades próximas à superfície (0 a 10 cm) a amostra de solo do perfil T2-TRA apresentou valor da razão C/N mais enriquecido (13,72%) quando comparado ao solo sob floresta (10,83%) na mesma profundidade, como indícios de uma possível decomposição mais lenta da matéria orgânica no solo neste ambiente de transição.

No Setor Estanho, os resultados dos conteúdos de carbono orgânico total dos perfis de solos sob transição (E1-TRA) e savana (E2-SA; E3-SA) demonstram a inexistência de um comportamento decrescente com a profundidade (Tabela 6).

Apesar das amostras de solos do ambiente de transição (perfil E1-TRA) não apresentarem diferenças significativas em seus conteúdos de carbono orgânico total nos intervalos analisados, elas se apresentam mais enriquecidas em relação aos teores das amostras do ambiente de savana (E2-SA e E3-SA), Figura 32.

O conteúdo do nitrogênio total das amostras do Setor Estanho segue o mesmo comportamento do carbono total das amostras dos perfis de estudo, com valores mais enriquecidos no perfil E1-TRA e oscilações composicionais principalmente a partir de 50 cm de profundidade (Figuras 29 e 30).

Com relação à razão carbono orgânico total e ao nitrogênio total (C/N), seus valores mais elevados correspondem às amostras de solos do ambiente de transição (E1-TRA), Tabela 6. Por outro lado, os teores das amostras dos perfis E2-SA e E3-SA (ambiente de savana) exibem valores mais empobrecidos conforme a profundidade.

TABELA 6 - TEORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%), NITROGÊNIO TOTAL (%) E RAZÃO C/N (%) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS VERTICAIS DOS AMBIENTES DE TRANSIÇÃO (E1-TRA) E SAVANA (E2-SA; E3-SA), SETOR ESTANHO.

PROFUNDIDADE (cm)	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%)	NITROGÊNIO TOTAL (%)	C/N (%)
E1-TRA (LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO)			
10	0,86	0,073	11,80
30	0,87	0,079	11
50	0,65	0,059	10,94
70	0,49	0,042	11,71
90	0,36	0,031	11,58
110	0,36	0,028	12,71
130	0,34	0,027	12,74
150	0,31	0,023	13,43
170	0,34	0,026	12,92
190	0,41	0,034	11,97
E2-SA (PLINTOSSOLO ARGILÚVICO)			
10	1,05	0,102	10,26
30	0,52	0,047	11,08
50	0,17	0,015	11,2
70	0,12	0,015	8,06
90	0,18	0,033	5,57
110	0,19	0,026	7,38
130	0,16	0,020	8,05
150	0,18	0,019	9,47
170	0,07	0,011	6,72
190	0,04	0,006	7,33
E3-SA (NEOSSOLO QUARTZARÊNICO)			
10	0,38	0,039	9,61
30	0,13	0,013	10,15
50	0,15	0,018	8,44
70	0,12	0,013	9,07
90	0,14	0,016	8,56
110	0,08	0,009	8,33

FIGURA 29 - VARIAÇÃO DOS TEORES DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS E1-TRA (◆ AMBIENTE TRANSIÇÃO), E2-SA (■ AMBIENTE SAVANA) E E3-SA (▲ AMBIENTE SAVANA) DO SETOR ESTANHO.

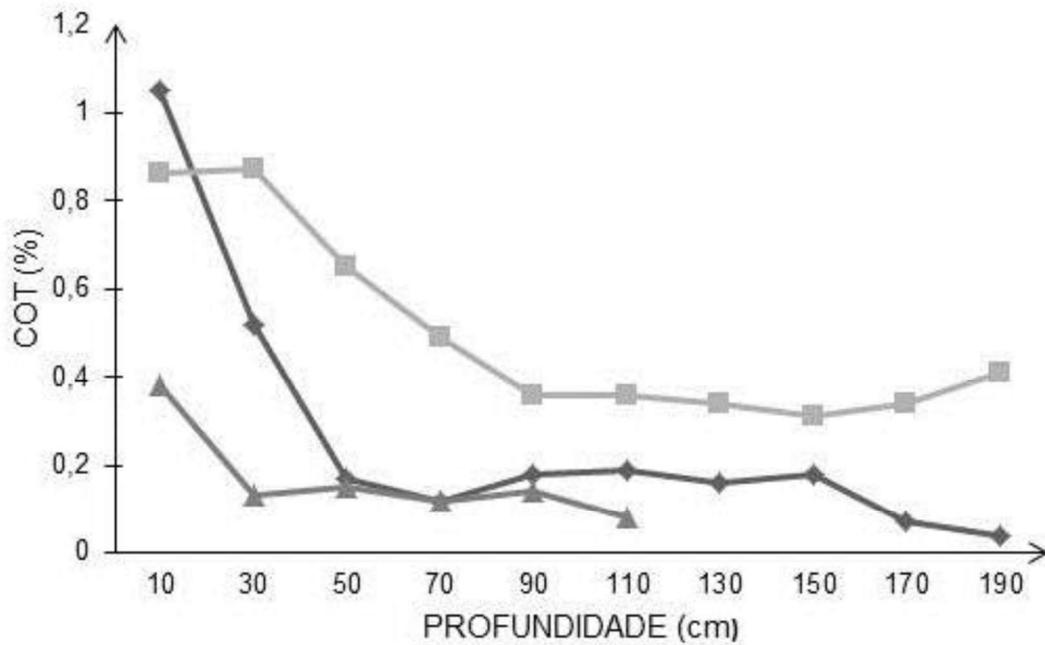
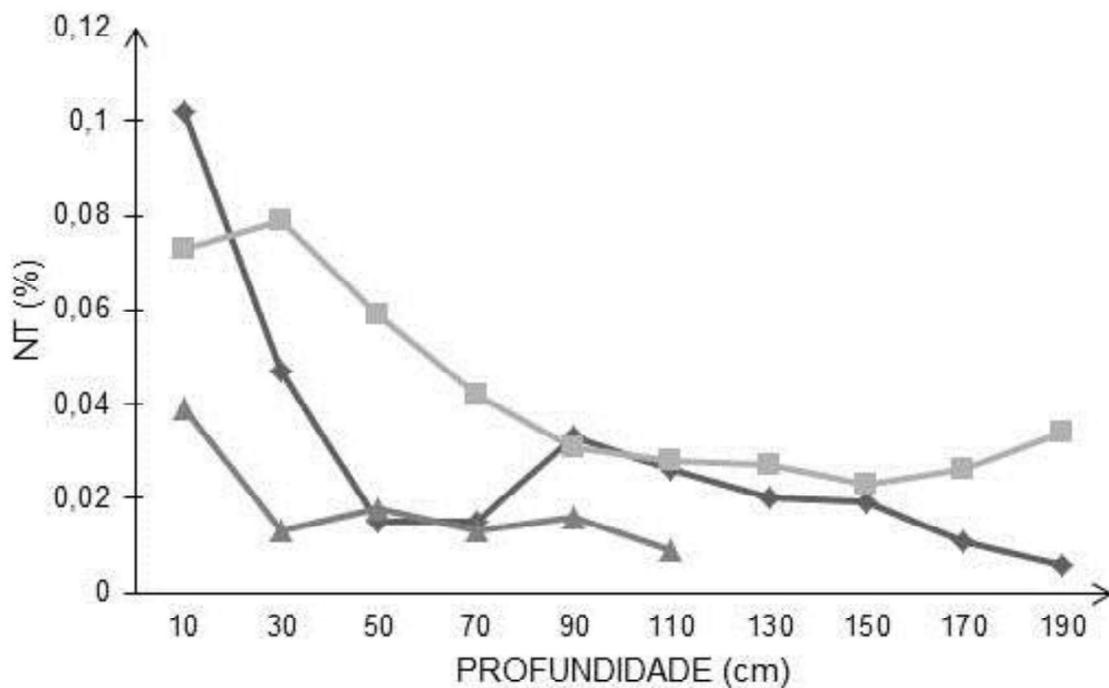


FIGURA 30 - VARIAÇÃO DOS TEORES DE NITRÓGENO TOTAL (NT) DAS AMOSTRAS DE SOLOS DOS PERFIS E1-TRA (◆ AMBIENTE TRANSIÇÃO), E2-SA (■ AMBIENTE SAVANA) E E3-SA (▲ AMBIENTE SAVANA) DO SETOR ESTANHO.



5.3 CARACTERIZAÇÃO DA COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO ($\delta^{13}\text{C}$ E ^{14}C): SETORES TABAJARA E ESTANHO

Os resultados da composição isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica do solo (MOS) nos perfis verticais T1-FLO, T2-TRA e T3-SA do Setor Tabajara e E1-TRA, E2-SA e E3-SA do Setor Estanho estão listados na Tabela 7. Para a avaliação dos resultados e classificação do tipo de vegetação foram considerados os valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ sugeridos por Boutton (1991), onde as plantas C_3 encontram-se no intervalo de -20‰ a -32‰ e as plantas C_4 de -9‰ a -17‰ .

TABELA 7 - VALORES DE $\delta^{13}\text{C}$ (‰) DA MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS DO SETOR TABAJARA DOS PERFIS T1-FLO (AMBIENTE FLORESTA), T2-TRA (AMBIENTE TRANSIÇÃO), T3-SA (AMBIENTE SAVANA) E DO SETOR ESTANHO PERFIS E1-TRA (AMBIENTE TRANSIÇÃO) E E2-SA; E3-SA (AMBIENTE SAVANA).

COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DO CARBONO ($\delta^{13}\text{C}$ ‰ PDB) DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO						
Profundidade (cm)	T1-FLO	T2-TRA	T3-SA	E1-TRA	E2-SA	E3-SA
10	-28,11	-27,92	-23,92	-27,32	-15,89	-18,72
30	-26,55	-28,26	-24,70	-26,55	-16,35	-19,38
50	-25,68	-27,37	-26,68	-25,05	-17,24	-21,60
70	-24,99	-27,59	-27,21	-25,50	-21,10	-22,55
90	-24,49	-28,01	-27,39	-24,16	-20,75	-21,19
110	-24,17	-27,99	-26,52	-24,95	-19,79	-20,70
130	-24,14	-27,86	-26,09	-24,81	-19,31	
150	-24,53	-25,04	-24,76	-24,67	-19,66	
170	-23,77	-25,07	-22,72	-24,59	-24,75	
190	-23,88	-22,39	-24,33	-23,86	-24,82	

Nas amostras dos perfis de solos analisados nos dois setores de estudo os valores de $\delta^{13}\text{C}$ variam de $-28,26\text{‰}$ a $-15,89\text{‰}$. No Setor Tabajara os valores variam de $-28,26\text{‰}$ a $-22,39\text{‰}$, com média de $-25,74\text{‰}$, situados no intervalo de $\delta^{13}\text{C}$ característico de plantas C_3 (-32‰ a -20‰).

Nas amostras de solos dos ambientes de floresta T1-FLO (Latosolo Amarelo) e transição T2-TRA (Neossolo Quartzarênico), mesmo com uma leve tendência de enriquecimento de $\delta^{13}\text{C}$ nas porções mais profundas (respectivamente $-23,88\text{‰}$ e $-22,39\text{‰}$) em relação à superfície (respectivamente $-28,11\text{‰}$ e $-27,92\text{‰}$) dos perfis verticais, os valores obtidos de $\delta^{13}\text{C}$ indicam a permanência das plantas C_3 .

Por sua vez, o solo sob savana T3-SA (Neossolo Quartzarênico) exhibe valores de $\delta^{13}\text{C}$ similares aos ambientes de floresta e transição (C_3), porém, oscilando com a profundidade. Ainda neste perfil T3-SA, a MOS do intervalo de coleta de superfície (0 a 10 cm) apresentou valor de $\delta^{13}\text{C}$ de $-23,92\%$, todavia, a contribuição da matéria orgânica da vegetação atual provém de gramíneas.

Analisando a composição $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica nas amostras de solos nas profundidades de cada ambiente do Setor Tabajara verifica-se que a maior diferença entre seus conteúdos ocorre nas amostras de solos do ambiente transição ($-5,87\text{‰}$) seguido das amostras do ambiente savana ($-4,61\text{‰}$) e floresta ($-4,56\text{‰}$), contudo, todos os perfis apresentaram em superfície sinais isotópicos relativos as plantas do ciclo fotossintético C_3 .

No Setor Estanho, a composição $\delta^{13}\text{C}$ da matéria orgânica nas amostras de solos sob savana exhibe resultados contrários aos da savana do Setor Tabajara. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ próximos à superfície (0 a 10 cm) referentes aos perfis E2-SA (Plintossolo Argilúvico) e E3-SA (Neossolo Quartzarênico) foram, respectivamente, $-15,89\text{‰}$ e $-18,72\text{‰}$, característicos de plantas do tipo C_4 ou mistura C_3/C_4 . Entretanto, da base para a superfície do perfil vertical apresenta descontinuidades composicionais a 90 e 70 cm de profundidade no perfil E2-SA e a 70 cm no perfil E3-SA, indicando valores de mistura de plantas C_3 e C_4 (Tabela 7).

A MOS de transição do perfil E1-TRA (Latossolo Vermelho-Amarelo) exhibe o valor de $\delta^{13}\text{C}$ de $-27,32\text{‰}$ a 10 cm de profundidade referente às plantas do tipo C_3 . Ao longo do perfil verifica-se comportamento contrário aos obtidos na MOS dos solos estudados sob savana do Setor Estanho, passando a empobrecer da base ($-23,86\text{‰}$) para a superfície ($-27,32\text{‰}$) do perfil. Este empobrecimento isotópico ocorreu de forma gradual com a diminuição da profundidade, apesar disso manteve a ocorrência de valores relativos às plantas C_3 .

As datações por ^{14}C foram determinadas na matéria orgânica dos solos (MOS) nos perfis T1-FLO, T2-TRA, T3-SA e E1-TRA e em fragmentos de carvão nos perfis T1-FLO e E1-TRA (Figura 31).

No solo do perfil T1-FLO (Latossolo Amarelo) encontrou-se fragmentos de carvão com peso de até 2,135g (Figura 32) concentrados, principalmente, a 100 e 130 cm de profundidade. No perfil E1-TRA (Latossolo Vermelho-Amarelo) do Setor Estanho) os fragmentos deste material foram encontrados entre as profundidades de 60 a 170 cm.

No Setor Tabajara as idades obtidas por ^{14}C revelam que a MOS sob floresta do perfil T1-FLO apresenta 3.445 anos AP a 50 cm e 9.535 anos AP a 150 cm de profundidade. As datações realizadas em fragmentos de carvão encontrados neste perfil a 100 cm e 130 cm de profundidade mostram, nesta ordem, valores de >45.000 e 49.000 anos AP.

No perfil T2-TRA (Neossolo Quartzarênico), os resultados mostram idades de 9.682 anos AP (150 cm de profundidade) e de ~147 anos AP (50 cm de profundidade). O valor mais recente obtido a 50 cm de profundidade possivelmente deve-se à entrada de matéria orgânica nova, ocasionada por um provável desequilíbrio no processo de decomposição, como indicado nos resultados de C/N.

A datação da matéria orgânica do solo sob savana no perfil T3-SA (Neossolo Quartzarênico) indicou a idade de 5.317 anos AP a 50 cm de profundidade mostrando-se mais antiga quando comparada com a idade da MOS sob floresta (3.445 anos AP), na mesma profundidade de 50 cm.

No Setor Estanho, as datações revelam na profundidade de 50 cm a idade de 726 anos AP na MOS do ambiente savana do perfil E2-SA (Plintossolo Argilúvico), enquanto que a datação na MOS de transição do perfil E1-TRA mostra idade de 1.745 anos AP, e nos fragmentos de carvão coletados a 60 cm de profundidade aponta idade superior (3.140 anos AP). Ainda, no perfil E1-TRA a 150 cm de profundidade a idade de 6.451 anos AP foi obtida na MOS completando o cenário do aumento da idade com a profundidade. Porém, a idade obtida de fragmentos do carvão a 170 cm de profundidade foi mais recente em relação a MOS de 150 cm (6.177 anos AP). Possivelmente esse comportamento encontra-se relacionado às atividades das térmitas que movimentam esses materiais, como já verificado no estudo de Gouveia (2001).

A MOS do Setor Estanho exhibe idades mais recentes que as obtidas no Setor Tabajara quando se comparam os ambientes de transição e savana considerando-se as mesmas profundidades. Por outro lado, as idades dos fragmentos de carvão encontrados no perfil T1-FLO do Setor Tabajara foram significativamente superiores (>45.000 e 48.000 anos AP) às apresentadas na MOS (3.445 e 9.535 anos AP) permitindo inferências sobre a proveniência alóctone destes fragmentos.

FIGURA 31 - DATAÇÕES POR ^{14}C NA MOS (■) E CARVÃO (■); **(A)** DATAÇÕES NAS AMOSTRAS DOS PERFIS VERTICAIS DE FLORESTA (T1-FLO), TRANSIÇÃO (T2-TRA) E SAVANA (T3-SA) DO SETOR TABAJARA; E **(B)** TRANSIÇÃO (E1-TRA) E SAVANA (E2-SA) DO SETOR ESTANHO.

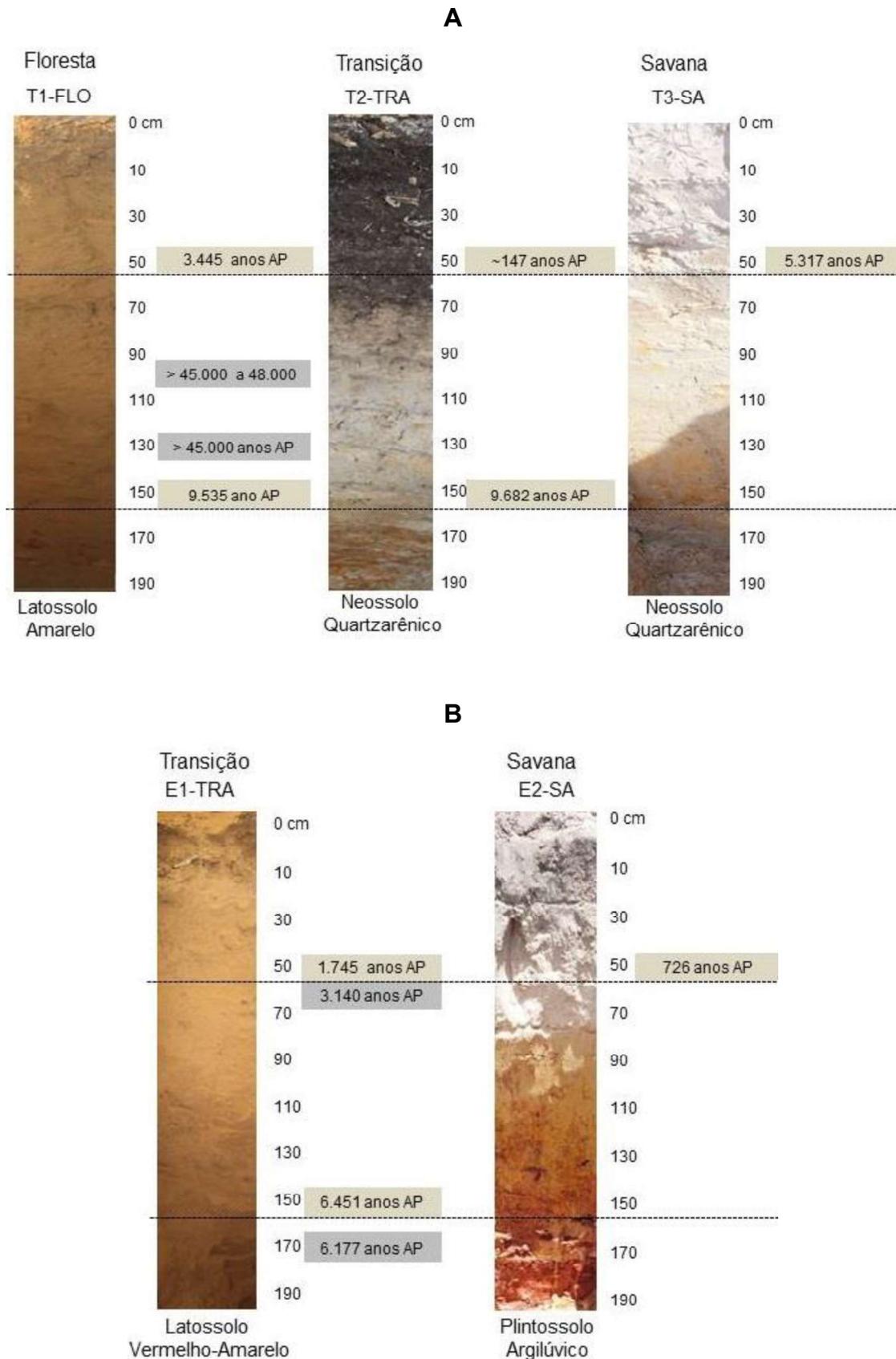


FIGURA 32 - FRAGMENTO DE CARVÃO ENCONTRADO NO SOLO DO PERFIL T1-FLO, PROFUNDIDADE DE 130 CM.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.

6 DISCUSSÕES

A partir da interpretação dos dados obtidos na área de estudo (Setores Tabajara e Estanho) foi possível analisar as relações da evolução do ambiente com os aspectos propostos em diferentes teorias (clima, processos geológicos e pedogenéticos). Os indicadores de carbono (^{13}C e ^{14}C) possibilitaram a análise da dinâmica da vegetação durante o Holoceno e a caracterização dos solos demonstrou a existência de uma expressiva relação de processos e aspectos pedológicos com desenvolvimento do contraste vegetacional instalado na área de estudo.

6.1 DINÂMICA DA VEGETAÇÃO BASEADA NA COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA ($\delta^{13}\text{C}$) DA MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS E NA DATAÇÃO ^{14}C

Tomando por base a constatação de flutuações ocorridas no clima, acompanhadas pela alternância de vegetação durante o Quaternário em diferentes locais na Amazônia (HAFFER, 1969; VAN DER HAMMEM, 1974; ABSY, 1985; ABSY et al. 1991; PESSEDA, 1998), ampliou-se o número de pesquisas envolvendo a reconstrução paleoambiental dessa região, sobretudo em áreas que concentram savanas.

Entretanto, os resultados obtidos e as discussões em torno da temática evidenciaram que os fenômenos de flutuações climáticas e alternância de vegetação ocorreram de modo diferenciado na Amazônia, possibilitando inferências de que as possíveis retrações e avanços de vegetações entre unidades fitogeográficas, em decorrência de mudanças no clima, não sejam as únicas causas das atuais paisagens de exceção (enclaves de savana) instaladas na região.

Considerando os modelos propostos para o clima, os isótopos de carbono foram utilizados como indicadores para avaliar a dinâmica da vegetação e o desenvolvimento do contraste vegetacional na área de estudo.

No transecto floresta, transição e savana do Setor Tabajara, nos intervalos de cada perfil vertical (0 a 190 cm de profundidade) os valores de $\delta^{13}\text{C}$ mantiveram-se com valores representativos de plantas do tipo fotossintético C_3 , proposto por Boutton (1991), sendo que, por vezes, apresentaram alternância composicional, ora mais

empobrecidos ora mais enriquecidos isotopicamente, porém, não ultrapassando a diferença de $-5,87^{0/00}$.

Na floresta, a composição de $\delta^{13}\text{C}$ nas amostras de solos corresponde à vegetação que configura a atual fitofisionomia com valores de $-28,11^{0/00}$ no intervalo de superfície (0 a 10 cm de profundidade). Contudo, mesmo demonstrando empobrecimento isotópico à medida que diminui a profundidade, os valores permanecem no intervalo isotópico das plantas C_3 . Com isso, se confirma a ausência de mudança significativa no tipo de vegetação nas amostras analisadas do perfil T1-FLO muito embora possa ter ocorrido incremento de espécies do tipo C_3 ao longo do perfil em direção à superfície, possivelmente pela contribuição de mais umidade ou de melhores condições do solo. Conforme Boutton (1996) e Gouveia et al. (1997), esse enriquecimento nos intervalos mais profundos pode ser induzido pela mineralização da MOS e pelos processos associados à humificação.

Junto aos dados do fracionamento isotópico de carbono na MOS, os valores de $\delta^{13}\text{C}$ dos fragmentos de carvão confirmam a permanência das plantas C_3 nas amostras representativas do perfil T1-FLO, desde a superfície até a sua base (0 a 190 cm), uma vez que a cronologia da MOS (dados de ^{14}C) admite que a floresta está estabelecida neste ambiente há pelo menos 9.535 anos AP (150 cm de profundidade). Os dados de fragmentos de carvão (> 45.000 anos a 49.000 AP) também sugerem a manutenção da floresta, todavia, a diferença encontrada entre as idades destes materiais e a idade da MOS evidenciam que houve mobilidade ou a incorporação destes fragmentos no perfil de solo (proveniência alóctone).

As idades dos fragmentos de carvão encontrados situam-se no Pleistoceno Tardio e são bem mais antigas quando comparadas aos dados obtidos nas proximidades da área de estudo, como as do sul de Rondônia e sul do Amazonas (PESSENDA et al., 1998c; PESSENDA et al., 2001), e com as idades obtidas por Gouveia (2001) que variaram de 1.200 anos AP em Latossolos de Manaus até 7.000 ± 250 anos do AP em Latossolos de Pimenta Bueno.

No entanto, os resultados de $\delta^{13}\text{C}$ da MOS sob savana do Setor Tabajara (T3-SA) não apresentam relação direta com a vegetação atual caracterizada no presente por predomínio de gramíneas. Os valores registrados entre $-22,72^{0/00}$ e $-27,39^{0/00}$ são característicos de plantas C_3 , ou, ainda, de mistura de plantas do tipo C_3 e C_4 . Os dados de $\delta^{13}\text{C}$ da MOS sob savana mostram que este ambiente abriga plantas do tipo C_3 nas amostras de solos do perfil vertical desde a sua base até a superfície (0 a 190

cm), mas, evidencia a possibilidade de tratar-se de gramíneas C₃, características de ambientes úmidos, já que os resultados obtidos na MOS no intervalo de superfície entre 0 a 10 cm de profundidade (sinal da vegetação atual) confirmam referir-se a plantas do tipo gramíneas C₃, instaladas em um ambiente úmido, condição esta verificada na área de coleta.

Desta maneira, os intervalos composicionais encontrados no perfil (T3-SA) desde a superfície até a sua base indicam relações com a manutenção das gramíneas há pelo menos 5.317 anos AP, corroborando com resultados de pesquisas em outras áreas como no sul do Amazonas (FREITAS, 1999) e na Ilha do Marajó (LIMA, 2008).

Freitas (1999) e Vidotto et al. (2007) encontraram espécies de gramíneas C₃, algumas pertencentes aos gêneros *Panicum* e *Aristida capilacea*, no sul do Amazonas. Lima (2008) identificou plantas com resultados considerados intermediários (C₃-C₄) na região da Ilha do Marajó (PA) para o gênero *Panicum*, e Freitas (1999) encontrou resultados intermediários similares para a *Andropogon Leucostachyus* no sul do Amazonas.

Conforme Rossetti et al. (2012a), análises baseadas apenas em $\delta^{13}\text{C}$ em ecossistemas amazônicos podem não revelar o tipo de matéria orgânica, isto porque a MOS representativa do tipo C₃ não necessariamente deriva da floresta, pois abrange também gramíneas C₃ típicas de área úmidas, conforme listadas em Lima (2008) ou, além disso, plantas aquáticas abundantes na região como as encontradas em Amorim et al. (2009).

Por outro lado, os valores da composição isotópica do carbono ($\delta^{13}\text{C}$) encontrados no intervalo de superfície do solo (0 a 10 cm) dos ambientes de floresta e savana, característicos de plantas C₃, também correspondem à atual vegetação de transição (Perfil T2-TRA) instalada entre esses ambientes que registra -27,92‰. Mesmo com as oscilações composicionais de $\delta^{13}\text{C}$ detectadas no perfil, as diferenças entre seus conteúdos não ultrapassam -5,87‰, confirmando a dominância das plantas C₃ nos intervalos analisados do perfil, isto é, não configura troca de vegetação com diferentes ciclos fotossintéticos.

Some-se a isso o fato de não se verificarem repetições dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ obtidos nas amostras de solos no ambiente de transição quando comparados aos valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas mesmas profundidades da MOS da floresta e savana. Entretanto, a morfologia do solo guarda semelhanças com o solo da savana adjacente, comportamento verificado, também, por Mendonça et al. (2015) em áreas ecotonais

nos estados do Amazonas e Roraima. São indicativos, portanto, de que as mesmas gramíneas C_3 do ambiente de savana (perfil T3-SA) possam ter dominado no passado o atual ambiente de transição.

No entanto, em função dos valores isotópicos de $\delta^{13}C$ serem similares para gramíneas e plantas arbóreas no Setor Tabajara, faz com que essa dominância de gramíneas C_3 na base do perfil T2-TRA torna-se indistinguível. Sendo assim, a partir do momento em que a floresta e as condições do solo viabilizaram a entrada de espécies arbóreas no ambiente de transição, a presença de variações significativas no fracionamento isotópico torna-se inexistente, já que as espécies envolvidas possuem registros do mesmo ciclo fotossintético com diferenças nos valores de $\delta^{13}C$ que não ultrapassaram -4‰ .

No Setor Estanho, os valores de $\delta^{13}C$ da MOS no ambiente de transição (perfil E1-TRA) mostram comportamento composicional semelhante ao Setor Tabajara uma vez que as plantas do tipo C_3 foram predominantes, com valores de $-23,86\text{‰}$ na base do perfil e $-27,32\text{‰}$ de 0 a 10 cm de profundidade, registrando a menor diferença ($-3,46\text{‰}$) nos valores de $\delta^{13}C$ entre os perfis de estudo.

A fitofisionomia da savana do Setor Estanho é constituída por um maior número de espécies lenhosas quando comparadas ao Setor Tabajara. Divergindo dos demais perfis, os valores de $\delta^{13}C$ demonstram que da base para a superfície houve um enriquecimento isotópico neste ambiente, conforme observado no perfil E2-SA e E3-SA.

Assim, nos dois últimos intervalos na base do perfil E2-SA (170 e 190 cm) foram encontrados valores que indicam predomínio das plantas do tipo C_3 ($-24,75\text{‰}$ e $-24,82\text{‰}$, respectivamente). A partir desta profundidade em direção à superfície a tendência de enriquecimento isotópico se estabeleceu com $\delta^{13}C$ $-17,24\text{‰}$ (50 cm) e $-15,89\text{‰}$ (0 a 10 cm). São valores referentes às plantas C_4 condizentes com as gramíneas atuais que estão adaptadas a ambiente de menor umidade.

No perfil E3-SA, a composição isotópica da MOS apresentou valores de $-20,70\text{‰}$ na base (110 cm) e $-18,72\text{‰}$ no intervalo de superfície (0 a 10 cm) representando valores característicos de mistura de plantas C_3 e C_4 , com predomínio de plantas C_4 e tendência ao enriquecimento isotópico similar para o comportamento no perfil E2-SA.

Entre as diferentes idades obtidas na MOS dos perfis analisados na área de estudo, as idades a 50 cm e 150 cm de profundidade (T1-FLO, T3-SA e E1-TRA) estão

situadas em períodos caracterizados como mais secos na Amazônia (7.000 a 3.000 anos AP), marcado pela diminuição da temperatura e umidade que ocasionou modificações na vegetação da região, como indicado em Absy et al. (1991), Servant et al. (1993; 1998), Pessenda et al. (2001), Melo e Marengo (2008). Todavia, os dados de ^{14}C e $\delta^{13}\text{C}$ sugerem que essas condições não afetaram a área de estudo a ponto de promover alternância na vegetação nos ambientes de floresta e de savana há pelo menos 9.682 anos AP e que as condições edáficas estão dando suporte para a manutenção da estrutura de suas respectivas fitofisionomias.

Contudo, a cronologia dos dados de ^{14}C nos ambientes de transição e savana do Setor Estanho, obtida na MOS e em fragmentos de carvão, demonstra uma evolução mais recente comparada às datações do Setor Tabajara. Nota-se que a idade relacionada ao ambiente savana (T3-SA) foi bem mais antiga (5.317 anos AP) em relação à idade bem inferior da MOS (726 anos AP) do ambiente de savana (E2-SA) do Setor Estanho. Já no perfil de transição do Setor Tabajara os dados de ^{14}C da MOS evidenciam que a incorporação de espécies arbóreas foi ainda mais recente com registro de apenas ~147 anos AP a 50 cm de profundidade.

O comportamento referido foi verificado em outras áreas da Amazônia como no registro de 360 ± 60 anos AP para amostras de solos sob vegetação de transição em Humaitá/AM (GOUVEIA, 1996; PESSENDA, 1998). A diferença de milhares de anos pode ter origem na incorporação de matéria orgânica recente gerada pela biomassa depositada sobre a camada mais impermeável, feição esta detectada no solo do perfil T2-TRA entre 50 e 70 cm de profundidade.

Os resultados dos isótopos de carbono mostram a possibilidade da ocorrência da mistura de plantas de tipos fotossintéticos diferentes apenas de modo local nos Setores Tabajara e Estanho. Assim, a dinâmica da vegetação encontrada na área de estudo traz indícios de que as possíveis flutuações climáticas ocorridas na Amazônia e o clima atual não influenciaram diretamente na evolução da fitofisionomia da vegetação na área de estudo, ou seja, não ocasionaram mudanças bruscas na vegetação nem causaram grandes retrações durante parte do Holoceno Inferior até o presente, diferente dos resultados obtidos em outras áreas dos estados do Amazonas e Rondônia (GOMES, 1995; GOUVEIA, 1996; PESSENDA et al., 1998a; PESSENDA et al., 2001; PESSENDA et al., 2005; VIDOTTO et al., 2003).

Por fim, a ausência de fragmentos de carvão nos solos dos perfis verticais realizados nos ambientes savana e transição do Setor Tabajara reforça a provável predominância de gramíneas nos paleoambientes analisados.

6.2 PROCESSOS PEDOGENÉTICOS E O ENCLAVE DE SAVANA

Diferenças morfológicas entre os solos dos ambientes de floresta, transição e savana, identificadas por meio dos atributos e processos pedogenéticos, demonstram ter uma forte influência sobre a instalação e manutenção do enclave de savana na área de estudo.

A distribuição dos minerais na fração areia indica que há uniformidade composicional mineralógica nos solos dos perfis analisados, apontando para sua possível formação autóctone, permitindo inferir sobre suas filiações, como no caso do perfil T1-FLO associado ao granito, e os perfis T3-SA, E1-TRA, E2-SA e E3-SA aos arenitos.

O Latossolo Amarelo sob floresta teve seu desenvolvimento relacionado a processos pedogenéticos sobre o substrato rochoso granítico, com afloramentos dessas rochas observados nos trabalhos de campo. A mineralogia da fração areia é constituída por quartzo e de modo subordinado por hidróxido de ferro, ilmenita, rutilo e zircão. O quartzo e os hidróxidos de ferro estão enriquecidos, particularmente, na fração areia grossa e muito grossa e a ilmenita ocorre exclusivamente nas classes dos grãos de areia fina e muito fina. Contrastando com os resultados encontrados nos solos sob savana e transição, as amostras de solos do ambiente floresta (Latossolo Amarelo) revelam uma distribuição de grãos da fração areia de forma proporcional entre as diferentes classes texturais da fração areia e com formas angulares e subangulares sugerindo pouco ou nenhum transporte.

Como produtos de processos pedogenéticos sobre arenitos que afloram no ambiente savana na área de estudo seus solos (Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos Argilúvicos) compõem-se de: (1) grãos de quartzo bem selecionados e bem arredondados; (2) predomínio das partículas da fração areia; (3) quartzo como o único constituinte mineral em amostras dos horizontes superficiais nos perfis T2-TRA e T3-SA; e (4) presença da zona saprolítica nos solos dos perfis E2-SA e E3-SA com conteúdos enriquecidos de minerais primários instáveis, a exemplo o feldspato (22%).

As pesquisas desenvolvidas na Amazônia que consideram a hipótese de que a origem das savanas amazônicas e a posterior sucessão vegetacional possam estar vinculadas às características dos solos abordam, principalmente, a influência de aspectos relacionados à fertilidade e à textura (ANDRADE et al., 1997; LUCAS et al., 1984; MENDONÇA et al., 2015; SCHAEFER et al., 2008).

Assim, aliados à inferência do material de origem que revelou parte da história pedogenética e das características dos solos da área de estudo foram analisados, também, os atributos físico-hídricos e a fertilidade dos solos dos perfis de estudo, a fim de avaliar a situação das condições necessárias ao desenvolvimento de suas diferentes fitofisionomias.

Em decorrência dos intensos processos de lixiviação na Amazônia devido às altas temperaturas e aos altos índices de pluviosidade, os solos em grande parte são reconhecidamente muito intemperizados (AMARAL-FILHO, 1978; FEARNSIDE; LEAL FILHO, 2001; LUIZÃO et al., 2009; QUESADA et al., 2010). Quando ocorre o incremento de fatores como elevação do nível do lençol freático e inundações periódicas, as condições de limitação do solo para o desenvolvimento de espécies arbóreas são intensificadas.

Com referência à fertilidade, os solos da área de estudo são distróficos, caracterizados por alta saturação de alumínio e baixa saturação por bases, além de serem ácidos (pH de 3,8 a 5,4). Porém, ao se analisar individualmente as condições químicas dos diferentes ambientes frente aos processos pedogenéticos, a importância da relação textura e matéria orgânica torna-se evidente na área de estudo, pois são fatores que obtiveram os resultados mais elevados em solos onde estão estabelecidas as espécies arbóreas.

A vegetação é a principal responsável pela deposição de materiais orgânicos no solo. Cada tipo, bem como as condições ambientais se tornam fatores determinantes da quantidade e qualidade do material que se incorpora no solo, definindo a heterogeneidade e a taxa de decomposição do material depositado. Lloyd et al. (2009) ao comparar as condições de solos sob floresta e savana também constataram a importância dos conteúdos de matéria orgânica para a distribuição geográfica dessas vegetações.

Os autores Christensen (1992; 1996), Feller e Beare (1997) e Hassink (1994) afirmaram que a capacidade do solo em concentrar matéria orgânica se mostra dependente do clima e da vegetação, mas, também, de suas características, pois a

textura do solo afeta diretamente o microambiente de decomposição, a estabilização dos substratos e dos produtos de decomposição.

Os dados granulométricos confirmam a natureza arenosa dos solos, associados aos arenitos, com classes texturais de areia e franco arenosa na savana, murundu e transição. Os solos sob floresta, com conteúdos mais enriquecidos em argila, possuem textura franco argilo-arenosa.

Por suas características morfológicas e a atividade elétrica superficial ser intensa, a argila permite maiores interações químicas e físicas favoráveis ao desenvolvimento do solo como, por exemplo, a coesão e formação de agregados. Em função da textura fina, geralmente apresenta uma proporção maior de pequenos poros do que os solos de textura grossa (JUMA 1993). Assim, as diferenças na textura e principalmente nos teores de argila dos solos, conduzem a uma maior proteção e estabilidade da matéria orgânica.

O solo sob floresta (perfil T1-FLO), por abrigar a cobertura vegetal mais densa e as concentrações mais ricas em argila do Setor Tabajara possui condição de garantir uma melhor proteção coloidal e física. Logo, a MO, por sua ligação com a fração mineral, especialmente, pode se manter em níveis mais elevados ($4,5$ a $11,9 \text{ g.kg}^{-1}$) quando comparados aos solos com maiores concentrações de areia, como no perfil T3-SA do ambiente savana (1 a 2 g.kg^{-1}).

A concentração do carbono orgânico total e nitrogênio total encontrados nos solos sob floresta no Setor Tabajara corroboram com os dados dos solos sob floresta no município de Humaitá/AM verificados por Freitas (1999), Gouveia (2001), Gouveia et al. (1997) e Vidotto et al. (2007), bem como por Lima (2008), na Ilha de Marajó/PA. Por outro lado, são mais enriquecidos quando comparados com os resultados obtidos nos solos de ambientes de transição e savana da área de estudo. Desjardins et al. (1996) e Pessenda et al. (1998b) observaram que os solos sob floresta são mais enriquecidos em carbono que os solos sob savana devido ao maior aporte de matéria orgânica gerada pela floresta, bem como diferentes condições ambientais para o processo de decomposição da matéria orgânica.

Nos solos de matriz arenosa sob savana, o arranjo das partículas primárias resulta em uma distribuição de poros de maior tamanho, o que facilita o acesso microbiano à matéria orgânica. Assim, atingir altos níveis de MO é mais difícil devido a maior acessibilidade de seus decompositores (PILLON et al., 2002). Com menores proporções de aporte de resíduos vegetais, a instabilidade da matéria orgânica é

maior e com os constantes ciclos de umedecimento e secagem nestes solos ocorre, ainda, a redução da estabilidade dos poucos macroagregados que conseguem se formar.

A granulometria dos solos do ambiente murundu mostrou-se similar em relação à granulometria dos solos do ambiente savana de seu entorno, mas com teores de areia mais reduzidos no que diz respeito a silte e à argila, possivelmente pela maior incorporação de matéria orgânica. Com a constituição de um relevo mais elevado do que o ambiente savana de entorno, essas feições de murundu conseguem controlar de forma mais eficiente a umidade do solo mantendo quantidades maiores de partículas mais finas e proporcionando o desenvolvimento vegetação arbórea, além de gramíneas e arbustos.

Desta maneira, solos arenosos com vegetação arbórea, como no caso dos ambientes de transição e murundu sobre o arenito da Formação Palmeiral, exibem a limitação textural minimizada pela elevada e constante concentração de matéria orgânica (9,5 e 40,1 g.kg⁻¹) e a incorporação de carbono. Verdade (1956) verificou que em solos arenosos, a matéria orgânica exerce grande influência sendo mais de 50% da capacidade de troca de cátions favorecida pelos coloides orgânicos, aumentando a possibilidade de trocas entre a planta e o solo como decorre nos ambientes de transição e murundu da área de estudo.

Nessa perspectiva, se parte das características dos solos nos ambientes de transição e murundu permite que acumule matéria orgânica nos horizontes superficiais do solo, a relação C/N desses ambientes, muitas vezes, resulta em sua decomposição mais lenta que acarreta uma menor taxa de mineralização. Como a textura destes solos é arenosa, a MOS se torna susceptível à rápida lixiviação e esta mobilidade pode resultar em idades mais recentes da MOS, como verificado a 50 cm de profundidade do perfil de solo T2-TRA (~147 anos AP).

No transecto realizado no Setor Tabajara, o solo sob floresta ocupa posição mais elevada em termos de altitude em relação aos seus ambientes de transição e savana. Nestes dois últimos ambientes, as cotas altimétricas, planura do relevo, material de origem, textura e barreiras naturais identificadas geram dificuldade na infiltração da água no solo. Tal situação proporciona a geração de intensos fluxos hídricos, formando um lençol freático suspenso, sendo que, por vezes, há afloramento do lençol freático, como observado nos trabalhos de campo na área de estudo (Apêndices 1A, 1B e 1C).

O excesso de água no solo pode contribuir para inviabilizar a instalação da vegetação de floresta, pois, além do impedimento para o enraizamento, esta condição diminui o O_2 em solos ácidos tendendo a ocasionar maior toxidez, restringindo o crescimento e a produtividade das plantas (SILVA, 1995; MAGALHÃES et al., 1998). Neste caso, como as plantas mostram um comportamento variável a esta situação, somente as espécies mais tolerantes estabelecer-se-ão neste ambiente (SÁ et al., 2004).

De acordo com os dados granulométricos e químicos obtidos nos solos do Setor Tabajara e em outros solos arenosos da Amazônia, apresentados por Franco e Dezzeo (1994), Ferreira (1997) e Ferreira (2009), a variação no período de inundação interfere na disponibilidade de nitrogênio que diminui com o aumento do tempo da água no solo e na quantidade de húmus acumulado na superfície. Na savana do Setor Estanho, apesar dos solos serem mais rasos em relação aos solos do Setor Tabajara, apresentam melhor condição de permeabilidade no período de estiagem, não mostram indícios de saturação e possuem composição vegetal mais enriquecida em espécies lenhosas.

Devido às condições de hidromorfia encontradas na área de estudo, diferentes resultados frente ao processo de lixiviação foram identificados evidenciando que a atuação da água na formação dos solos possui variações na área de estudo, com dinâmicas distintas. A resposta destes solos frente às condições hídricas é refletida nas limitações físicas e na capacidade dos solos de promoverem o desenvolvimento ou, ainda, à manutenção das formações florestais e das savanas.

Além dos processos gleização e podzolização promovidos pelo excesso de água, Almeida et al. (1997), Mafra et al. (2001) e Kemp et al. (1998) descrevem que esta condição causa lessivagem, degradação de argilas em condições de oxirredução e formação *in situ* de argilas por intemperismo dos minerais do material de alteração subjacente, estabelecendo gradientes texturais no solo, com elevado incremento de argila em determinados horizontes, como os identificados na área de estudo.

Desta forma, a dinâmica da água nos solos da área de estudo é fator fundamental na participação de processos pedogenéticos ao estabelecimento do contraste vegetacional, pois, interfere nas características físicas do solo influenciando a distribuição de suas partículas e, conseqüentemente, na disponibilidade de nutrientes nos ambientes de floresta, transição e savana.

A constante oscilação do lençol freático nos solos sob savana e transição aumentam a movimentação das partículas mais finas pelo processo de eluviação. Assim, diferenças texturais encontradas nos perfis realizados na área de estudo ocorrem muitas vezes de forma abrupta. Silva (1995) versa que diferenças texturais como resultado de processos de podzolização são comuns em regiões tropicais areníticas, e quando ocorre em regiões constituídas por arenitos a translocação da argila e do silte, nestes solos, pode estar associada à permeabilidade característica do material de origem.

Solos da savana apresentam como efeito da textura e da alta pluviosidade feições ligadas a processos de podzolização e gleização. Nos horizontes superficiais desses solos, a fração areia prevalece e o processo de lixiviação é acentuado principalmente pela menor capacidade de proteção do solo promovida pela cobertura vegetal existente. Os horizontes superficiais dos perfis verticais de estudo mostram indícios do processo intenso de lixiviação originando as areias brancas com até 100% de quartzo, em grãos bem selecionados e bem arredondados, sem manchas superficiais (límpidos), lisos e polidos. No período de estiagem observa-se, neste intervalo superficial dos perfis, a ausência total de características de umidade, plasticidade e pegajosidade, formando ecossistemas arenícolas oligotróficos.

Horbe et al. (2004) e Quesada et al. (2010) em seus estudos sobre as variações das propriedades dos solos da Amazônia encontraram solos com elevada concentração de areia residual nas camadas superficiais. Associaram esta condição à alternância extrema de inundação e seca que ocasiona uma intensa lixiviação suficiente para degradar frações argilosas e diminuir os teores de nutrientes. São indícios do atuante processo de podzolização, característicos de áreas com alta umidade (SILVA, 1995), que ocasiona translocação e enriquecimento de minerais e matéria orgânica.

Nas maiores profundidades onde são identificadas porções mosqueadas que se intensificam com a profundidade, as proporções de silte e argila aumentam significativamente e de forma abrupta, causadas pela migração das partículas mais finas, proporcionando drasticamente a diminuição de raízes, facilmente observadas nos perfis dos Setores Tabajara e Estanho.

Esse processo ocorre na zona de contato da mudança textural atuando como barreira para o sistema radicular, observado nos trabalhos de campo. No perfil T3-SA, por exemplo, na profundidade de 50 cm dá-se a mudança textural com um

enriquecimento em Al ($2,80 \text{ cmolc.dm}^{-3}$), Fe ($20,64 \text{ mg.dm}^{-3}$) e Zn ($1,17 \text{ mg.dm}^{-3}$) em comparação com as demais profundidades analisadas neste mesmo perfil. Os teores de carbono orgânico total e nitrogênio total da MOS também foram mais enriquecidos a 50 cm de profundidade, porém, com o empobrecimento nas profundidades seguintes, chegando a 0,03% de COT e 0,001% de NT a 190 cm. As oscilações composicionais no perfil T3-SA marcam o contato onde se inicia a porção mais enriquecida em argila do solo (de 3,5 para 11,3%).

Somando-se a essa situação, Silva (1995) explica que a limitação de espaço expõe o sistema radicular às alternâncias climáticas. No período da seca, a umidade da camada superficial diminui drasticamente causando insuficiência hídrica e, apesar de existir água em subsuperfície, encontra-se indisponível para o sistema radicular que não conseguiu o aprofundamento no período anterior.

Diante desse cenário, em regimes similares de precipitação, as formações florestais tendem a ocorrer em solos com melhores resultados para os compostos orgânicos, diferente da savana. Dessa forma, embora os atributos do clima exerçam efeitos na distribuição da vegetação na região Amazônica, as características não só químicas, mas também físicas dos solos são determinantes na área de estudo.

A manutenção dos tipos de plantas, verificada por meio do fracionamento isotópico do carbono, aponta para uma dinâmica diferente da ocorrida nos campos de Humaitá/AM (PESSENDA, 1998). À vista disso, os atributos dos solos revelam que o enclave de savana na área de estudo possui associação com o material rochoso de origem e os processos pedogenéticos envolvidos possibilitaram o desenvolvimento de solos eluviais e o desenvolvimento de vegetação tipo savana.

6.3 DINÂMICA AMBIENTAL DA SAVANA NA ÁREA DE ESTUDO: CONDICIONANTES E LIMITANTES

O contraste da vegetação de savana com a vegetação de floresta nos Setores Tabajara e Estanho vem sendo mantido desde o Holoceno Inferior, por intermédio das condições do ambiente, relacionadas principalmente às características do material de origem dos solos e seus processos de formação.

Dados mineralógicos, granulométricos e químicos mostraram diferenças significativas nos solos dos ambientes de floresta e savana da área de estudo ligadas

às variações composicionais do material rochoso de origem, respectivamente rochas graníticas e arenito. Os solos de ambiente de savana (Neossolos Quartzarênico e Plintossolos) evidenciam que sua natureza oligotrófica possui importante relação com a alteração do arenito.

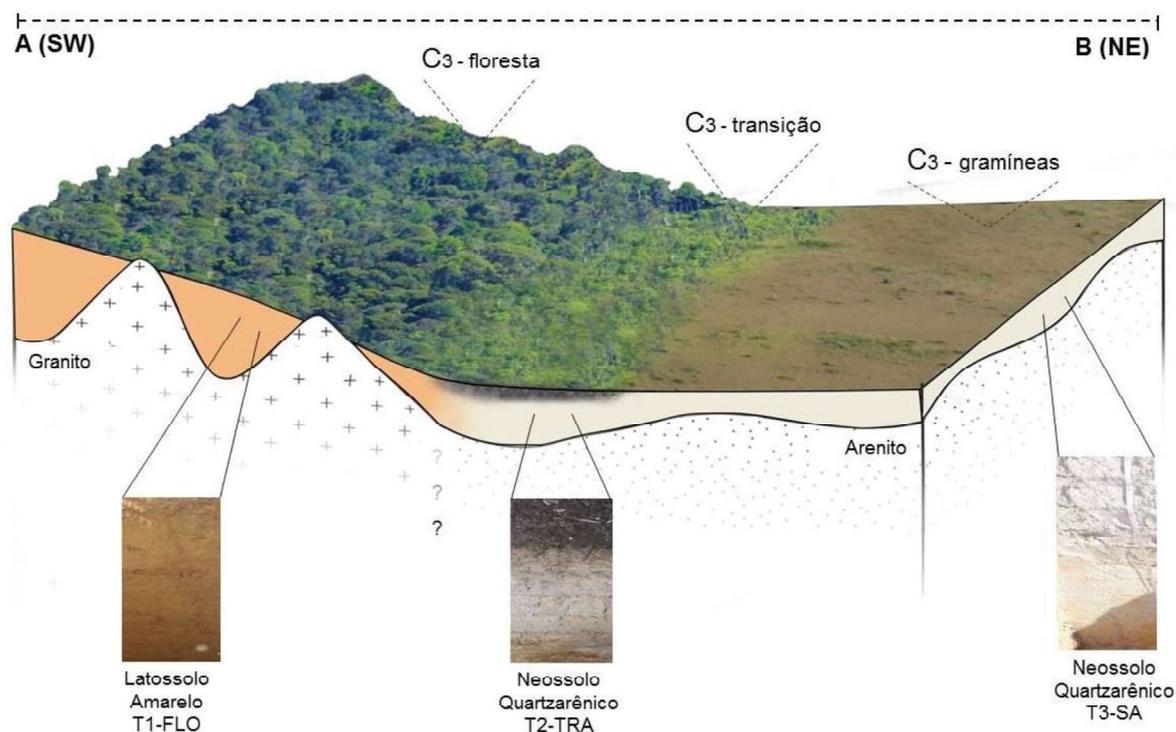
A baixa disponibilidade de nutrientes dos solos sob savana encontra-se vinculada, também, aos intensos processos de podzolização e lixiviação atuantes na área de estudo, contudo, intensificados no ambiente de savana pelas condições de hidromorfia em função da saturação total dos solos principalmente nos meses de maiores índices de precipitação pluviométrica.

Além das situações de stress, as condições de hidromorfia geram adaptações identificadas na vegetação de savana na área de estudo (Apêndices 2 a 6). Essas condições ambientais da savana da área de estudo possibilitam a constituição de uma composição vegetacional incluindo indivíduos das famílias Poaceae e Cyperaceae, epífitas do gênero *Drosera*, líquens do tipo *Cladonia cf. viridis*, além de indivíduos do gênero *Paepalanthus* (Apêndices 3 a 6).

Nos ambientes de savana encontrados na área de estudo evidenciam-se exemplos de adaptação às condições edáficas, refletidas nas composições vegetacionais conforme ilustram as figuras 33 e 34, formadas por gramíneas, herbáceas, arbustos e arbóreas. Desta maneira, a relação solo-planta ocorre da seguinte forma:

a) no Setor Tabajara, o Neossolo Quartzarênico (perfil T3-AS) se desenvolve em relevo plano, no horizonte superficial o material assume uma coloração esbranquiçada refletindo a atuação intensa do processo de lixiviação. O gradiente textural existente nesse perfil é marcado pela mudança abrupta nos teores de argila, com incremento que chegam a dobrar os valores entre os horizontes C1 e C2. Porções mosqueadas que se intensificam em profundidade evidenciam a má drenagem e a condição de hidromorfia. A vegetação dominante que se encontram adaptada a este ambiente mais úmidos é composta por gramíneas e os valores de $\delta^{13}\text{C}$ na MOS coletada na profundidade próxima à superfície (0 a 10 cm) referem-se às plantas do ciclo fotossintético C_3 , neste caso, representadas por gramíneas C_3 .

FIGURA 33 – PERFIL ESQUEMÁTICO DO TRANSECTO FLORESTA, TRANSIÇÃO E SAVANA SITUADO NO SETOR TABAJARA COMPOSTO POR PLANTAS C₃.



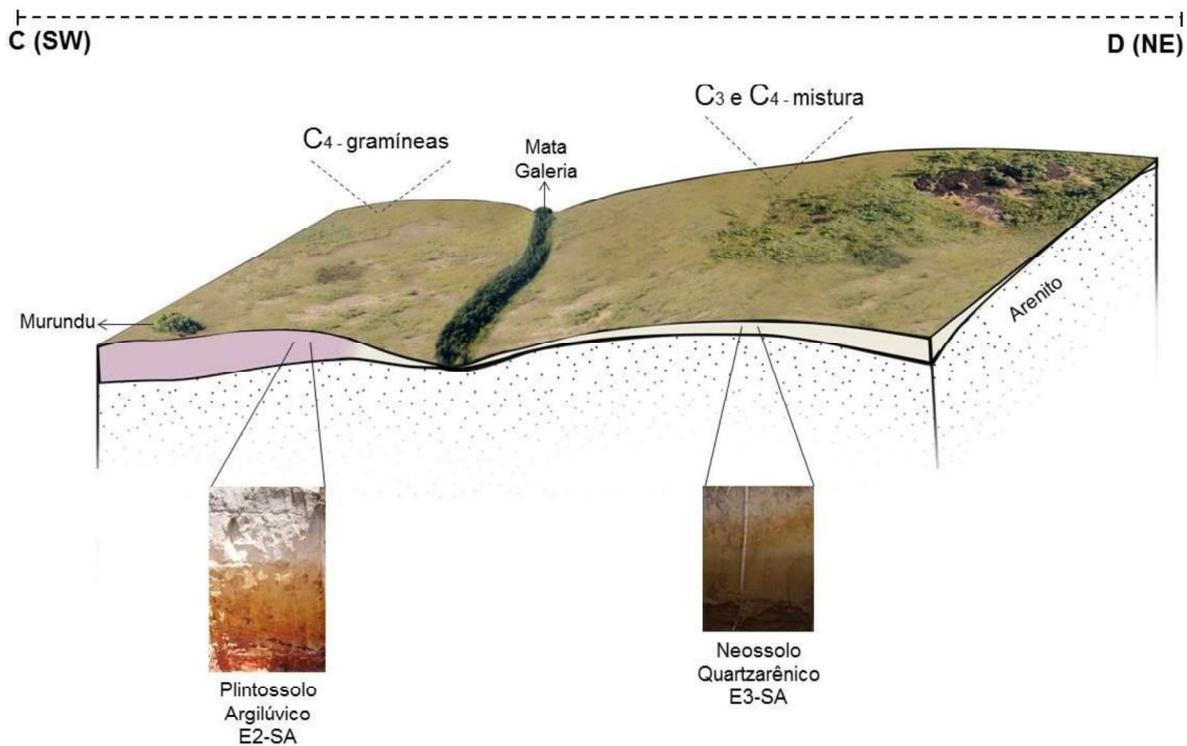
b) no Setor Estanho, o Neossolo Quartzarênico (perfil E3-AS) encontra-se em formação ocupando posição em relevo suave ondulado, as alterações nos teores de argila não ocorrem de forma abrupta no perfil e a condição de hidromorfia é sazonal. A composição da savana neste ambiente engloba espécies de gramíneas, herbáceas e arbustos. A MOS exibiu valores $\delta^{13}\text{C}$ referentes à mistura de vegetação (C₃ e C₄), contudo, mais próxima dos valores alusivos às plantas C₄.

No perfil E2-SA (Setor Estanho) o Plintossolo Argilúvico ocorre em relevo suave ondulado situado na porção central do enclave de savana. As gramíneas prevalecem em meio à eventual presença das herbáceas e arbustos. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ obtidos nas profundidades próxima à superfície referem-se às gramíneas C₄ que são plantas adaptadas a ambientes típicos de savana.

Entre as composições florísticas que conseguem desenvolver vegetação arbórea de forma adaptada às condições de savana, principalmente nas áreas mais úmidas, estão os ambientes de murundus distribuídos na área de estudo (Figura 34). Ocorrem em diferentes estágios evolutivos, onde é visível o papel dos termiteiros na adaptação da vegetação. No desenvolvimento deste ambiente ocorre a denominada síndrome da planta enfermeira identificada em solos oligotróficos na costa brasileira por Dantas (2013). Neste fenômeno, a espécie vegetal que se instala promove

mudanças em sua zona de influência, posteriormente essas condições são usadas por outras espécies que não podiam tolerar as condições iniciais (Apêndices 7 a 10).

FIGURA 34 – PERFIL ESQUEMÁTICO DO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR ESTANHO COMPOSTO POR PLANTAS C₄ E MISTURA DE PLANTAS C₃ e C₄.



Outro ambiente que abriga formações florestais na área de estudo são as matas galerias, acompanhando os cursos dos rios em meio às savanas adjacentes (Figura 34 e Apêndice 12). Conforme Ribeiro e Walter (2008), em virtude da melhor posição topográfica conseguem melhores resultados de fertilidade, decorrentes do carreamento de materiais das áreas adjacentes e da matéria orgânica oriunda da própria vegetação.

A sucessão vegetacional do ambiente de transição com o aporte de espécies arbóreas foi possivelmente facilitada pela contribuição da serapilheira da floresta adjacente que causou o processo descrito por Marques et al. (2007), Dantas et al. (2010) e Dantas (2013) e relacionado ao progressivo acúmulo de matéria orgânica, aumento da taxa de mineralização do nitrogênio e retenção da umidade (Figura 34). Assim, as novas plantas começam a criar condições de ampliar o sistema radicular e buscar nutrientes nas camadas mais profundas do solo e disponibilizá-lo na superfície, estabelecendo um ciclo que viabiliza o desenvolvimento das formações florestais.

7 CONCLUSÕES

A área de estudo, constituída pelos Setores Tabajara e Estanho no contexto da savana do Parque Nacional Campos Amazônicos, situa-se em uma zona de contato entre unidades geológicas distintas refletidas nos diferentes solos eluviais derivados dos litotipos identificados (granitos e arenitos).

Os resultados de ^{14}C e $\delta^{13}\text{C}$ obtidos na matéria orgânica do solo indicaram que há pelo menos 9.682 anos AP até o presente o clima não afetou a dinâmica da vegetação da área de estudo com relação a promover alternância nos ambientes de floresta e savana. Os ciclos fotossintéticos C_3 e C_4 foram encontrados entre as gramíneas, evidenciando exemplos de adaptação às condições hídricas no ambiente de savana.

As condições edáficas estão dando suporte para a manutenção da estrutura das fitofisionomias de floresta, transição e savana. Processos pedogenéticos e características dos solos mostraram forte relação com o material rochoso de origem, sendo que os solos dos ambientes de transição e savana apresentaram-se com texturas arenosas enquanto que os solos do ambiente de floresta exibiram teores mais elevados de argila.

Os resultados revelaram que os solos estudados tanto na área de floresta e transição quanto na savana são ácidos (pH 3,8 a 5,4), saturação de alumínio alta (88 a 97%), saturação por base baixa (1 a 10%) e com conteúdo de matéria orgânica variando de 1 a 40,1 g.kg⁻¹. Os melhores resultados em termos de fertilidade foram obtidos nos solos na sequência murundus, floresta, transição e savana, confirmando a relação entre a diminuição do número de espécies lenhosas com o empobrecimento de nutrientes essenciais.

No ambiente de savana os Neossolos Quartzarênicos e Plintossolos Argilúvicos são mais rasos em comparação aos Latossolos Amarelos da floresta, sendo possível alcançar a zona saprolítica nos perfis verticais, que guardam ainda características dos arenitos da Formação Palmeiral, eventualmente expostos na área de estudo como relevos residuais. São solos oligotróficos e hidromórficos que apresentaram gradientes texturais, com incremento de argila em determinados horizontes devido à podzolização, gerando zonas com material mais compactado que impedem o acesso das plantas aos nutrientes do solo em profundidade.

Em suas porções de superfície são solos altamente lixiviados, concentrando elevados teores da fração areia (até 96,3%) em relação à silte e argila, e seus grãos são bem selecionados, além de constituintes minerais a base de cristais de quartzo (até 100%) arredondados a bem arredondados.

Composições florísticas específicas, como nos murundus, encontram-se adaptadas às condições da savana onde agentes bióticos apresentam-se como fatores determinantes na produção e incorporação de quantidades significativas de matéria orgânica (até 24,2 g.kg⁻¹), em comparação ao solo do ambiente savana adjacente (≤ 2 g.kg⁻¹) garantindo suas propriedades essenciais ao desenvolvimento e expansão da vegetação arbórea em meio à savana.

Na floresta, as condições de manutenção desta vegetação também estão vinculadas à capacidade de ciclagem de nutrientes, favorecida pelas características físicas do solo, pela incorporação constante de biomassa e pela atividade biológica.

Diferente de resultados obtidos em outras áreas da Amazônia, a dinâmica da vegetação encontrada na área de estudo traz indícios de que as possíveis flutuações climáticas ocorridas na Amazônia (paleoclimas) e o clima atual não influenciaram diretamente no desenvolvimento do enclave de savana.

Observa-se na área de estudo, uma significativa relação dos solos com a paisagem. A fitogeografia atual pode representar condições de equilíbrio dinâmico, onde floresta e savana respondem, respectivamente, às suas condições edáficas, podendo a interação entre paleoambientes e fatores ecológicos atuais contribuir para a origem e evolução destas fitofisionomias.

Trabalhos futuros são necessários para aperfeiçoar modelos que consideram diferentes fatores ambientais para o desenvolvimento de enclaves na Amazônia.

Investigações considerando a história geológica da área do Parque Nacional Campos Amazônicos, processos de sedimentação, propriedades das unidades geológicas, relação da hidrologia com a topografia acompanhadas de levantamentos florísticos devem ser aprofundadas.

Os resultados obtidos no presente trabalho vêm contribuir para a compreensão dos cenários ambiental e paleoambiental da Amazônia apontando que as dinâmicas da vegetação ocorreram de forma diferenciada no Holoceno Amazônico, e que a incorporação de diferentes indicadores ambientais e paleoambientais são necessários para a avaliação da evolução de sua paisagem.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. O domínio morfoclimático amazônico. **Geomorfologia**, São Paulo, n.1, p.1-12, 1966.
- AB'SABER, A.N. Problemas geomorfológicos da Amazônia Brasileira. In: LENT, H. (Ed.). **Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica**. Conselho Nacional de Pesquisas, Rio de Janeiro, v.1, 1967, p.35-67.
- AB'SABER, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n.20, p.1-26, 1970.
- AB'SABER, A.N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil Intertropical. In: **Geomorfologia**. São Paulo, IGEOG, USP, n.56, 1977.
- AB'SABER, A.N. Paleoclima e paleoecologia. In: SCHIMITZ; BARBOSA; RIBEIRO (Eds.) **Anuário de Divulgação Científica, Universidade Católica de Goiânia**, Goiânia, n.5, 1978, p.33-51.
- AB'SABER, A.N. The Paleoclimate and paleoecology of Brazilian Amazonia. In: Prance, G.T., **Biological diversification in the Tropics**. Columbia: University Press, 1982, p.41-59.
- AB'SABER, A.N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SABER, A.N. Paleoclima e paleoecologia da Amazônia Brasileira. In: **Amazônia: do discurso à práxis**, 2.ed., São Paulo, Edusp, 2004.
- AB'SABER, A.N. Zoneamento fisiográfico e ecológico do espaço total da Amazônia Brasileira. **Estudos Avançados**, v.24, n.68, p.15-24, 2010.
- ABSY, M.L. Palynology of Amazonia: the history of the forests as revealed by the palynological record. In: PRANCE, G.T.; LOVEJOY, T.E. **Key environments Amazonia**, Pergamons Press, 1985, p.72-82.
- ABSY, M.L.; CLEEF, A.M. ; FORNIER, M.; SERVANT, M.; SIFFEDINE, A.; DA SILVA, M.F.; SPIBIES, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B.; VAN DER HAMMEN, T. **Mise en evidence de quatre phases d'ouverture de la foret dense dans le sud-est de l'Amazonie au cours des 60,000 dernieres annees. Premiere comparaison avec d'autres regions tropicales**. Acad. Sci. Paris 312, Série II, p.673-678, 1991.
- ADAMY, A. (Org.) **Geodiversidade do estado de Rondônia**, CPRM, 2010.
- ALMEIDA, G.; SOURDAT, M. **Genesis, geologica y morfologica de la amazonia, sus implicaciones actuales para el desarrollo dela region**. La Region amazônica Ecuatoriana. Centro Ecuatoriano de Investigacion Geografica, 1983.

ALMEIDA, J.A.; KLAMT, E.; KÄMPF, N. Gênese do contraste textural e da degradação do horizonte B de um Podzólico Vermelho-Amarelo da planície costeira do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:221-233, 1997.

ALVIM, P.T. Teoria sobre a formação dos campos cerrados. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v.16, n.3, p.496-498, 1954.

AMARAL-FILHO, Z.P. Pedologia. In: **BRASIL – Projeto RADAMBRASIL, Folha SC.20 Porto Velho**, Rio de Janeiro, 1978.

AMARAL-FILHO, Z.P. Ecologia da savana nas regiões amazônica e centro-oeste do Brasil. **Cadernos de Geociências**, Rio de Janeiro, v.16, p.35-48, 1995.

AMORIM, M.A.; MOREIRA-TURCQ, P.F.; TURCQ, B.J.; CORDEIRO, R.C. Origem e dinâmica da deposição dos sedimento superficiais na Várzea do Lago Grande de Curui, Pará, Brasil. **Acta Amazônica**, 39 (1), p.165-172, 2009.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Hidrografia e limites das bacias e sub-bacias hidrográficas**. 2010. Disponível em:
<<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: 26 jan. 2014.

ANDERSSON, L. Multi-layered distribution patterns and the hypothesis of rain forest refugia. **Bot. Notiser**, 132, p.185–190, 1979.

ANDRADE, H.; SCHEFER, C.E.G.R.; DEMATTÊ, J.L.I.; ANDRADE, F.V. Pedogeomorfologia e micropedologia de uma sequência Latossolo - Areia Quartzosa Hidromórfica sobre rochas cristalinas do estado do Amazonas. **Genomos**, 5 (1);55-66, 1997.

AQUINO, R.E.; CAMPOS, M.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; OLIVEIRA, I.A.; MANTOVANELI, B.C.; SOARES, M. D. R. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em latossolos sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 38: 397-406, 2014.

ARENS, K. O Cerrado como vegetação oligotrófica. **Boletim da Faculdade de Filosofia e Ciência e Letras da Universidade de São Paulo**, n.15, p.59-77, 1958.

BAHIA, R.B.C. **A Formação Palmeiral (Proterozoico Superior) na Serra dos Pacaás Novos, oeste de Rondônia**. 88 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, Belém, 1997.

BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, Oxford, v.31, n.7-8, p.697-710, 2000.

BARROS-SILVA ET AL. Vegetação. In: **BRASIL – Projeto RADAMBRASIL, Folha SC.20 Porto Velho**, Rio de Janeiro, 1978.

BARUCH, Z.; BELSKY, J.A.; BULLA, L.; FRANCO, C.A.; GARAY, I.; HARIDASAN, M.; LAVELLE, P.; MEDINA, E.; SARMIENTO, G. Biodiversity as regulator of energy flow, water use and nutrient cycling in savannas. In: SOLBRIG, O.T.; MEDINA, E.; SILVA, J. (Eds.). **Biodiversity and savanna ecosystem process**. Berlin: Springer-Verlag, 1996, p.176-194.

BASTOS, A.S. **A dinâmica de ocupação e seus reflexos para estabilidade do meio físico na Terra Indígena Uru Eu Wau Wau /RO e seu entorno**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2009.

BASTOS, A.S. **Zonas de aptidão agrícola como subsídio ao ordenamento territorial no entorno de unidades de conservação da Amazônia: o caso da Floresta Nacional do Jamari/RO**. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BEARD, J.S. The savana vegetation of northern Tropical America. **Ecological Monographs**, Washington, DC, v.23, p.149-215, 1953.

BERTANI, T.C. **Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento de paleogeofomas no interflúvio Madeira-Purus, Sudoeste da Amazônia Brasileira**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 2011.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of natural materials. II. Atmospheric, terrestrial, marine, and freshwater environments. In: COLEMAN, D.C.; FRY, B. (Eds.). **Carbon isotope techniques**. New York: Academic Press, 1991, p.155-171.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S.I. (Eds.). **Mass spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, 1996, p.47-82.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto Radambrasil. Folha SC.20 Porto Velho: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Levantamento de recursos naturais**, v.16, Rio de Janeiro, DNPM, 668p., 1978.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geodiversidade do Brasil**. Escala 1: 2.500.000. Brasília: CPRM, 2006a.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do estado do Amazonas**. Escala 1: 1.000.000. Brasília: CPRM, 2006b.

BRASIL. Decreto s/nº de 21 de junho de 2006. **Cria o Parque Nacional dos Campos Amazônicos, abrangendo terras nos Estados do Amazonas, Rondônia e Mato Grosso**. Presidência da República/Casa Civil, 2006c. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Dnn/Dnn10859.htm. Acesso em: 20 set. 2013.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Carta geológica – Folha SC.20-x-c RIO MACHADINHO**. Escala 1: 250.000. Brasília: CPRM, 2011.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa cronoestratigráfico simplificado do Brasil**. Escala 1: 5.000.000. Brasília: CPRM, 2015a.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico simplificado do Brasil**. . Escala 1: 6.000.000. Brasília: CPRM, 2015b.

BRAVARD, S., RIGHI, D. Podzols in Amazonia. **Catena**, 17, 461–475, 1990.

BROWN JR., K.S. Geographical patterns of evolution in neotropical forest Lepidoptera. In: DESCIMON, H. (Ed.). **Biogéographie et evolution in America Tropicale**. p.118-160, 1977.

BROWN JR., K.S.; AB'SÁBER, A.N. Ice-age Forest refuges and evolution in the neotropics: correlation of paleoclimatological, geomorphological and pedological data with modern biological endemism. **Paleoclimas**, São Paulo, n.5, p.1-30, 1979.

BUSH, M.B.; DE OLIVEIRA, P.E.; COLINVAUX, P.A.; MILLER, M.C.; MORENO, J.E. Amazonian paleoecological histories: one hill, three watersheds, **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecological**, p.59-393, 2004.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUSA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, M.R.; COSTA, E.U.C. Segmentos de vertente e atributos do solo de uma topossequência na região de Manicoré, AM. **Revista Ciência Agronômica**, 41, p.501-510, 2010.

CAMPOS, M.C.C.; RIBEIRO, M.R.; SOUSA JÚNIOR, V.S.; RIBEIRO FILHO, R.; ALMEIDA, M.C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. **Acta Amazônia**, v.42 (3), p.387-398, 2012.

CARNEIRO FILHO, A. Cerrados Amazônicos: fósseis vivos? Algumas reflexões. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v.14, n.1, p.63-68, 1993.

CASTRO JÚNIOR, P.R. **Dinâmica da água em campos de murundus do Planalto dos Parecis**. 195f. Tese (Doutorado em Geografia Física). USP, 2002

CERRI, C.C. **Dinâmica da matéria orgânica do solo no afrossistema de cana-de-açúcar**. 197f. Tese (Livre Docência). Piracicaba/SP: USP-ESALQ, Universidade de São Paulo, 1986.

CERRI, C.E.P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D.S.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.; CERRI, C.C. Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of amazon, Brazil. **Soil Science Society of America**, v.67, n.6, p.1879-1887, 2003.

CHAUVEL, A.; WALKER, I.; LUCAS, Y. Sedimentation and pedogenesis in a Central Amazonian Black Water Basin. **Biogeochemistry**, 33, p.77-95, 1996.

CHRISTENSEN, B.T. Physcal fractionation of soil and a organic matter in priamary particle size and density separates. **Advances in Soil Science**, New York, v.20, p.1-90, 1992.

CHRISTENSEN, B.T. Carbon in primary and secondary organomineral complexes. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Ed.) **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Press., p.97-165, 1996.

CHRISTENSEN, B.T. Organic matter in soil: structure, function and turnover. **Plant Production**, v.30, p.95, 2000.

COCHRANE, T.T.; SANCHEZ, P.A. Land resources, soils and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. In: Hecht (Ed.) **Amazonia: Agriculture and Land Use Research**. CIAT, Cali, Colombia, 1982.

COLE, M.M. Cerrado, caatinga and pantanal: the distribution and origin of the savana vegetation of Brazil. **The Geographical Journal**, London, v.136, n.2, p.168-179, 1960.

COLINVAUX, P.A.; DE OLIVEIRA, P.E.; MORENO, J.E.; MILLER, M.C.; BUSH, M.B. A long pollen record from lowland Amazonia: forest and cooling in glacial times. **Science**, 274, p.85-88, 1996.

COOMES, D.A.; GRUBB, P.J. Amazonian caatinga and related communities at La Esmeralda, Venezuela: forest structure, physiognomy and floristics, and control by soil factors. **Vegetation**, 122: 167-191, 1996.

CORINGA, E. A. O.; COUTO, E. G.; PEREZ, X. L. O.; TORRADO, P. V. Atributos de solos hidromórficos o Pantanal Norte Matogrossense. **Acta Amazônica**, v.42(1), 2012, p.19-28

COSTA, J.B.S; BEMERGUY, R.L; HASUI, Y.; BORGES, M.S.; JUNIOR, C.R.P.F.; BEZERRA, P.E.L.; COSTA, M.L.; FERNANDES, J.M.G. Neotectônica da região Amazônica: aspectos tectônicos, geomorfológicos e deposicionais. **Geonomos**, v.4, n.2, p.23-44, 1996.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Carta de Geodiversidade do Brasil ao Milionésimo**. Folha SC.20 – Porto Velho. Disponível em: <http://geobank.cprm.gov.br/pls/publico/geobank.download.downloadVetoriais?p_webmap=N&p_usuario=1>. Acesso em: 21 maio 2013.

CRUZ, O. **Sobrevãos no Território de Rondônia, norte de Mato Grosso e Sul do Pará e Amazonas**. Belém, Projeto RADAMBRASIL, Relatório Interno RADAM, 1-GM, 1974.

DANTAS, T.V.P.; NASCIMENTO-JÚNIOR, J.E.; RIBEIRO, A.S. & PRATA, A.P.N. Florística e estrutura da vegetação arbustivoarbórea das Areias Brancas do Parque Nacional Serra de Itabaiana/Sergipe, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 33: 575-588, 2010.

DANTAS, T.V.P. **Sucessão vegetacional sobre solo oligotrófico na Floresta Atlântica Nordestina**. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2013.

DANZ, N.P.; FRELICH, L.E. REICH, P.B.; NIEMI, G.J. Do vegetation boundaries display smooth or abrupt spatial transitions along environmental gradients? Evidence from the Prairie-Forest Biome boundary of historic Minnesota, USA. **Journal of Vegetation Science**, 2012.

DEMATTE, J.A.M.; ALOISI, R.R.; DEMATTE, J.L.I. Sequência Latossolo Amarelo-Podzólico Amarelo-Areias Quartzosas sob material da Formação Barreiras na região de Tucuruí, Estado do Pará. **Scientia Agricola**, 51:345-356, 1994.

DESJARDINS, T.; CARNEIRO FILHO, A.; MARIOTTI, A.; CHAUVEL, A.; GIRARDIN, A. Changes of the forest-savanna boundary in Brazilian Amazônia during the Holocene revealed by stable isotope ratios of soil organic carbon. **Oecologia**, 108, p.749-756, 1996.

EHLERINGER, J.R. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ fractionation and its utility in terrestrial plant studies. In: **Carbon Isotope Techniques**. COLLEMAN, D.C.; FRY, B. (Eds.) Academic Press, San Diego, 1991, p.187–200.

ELLENBERG, H. **Vegetation Ecology of Central Europe**. New York, Cambridge University Press, 1988.

ELTAHIR, E.A.B.; BRAS, R.L. Precipitation recycling. **Reviews of Geophysics**, v.34, n.3, p.367-379, 1996.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de solos do Brasil. Escala: 1:5.000.000**. 2011. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/solos/busca-de-noticias/-/noticia/1463338/embrapa-lanca-versao-atualizada-do-mapa-de-solos-do-brasil/>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

FEARNSIDE, P.M.; LEAL FILHO, N. Soil and development in Amazonia: Lessons from the Biological Dynamics of Forest Fragments Project. In: BIERREGAARD, R.O.; GASCON, C; LOVEJOY, T.E; MESQUITA, R. (Eds.) **Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest**. Yale University Press, New Haven, Connecticut, U.S.A, 2001, p.478.

FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, 79, p. 69-116, 1997.

FERNANDES, F.A.; CERRI, C.C.; FERNANDES, A.H.B.M. ^{13}C e a dinâmica do carbono do solo em pastagem cultivada no pantanal sul-mato-grossense. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n.74, Corumbá, 2007.

FERNÁNDEZ, L.R.R.; HEREDITA, N.; SEGGIARO, R.E.; GONZÁLEZ, M.A. Estructura andina de la cordillera oriental en el área de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy NO de Argentina. **Trabajos de Geología**, n.21, p.321-332, 1999.

FERREIRA, C.A.C. **Varição florística e fisionômica da vegetação de transição campina, campinarana e floresta de terra firme na Amazônia central, Manaus (AM)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1997.

FERREIRA, C.A.C. **Análise comparativa de vegetação lenhosa do ecossistema campina na Amazônia Brasileira**. Tese (Doutorado em Biologia Tropical e Recursos Naturais), INPA, Manaus, 2009.

FIGUEROA, S.N.; NOBRE, C.A. Precipitations distribution over Central and Western Tropical South America. **Climanálise - Boletim de Monitoramento e Análise Climática**, 5(6): p.36-45, 1990.

FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v.2, p.101-126, 1998.

FISCH, G.; MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A. **Clima da Amazônia**. 2015. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

FRAILEY, C.D.; LAVINA, E.L.; RANCY, A.; SOUZA FILHO, J.P. A Proposed Pleistocene/Holocene lake in the Amazon Basin and its significance to amazonian geology and biogeography. **Acta Amazônica**, v.18, n.3-4, p.119-143, 1988.

FRANCO, W.; DEZZEO, N. Soils and soil water regime in the terra firme caatinga forest complex near San Carlos de Rio Negro, State of Amazonia, Venezuela. **Interciência**, n.19, p.305-316, 1994.

FREITAS, H.A. **Estudo da dinâmica de vegetações no sul da Amazônia brasileira no Quaternário recente, utilizando datação por ^{14}C e razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da matéria orgânica do solo**. 99f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

FREITAS, H.A.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. Late Quaternary vegetation dynamics in the Southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, 55, p.39-46, 2001.

GOMES, B.M. **Estudo paleoambiental no estado de Rondônia utilizando datação por ^{14}C e razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da matéria orgânica do solo**. 106 f. Dissertação (Mestrado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 1995.

GOMES, F.B. **Modos de ocupação no município de Machadinho d'Oeste/RO e suas relações com o equilíbrio natural da paisagem e ajustes morfodinâmicos**. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Rondônia, 2009.

GOODLAND, R.A.; FERRI, M.G. **Ecologia do Cerrado**. Belo Horizonte, Itatiaia, 193p., 1979.

GOULDING, M. **História dos rios amazônicos**. Tradução de Santos, A.C.A.; Carvalho, M.L. Brasília: Sociedade Civil Mamirauá/CNPq/Rainforest Alliance, 1997.

GOUVEIA, S.E.M. **Estudo das alterações de paleovegetações na Amazônia central, utilizando a datação radiocarbônica e razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ da matéria orgânica do solo**. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

GOUVEIA, S.E.M. **Isótopos do Carbono na avaliação do remonte biológico de Latossolos e podzólicos e de eventos paleoclimáticos em distintas localidades do Brasil**. 116f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R.; ALVARENA, R.; BOULET, R.; ROVERATTI, R.; GOMES, B.M. Dinâmica de vegetações no sul do Amazonas no Quaternário recente indicada pelos isótopos do carbono (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C). **Geochimica Brasiliensis**, 11 (3): p.355-367, 1997.

GOUVEIA S.E.M.; PESSEDA L.C.R.; BOULET R.; ARAVENA R.; SCHEEL-YBERT R. Isótopos do carbono dos carvões e da matéria orgânica do solo em estudos de mudança de vegetação e clima no Quaternário e da taxa de formação de solos do estado de São Paulo. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, **Anais...** 71(4), 1999, p.969-980.

GUIMARÃES, F.S. **Ecologia e dinâmica vegetal quaternária no contato entre campinarana e campinas sobre espodossolos – Bacia do Rio Demini – AM**. Dissertação (Mestrado em Geografia), PUC- Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

GUIMARÃES, F.S.; BUENO, G.T. As campinas e campinaranas amazônicas. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, 2016.

HAFFER, J. Speciation in Amazonian forest birds. **Science**, v.165, p.131-137, 1969.

HAFFER, J. Ciclos de tempo e indicadores de tempos na história da Amazônia. **Revista Estudos Avançados**, n.15, v.6, São Paulo, IEA-USP, p.7-39, 1992.

HAFFER, J.; PRANCE, G.T. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozoico: sobre a teoria dos refúgios da diferenciação biótica. **Estudos Avançados**, 16 (46), p.175-206, 2002.

HANSEN, J.; DI CASTRI, F. **Landscape boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows**. Springer-Verlag, 1992.

HASSINK, J. Effects of soil texture and grassland management on soil organic C and N and rates of C and N mineralization. **Soil Biology and Biochemistry**. v 26, n.9, p.1221-1231, 1994.

HAYAKAWA, E.H.; **Paleogeformas e sistemas de drenagem da bacia do baixo rio Madeira, AM: interpretação de dados de sensoriamento remoto.** Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, 2011.

HERRERA, R.; JORDAN, C. F.; KLINGE, H.; MEDINA, E. Amazon ecosystems. their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. **Interciência**, v.3, n.4, p.223-232, 1978.

HILLEL, D. **Introduction to environmental soil physics.** Elsevier Academic Press, 2003.

HODGSON, J.G.; GRIME, R.H.; THOMPSON, K. **The electronic comparative plant ecology.** London: Chapman & Hall, 1995.

HOOGHIEMSTRA, H.; VAN DER HAMMEN, T. Neogene and a Quaternary development of the neotropical rain forest: the forest refugia hypothesis, and a literature overview. **Earth-Science Reviews**, 44, 147-183, 1998.

HOORN, C. Amazonia through time: andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity, v.330, **Science**, 2010.

HOORN, C.; VONHOF, H. Neogene Amazonia: introduction to the special issue. **Journal of South American Earth Sciences**, 21, p.1-4, 2006.

HORBE, A.; HORBE, M.; SUGUIU, K. Tropical Spodosols in northeastern Amazonas State, Brazil. p.55-68. **Geoderma**, 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de biomas do Brasil**, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações Ambientais - Vegetação**, 2006. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 05 nov. 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal 2014**, Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

ICMBio. Instituto Chico Mendes. **Mapa temático e dados geoestatísticos.** Unidades de Conservação. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Faixa normal de precipitação trimestral**. 2011. Disponível em:

<[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/faixaNormalPrecipitacao Trimestral](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/faixaNormalPrecipitacaoTrimestral)>. Acesso em: 14 jan. 2016.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Catálogo de imagens. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 16 jul. 2013a.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA. Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em:

<<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em: 30 jul. 2013b.

IRION, G. Sedimentation and sediments of Amazon rivers and evolution of the Amazon landscape since Pliocene time. In: SIOLI, H. **The Amazon**. Dordrecht, Junk Pubs, p.201-214, 1984.

IRION, G.; MÜLER, J.; MELLHO, J.N.; JUNK, W. Quaternary geology of the central amazonian lowland area. **Revista do Instituto de Geociências**. São Paulo, 15 (1/2), 27-33, 1994.

JUMA, N.G. Interrelationships between soil structure/texture, soil biota/soil organic matter and crop production. **Geoderma**, 57, p.3-30, 1993.

KARK, S.; VAN RENSBURG, B.J. Ecotones: marginal or central areas of transition? **Journal of Ecology & Evolution**, v.52, p.29-53, 2006.

KEMP, R.A.; McDANIEL, P.A.; BUSACCA, A.J. Genesis and relationship of macromorphology and micromorphology to contemporary hydrological conditions of a welded Argixeroll from the Palouse in Idaho. **Geoderma**, 83:309-329, 1998.

KENT, M. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. 2.ed., London: Wiley-Blackwell, 2012.

KIRKHAM, M.B. **Principles of soil and plant water relations**. Elsevier Academic Press, 2005.

KLOOSTERMAN, J.B. Uma província do tipo nigeriano no sul da Amazônia. **Mineração Metalurgia**, v.47, n.278, p.59-64, 1968.

LACERDA FILHO, J.V.; SOUZA, J.O.; OLIVEIRA, C.C.; RIBEIRO, P.S.E.; VILLAS BOAS, P.F.; ALBUQUERQUE, M.C.; FRASCA, A.A.S.; BORGES, F.R.; MORETON, L.C.; MARTINS, E.G.; CAMARGO, M.A.; VALENTE, C.R.; PIMENTEL, M.M.; BOTELHO, N.F. Geologia e evolução tectônica da região norte do Mato Grosso (Projeto Promin-Alta Floresta). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7, Sessão temática VII, Belém/PA, 2001.

LADEIRA, F.S.B. Solos do passado: origem e identificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:1773-17786, 2010.

LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETTT, R.F. Pedospheric processes and the carbon cycle. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; FOLLETTT, R.F.; STEWART, B.A. (Eds.). **Soil processes and the carbon soil**. Boca Raton, CRC Press, 2000.

LEAL, J.W.L.; SILVA, G.H.; SANTOS, D.B.; TEIXEIRA, W.; LIMA, M.I.C.; GERNANDES, C.A.C.; PINTO, A.C. Geologia. In: **BRASIL – Projeto RADAMBRASIL, Folha SC.20 Porto Velho**, Rio de Janeiro, 1978, p.17-184.

LEDRU, M.P.; SALGADO-LABOURIAU, M.L.; LORSCHETTER, M.L. Vegetation dynamics in southern and central Brazil during the last 10,000 yr BP. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 99, p.131–142, 1998.

LEPSCH, I.F. **19 Lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIMA, C.M. **Dinâmica da vegetação e interferências climáticas no Quaternário Tardio na região da Ilha do Marajó (PA), empregando os isótopos do carbono (¹²C, ¹³C, ¹⁴C) da matéria orgânica de solos e sedimentos**. 182f. Dissertação (Mestrado em Ciências). ESALQ, Piracicaba, 2008.

LIMA, H.N.; MELO, J.W.V.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; LIMA, A.M.N. Mineralogia e química de três solos de uma toposssequência da Bacia Sedimentar do Alto Solimões, Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 30:59-68, 2006.

LLOYD, J.; GOULDEN, M.L.; OMETTO, J.P.; PATIÑO, S.; FYLLAS, N.M.; QUESADA, C.A. Ecophysiology of forest and savanna vegetation. **Geophysical Monograph Series, American Geophysical Union**, p.463-484, 2009.

LUCAS, Y.; CHAUVEL, A.; BOULET, R.; RANZANI, G.; SCATOLINI, F. Transição Latossolos-Podzóis sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. n.8, p.325-335, 1984.

LUIZÃO, F.J. Litter production and mineral element input to the forest floor in a central Amazonian forest, **GeoJournal**, 19, p.407–417, 1989.

LUIZÃO, F.J. Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas. **Ciência e Cultura**, 59 (3), 2007.

LUIZÃO, F.J.; FEARNESIDE, P.M.; CERRI, C.E.; LEHMANN, J. The maintenance of soil fertility in amazonian managed systems. In: KELLER, M.; DIAS, P.S.; GASH, J. (Eds.). **Amazonian and Global Change. Geophysical Monograph Series**. American Geophysical Union, v.186, 2009, p.311-336.

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

MAFRA, A.L.; SILVA, E.F.; COOPER, M.; DEMATTÊ, J.L.I. Pedogênese de uma sequência de solos desenvolvidos de arenito na região de Piracicaba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 25:355-369, 2001.

MAFRA, A.L.; MIKLÓS, A.A.W.; VOLKOFF, B; MELFI, A.J. Pedogênese numa sequência Latossolo-Espodossolo na região do Alto Rio Negro, Amazonas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:381-394, 2002

MAGALHÃES, Ç.M.S.; BLUM, W.E.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J. Relações entre o solo e a floresta no estabelecimento de unidades de paisagens florestais na Amazônia. **Floresta e Ambiente**, v.5, n.1, p. 89-103, 1998.

MALHI, Y.; BAKER, T.R.; PHILLIPS, O.L.; ALMEIDA, S.; ALVAREZ, E.; ARROYO, L.; CHAVE, J.; CZIMCZIK, C.I.; FIORE, A. D.I; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T.J.; LAURANCE, S.G.; LAURANCE, W.F.; LEWIS, S.L.; MONTOYA, L.M.M.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D.A.; VARGAS, P.N.; PATIÑO, S.; PITMAN, N.C.A.; QUESADA, C.A.; SALOMÃOS, R.; SILVA, J.N.M.; LEZAMA, A.T.; MARTÍNEZ, R.V.; TERBORGH, J.; VINCETI, B.; LLOYD, J. The above-ground coarse wood productivity of 104 Neotropical forest plots. **Global Change Biology**, 10, p.563-591, 2004.

MALHI, Y.; DAVIDSON, E.A. Biogeochemistry and ecology of terrestrial ecosystems of Amazonia. In: KELLER, M.; DIAS, P.S.; GASH, J. (Eds.). **Amazonian and global change. Geophysical Monograph Series**. American Geophysical Union, v.186, 2009, p.293-297.

MARINON, B.S.; MARINO-JUNIOR, B.H.; JANCOSKI, H.S.; FRANÇZAK, D.D.; LIMA, H.S.; LENZA, E.; ROSSETE, A.N.; MORESCO, M.C. Florística dos campos de murundus do Pantanal do Araguaia, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 26 (1), p.181-196, 2012.

MARKEWITZ, D.; DAVIDSON, E.; MOUTINHO, P.; NEPSTAD, D. Nutrient loss and redistribution after forest clearing on a highly weathered soil in Amazonia. **Ecological Applications**, 14 (4) Supplement, p.177-199, 2004.

MARQUES, J.D.O.; LUIZÃO, F.J.; LUIXÃO, R.C.C.; SOUZA, A. Variação do carbono orgânico em relação aos atributos físicos e químicos do solo ao longo de uma topossequência na Amazônia Central. In: VIII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL. **Anais...** Caxambu – MG, 2007.

MARTINELLI, L.A. **Composição química e isotópica (¹³C) de sedimentos de várzea e suas interações com alguns rios da Bacia Amazônica**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1986.

MARTINS, G.C.; FERREIRA, M.M.; CURI, N.; VITORINO, A.C.T.; SILVA, M.L.N. Campos nativos e matas adjacentes da região de Humaitá (AM): atributos diferenciais dos solos. **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v.30, n.2, p.221-227, 2006.

McARTHUR, E.D.; SANDERSON, S.C. **Ecotones: introduction, scale, and big sagebrush example**. Forest Service Research and Development Organization. RMRS-P-11. 1999. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/rm/publications/titles/rmrs_proceedings.html>. Acesso em: 15 set. 2014.

MEDINA, E. El Futuro de la Cuenca Amazonica. **Interciência**. v.1, n.4, 1978.

MELO, M.L.D.; MARENGO, J.A. The influence of changes in orbital parameters over South American climate using the CPTEC AGCM: simulation of climate during the mid holocene. **Holocene**, v.18, n.4, p.501-516, 2008.

MENDES, D.S.O. **As campinaranas sobre espodossolos do Alto Rio Negro – AM: fitossociologia, solos e considerações sobre sua gênese**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

MENDONÇA, B.A.F.; FERNANDES FILHO, E.I.; SCHAEFE, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B.; PAULA, M.D. Os solos das campinaranas brasileiras: ecossistemas arenícolas oligotróficos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.4, p.827-839, 2015.

MENESES, M.E.N.S. **A evolução da paisagem de transição savana-floresta em Roraima durante o Holoceno Tardio: base mineralógica, geoquímica e palinológica**. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) Universidade Federal do Pará, 2010.

MENESES, M.E.N.S.; COSTA, L.M. Caracterização mineralógica e química dos regolitos de uma área de transição savana-floresta em Roraima: uma análise da evolução da paisagem. **Revista Brasileira de Geociências**, p.42-46, 2012.

MESCUA, J.F.; GIAMBIAGI, L.B.; RAMOS, V.A. Late Cretaceous uplift the Malargüe fold-and-thrust belt (35°S), southern Central Andes of Argentina and Chile. **Andean Geology**, v.40, n.1, p.102-116, 2013.

MIRANDA, I.S.; ALMEIDA, S.S.; DANTAS, P.J. Florística e estrutura de comunidades arbóreas em cerrados de Rondônia, Brasil. **Acta Amazônica**, v.36 (4), p.419-430, 2006.

MIRANDA, M.C.C. **Sedimentologia, isótopos estáveis e palinologia de depósitos quaternários no leste da Ilha do Marajó, estado do Pará**. 214 f. Tese (Doutorado em Geoquímica e Geotectônica). Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Cobertura vegetal dos Biomas Brasileiros**, 2006. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/amazonia/mapas_pdf/vegetacao/mosaico/mosaico_a0.pdf> Acesso em: 10 jan. 2016.

MOHRIAK, W.U. Bacias sedimentares da margem continental brasileira. In: **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**, CPRM, 2003, p.87-94.

MOORE, I.D.; GESSLER, P.E.; NIELSEN, G.A.; PETERSON, G.A. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society American Journal**. v.57, p.443-452, 1993.

NASCIMENTO, N.R.; BUENO, G.T.; FRITSCH, E.; HERBILLON, A.J.; ALLARD, T.; MELFI, A.J. Podzolization as a deferralitization process: a study of an Acrisol-Podzol sequence derived from Palaeozoic sandstone in the northern upper Amazon Basin. **European Journal of Soil Science**, v.55, n.3, p.523-538, 2004.

NASCIMENTO, T.C.N.; MANIESI, V.; AMILCAR, A.; SANTOS, A.N. A natureza e aplicação dos materiais lateríticos na área urbana e entorno de Porto Velho/RO. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.2, n.4, p.11-19, 2012.

NOBRE, C.A.; OBREGÓN, G. O.; MARENGO, J. A.; FU, R.; POVEDA, G. **Characteristics of Amazonian Climate: Main Features**. In: KELLER, M.; DIAS, P.S.; GASH, J. (Eds.). Amazon and Global Change. Geophysical Monograph Series. American Geophysical Union, v.186, 2009.

NOWATZKI, A. **Utilização de atributos topográficos no mapeamento preliminar de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Pequenos (Antonina/PR)**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, 2013.

ODUM, E. **Fundamentals of Ecology**. Saunders, 384p., 1953.

OLIVEIRA, A.V.G.; SOBRAL, M.E.G. Vegetação. Físico. In: **BRASIL – MMA. Plano de manejo do Parque Nacional dos Campos Amazônicos**, Brasília, 2011.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; FURLEY, P.A. Monchão, cocuruto, murundu. **Revista Ciência Hoje**. v.11(61), 1990.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Padrões florísticos das matas ciliares da região do cerrado e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o quaternário tardio. In: Rodrigues, R.R.; Leitão-Filho, H.F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**, São Paulo, EDUSP, FAPESP, 2000, p.73-89.

PEDREIRA DA SILVA, A.J.; LOPES, R.C.; VANCONCELOS, A.M.; BAHIA, R.B.C. Bacias sedimentares Paleozoicas e Meso-Cenozoicas interiores. In: BIZZI, L.A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003.

PESSENDA, L.C.R. **O laboratório de ¹⁴C do CENA e estudos de paleoreconstrução ambiental (vegetação e clima) desenvolvidos no Brasil**. Livre Docência. CENA, USP, Piracicaba, 1998.

PESSENDA, L.C.R.; VALENCIA, E.P.E. MARTINELLI, C. A. CERRI, C. C. Natural radiocarbon measurements in tropical soil developed on basic rocks. **Radiocarbon**, v. 38, n.2, p.203-208, 1996.

PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; ARAVENA, R.; GOMES, B.M.; BOULET, R.; RIBEIRO, A.S. ^{14}C dating and stable carbon isotopes of soil organic matter in forest-savanna boundary areas in Southern Brazilian Amazon Region. **Radiocarbon**, 40: 1013-1022, 1998a.

PESSENDA, L.C.R.; LISI, C.S.; GOUVEIA, S.E.M.; Datação por ^{14}C . In: PESSENDA, L.C.R. Laboratório de ^{14}C . **Técnicas e aplicação paleoambientais**. Piracicaba: CENA/USP, 1998b. Disponível em: <<http://www.apostilas.cena.usp.br/moodle/pessenda/livro/Livro%20Didatico%20-%201a.%20edicao.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2014.

PESSENDA, L.C.R.; GOMES, B.M., ARAVENA, R., RIBEIRO, A.S., BOULET, R. GOUVEIA, S.E.M. The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetation changes in the Rondonia state, Southwestern Brazilian Amazon region. **The Holocene**, v.8, n.4, p.631-635, 1998c.

PESSENDA, L.C.R.; BOULET, R.; ARAVENA, R.; ROSOLEN, V.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; LAMOTTE, M. Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a Forest-savanna transition zone, Brazilian Amazon region. **The Holocene**, 11(2): 250-254, 2001.

PESSENDA, L.C.R.; GOUVEIA, S.E.M.; FREITAS, H.A.; RIBEIRO, A.S.; ARAVENA, R.; BENDASSOLLI, J.A.; LEDRU, M.P.; SIEFEDDINE, A.F.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do carbono e suas implicações em estudos paleoambientais. In: **Quaternário do Brasil**. SOUZA (Ed.). Holos Editora, 2005, p.75-93.

PIDWIRNY, M. **Plant succession fundamentals of physical geography**. 2.ed, 2006. Disponível em: <<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9i.html>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

PILLAR, V.P. **Clima e vegetação**. UFRGS, 1995. Disponível em: <http://www.ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Reprints&Manuscripts/Manuscripts&Misc/6_Clima_95Nov07.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2015.

PILLON, C.N.; MIELNICZUK, J.; MANTIN NETO, L. **Dinâmica da matéria orgânica no ambiente**. Pelotas: Embrapa, 2002.

PINHEIRO, H.O. Formações savânicas mundiais: uma breve descrição fitogeográfica. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Uberlândia, v.1, n.2, p.306-313, 2010.

PULRONIK, K. **Transformações do carbono no solo**. Planaltina, DF, Documentos/Embrapa Cerrados, 36p, 2009.

QUADROS, M.L.E.S.; RIZZOTTO, G.J. (Orgs.). **Mapa geológico e de recursos minerais do estado de Rondônia**. Escala 1:1.000.000, Porto Velho, CPRM, 2007.

QUESADA, C.A.; LLOYD, J.; SCHWARZ, M.; PATINO, S.; BAKER, T.R.; CZIMCZIK, 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**, p.1515–1541, 2010.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed., Campinas: Instituto Agrônômico/ Fundação IAC, 1997.

RATTER, J.A. Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil. In: Nature and dynamics of forest-savanna boundaries. **New York: Chapman and Hall**, 1992.

RAWITSCHER, F.; FERRI, M.G.; RACHID, M. Profundidade dos solos e vegetação em campo cerrados do Brasil meridional. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, Rio de Janeiro, **Anais...** 1943, p.267-296.

REATTO, A.; CORREIA, J.R.; SPERA, S.T.; MARTINS, E.S. Solos do Bioma Cerrado. Aspectos pedológicos. In: **Cerrado: ecologia e flora**. Matiko, S; Almeida, S.P.; Ribeiro, J.F., EMBRAPA Informações Tecnológicas, Brasília, DF, 2008, p.19-45.

RESENDE, M.; CURTI, N.; RESENDE, S.B.; CORREA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. 4.ed., Viçosa. Neput, 2002, 338p.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: **Cerrado: ecologia e flora**. Editores técnicos, MATIKO, S.; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F., EMBRAPA, Brasília, DF, 2008, p.151-212.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997, 747p.

RIZZOTTO, G.T. **Projeto Rio Madeira. Levantamento de informações para subsidiar o estudo de viabilidade do aproveitamento hidrelétrico (AHE) do Rio Madeira, AHE Santo Antônio**. Relatório de Pesquisa. Porto Velho, CPRM, 235p. 2005.

RONDÔNIA. **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, 2002.

RONQUIM, C.C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U. Expansão dos solos hidromórficos e mudanças na paisagem: um estudo de caso na região sudeste da Amazônia Brasileira. **Acta Amazônica**, 38: 483-490, 2008.

ROSSETTI, D.F. Ilhas de savana. **Revista Pesquisa FAPESP**, 179, p.46-49, 2011. Disponível em: <<http://www.revistapesquisa.fapesp.br/2011/01/31/ilhas-de-savana>>. Acesso em: 17 fev. 2013.

ROSSETTI, D.F.; TOLEDO, P.M. Biodiversity from a historical geology perspective: a case study from Marajó Island, lower Amazon. **Geobiology**, 4, 215-223, 2006.

ROSSETTI, D.F.; ALMEIDA, S.; AMARAL, D.D.; LIMA, C.M.; PESSENDA, L.C.R. Coexistence of forest and savana in Amazonian area from a geological perspective. **Jornal of Vegetation Science**, v.21, n.1, p.120-132, 2010.

ROSSETTI, D.F.; BERTANI, T.C.; HAYAKAWA, E.H.; ZANI, H.; CREMON, E.H. Sensoriamento remoto aplicado à caracterização de paleopaisagens quaternárias amazônicas e impacto na distribuição florística atual. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, Curitiba, PR, INPE, **Anais...** p.1697, 2011.

ROSSETTI, D.F.; ZANI, H.; COHEN, M.C.L.; CREMON, E.H. A Late Pleistocene Holocene wetland megafan in the Brazilian Amazonia. **Sedimentary Geology**, v.282, p.276-293, 2012a.

ROSSETTI, D.F., BERTANI, T.C.; ZANI, H.; CREMON, E.H.; HAYAKAWA, E.H. Late Quaternary sedimentary dynamics in western Amazonia: implications for the origin of open vegetation/forest contrast. **Geomorphology**, 177-178, 2012b.

SÁ, J.S.; CRUCIANI, D.E.; MINAMI, K. Efeitos de inundações temporárias do solo em plantas de ervilha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.50-54, 2004.

SALATI, E.; MARQUES, J.; MOLION, L. Origem e distribuição das chuvas na Amazônia. **Interciência**, p.200-205, 1978.

SALATI, E.; VOSE, P.B. Amazon Basin: a system in equilibrium. **Science**, New Series, v.225, n.4658, p.129-138, 1984.

SALGADO LABOREAU, M.L. **História ecológica da Terra**. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

SANCHEZ, P.A.; BANDY, D.E.; VILLACHICA, J.H.; NICHOLAIDES, J.J. Amazon basin soils: management for continuous crop production. **Science**, v.216, p.821-827, 1982.

SANTOS, H.G.; CARVALHO JÚNIOR, W.; DART, R.O.; ÁGLIO, M.L.D.; SOUSA, J. S.; PARES, J.G.; FONTANA, A.; MARTINS, A.L.S.; OLIVIERA, A.P. **O novo mapa de solos: legenda atualizada**. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 67p., 2011.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília, 2013.

SANTOS J.O.S. Geotectônica dos Escudos das Guianas e Brasil Central. In: BIZZI L.A., SCHOBENHAUS C., VIDOTTI R.M., GONÇALVES J.H. (Eds.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**: texto, mapas e SIG. Manaus, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003, p.169-226.

SCHAEFER, C.; AMARAL, E.F.; MENDONÇA, B.A.F.; OLIVEIRA, H.; LANI, J.L.; COSTA, L.M.; FERNANDES FILHO, E.I. Soil and vegetation carbon stocks in Brazilian Western Amazonia: relationships and ecological implications for natural landscapes. **Environmental Monitoring and Assessment** 140: 279–289. 2008.

SCHOBENHAUS, L.A.; VIDOTTI, R.M.; GONÇALVES, J.H. Geotectônica dos Escudos das Guianas e Brasil Central. In: **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**, CPRM, Brasília, 2003, p.169-195.

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J.A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, 138, p.335-356, 2000.

SERVANT, M.; MARLEY, J.; TURCQ, B.; ABSY, M.; BRENAC, P.; ÇEDRU, M.P. Tropical rain forest changes during the late Quaternary in African and South American lowlands. **Global and Planetary Changes**, p.25-40, 1993.

SILVA, A.J.P.; LOPES, R.C.; VASCONCELOS, A.M.; BAHIA, R.B.C. Bacias sedimentares paleozoicas e meso-cenozoicas interiores. In: **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**, CPRM, 2003, p.65-85.

SILVA, C.L.; ROSSETTI, D.F. História geológica dos rios na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v.61, n.3, São Paulo, 2009.

SILVA C.L.; MORALES, N.; CRÓSTA, A.P.; COSTA, S.S.; JIMENEZ-RUEDA, J.R. Analysis of tectonic-controlled fluvial morphology and sedimentary processes of the western Amazon basin: an approach using satellite images and digital elevation model. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. **Anais...** v.79, n.4, 2007, p.693-711.

SILVA, F.D.S.; FERREIRA, D.B.; SARMANHO, G.F.; SANTOS, L.S.F.C.; FORTE, L.T.G.; PARENTE, E.G.P. Tendências de Alterações climáticas da precipitação observadas no Brasil de 1961 a 2008 utilizando dados gradeados. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Belém, **Anais...** 2010.

SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARRO, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C. L. (Eds). **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. p.275-374.

SILVA, L.F. **Solos tropicais. Aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo**. Terra Brasilis Editora. São Paulo, 1995.

SILVEIRA, C.T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: integração de atributos topográficos em sistemas de informações geográficas e redes neurais artificiais**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Paraná, 2010.

SILVEIRA, M. **Vegetação e flora das campinaranas do sudoeste amazônico**. Relatório de Defesa Técnica, Associação S.O.S. Amazônia, Rio Branco, 28p, 2003.

SIOLI, H.; KLINGE, H. Solos, tipos de vegetação e águas na Amazônia. **Boletim Geográfico**, IBGE, n.179, ano XXII, p.146-153, 1964.

SIPAM. Sistema de Proteção da Amazônia. **Malha viária**. 2010.

SOMBROEK, W. Amazon landforms and soils in relations biological diversity. **Acta Amazônica**, 30 (1), 81-100, 2000.

SOMBROEK, W.G.; NACHTERGAELE, F.O.; HEBEL, A. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. **Ambio**, v.22, n.7, p.417-4126, 1993.

SOUZA FILHO, P.W.M.; QUADROS, M.L.E.S.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA FILHO, E.P.; REIS, M.R. Compartimentação morfoestrutural e neotectônica do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.29, p.469-76, 1999.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition and reactions**. 2.ed. New York: John Willey, 1994.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

TASSINARI, C.C.G.; MACAMBIRA, M.J.B. Geochronological provinces of the Amazonian Craton. **Episodes**, 22, p.174-182, 1999.

TRIVELIN, P.C. **Efeito dos isótopos estáveis: fracionamento Isotópico**. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/isotopos-estaveis>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

TUOMISTO, H.; RUOKOLAINEN, K.; SALO J. Lago Amazonas: fact or fancy? **Acta Amazônica**, v.22 (3), 3353-3361, 1992.

USGS. U.S. Geological Survey. **Landsat 8/OLI 2014**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

USGS. U.S. Geological Survey. **Landsat 8/OLI 2015**. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

VAN DER HAMMEN, T. The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. **Journal of Biogeography**, v.1, n.1, p.3-26, 1974.

VAN DER HAMMEN, T. Palaeoecology of the Neotropics: an overview of the state of affairs. **Boletim do Instituto de Geociências**. USP Spec. Publ. n.8, p.35-55, 1991.

VAN DER HAMMEN, T.; ABSY, M.L. Amazonia during the last glacial. **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology**, v.109, p.247-261, 1994.

- VAN DER HAMMEN, T.; HOOGHIEMSTRA, H. Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. **Quaternary Science Reviews**, 19, 725-742, 2000.
- VANZOLINI, P. **Zoologia sistemática, geográfica e a origem das espécies**. Instituto Geográfico São Paulo. Série Teses e Monografias 3, 56p., 1970.
- VANZOLINI, P.; WILLIAMS, E.E. **South American anoles: geographic differentiation and evolution of the *Anolis chrysolepis* species group (Sauria, Iguanidae)**. Arq. Zool. São Paulo, 19:1-298, 1970.
- VERDADE, F.C. **Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions do solo**. Boletim Técnico do Instituto do Estado de São Paulo. Bragançana, v.15, n.4, 1956.
- VICENTINI, A.A. Vegetação ao longo de um gradiente edáfico no Parque Nacional do Jaú. In: BORGES, S.H.; IWANAGA, S.; DURIGAN, C.C.; PINHEIRO, M.R. (Eds.). **Janelas para a biodiversidade no Parque Nacional do Jaú - uma estratégia para o estudo da biodiversidade na Amazônia**. Manaus: Fundação Vitória Amazônica, WWF, IBAMA, 2004, p.117-143.
- VIDOTTO, E.; PESSENDA, L.C.R.; RIBEIRO, A.S.; FREITAS, H.A.; BENDASSOLLI, J.A. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. **Acta Amazônica**, 37, 385-400, 2007.
- VIDOTTO, E.; RIBEIRO, A.S.; PESSENDA, L.C.R.; FREITAS, H. A. Estudo da dinâmica do ecótono Floresta-Campo no sul do estado do Amazonas no Quaternário Tardio, empregando os isótopos do carbono do solo e das plantas. In: IX CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS QUATERNÁRIOS, 2003, Recife. II Congresso do Quaternário de Países de Língua Ibérica e II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa. **Anais...** Recife, ABEQUA, 2003.
- WAGNER, G.H.; WOLF, D.C. Carbon transformations and soil organic matter formation. In: SYLVIA, D.M.; FUHRMANN, J.J.; HARTEL, P.G.; ZUBERER, D.A. Principles and applications of soil microbiology. New Jersey, **Prentice Hall**, 1999, p.218-256.
- WAIBEL, L.A. A vegetação e o uso da terra no planalto central. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.10, n.3, p.335-380, 1948.
- WALTER, B.M.T.; CARVALHO, A.M.; RIBEIRO, J.F. O conceito de savana e de seu componente cerrado. In: **Cerrado: ecologia e flora**. MATIKO, S; ALMEIDA, S.P.; RIBEIRO, J.F. EMBRAPA. Informações Tecnológicas, Brasília, DF, 2008, p.19-45.
- WARMING, E.; FERRI, M.G. **Lagoa Santa: a vegetação de cerrados brasileiros. São Paulo, Belo Horizonte, Itatiaia**. EDUSP, 1973.

ZAGATTO, E.; CRISTINA, A.; CALHEIROS, D.; FURLAN, S. **Isótopos de carbono em estudos ambientais**. 15p., 2000. Disponível em:
<<http://www.web.cena.usp.br/apostilas/Zagatto/FAN2-CarbonoAmbiente.doc>>.
Acesso em: 14 abr. 2014.

APÊNDICES
(FOTOGRAFIAS)

APÊNDICE 1 - (1A E 1B) CONDIÇÕES DE SATURAÇÃO DO SOLO PELO EXCESSO DE ÁGUA NO PERÍODO DE CHUVA E ESPÉCIES ADAPTADAS. AMBIENTE DE SAVANA, PONTO DE CONTROLE C6-SA. (1C) LAGOA NA REGIÃO DE SAVANA DO PARQUE NACIONAL CAMPOS AMAZÔNICOS SITUADA NA PORÇÃO CENTRAL DO SETOR TABAJARA.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, 2015.



AUTORA: Rafaela D'Amico, 2014.

**APÊNDICE 2 - VEGETAÇÃO ADAPTADA A AMBIENTES COM DEFICIÊNCIA DE NUTRIENTES
SITUADA NAS PROXIMIDADES DO PONTO E3-SA.**



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, julho de 2015.

APÊNDICE 3 - EPÍFITAS EM MEIO AS GRAMÍNEAS, LOCALIZADA NO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA, PRÓXIMO AO PONTO T3-SA.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, julho de 2015.

APÊNDICE 4 - PLANTAS CARNÍVORAS DO GÊNERO *Drosera* OBSERVADAS EM AMBIENTE ÚMIDO, SITUADO NO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA (PONTO DE CONTROLE T5-SA).



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, fevereiro de 2014.

APÊNDICE 5 - TUFOS DE LÍQUENS EM MEIO AS GRAMÍNEAS NO PERÍODO DE ESTIAGEM. AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA, PRÓXIMO AO PONTO T3-SA.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, julho de 2015.

APÊNDICE 6 - ESPÉCIE DO GÊNERO *Paepalanthus* ENCONTRADA NOS SOLOS DE SAVANA DO SETOR TABAJARA.



AUTORA: Rafaela D'Amico, 2014.

APÊNDICE 7 - TERMITEIRO COM VEGETAÇÃO INSTALADA EM SEU ENTORNO NO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA, PRÓXIMO AO PONTO T3-SA.



AUTORA: Fabiana Barbosa Gomes, julho de 2015.

APÊNDICE 8 - VISÃO AÉREA DO MURUNDU COM ESPÉCIE ARBÓREA EM MEIO ÀS ÁREAS ÚMIDAS DA SAVANA DO SETOR TABAJARA.



AUTORA: Rafaela D'Amico, 2014.

APÊNDICE 9 - RELEVO DE MURUNDU EXPOSTO APÓS UM INCÊNDIO, SITUADO NO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR ESTANHO.



AUTORA: Rafaela D'Amico, 2014.

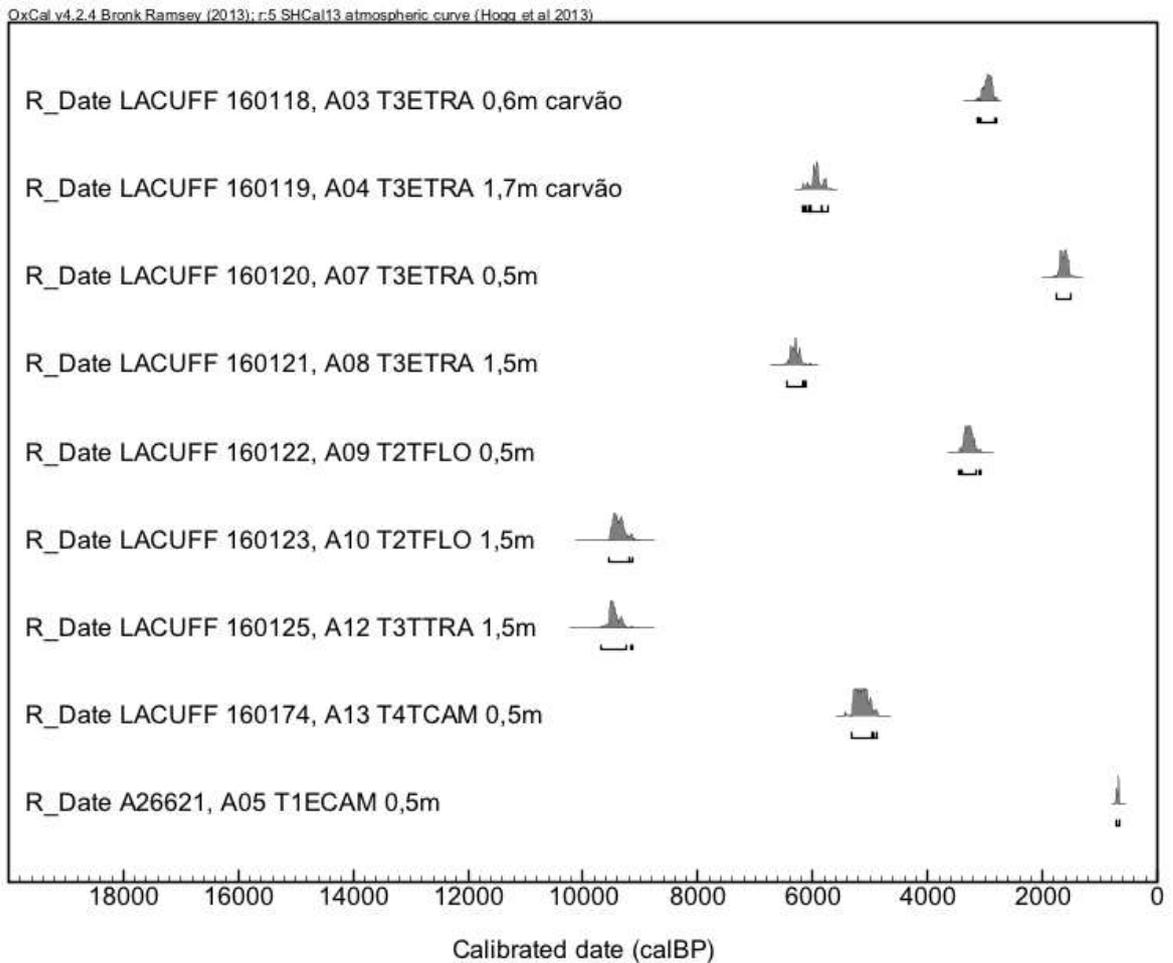
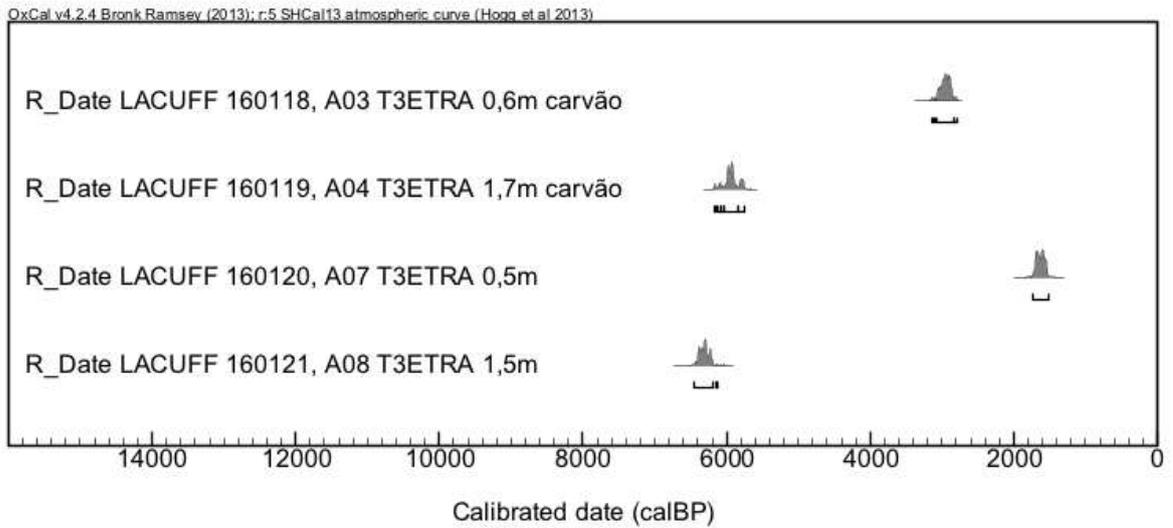
APÊNDICE 10 - VISÃO DA MATA GALERIA COMPOSTA POR ÁRVORES DE GRANDE PORTE E A TRANSIÇÃO BRUSCA PARA A VEGETAÇÃO ABERTA NAS DUAS MARGENS, NO AMBIENTE DE SAVANA DO SETOR TABAJARA.



AUTORA: Rafaela D'Amico, 2014.

ANEXO

ANEXO 1 - RESULTADOS DAS DATAÇÕES REALIZADAS NA MATÉRIA ORGÂNICA TOTAL DO SOLO E EM FRAGMENTOS DE CARVÃO PELO LABORATÓRIO DE CARBONO DA UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE.



Name	Unmodelled (BP)		
	from	to	%
Show all			
Show structure			
Curve ShCal13			
R_Date LACUFF 160118, A03 T3ETRA 0,6m carvão	3140	2795	95.4
R_Date LACUFF 160119, A04 T3ETRA 1,7m carvão	6177	5747	95.4
R_Date LACUFF 160120, A07 T3ETRA 0,5m	1745	1516	95.4
R_Date LACUFF 160121, A08 T3ETRA 1,5m	6451	6125	95.4
R_Date LACUFF 160122, A09 T2TFLO 0,5m	3445	3082	95.4
R_Date LACUFF 160123, A10 T2TFLO 1,5m	9535	9138	95.4
R_Date LACUFF 160125, A12 T3TTRA 1,5m	9682	9145	95.4
R_Date LACUFF 160174, A13 T4TCAM 0,5m	5317	4886	95.4
R_Date A26621, A05 T1ECAM 0,5m	726	660	95.4