



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

FRANCIELLI PAULA DELAVY

**TURFAS NA PLANÍCIE COSTEIRA DO AMAPÁ: CARACTERIZAÇÃO
FÍSICA, MINERALÓGICA E QUÍMICA**

**BELÉM-PA
2010**

FRANCIELLI PAULA DELAVY

**TURFAS NA PLANÍCIE COSTEIRA DO AMAPÁ: CARACTERIZAÇÃO
FÍSICA, MINERALÓGICA E QUÍMICA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Oceanografia do Instituto de
Geociências da Universidade
Federal do Pará, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de
bacharel em Oceanografia.**

**Orientadora: Dra. Odete Fátima
Machado da Silveira
Co-Orientador: Dr. José Francisco
Berredo**

**BELÉM-PA
2010**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

D343t Delavy, Francielli Paula

Turfas na Planície Costeira do Amapá: caracterização física, mineralógica e química / Francielli Paula Delavy; Orientador: Odete Fátima Machado da Silveira; Co-orientador: José Francisco Berredo – 2010

92 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2009.

1. Oceanografia geológica. 2. Turfas. 3. Geoquímica. 4. Planície Costeira do Amapá (AP). I. Universidade Federal do Pará. II. Silveira, Odete Fátima Machado da, *orient.* III. Berredo, José Francisco, *co-orient.* IV. Título.

CDD 20º ed.: 551.46098116

FRANCIELLI PAULA DELAVY

**TURFAS NA PLANÍCIE COSTEIRA DO AMAPÁ: CARACTERIZAÇÃO
FÍSICA, MINERALÓGICA E QUÍMICA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Oceanografia do Instituto de
Geociências da Universidade
Federal do Pará, para obtenção do
grau de bacharel em Oceanografia.**

Data da Defesa: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

**Prof. Odete Fátima Machado da
Silveira – Orientadora**
Doutora em Geologia
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Prof. Marcondes Lima da Costa
Pós-Doutorado em Mineralogia-geoquímica
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Prof. Vanda Porpino Lemos
Doutora em Geoquímica
Universidade Federal do Pará (UFPA)

**A todos que de alguma forma
colaboraram para a realização desse
trabalho**

AGRADECIMENTOS

Primeiro quero agradecer a Deus e as minhas mães: A minha mãe de sangue Mariza que mora sempre no meu coração. E duas que me adotaram e ajudaram da melhor forma possível quando precisei. Uma delas é minha tia Luzia, que sempre me apoiou no caminho escolhido. E a outra além de mãe é orientadora, Odete, sinceramente não sei como agradecer pelos ensinamentos profissionais e de vida, pelas oportunidades e confiança, deixo aqui meus agradecimentos de coração por tudo que fizestes por mim.

Ao meu orientador Berredo pelos ensinamentos e pela confiança depositada, e é claro pela amizade de sempre. A querida Ana Luiza, pelas muitas caronas embaladas as histórias de sonhos muito engraçados, pela qual tenho um carinho enorme.

Agradeço aos meus primos Lu e Ale, pela paciência de aturar minhas chatices e ao companheirismo, a meu tio Álvaro pela ajuda e incentivo, aos meus irmãos Mikelli, Grazielli e Antobelli, e a minha vó Ilda pelas palavras de carinho sempre, as minhas subrinhas Emilay, Gabrielli e Emily.

Aos meus amigos da eterna Equipe: Andréia (Tetéia), Alan, Diego (Preto), Diego (Xará), Gustavo (Gordo), Luiza (Luba), Manu (Pequetita), pelos momentos mais divertidos. E é claro, meu amor, Nara (Narinha), essa merece o céu, porque me ajudou muito nessa jornada, além de ter cedido sua família emprestada também. Obrigada amiga! Conte comigo sempre. Aos da equipe que já foram embora, Daninha, Ivaninha, Charles, obrigada pelas palavras amigas e muito sucesso. E ao novo membro Aderson (negão), seja bem vindo.

Aos amigos da turma de 2006 de Oceanografia: Adjalbas, Aline, Ellen, Elo, Lidiane, Lygia, Marcio e Ruth, valeu pela companhia de quatro anos, sempre serão lembrados com muito carinho.

Agradeço aos Professores Marcondes Lima da Costa e Vanda Porpino Lemos por aceitarem participar da minha banca avaliadora.

A Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências (IG), pelo suporte técnico na utilização do Laboratório de Difração de Raios-X. À Msc. Maria do Perpétuo Socorro Progene Vilhena, por ter gentilmente realizado as interpretações mineralógicas. A Faculdade de Oceanografia.

Ao projeto AMASIS pelo subsídio às etapas desse trabalho. Ao Projeto Diagnóstico para o Plano de Manejo da Reserva Biológica do Lago Piratuba, pela possibilidade de coletas de amostras.

Para finalizar gostaria de agradecer a todos aqueles que participaram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

.

**"Cada um que passa em nossa vida,
passa sozinho, pois cada pessoa é única
e nenhuma substitui outra.
Cada um que passa em nossa vida,
passa sozinho, mas não vai só
nem nos deixa sós.
Leva um pouco de nós mesmos,
deixa um pouco de si mesmo.
Há os que levam muito,
mas não há os que não levam nada.
Essa é a maior responsabilidade de nossa vida,
e a prova evidente que duas almas
não se encontram ao acaso. "**

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

A Planície Costeira do Amapá é uma região propícia à formação de depósitos de turfas, especialmente pela diversidade de ambientes deposicionais. A caracterização física, mineralógica e química das turfas na planície costeira do Amapá se faz necessária pelo total desconhecimento de suas potencialidades econômicas e ecológicas nessa área e, justifica-se pela sua ampla distribuição, ocorrendo em pelo menos 40% da área de estudo. A caracterização física foi realizada através da escala visual de von Post, a mineralogia através da difração de raios-X, as análises químicas por fluorescência de raios-X e extração química parcial. Dividiu-se a região em áreas: Maracá, Macarry, Sucuriju, Tabaco e Linha Seca. Os resultados obtidos permitem diferenciar na planície costeira do Amapá dois tipos de turfa: fibrosas com influência principalmente de ambientes fluviais e lacustres encontradas nas áreas do Tabaco e Linha Seca; e hêmicas, influenciadas pelos ambientes litorâneos, nas áreas de Maracá, Sucuriju e Macarry. As análises por difração de raios-x no material inorgânico das turfas apresentaram como minerais primários o quartzo, muscovita, albita, feldspatos e a goethita; como argilominerais foram identificados caulinita, clorita e a esmectita além de minerais neoformados: halita, pirita e a jarosita. A composição química total nas cinzas das turfas apresentou como principais óxidos SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SO_3 , com total de 63,88 % entre as áreas, seguidos por Na_2O , MgO , CaO e o K_2O com 10,08% e em menores quantidades MnO , P_2O_5 e TiO_2 . Os grupos funcionais identificados se mostraram recorrentes em praticamente todas as amostras analisadas, representados aqui pelos betumes, ácidos húmicos, carboidratos e substâncias fenólicas. As variações ocorreram com relação às intensidades das bandas de absorção segundo teor de cinzas que a amostra apresentava. As análises térmicas diferenciais apresentaram um primeiro pico endotérmico relacionado a perda de água do material. A faixa que corresponde à queima da matéria orgânica apresentou um ou dois picos endotérmicos. A similaridade entre a mineralogia identificada com a composição mineralógica dos sedimentos recentes indica que as turfas podem ser utilizadas como indicador biológico dos processos de sedimentação e que participam da evolução geológica da planície costeira do Amapá, no que diz respeito ao Quaternário.

Palavras-chave: Oceanografia geológica. turfas. geoquímica. planície costeira do Amapá (AP).

ABSTRACT

The diversity of depositional environments gives to the Amapá Coastal Plain special conditions to the peat and peatlands formation. The physical, mineralogical and chemical characterization of this peat and peatlands is necessary due the absence of information about it ecological and economic potential, and justify itself due it widespread distribution, occurring at about 40% of the study area. The physical characteristics were done through the visual scale of van Post; the mineralogy through DRX while the chemical analysis were done by X-Ray fluorescence and through partial chemical extraction. The study area was divided in areas: Maracá, Macarry, Sucuriju, Tabaco e Linha Seca. The main results allow to differentiate at the coastal plain two different kinds of peat: fibrous with the main influence of fluvial and lacustrine environments as the ones found at the Tabaco and Linha Seca areas; e, *hêmicas*, the ones under the influence of coastal environments, as Maracá, Sucuriju e Macarry areas. The DRX analysis at the peat inorganic material has as primary minerals the quartz, muscovite, albite, feldspars and the goethite. The clay minerals were identified as the caulinite, chlorite and the smectite, while the neoformed minerals occurred as halite, pyrite and jarosite. The chemical composition of total peat ashes showed as main oxides the SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SO_3 , with 63,88% of the total area followed by Na_2O , MgO , CaO and K_2O with 10,08% and minor amounts of MnO , P_2O_5 e TiO_2 . The functional groups identified practically in all analyzed samples and sre represented by bitumen, humic acid, carbohydrates and phenolic substances. The variations occurred at the intensity of the absorption bands according the ashes contents. The DTA analysis showed a first endothermic peak related to the material water losses. The range corresponding to the organic matter burns showed one or two endothermic peaks. The similarity between the identified mineralogy and mineralogical composition of recent sediments indicate that the peats can be used as an biological indicator of sedimentary processes and participate at the Quaternary geological evolution at the Amapá Coastal Plain.

Key-Words: Geological oceanography. peat. geochemistry. Amapá coastal plain.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Localização da área de trabalho.....	17
Figura 02	Unidades Morfoestruturais no Estado do Amapá.....	25
Figura 03	Carta-Imagem de Localização dos Cinturões Lacustres.....	27
Figura 04	Escala para classificação das turfas pelo grau de humificação	30
Figura 05	Mapa Global de distribuição dos sistemas formadores de turfas.....	32
Figura 06	(A) Ribbon split, (B) Ribbon washout.....	37
Figura 07	Diagrama esquemático mostrando dois depósitos de “Crevasse”, ambos recobertos por vegetação.....	38
Figura 08	Diagrama esquemático mostrando um depósito de firesplays .	39
Figura 09	Diagrama esquemático mostrando depósitos de sand washovers interdigitados às turfas.....	40
Figura 10	Seções esquemáticas dos estágios de formação de turfa contemporânea a acumulação de clásticos.....	41
Figura 11	Desenvolvimento de turfeiras associadas a sistema fluvial anastomosado ou entrelaçado.....	42
Figura 12	Desenvolvimento de turfeiras associadas a sistema fluvial meandrante.....	43
Figura 13	Diagrama esquematizando ambientes formadores de turfa.....	44
Figura 14	Modelo genético.....	45
Figura 15	Seção típica de um depósito litorâneo.....	47
Figura 16	Substituição de vegetação resultante de episódios de fogo.....	50
Figura 17	Figura esquemática da distribuição das turfas e paleodrenagens na REBIO-Piratuba.....	51
Figura 18	Tipos de amostragens.....	53
Figura 19	Localização das áreas geográficas com os pontos de amostragem.....	54

Figura 20	Balões volumétricos como filtrado utilizado para análise de metais.....	56
Figura 21	Preparação de amostra total para DRX.....	57
Figura 22	Difratogramas de raios-X em base seca para as turfas da área do Maracá.....	72
Figura 23	Difratogramas de raios-X nas cinzas das turfas da área do Maracá.....	73
Figura 24	Difratogramas de raios-X nas cinzas das turfas da área do Sucuriju.....	74
Figura 25	Imagens de MEV das cinzas na amostra Macarry P3.....	75
Figura 26	Imagens das cinzas com formações de frambóides de pseudomorfos	75
Figura 27	Mineral esmectita na amostra PT37.....	75
Figura 28	Espectros de IV das amostras LS, Perfil 1 e Macarry P4.....	83
Figura 29	Espectros de IV das amostras F02-b, Redondo e PT07-c.....	83
Figura 30	Termograma da amostra LS.....	85
Figura 31	Termograma da amostra T3-a.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Períodos das Coletas de Turfa e Métodos de Amostragem.....	52
Tabela 02	Tabela com a Apresentação dos Parâmetros Analisados nas Diferentes Amostras.....	59
Tabela 03	Grau de decomposição das Turfas – Área de Maracá.....	61
Tabela 04	Grau de decomposição das Turfas – Área do Macarry.....	62
Tabela 05	Grau de decomposição das Turfas – Área do Sucuriçu.....	63
Tabela 06	Grau de decomposição das Turfas – Área do Tabaco.....	64
Tabela 07	Grau de decomposição das Turfas – Área da Linha Seca.....	64
Tabela 08	Variações e Médias de Salinidade nas Diferentes Áreas	66
Tabela 09	Variações e Médias de Umidade nas Diferentes Áreas.....	67
Tabela 10	Variações e Médias dos Valores de pH nas Diferentes Áreas.	68
Tabela 11	Variações e Médias Obtidas entre as Áreas para os Parâmetros: Carbono, Nitrogênio e Carbono/Nitrogênio.....	69
Tabela 12	Percentuais de Cinzas nas Áreas Maracá e Macarry.....	70
Tabela 13	Percentuais de Cinzas nas Áreas Sucuriçu e Tabaco.....	70
Tabela 14	Variações e Médias da Composição Química Total do Óxidos em % nas Diferentes Áreas.....	77
Tabela 15	Variações (Mínimo e Máximo) da Composição Química Total dos Elementos-Traço em ppm nas Diferentes Áreas.....	78
Tabela 16	Variações e Médias da Composição Química para Na ₂ O, K ₂ O, CaO, MgO e P ₂ O ₅ em % nas Diferentes Áreas.....	80
Tabela 17	Variações e Médias da Composição Química para os Elementos-Traço nas Diferentes Áreas.....	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	ÁREA DE TRABALHO	17
3	OBJETIVOS	18
3.1	OBJETIVO GERAL.....	18
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	19
4.1	CLIMA.....	19
4.2	VEGETAÇÃO.....	20
4.2.1	Campos de Planície do Amapá	20
4.2.2	Manguezal	20
4.3	GEOLOGIA.....	21
4.3.1	Depósitos de planícies flúvio-estuarina1	22
4.3.2	Depósitos de planícies flúvio-estuarina 2	22
4.3.3	Depósitos de planícies flúvio-estuarina e flúvio-marinha	23
4.3.4	Depósitos lacustres	23
4.4	COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS COSTEIROS (QUATERNÁRIO).....	24
4.5	GEOMORFOLOGIA.....	25
4.6	TURFA	28
4.6.1	Classificação das turfas	29
4.6.2	Processo de humificação	30
4.6.3	Turfeiras	31
4.6.4	Classificação ecológica das turfeiras	33
4.6.4.1	Turfeiras ombrotróficas	34
4.6.4.2	Turfeiras minerotróficas	35
4.6.5	Classificação geológica das turfeiras	36
4.6.5.1	Turfeiras associadas à ambiente deltaico	40
4.6.5.2	Turfeiras associadas à ambiente fluvial	42
4.6.5.3	Turfeiras associadas à ambiente estuarino	43
4.7	TURFAS NO BRASIL	46
4.7.1	Geologia dos depósitos brasileiros	46
4.7.2	Turfas no Amapá	48
5	MATERIAIS E MÉTODOS	52
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
6.1	CLASSIFICAÇÃO DAS TURFAS SEGUNDO O GRAU DE DECOMPOSIÇÃO	61

6.2	SALINIDADE	65
6.3	UMIDADE TOTAL	66
6.4	pH	67
6.5	CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO E C/N	68
6.6	CINZAS	69
6.7	CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO MATERIAL INORGÂNICO DAS TURFAS	71
6.8	COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	76
6.8.1	Composição química total das cinzas das turfas	76
6.8.2	Composição química nas cinzas das turfas após ataque ácido	79
6.9	ESPECTROMETRIA DE INFRAVERMELHO – IV	81
6.10	ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL – ATD	84
7	CONCLUSÕES	86
	REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

A turfa é uma substância fóssil, organomineral, originada da decomposição de restos vegetais, encontrada em áreas alagadiças como várzeas de rios, planícies costeiras e regiões lacustres (FRANCHI, 2000).

Fuchsman (1980) identifica quatro grupos constituintes básicos em turfás, classificáveis quimicamente como: a) betumes, compreendendo ácidos graxos, ceras e esteróides; b) ácidos húmicos; c) carboidratos, como celulose e proteínas, d) as ligninas, substâncias fenólicas.

Segundo a International Peat Society – IPS (1997) as turfás desempenham um importante papel na biosfera com funções importantes como húmus e fertilizantes para a agricultura, substrato para horticultura, geração de energia, materiais de uso químico, materiais para filtros, isolamento, terapias, cuidados com o corpo, provisão de água potável, etc. Interação com processos fundamentais de suporte à vida, envolvendo ciclos biogeoquímicos, suporte à cadeia alimentar, dinâmica hidrológica e qualidade da água. Esses terrenos desenvolvem papel importante regional e localmente no ciclo hidrológico, clima e na estabilização de paisagens. Muitas dessas regiões podem ficar submersas até 9 meses por ano, e estão associados com alguns dos menores e também mais produtivos ecossistemas, além de ter uma distribuição que vai desde as altas-temperadas latitudes, até os trópicos.

Muito do recente interesse nas turfás tropicais resultam de sua importância como reservatórios que “seqüestram” e estocam carbono e regulam a troca de carbono entre a superfície da terra e a atmosfera. Nas turfeiras tropicais, ambos, vegetação e as turfás subjacentes constituem-se em grandes e altamente concentradas bacias de carbono, as quais, sob degradação, liberam gases de efeito estufa com um significativo efeito nos processos de mudanças globais. As emissões totais de CO₂ a partir de turfeiras tropicais é de aproximadamente 2000 Mt ano⁻¹, representando cerca de 8% da emissão global da queima de combustíveis fósseis (IPS, 1997).

Na maioria das turfeiras tropicais, a acumulação da turfa iniciou a cerca de 3,500-6,000 Cal anos AP, mas, em algumas áreas, investigações revelam idades mais antigas variando desde o Pleistoceno até o Holoceno Tardio. No Brasil, não existe uma estatística precisa sobre a ocorrência de turfás. Acredita-

se que pelo menos 15.000 Km², o que o transforma no maior da América do Sul. Existem grandes depósitos no Médio Amazonas e Pantanal. Pequenas áreas de turfeiras existem em áreas costeiras (Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo) (IPS, 1997).

Os mais importantes depósitos mundiais originam-se em planícies planas e intercalam-se a sedimentos costeiros, lacustres, fluviais e deltaicos. O ambiente sedimentar é grandemente responsável por peculiaridades intrínsecas dos depósitos, como forma, dimensões, quimismo e associações litológicas (FRANCHI, 2004).

A Planície Costeira do Amapá é propícia à formação de depósitos de turfas, pela presença de florestas de alta fertilidade, pela diversidade de ambientes deposicionais e processos hidrodinâmicos flúvio-estuarinos, flúvio-marinhos e lacustres, relacionados às correntes fluviais e de maré, juntamente com os processos meteorológicos sazonais (períodos de cheia e de seca).

Duas regiões, áreas de abrangência deste trabalho, se sobressaem no cenário: Região dos Lagos do Amapá, e a região litorânea entre o rio Amapá Grande e a foz do rio Araguari (SILVEIRA; SANTOS, 2006).

Segundo Silveira e Santos (2006) a distribuição das turfas no Amapá se dá em pelo menos 40% da área de estudo, em muitos locais afloram e dão ao sistema lacustre um nível de fragilidade e sensibilidade crítico ao fogo.

Dentro do contexto apresentado e com base no material sedimentar associado à turfa, este trabalho teve como objetivo caracterizar as turfas da planície costeira do Amapá do ponto de vista físico, mineralógico e químico, devido a sua ampla distribuição na área, pelo total desconhecimento de suas potencialidades econômicas e ecológicas e pela possibilidade de servirem como indicadores biológicos da sedimentação costeira.

A caracterização das turfas permitirá o reconhecimento da qualidade das mesmas e os parâmetros estudados podem oferecer subsídios para o estabelecimento de medidas preventivas aos focos de incêndio, comuns em determinadas áreas, já que abrangem duas reservas federais: Reserva Biológica do Lago Piratuba e a Estação Ecológica Maracá – Jipioca, de grande importância ambiental.

2 ÁREA DE TRABALHO

A área de trabalho está localizada na planície costeira do Amapá e está delimitada pelas coordenadas geográficas $00^{\circ} 32' 03,51''$ S / $24^{\circ} 44' 09,06''$ E e $00^{\circ} 23' 25,29''$ S / $25^{\circ} 53' 24,51''$ E (Figura 01).

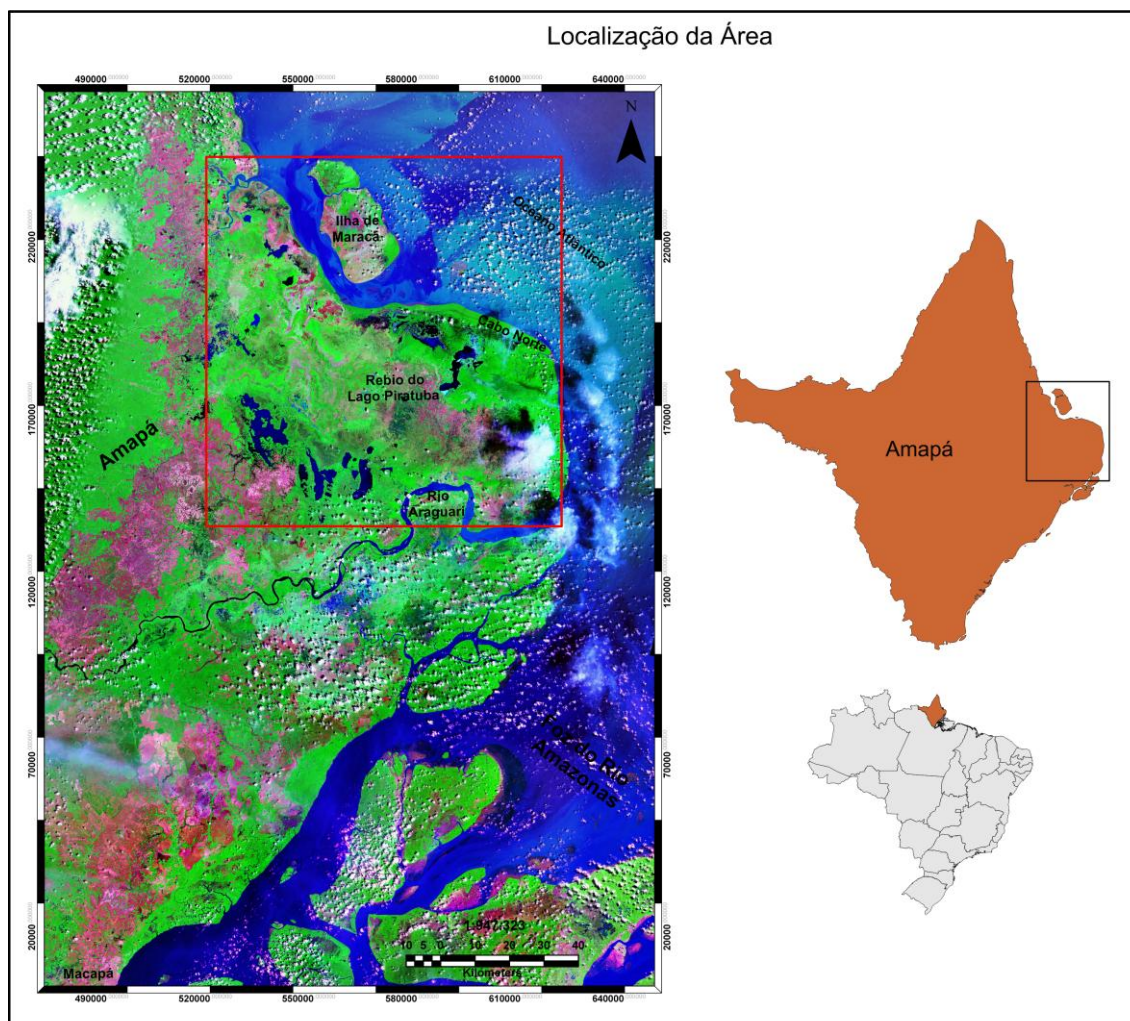


Figura 01: Localização da área de trabalho.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar física, mineralógica e químicamente as turfas da planície costeira do Amapá.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Classificar as turfas segundo o grau de decomposição;
- Determinar a assembléia de mineralógica através de difração de raios-x e MEV;
- Determinar a composição química, através de análise elementar de fluorescência e absorção atômica;
- Realizar análises de espectroscopia de infravermelho;
- Realizar análises térmicas diferenciais.

4 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

4.1 CLIMA

Segundo Bruck¹ et al. ((s/d) apud SILVEIRA et al. (2004)), a Região Norte apresenta temperatura média anual com pouca variação sazonal, em torno de 26°C, sendo mais elevadas entre os meses de setembro e novembro e mais amenas nos meses de julho a agosto.

Leite et al.(1974) classificaram o clima atuante em toda a costa do Amapá, segundo a classificação de Gaussen, como Termoxeroquimênico Atenuado. Peres et al.(1974) o clima citado seria correlacionado ao tipo Amw', na classificação de Koppen.

O regime pluviométrico do litoral amapaense é tropical, caracterizado por um período bastante chuvoso com mais 70% do total anual de janeiro a julho, e um período de sub-seca de agosto e se prolonga até dezembro com precipitações entre 100 a 550mm (INPE, 2007).

Santos (2006) ainda destaca que o contexto hidrológico da região é regido pela ZCIT, com a incidência de ventos de nordeste. Nesta situação, ventos com maior intensidade predominam nos meses de dezembro a maio, porém nos meses de junho a novembro, quando os ventos de nordeste passam a ser mais fracos, possibilita a predominância dos ventos de leste. Tal regime influencia a precipitação e, conseqüentemente, o regime de inundação das áreas costeiras.

¹ BRUCK, E. C.; ONO, H. Y.; ARAÚJO, J. L. de; SIMÕES, N. S.; FERNANDEZ, R.A.N. Estudos iniciais de implantação da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca – AP. Relatório técnico. Brasília: FBCN, [19--?]. 36 p.

4.2 VEGETAÇÃO

4.2.1 Campos de planície do Amapá

Estende-se pelos terraços aluviais da Área do Estuário Amazônico que compreende a ilhas da foz do rio Amazonas e toda a faixa costeira do Estado do Amapá onde não há influencia da salinidade do mar.

A cobertura vegetal, com abundância de gramíneas, ciperáceas e melastomataceas, variando de locais segundo o maior e menor grau de inundação. Nos locais mais baixos e mais alagados a vegetação tem maior porte e é composta principalmente por aningas (*Montrichardia arborescens* Schott.), tiriricão (*Scleria* sp.) buriti (*Mauritia flexuosa* Mart.) piri (*Cyperus giganteus* Vahl.). A vegetação das partes mais altas dos campos inundáveis é predominantemente composta por gramíneas destacando a canaras (*Echinoa* sp, *Panicum* spp.), o capim rabo-de-rato (*Hemmenachne* sp.), capim serra-perna (*Laercia* sp.) e o capim arroz (*Oryza peneris* Moench.). Em meio dos campos inundáveis nota-se a predominância dos Parques do Cerrado ocupando pequenos “tesos” com a dominância de capim Barba-de-bode (*Aristida* sp.) (COSTA NETO et.al., 2006.).

4.2.2 Manguezal

O mangue é definido como uma comunidade vegetal que se estende ao longo da zona costeira aos processos transicionais dos ambientes marinhos, estuarinos e lagunar, com alternância de inundações derivadas das marés em regime mixohalino (HERZ, 1991). Segundo o mesmo autor os mangues tropicais estão entre as paisagens mais marcantes do mundo, instalada em redutos de sedimentação fina, de baixios adjacentes aos terraços marinhos, emerso a partir de eventos glacio-eustático holocênicos. Nesses ambientes poucas espécies de árvores desenvolvem-se para resistir à imersão em águas salinas intersticiais, desenvolvendo assim adaptações como estruturas de enraizamento especial, troncos reforçados para se sustentarem em terrenos lamosos moles e pneumatóforos para a captura de oxigênio pelas raízes.

De acordo com Herz (1991), o desenvolvimento dos manguezais está relacionado com a dinâmica das águas costeiras e a redução da salinidade em decorrência da alta carga de água doce oriunda do Amazonas. Assim o manguezal constitui-se num tipo singular de vegetação, que não tolera temperaturas baixas, confinado a um habitat salobro marinho, hostil a maioria das plantas em decorrência das baixas taxas de O_2 existentes da oxiredução da matéria orgânica, gerada da decomposição das folhas e biotas associadas.

4.3 GEOLOGIA

De acordo com Lima et al. (1974), a geologia regional está estratigraficamente representada no Pré-Cambriano: pelo Complexo Guianense, unidade que constitui o embasamento da região; imediatamente sobreposto pelo Grupo Vila Nova, constituído por um conjunto metamórfico, e associados a esse último, mas com caracteres pós-orogênicos, ocorrem maciços de rochas intrusivas intermediárias, básicas e ultra-básicas. A esta fase pós-orogênica pertencem o Granodiorito Falsino e Granito Mapuera. Na reativação Permo-Triássica falhamentos antigos foram rejuvenescidos e nessas zonas de fraqueza ascendeu magma básico que se expressa pelo enxame de diques, representados estratigraficamente pelo Diabásio Cassiporé.

Segundo o mesmo autor, o Terciário tem como unidade litoestratigráfica a Formação Barreiras, que se estende na região desde Uaçá até Macapá, em uma estreita faixa que se adelgaça rumo ao norte, e em toda a extensão oeste, transgride sobre rochas do Complexo Guianense. No final do Terciário, toda a faixa costeira do Amapá recebeu a sedimentação do Grupo Barreiras, constituído por sedimentos areno-argilosos, arenosos, argilo-siltosos e conglomeráticos, em sistemas de leques aluviais e lacustres. No entanto esses sedimentos podem sofrer influência marinha marcante (ROSSETTI et al., 1989). Na área de estudo, esta unidade ocorre na porção sudoeste da área de entorno da Reserva Biológica do Lago Piratuba (REBIO), às margens do Lago Novo e como pequenas ilhas entre o Lago Novo e o Lago Comprido, na forma de pequenos terraços erosivos, apresentando-se como sedimentos argilosos a argilo-arenosos, tendo como característica marcante o seu aspecto mosqueado

determinado pelo processo de lixiviação do ferro da sua porção superior para a base, onde este passa a ter uma coloração amarelo-avermelhada. Em porções já fora da área de entorno (parte do lago Novo e lago Duas Bocas) este apresenta-se geralmente como terraços erosivos de coloração avermelhada (na Vila do Lago Novo e Vila Mangueira no lago Duas Bocas) basicamente argiloso. Na margem oeste do lago Duas Bocas, apresenta-se com uma constituição mais arenosa que varia de fina a grosseira, chegando a formar crostas e camadas ferruginizadas.

O Quaternário apresenta como feição de relevo uma área alongada, com largura variável, que se estende desde Macapá até a foz do Oiapoque, formando extensas áreas planas de inundação com sedimentação tanto marinha quanto fluvial (LIMA et al., op. cit.).

Na área de estudo, foram identificados por Silveira et al. (2004) vários tipos de depósitos associados à área de entorno da REBIO PIRATUBA, a saber:

4.3.1 Depósitos de planície flúvio-estuarina 1: São depósitos expressivos, localizados em áreas planas de campos, desenvolvidas atrás das áreas de várzeas e manguezais e bordejando os lagos localizados no interior da planície costeira. Caracterizados por sedimentos lamosos (argila e silte), de coloração cinza amarelada, ricos em matéria orgânica e intensa bioturbação promovida por raízes na porção mais interna, mas em sua porção mais externa, às margens dos canais, verifica-se uma estratificação plano paralela, típica de ambientes influenciados por maré. Na porção Noroeste da área da REBIO e do entorno (Igarapé Macarry) estas áreas têm características um pouco diferenciadas do restante da área, pois já se observa uma sedimentação com influencia marinha, verificada também pela presença de vegetação indicativa da presença salina. Nesta porção são observadas através de sensores remotos as ocorrências de paleocanais, associados a assoreamento e colmatação e avulsão de canais descritos Silveira (1998).

4.3.2 Depósitos de planície flúvio-estuarina 2: Estes depósitos ocorrem às margens do rio Araguari e de outras drenagens sob a influência direta da maré e são caracterizados por sedimentos pelíticos (argila e silte) a silticos arenosos de coloração cinza amarelada, em áreas de várzeas. Estas áreas são atingidas

pela maré diariamente em suas bordas e completamente durante as marés de sizígia (lançantes). Durante o período de cheia ficam completamente inundadas. Estas inundações parciais a totais conduzem todo o processo sedimentar característico desse ambiente.

4.3.3 Depósitos de planície flúvio-estuarina e flúvio-marinha: Estes depósitos, situados ao longo da costa, desde a foz do rio Araguari até o extremo norte da área, estão associados às áreas sob influência mais direta da salinidade e são caracterizados por sedimentos pelíticos (argila e silte), nas áreas onde predomina a vegetação de manguezais, e por sedimentos siltico-arenosos a arenosos em áreas onde os processos dinâmicos são mais intensos, formando bancos, barras e planícies arenosas em áreas de acreção e assoreamento.

4.3.4 Depósitos lacustres: Estes depósitos ocorrem na área da Rebio e em seu entorno, tendo como principais os lagos Piratuba, dos Ventos, Mutuco, Comprido de Cima, Comprido de Baixo, Novo e Duas Bocas. São caracterizados por sedimentação pelítica típica de lagos e por depósitos ricos em matéria orgânica, que variam de poucos centímetros a métricos. Exceção é feita ao Lago Duas Bocas que apresenta sedimentação argilosa avermelhada homogênea, sem estruturas e por vezes com pisólitos ferruginizados, semelhante aos sedimentos do Grupo Barreiras, sem mostrar a característica típica de sedimentação em lagos.

Os lagos do setor sudoeste (Duas Bocas, Novo, Mutuco e Comprido etc.) têm influência direta dos rios Tartarugal Grande e Tartarugalzinho, como seus grandes provedores de água e sedimentos. Os lagos do setor norte-noroeste (Piratuba, dos Ventos etc.) têm como principal provedor as águas pluviais, principalmente durante o inverno, mas durante o verão, em marés excepcionais, as águas costeiras salinas chegam a alcançar porções de alguns lagos neste setor.

4.4 COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DOS SEDIMENTOS COSTEIROS (QUATERNÁRIO)

Na região costeira do Amapá ainda são poucos os estudos mineralógicos realizados, em sua maioria os que existem fazem referência principalmente aos argilo-minerais, o que se justifica, já que os sedimentos encontrados nessa área são caracterizados por sedimentos pelíticos (argila e silte).

Mendes (1994) em estudo realizado na região costeira do Amapá abrangendo os rios Amapá Grande, Calçoene e Araguari identificou quartzo (>80%), nos sedimentos arenosos como mineral predominante encontrado em todas as frações granulométricas, inclusive nas inferiores a 2 μ . Já o grupo dos minerais feldspatos é encontrado em proporções reduzidas (<5%). As micas são minerais pouco freqüentes nas seqüências arenosas, ocorrem muscovita e biotita. Já em estudos sobre a mineralogia dos sedimentos argilosos para a região oeste da Ilha de Maracá o autor identificou: caulinita, clorita, esmectita, ilita.

Os lagos Trindade e Escara estão localizados ao norte do Rio Araguari na planície costeira do Estado do Amapá. Análises mineralógicas totais nos sedimentos destes lagos revelaram uma assembléia mineralógica constituída basicamente por quartzo, albita e K-feldspato, clorita, caulinita e muscovita, (BOSNIC, 2008).

Em caracterização morfo-sedimentar do Igarapé do Tabaco, entre o rio Araguari e o Lago Comprido de Baixo, Santos (2008) a análise de minerais totais identificou que os sedimentos dessa área são compostos principalmente por: quartzo, albita, caulinita, micas (muscovita e biotita) e esmectita. A análise dos argilo-minerais revelou a presença de ilita, caulinita e esmectita.

Santos (1994) identificou entre os sedimentos arenosos do baixo curso do estuário do Rio Araguari quartzo, feldspatos, micas (muscovita, mais abundante; clorita, em algumas amostras na mesma ordem de abundância da muscovita e; biotita, mais raro).

Estudos mineralógicos em amostras totais realizados por Xavier (2009) nos sedimentos do rio Sucuriju, apresentaram como principais minerais: mica,

albita, muscovita, K-feldspato, quartzo, caulinita e clorita. Entre os argilo-minerais foram identificados esmectita, illita e caulinita.

De acordo com Biscaye² (1965, apud MENDES, 1994), a região dos Andes é apontada como fonte direta para os argilo-minerais do litoral amapaense. Porém, Mendes (1990) chama atenção para o fato de o Rio Amazonas apresentar uma série de tributários responsáveis pela erosão de rochas ígneas e metamórficas constituintes dos terrenos pré-cambrianos amazônicos, que também podem ser considerados áreas-fonte.

4.5 GEOMORFOLOGIA

Lima, Bezerra e Araújo (1991) atribuíram uma classificação representada por cinco unidades morfoestruturais: Planície Costeira do Amapá, Planalto Rebaixado da Amazônia, Planalto da Bacia do Amazonas, Planalto Dissecado Araguari-Jari e Planalto Dissecado do Norte do Amapá (Figura 02).



Figura 02: Unidades morfoestruturais do Estado do Amapá. Modificado de Lima, Bezerra e Araújo (1991) por Silveira (1998). Fonte: Silveira (1998).

² BISCAYE, P. E. Mineralogy and sedimentation of Recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans: *Geol. Soc. Am. Bull.* 76, 803-831.

Relacionada à área de entorno da Reserva Biológica do Lago Piratuba, Silveira et al., (2002), identificaram as seguintes unidades geomorfológicas:

- **Planícies Flúvio-Marinhas:** Localizadas na margem atlântica, às proximidades do igarapé Macarry, limite nordeste da REBIO. São formadas por barras arenosas que gradativamente são anexadas ao continente. Sofrem a influência diária das marés. Em sua retaguarda formam-se pequenas extensões de campos salinos.
- **Planícies Flúvio-Estuarinas:** Ocupam o baixo curso do rio Araguari e estão submetidas às marés semi-diurnas e aos processos erosivos relacionados à pororoca. Pela grande mobilização de sedimentos disponibilizados pela erosão, auxiliam na formação de ilhas no baixo curso do rio Araguari.
- **Planícies Fluviais:** Encontradas no baixo curso do rio Araguari, representam as áreas contíguas à margem direita do rio. São áreas rebaixadas e bastante localizadas que mostram baixos terraços e são propícias à colmatação.
- **Planícies Fluviais Antigas (A):** Áreas de evolução mais antiga representam as regiões modificadas por processos de mudança de nível de base, causando desorganização da drenagem. Nas bordas atlântica e fluvial, sofrem a influência de marés e inundações pluviais. Largas porções estão hoje sendo utilizadas pela bubalinocultura. São áreas que registram grande degradação, sujeitas ao fogo; B) Regiões localizadas relíquias de antigas drenagens que tinham significativa expressão areal.
- **Planícies Fluviais Antigas:** Representam as porções mais internas da porção sul da área de entorno. Estão sujeitas à ação das marés de sizígia e mostram vários meandros abandonados. Ocorre significativa degradação pela atividade bubalina.
- **Tabuleiros Costeiros:** Localizam-se às imediações do lago Novo e representam sedimentos de coloração avermelhada em terraços esculpidos no Grupo Barreiras. São áreas dissecadas resultantes do aprofundamento de drenagens em relevos tabulares e de interflúvios

tabulares. Correspondem aos Planaltos Rebaixados de Boaventura e Narita (1974); Lima (1991).

Segundo Silveira e Santos (2006), na planície costeira do Amapá duas regiões se sobressaem devido ao quadro dinâmico de macromarés (convivendo inclusive com a pororoca) e fortes correntes. A primeira é a Região dos Lagos do Amapá, que se desenvolve sobre meandros e partes de antigas drenagens conformando um mosaico de áreas rebaixadas com formas variadas e interligadas por canais de comunicação.

Esse sistema de lagos foi diferenciado em três grandes cinturões lacustres: Cinturão Lacustre Oriental, Meridional e Ocidental (SILVEIRA, 1998), conforme a Figura 03.

A segunda se refere à região costeira entre o rio Amapá Grande e a foz do rio Araguari, tendo como anteparo à ação direta das marés e correntes a Ilha de Maracá. Trata-se de região de baixo gradiente, submetida ao regime de macromarés semi-diurnas, com fortes correntes de maré e ventos alísios.

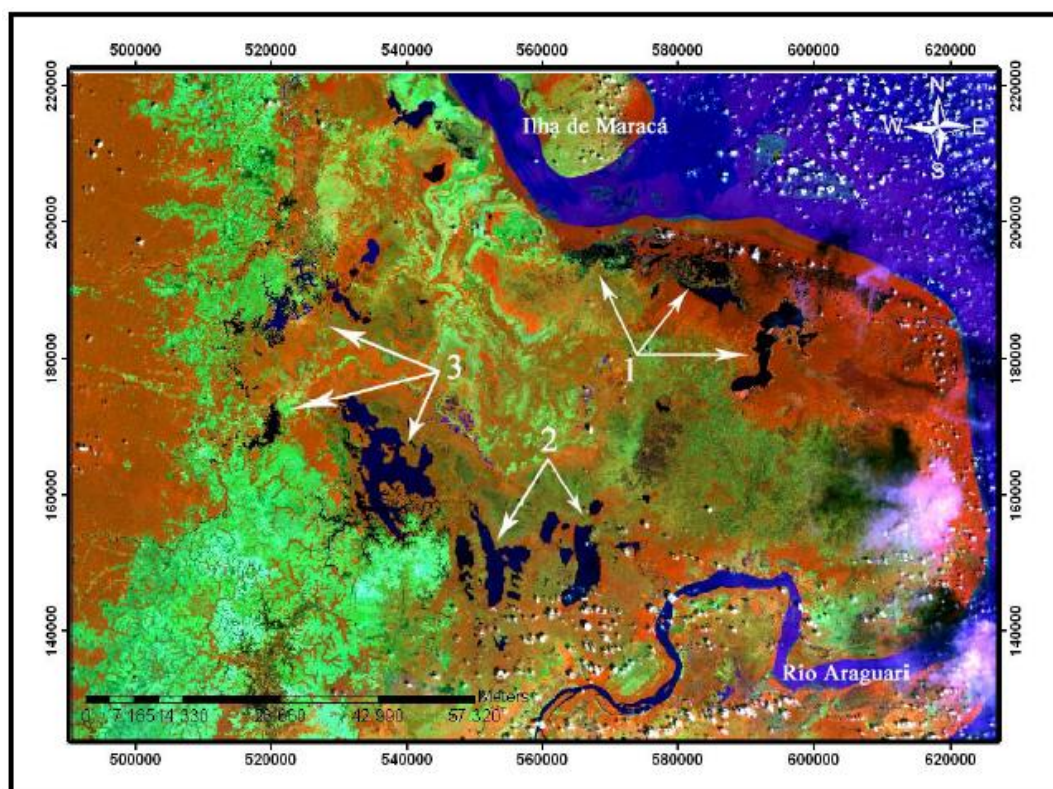


Figura 03. Carta-imagem de localização dos cinturões lacustres. 1) Cinturão Lacustre Oriental 2) Cinturão Lacustre Meridional 3) Cinturão Lacustre Ocidental.

Fonte: Bosnic, 2008.

4.6 TURFA

A turfa é uma substância fóssil, organomineral, originada da decomposição de restos vegetais, encontrada em áreas alagadiças como várzeas de rios, planícies costeiras e regiões lacustres, (FRANCHI, 2000). Representa o primeiro estágio na etapa geológica da formação do carvão.

É de grande importância para a formação das turfas a saturação, que pode ocorrer por água subterrânea ou superficial e que o oxigênio atmosférico tenha acesso muito limitado ou nenhum acesso à matéria orgânica, a fim de permitir a preservação máxima. Conforme Martino e Kurth (1982) o ambiente saturado em água inibe a decomposição biológica ativa dos tecidos da planta e promove a retenção do carbono, que normalmente seria liberado na forma de produtos gasosos provenientes da atividade biológica.

Quando a oxidação das turfeiras é mínima, as principais reações químicas que ocorrem são sob a ação de microorganismos anaeróbios, gerando ácidos húmicos e derivados coloidais. O elevado teor desses ácidos na matéria orgânica, ricos em grupos funcionais com carga negativa, confere a turfa um grande poder adsorvedor de cátions metálicos presentes em solução.

A velocidade de decomposição vai depender do tipo de vegetação e também do clima, que sendo tropical, favorece uma grande disponibilidade de massa vegetal, e promove uma decomposição acelerada, resultando na diminuição da quantidade de material a ser fossilizado como turfa. O empilhamento em camadas é promovido por gerações consecutivas de vegetais que se transformam em turfa, onde suas propriedades físico-químicas variam em função do tipo de vegetação original, do grau de decomposição da turfa, geralmente aumenta em direção a base do depósito e da quantidade de matéria orgânica (LENZ, 1984).

Segundo a classificação utilitária da CPRM as aplicações das turfas podem ser: energéticas (como combustível), agrícolas (recuperação de áreas degradadas, como condicionador de solos e fertilizante orgânico) em função tanto do conteúdo energético ($PCS > 3500\text{cal/g}$ – energéticas) quanto do teor de cinzas, e esse limite é variável entre 25 e 40%, além desse teor são consideradas agrícolas.

Suas aplicações ambientais podem ser como adsorvedoras de metais pesados na descontaminação de ambientes aquáticos e como fonte de carbono.

A definição se baseia em função do teor de cinzas e varia conforme a instituição e o país, geralmente se aceita como sendo um material contendo 25% ou menos de massa inorgânica relativos à base seca (ANDREJKO et al., 1983). No entanto, Clymo (1983) afirma que muitos pesquisadores elevam esse teor para 35%, e padrões comerciais consideram até 55%.

As turfas têm elevada importância palinológica nos estudos do Quaternário no que se refere às oscilações climáticas, sucessão florística e taxas de sedimentação (LEMOS et al., 1981; SILVA, 1995).

4.6.1 Classificação das turfas

Existem muitas classificações para as turfas, a maioria delas muito semelhantes entre si, que ressaltam principalmente seu grau de decomposição. O modelo mais utilizado é o de von Post e E. Granlund (1926, apud CLYMO, 1983), onde a turfa é classificada entre H1 e H10 numa escala visual feita em campo, espremendo-se uma amostra fresca na mão e observando o material que flui entre os dedos (Figura 04).

Lenz (1984) chama atenção para o uso da escala de Von Post para turfas tropicais, pois foi formada para turfeiras das zonas climáticas moderada a boreal do Hemisfério Norte e a sua aplicação às turfeiras tropicais deve ser feita com ressalva e alguns cuidados. Geralmente as turfeiras tropicais se encontram em estágio avançado de decomposição, podendo, entretanto, apresentar considerável participação de fibras resistentes, o que lhes confere a falsa impressão de turfas fibrosas nos estágios iniciais de decomposição.

GRAU DE HUMIFI-CAÇÃO	CARACTE-RÍSTICAS	COR DA ÁGUA QUE FLUI ENTRE OS DEDOS	FRAÇÃO DA TURFA QUE FLUI ENTRE OS DEDOS	RESTA NA MÃO		
				FORMA	ESTRUTURA VEGETAL	
H1	sem decomposição	incolor	não passam sólidos entre os dedos	Não tem aspecto gelatinoso	estrutura vegetal nitidamente reconhecível	Fibrosa
H2	muito pouco decomposta	ligeiramente castanha				
H3	fracamente decomposta	castanha fraca		Apresenta aspecto gelatinoso	ainda poucos restos vegetais reconhecíveis	Hêmica
H4	decomposta fracamente	muito castanha				
H5	decomposta	líquido bem escuro	poucos sólidos fluem			
H6	bem decomposta		passa 1/3 do volume			
H7	fortemente decomposta		passa a metade do volume			
H8	muito fortemente decomposta		passa 3/5 do volume	ficam na mão resíduos de fibras, raízes, etc.		
H9	quase integralmente decomposta		passa quase tudo			
H10	completamente decomposta			flui integralmente entre os dedos	sobra muito pouco ou quase nada nas mãos	

Figura 04. Escala para classificação das turfas pelo grau de humificação – escala visual de von Post (modificada de CLYMO, 1973).

4.6.2 Processo de humificação

Segundo Clymo (1983) a turfa não é uma substância homogênea no tempo e no espaço. Tem início como matéria vegetal morta que se submete a uma série de modificações, inicialmente rápidas, posteriormente mais lentas, que recebem coletivamente a designação de decomposição e abrangem os seguintes processos:

- Perda de matéria orgânica na forma gasosa ou em solução, como resultado do ataque de microorganismos;
- Perda da estrutura física;
- Mudança na composição química, com a geração de novos compostos pela atividade de microorganismos.

As plantas vivas das quais a turfa se origina, segundo Fuchsman (1980), contêm principalmente proteínas, carboidratos, lipídeos, substâncias polifenólicas, pequenas quantidades de ácidos nucleicos, pigmentos, alcalóides

e outras substâncias orgânicas e compostos inorgânicos. Segundo este autor, considerando o ponto de vista químico, a decomposição ocorre como descrita a seguir.

As primeiras a serem decompostas são as proteínas, mas pequena parte do nitrogênio das proteínas pode ser preservado, conferindo a turfa pequena porcentagem. Segue-se a celulose, que consiste na maior fração dos carboidratos das plantas.

O grupo dos lipídeos é considerado quimicamente heterogêneo, englobando gorduras e óleos (triglicérides); ácidos graxos livres; ceras (ésteres não glicéricos, alcoóis e ácidos de cadeia longa, hidrocarbonetos e cetonas), esteróides e terpenos. Durante a decomposição, os triglicérides hidrolisam para ácidos graxos e glicerol (este último é consumido pelos microorganismos como fonte de carbono e oxigênio). Os ácidos graxos residuais, ceras e esteróides persistem na turfa como substâncias relativamente estáveis, e são coletivamente designadas como betumes.

As ligninas são compostos fenólicos de alto peso molecular e relativamente estáveis à decomposição.

A maior fração dos constituintes da turfa são os ácidos húmicos. Não ocorrem nas plantas vivas e sua origem é um tanto controversa, pois são considerados como originários diretamente de ligninas, porém, diferentemente destas, têm alto teor de ácidos carboxílicos e significantes quantidades de nitrogênio.

Segundo Stevenson (1994), as substâncias húmicas são caracterizadas como ricas em grupos funcionais oxigenados como: COOH ácido; OH fenólico e/ou enólico; OH alcoólico e C=O de quinonas.

4.6.3 Turfeiras

Segundo a International Peat Society (IPS, 1997) os cinturões frios e temperados do Hemisfério Norte concentram mais de 90% das turfeiras mundiais, o restante situa-se em latitudes tropicais e sub-tropicais, em sua maioria em ambientes florestais, (Figura 05). O termo *mire* é utilizado para denominar os sistemas formadores de turfa (GORE,1983).

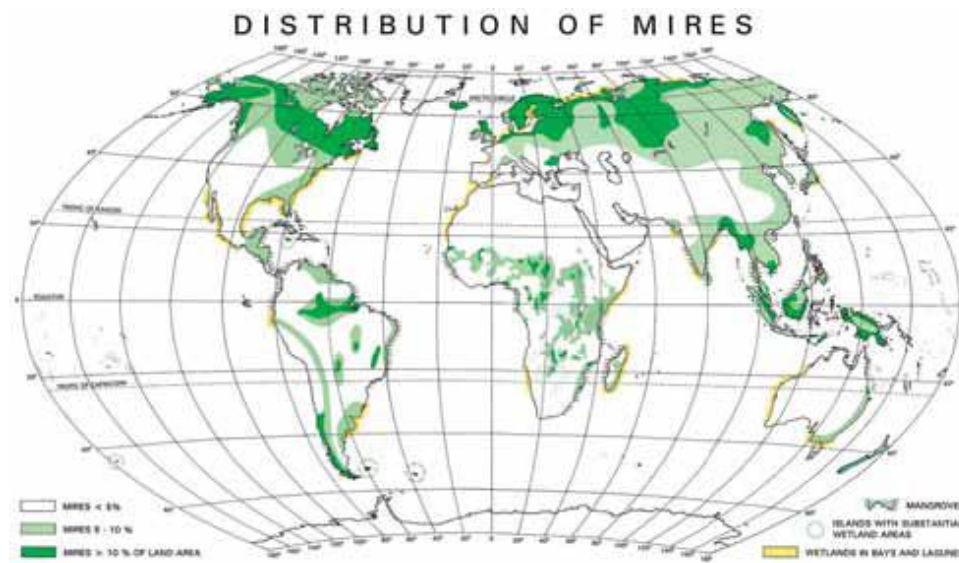


Figura 05: Mapa global de distribuição dos sistemas formadores de turfas.

Fonte: International Peat Society. Disponível em: www.peatociety

Estima-se que mais de 250 milhões de hectares da superfície terrestre sejam cobertos de turfa, ficando 85% desse total dentro de fronteiras da Rússia, Canadá e EUA, (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1979). Apenas a Rússia detém cerca de 60% das reservas mundiais conhecidas, segundo Clymo (1983).

No mundo, os depósitos mais extensos ocorrem onde a última glaciação produziu depressões topográficas como lagos rasos que, com chuvas abundantes e baixas temperaturas, retardaram a decomposição de plantas rasteiras e arbustivas (FRANCHI, 2000).

Calcula-se que leve de 100 a 500 anos para produzir uma camada de 30 cm de turfa, sendo que a velocidade de acumulação depende do clima e do tipo de vegetação (KIEHL, 1985).

Segundo o IPT (1979), os depósitos de turfas se formam basicamente de dois modos: pelo preenchimento de depressões de pequenos lagos e lagoas por matéria orgânica morta. O processo começa quando a vegetação das margens cresce em direção ao centro da depressão, constituindo uma camada de plantas aquáticas. A expansão desta esteira vegetal sobre as

águas permite que outras plantas migrem para as porções mais estáveis das bordas dos lagos.

A outra forma seria pela inundação constante e formação de lagoas ribeirinhas em terras baixas de vales, ou estuários de rios, com o conseqüente acúmulo de plantas mortas, folhas, galhos, frutos silvestres, flores e outros. O espalhamento do ambiente saturado de água por áreas planas, com pouca drenagem, possibilita o início do processo de deposição em camadas de material vegetal orgânico. Esta formação inicial propicia a retenção das águas da inundação e das chuvas, permitindo o aparecimento de musgos. O posterior atrofiamento nas áreas ricas em musgos é lento, devido à sua alta acidez e grande capacidade de absorção de água. O retardamento da decomposição da matéria morta, combinado com o crescimento vigoroso dos musgos, resulta em rápida acumulação da turfa de musgos em muitas áreas.

As turfeiras brasileiras foram classificadas em duas categorias por Abreu (1973), as constituídas por gramíneas, ciperáceas e outras plantas de pântano, e as constituídas por algas ou sapropélitos, de aspecto lamoso e praticamente desprovidas de restos de plantas superiores. Também considera as turfeiras brasileiras como “ordinárias” para fins energéticos.

Várias classificações foram propostas para as turfeiras, a maioria com relação aos depósitos dos países de clima temperado do Hemisfério Norte, com base em diversos critérios. Franchi (2004) agrupou essas informações segundo dois critérios principais: um **geológico** e outro **ecológico**, reunindo as abordagens preponderantes encontradas na literatura, que serão descritas a seguir.

4.6.4 Classificação ecológica das turfeiras

As turfeiras são classificadas em ombrotróficas e minerotróficas, levando em conta parâmetros intrínsecos do ambiente formador, como clima, topografia, hidrologia e quimismo das águas, que se refletem na sucessão florística e constituição botânica da turfeira originada.

Segundo Moore³ (1989, apud FRANCHI 2004) os fatores hidrológicos são os responsáveis pelos dois principais ambientes formadores de turfeiras:

- Ambientes reotróficos (grego *rhéos* = riacho, fluxo; água corrente; grego *trophé* = nutrição, alimento).
- Ambientes ombrotróficos (grego *ómbros* = chuva).

Analogamente, Shotyk⁴ (1988, apud FRANCHI 2004) também enfatiza a questão hidrológica ao considerar dois tipos principais de turfeiras:

- Turfeiras ombrotróficas – cuja vegetação de origem foi alimentada exclusivamente por águas de precipitação (chuva e/ou neve).
- Turfeiras minerotróficas - (reotróficas de Moore), cuja vegetação de origem esteve sob influência de águas provenientes dos limites externos à bacia de acumulação, e/ou subterrâneas.

4.6.4.1 Turfeiras ombrotróficas

Segundo Shotyk (op. cit, apud FRANCHI, 2004) são turfeiras comuns em áreas de elevada umidade atmosférica e baixa evapotranspiração. A matéria orgânica que se acumula não recebe a influência das águas de escoamento superficial e subterrâneas. Com nutrientes em baixa concentração devido a não receberem influxos significativos de cátions, as substâncias produzidas pela decomposição da matéria orgânica, responsáveis pela acidez do meio (CO₂ e ácidos orgânicos), não são neutralizadas, fato que confere a estas águas pH próximo ao valor 4, residindo aí o principal motivo da elevada acidez deste tipo de turfeira. O oxigênio dissolvido em suas águas é consumido mais rapidamente que fornecido; daí a anaerobiose do ambiente.

Como resultado, essas turfeiras apresentam diversidade de espécies vegetais relativamente pobres. Nas regiões de clima temperado são dominadas por briófitas, pois não dependem de suprimentos altos de nutrientes (FRANCHI, 2004). Para Moore (1989) outras possíveis espécies nesses

³ MOORE, P. D. The Ecology of peat-forming processes: a review. **International Journal of Coal Geology**, v.12, n. 3, p.193-201, 1985.

⁴ SHOTYK, W. Review of the inorganic geochemistry of peats and peatland water. **Earth-Science Reviews**, v. 25, p.95-176, 1988.

ambientes são herbáceas monocotiledôneas e arbustos anões. As árvores usualmente estão ausentes.

Para McCabe (1984), ao contrário das existentes em climas temperados, as regiões tropicais são densamente florestadas. No entanto, seja em clima tropical ou temperado, estas turfeiras apresentam comunidades florísticas com zoneamento concêntrico em função da acidez crescente das águas no centro.

Segundo Clymo (1983), essas turfeiras por não apresentarem contribuição freqüente de inundações nem enxurradas das terras altas vizinhas, e apresentarem maior uniformidade da vegetação, apresentam teores de cinzas, normalmente menores que 1% referente à base seca nos tipos mais puros.

Lenz (1984) em trabalho de prospecção regional de turfa no litoral do nordeste brasileiro denomina essa classe de turfeiras como *turfeiras altas, de pântanos altos ou ombrógenas*, mas ressalta que elas não foram encontradas no litoral do nordeste brasileiro.

4.6.4.2 Turfeiras minerotróficas

As turfeiras minerotróficas ou reotróficas são as que recebem o influxo de águas superficiais e subterrâneas enriquecidas em nutrientes minerais.

Para Shotyk (1988) nestas turfeiras os ácidos resultantes da decomposição orgânica são neutralizados pelas bases provenientes da dissolução mineral e suas águas possuem um pH relativamente alto (6 a 8).

Clymo (1983) chama a atenção, no entanto, que esta classificação pode diferir no caso de sistemas formadores de turfa serem alimentados por águas drenadas de áreas constituídas por solos ou rochas resistentes ao intemperismo. Neste caso elas seriam oligotróficas.

Para Shotyk (1988), apresentam-se morfologicamente como extensas superfícies aplainadas, constituídas por vegetação de gramíneas embora outras espécies mais exigentes sejam comuns.

Lenz (1984), embora não utilize as denominações retrólicas ou minerotróficas, associa a esta categoria as turfeiras do nordeste brasileiro, denominando-as *de turfeiras baixas, de pântano baixo ou, ainda, tópoenas*,

sendo desenvolvidas em formas negativas do terreno e restritas a ambientes flúvio-lacustres e lagunares.

Estas áreas estão geralmente sujeitas à subsidência lenta, porém contínua, onde o afluxo regular de água com abundância de nutrientes garante uma flora rica em espécies, variando de gramíneas a árvores altas (matas úmidas, igapó). Destacam-se pela variada diversidade botânica e elevado teor de cinzas, justificado pelas inundações periódicas peculiares ao ambiente (FRANCHI, 2004).

4.6.5 Classificação geológica das turfeiras

Em termos geológicos, as turfeiras são consideradas como precursores e análogos modernos dos depósitos de carvão paleo e mesozóicos, capazes de fornecer subsídios valiosos tanto à interpretação paleogeográfica, ambiental, sedimentológica e mineralógica destes antigos depósitos carbonosos. Desta forma, o ambiente sedimentar é o parâmetro mais importante nessa classificação, embora mencionem a importância do regime hidrológico e quimismo das águas do ambiente na disponibilidade dos nutrientes necessários ao estabelecimento da vegetação que irá originar as turfás (FRANCHI, 2004).

Os mais importantes depósitos mundiais originam-se em planícies relativamente planas e sobrepõem-se a sedimentos costeiros, lacustres, fluviais e deltaicos. Consideradas as premissas básicas climáticas para acumulação da turfa, o ambiente sedimentar é grandemente responsável por peculiaridades intrínsecas dos depósitos, como forma, dimensões, quimismo e associações litológicas (FRANCHI, op. cit).

Porém, um dos principais fatores ambientais para a formação dos depósitos de turfa é o nível do lençol freático.

Segundo McCabe (1984), o desenvolvimento vertical de um depósito pressupõe a elevação constante do lençol freático; esta ascensão é particularmente facilitada em turfeiras ombrotólicas. Contrariamente, se as condições ambientais conduzirem ao rebaixamento do lençol freático, tem-se a degradação dos leitos mais superficiais das turfás, podendo-se chegar ao caso extremo de destruição completa de um depósito motivado por longos períodos

de seca. Para a geração de um depósito de carvão, a turfeira tem que ser “afogada” e/ou rapidamente soterrada por sedimentos clásticos.

As turfas podem apresentar vários tipos de associações litológicas, que estão diretamente relacionados aos ambientes deposicionais aos quais estão vinculados. As associações mais freqüentes encontradas são representadas por “ribbon splits”, “ribbon washouts” (McCABE, 1984), “crevasse splays”, “fire splays” e “sand washovers” (STAUB; COHEN, 1979).

- Ribbon splits e ribbon washouts – são feições associadas à avulsão de canais fluviais sobre as planícies turfáceas. Ambas têm forma elíptica em seção transversal e como extensos cordões de sedimentos em planta. Variam de dezenas de metros a alguns quilômetros em largura e podem atingir dezenas de quilômetros de extensão (Figura 06).

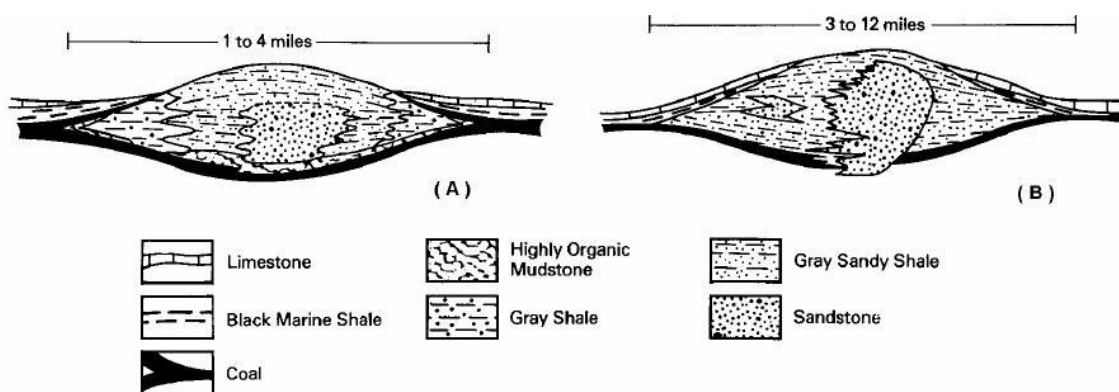


Figura 06. (A) Ribbon split e (B) ribbon washout.

Fonte: McCabe, 1984, modificado por Franchi, 2004.

- Crevasse splays – originam-se do rompimento dos diques marginais da drenagem fluvial e constituem-se principalmente de argilas e siltes e podem apresentar dimensões variadas (Figura 07).

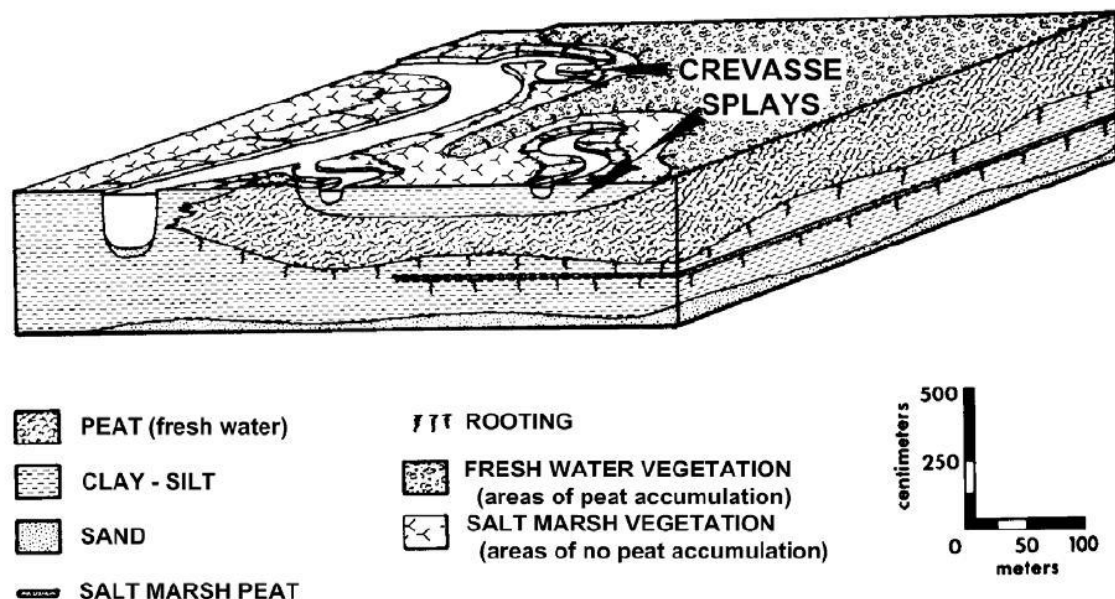


Figura 07. Diagrama esquemático mostrando dois depósitos de “crevasse”, ambos recobertos por vegetação.

Fonte: Staub e Cohen, 1979. Extraído de Franchi, 2004.

- Fire splays – são depósitos originados de incêndios ocorridos nas turfeiras ou por combustão espontânea da turfa durante períodos mais secos, quando a superfície do depósito fica exposta, ou por tempestades elétricas que atingem a vegetação. Podem alcançar espessuras de até um metro. Normalmente contêm fusênio (substância similar ao carvão vegetal, formada por madeira carbonizada e responsável pelo aspecto sujo do carvão mineral comum, pois é extremamente friável e, portanto facilmente reduzida a um pó fino) na base, e gradam para turfa argilosa em direção ao topo. Quando atingem a turfa, formam-se depressões topográficas no depósito e se o dique principal for atingido pode ocorrer rompimento e conseqüente inundação. Uma nova camada de turfa pode ser depositada, caso a vegetação volte a colonizar a área (Figura 08).

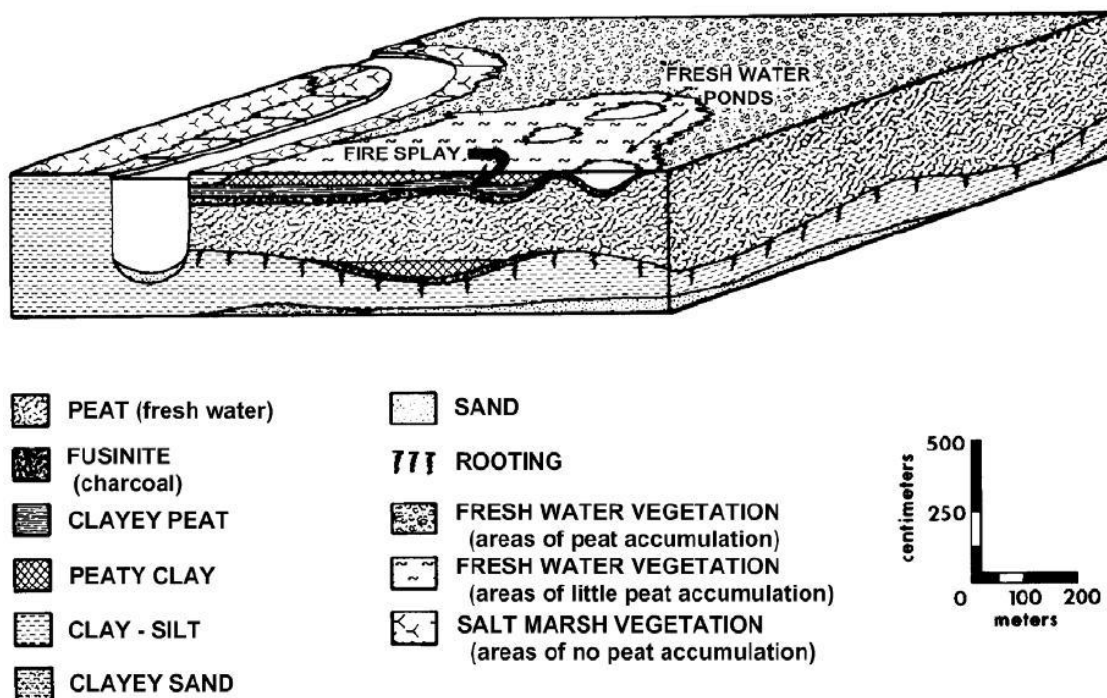


Figura 08. Diagrama esquemático mostrando um depósito de *Fire splays*.

Fonte: Staube e Cohen, 1979. Extraído de Franchi, 2004.

- Sand washovers – são depósitos típicos de ambientes estuarinos, originados a partir da erosão das ilhas barreiras por tempestades súbitas e violentas. Formam pequenos corpos arenosos interdigitados às turfas, com espessura variando de centímetros a centenas de metros (Figura 09).

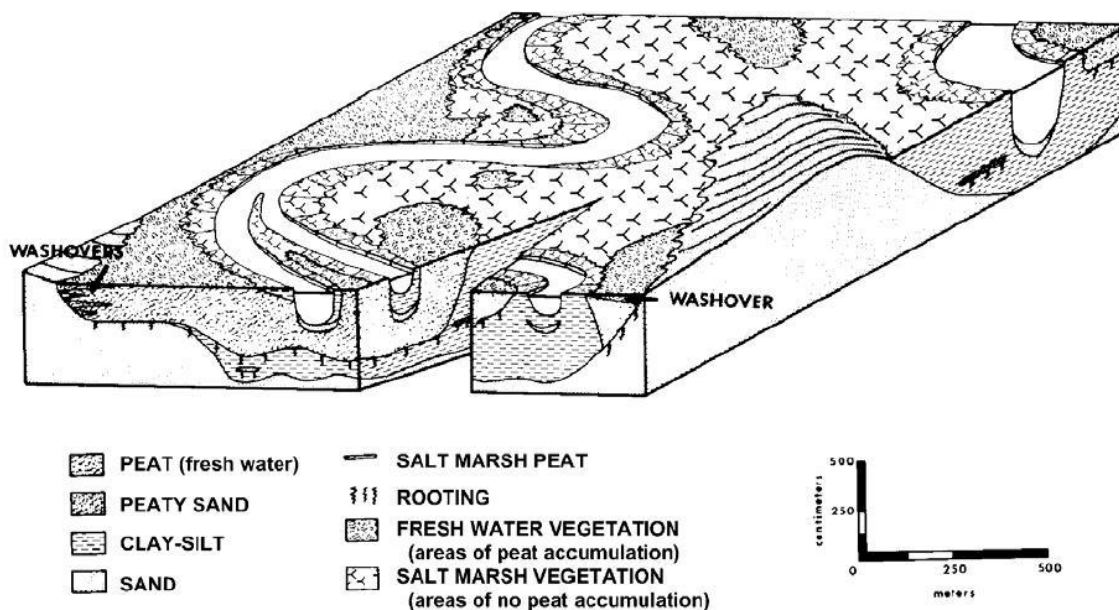


Figura 09. Diagrama esquemático mostrando depósitos de *sand washovers* interdigitados às turfas.

Fonte: Staub e Cohen, 1979. Extraído de Franchi, 2004.

4.6.5.1 Turfeiras associadas à ambiente deltaico

Anderson (1964, apud CAMERON et AL., 1989) postula um modelo de sedimentação para explicar a acumulação de turfa descrito a seguir.

As planícies aluviais argilosas são colonizadas por vegetação típica de mangue inicialmente; seguidas da instalação de vegetação arbustiva e arbórea progressivamente mais adaptada à água doce em substituição àquela de mangue, motivadas por alterações ambientais, vão originar os primeiros leitos de turfa. A vegetação de mangue acompanha a expansão da planície rumo ao mar, constituindo-se numa franja na extremidade dos lobos deltaicos.

O avanço da sedimentação deltaica se dá simultaneamente à agradação do rio e conseqüente formação de diques marginais, que escudam as margens da planície contra a invasão de sedimentos; desta forma, a vegetação de água doce no interior dos interflúvios origina turfa praticamente desprovida de clásticos, exceto em grandes inundações. A sedimentação contemporânea de turfa na planície e inorgânica nos diques resulta em depósitos de turfa com base ligeiramente côncava.

Quando o acúmulo de turfa excede a sedimentação clástica nos diques, os depósitos de turfa adquirem forma domeada ou convexa, reduzindo ainda mais as inundações para o seu interior. Assim os efeitos da neutralização não ocorrem e a acidez do meio diminui e, conseqüentemente a taxa de decomposição (Figura 10).

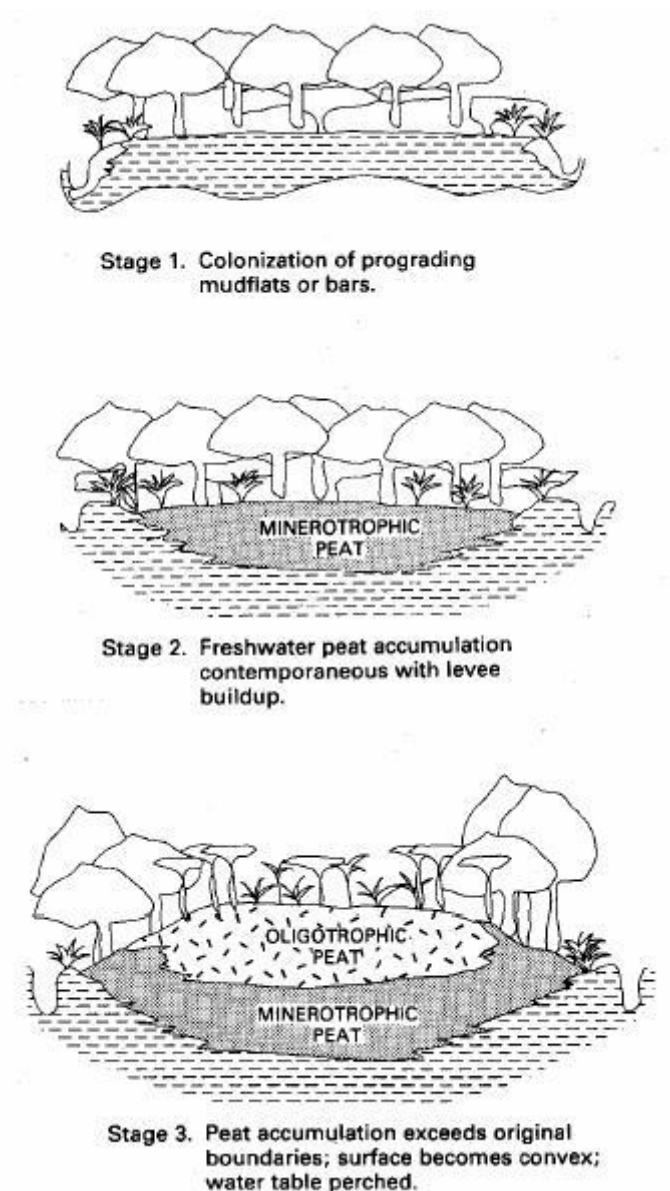


Figura 10. Seções esquemáticas dos estágios de formação de turfa contemporânea à acumulação de clásticos.

Fonte: Cameron et al., 1989. Extraído de Franchi, 2004.

4.6.5.2 Turfeiras associadas ao ambiente fluvial

Os sistemas fluviais constituem-se de depósitos alongados e com baixos teores de cinzas e enxofre, constituídos de vegetais preponderantemente lenhosos. Estão sempre vinculados a cursos fluviais de baixo gradiente, anastomosados ou meandранtes e em planícies aluviais amplas (FRANCHI, 2004).

A literatura reporta como características distintas entre carvões associados a sistemas fluviais a natureza, frequência e estruturas sedimentares das intercalações clásticas normalmente presentes (CASSHYAP e TEWARI, 1984 apud FRANCHI, 2004).

- Sistemas anastomosados – ocorre o predomínio da acreção vertical, a relação profundidade: largura do canal é elevada. Normalmente, apresentam taxas de agração maiores e declives mais suaves que os meandранtes. Os depósitos apresentam geometria multi-canal e, por isso, fácies de canal e de transbordamentos são geralmente próximas (Figura 11).

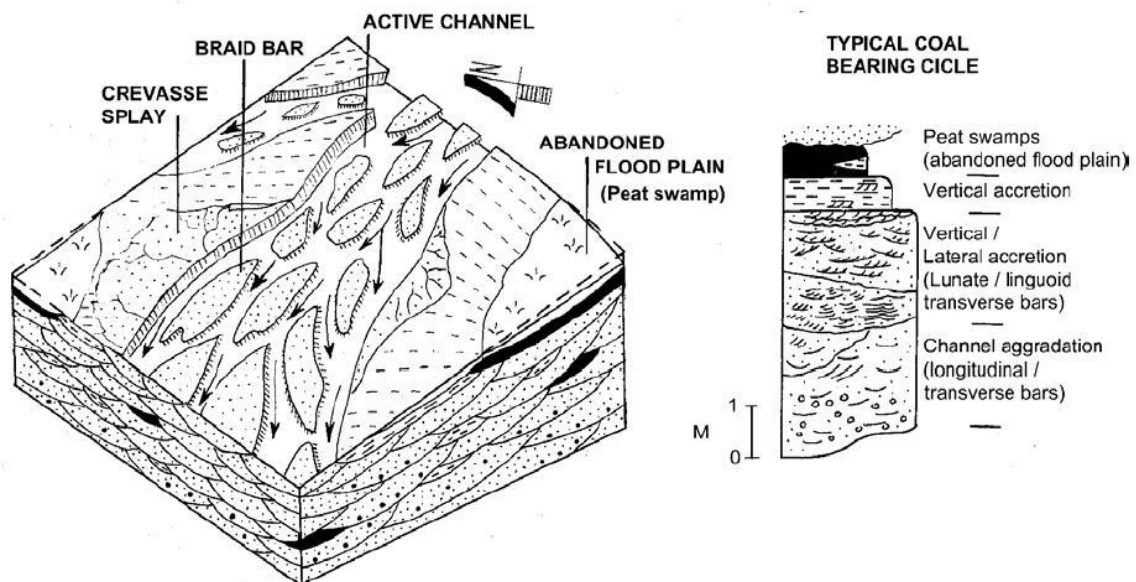


Figura 11. Desenvolvimento de turfeiras associadas a sistema fluvial anastomosado ou entrelaçado.

Fonte: Casshyap e Tewari, 1984. Modificado por Franchi, 2004.

- Sistemas meandranes – normalmente apresenta granodecrescência ascendente, além da diminuição do porte das estruturas sedimentares rumo ao topo das seqüências. Os depósitos de canal são normalmente extensos lateralmente e com bases planas. As turfas formadas neste tipo de sistema localizam-se mais distantes da área ativa do rio, de forma a desenvolver depósitos orgânicos mais espessos, contínuos e puros (Figura 12).

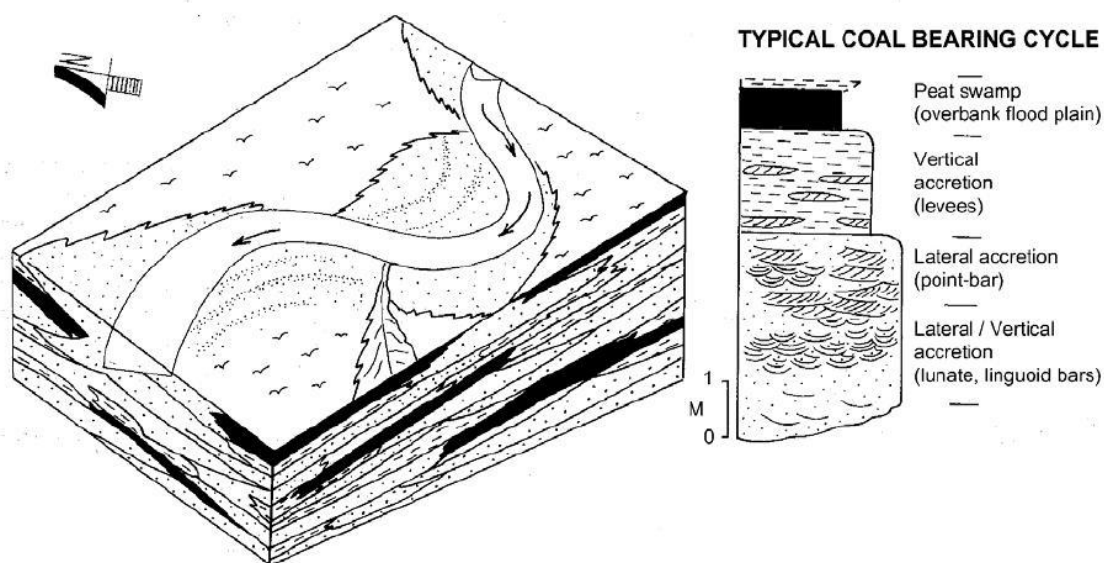


Figura 12. Desenvolvimento de turfeiras associadas a sistema fluvial meandranes.

Fonte: Casshyap e Tewari, 1984. Modificado por Franchi, 2004.

4.6.5.3 Turfeiras associadas ao ambiente estuarino

Extensas áreas estuarinas deram origem a grandes depósitos de carvão. Sua geometria e tamanho são controlados pelas variações no nível do mar (FRANCHI, 2004).

Cohen (1984 apud FRANCHI, 2004) propõe um modelo deposicional interbarreiras para regiões costeiras (Figura 13).

Os três tipos de depósitos postulados no modelo apresentariam populações florísticas distintas, resultante das diferentes características hidrológicas e proximidade à água do mar. O autor do modelo chama a atenção para que os depósitos isentos de clásticos devam ocorrer nas zonas mais

afastadas da influência marinha, caso do exemplo, e que devem ser revistos os modelos que explicam depósitos de carvão puros como originados pela proteção de barreiras arenosas praias ativas. Nesta última situação, apenas depósitos de turfa de pequena espessura, impuros e com alto teor de enxofre seriam esperados, que podem vir a originar apenas delgadas lentes de folhelhos carbonosos com alto teor de cinzas e enxofre.

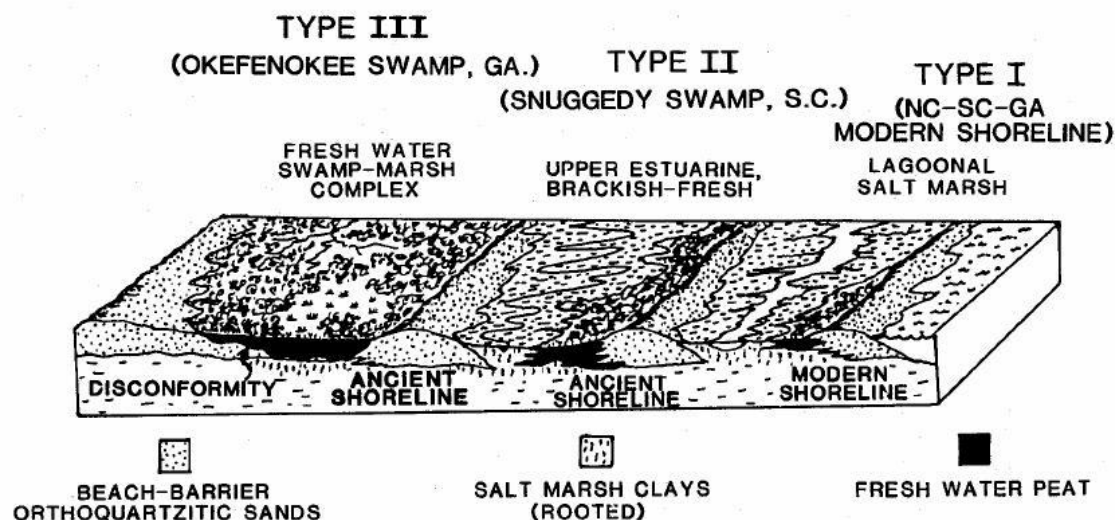


Figura 13. Diagrama esquematizando ambientes costeiros formadores de turfa.

Fonte: Cohen, 1984. Extraído de Franchi, 2004.

Outro modelo proposto por Staub e Cohen⁵ (1979 apud FRANCHI, 2004) inicia-se com a deposição de clásticos de planície de maré em corpos aquosos abertos e situados entre barreiras pleistocênicas. O desenvolvimento de vegetação adaptada a este tipo de ambiente originou delgadas intercalações de turfas. A preservação destas lentes só é possível com inundação e soterramentos rápidos, fato que corrobora idéias de que ascensão do nível do mar no Holoceno deu-se antes por episódios, com várias flutuações, que através de forma gradual e constante. A deposição de turfa se deu em equilíbrio com a subida do nível do mar e com influxo das argilas e siltes, de

⁵ STAUB, J. R.; COHEN, A. D. The Snuggedy Swamp of South Carolina: a back-barrier estuarine coal-forming environment. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, n. 1, p. 133-143, 1979.

forma a original contato brusco e verticalizado entre espessos depósitos de turfa e a sedimentação clástica.

Quando este equilíbrio é favorável à deposição de turfa, em relação à ascensão do mar e ao influxo de inorgânicos, as ilhas de turfas expandem-se sobre a sedimentação clástica (Figura 14).

Por outro lado, quando a sedimentação orgânica não acompanha a subida do nível do mar, os clásticos passam a predominar, segue-se então a invasão marinha com interrupção na formação das turfas. Tais situações podem suceder-se durante a evolução da turfeira.

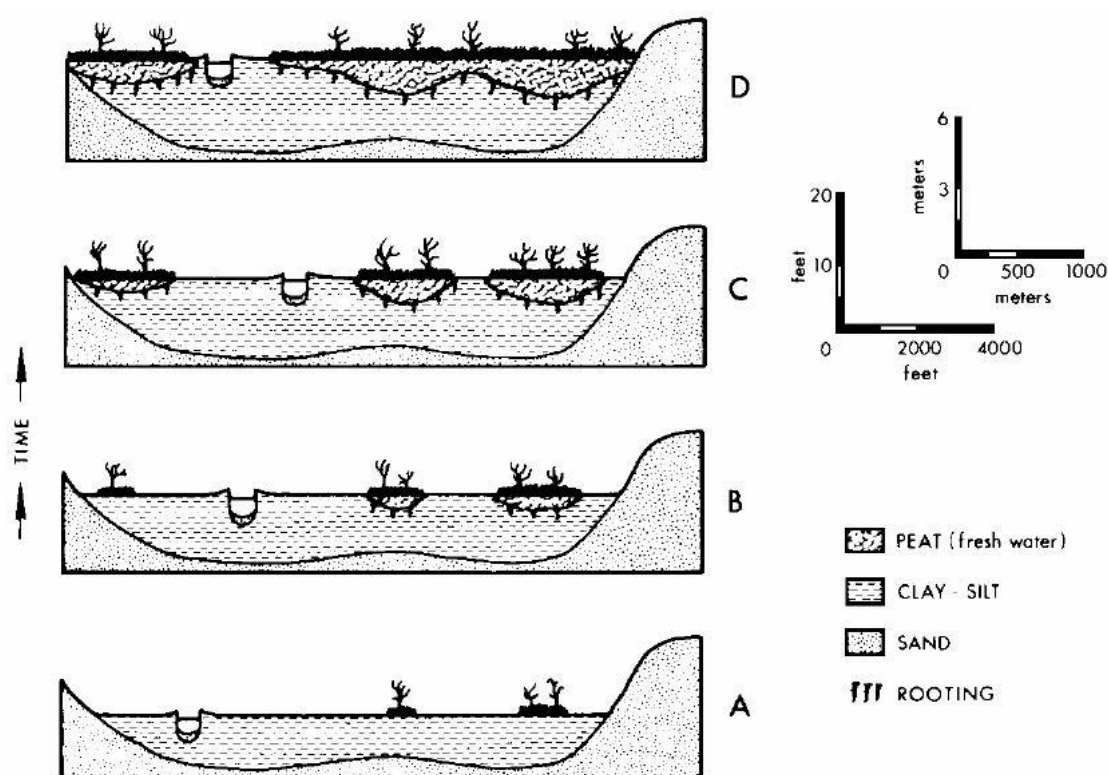


Figura 14. Modelo genético: (A) Estabelecimento local de plantas de água doce; (B) Desenvolvimento de ilhas de turfa concomitantes à ascensão do nível do mar e deposição de siltes e argilas em áreas não cobertas por vegetação de água doce; (C) Expansão das ilhas de turfa – deposição orgânica mais rápida que a subida do NM e que o influxo de clásticos; (D) As ilhas de turfa limitando as áreas de vegetação de água salobra. O resultado é um contato basal turfa-argilas irregular e ondulado.

Fonte: Staub e Cohen, 1979. Modificado por Franchi, 2004.

4.7 TURFAS NO BRASIL

As turfeiras brasileiras foram pesquisadas durante a década de 1970, pelos sistemas DNPM/CPRM, órgãos responsáveis pela definição e execução da política mineral nacional naquela época.

O resultado destes trabalhos apresenta ocorrências razoavelmente bem caracterizadas em quase toda sua faixa litorânea e outras em setores mais interiores.

Lima et al. (1982), Pereira e Tesch (1982) e Moraes (1981), classificaram os depósitos com base na segmentação geográfica como:

- Turfeiras parálicas – originadas sob influência predominantemente marinha, em conjunto com o desenvolvimento de cordões litorâneos em função de oscilações glácio-eustáticas e foram consideradas as mais importantes.
- Turfeiras límnicas – originadas sob influência predominantemente continental, resultado do isolamento de lagoas nas planícies de inundação de rios, caracterizadas como imaturas e com elevados teores de cinzas.

4.7.1 Geologia dos depósitos brasileiros

Os depósitos são formados em depressões originadas por processos fluviais e costeiros, que são freqüentemente associados, criando canais abandonados e *oxbow* em planícies de inundação e litorâneas, além de extensas áreas deprimidas, como lagunas ou embaiamentos isolados da influência marinha por ilhas barreira (FRANCHI, 2004).

Os depósitos brasileiros são de idade holocênica (LIMA et al., 1982), e constituem essencialmente turfeiras minerotróficas ou reotróficas, no sentido de Clymo (1983), Shotyk (1988) e Moore (1989). Apresentam elevada diversidade florística (LIMA et al., 1982; LENZ, 1984). No entanto, há poucos estudos paleobotânicos, em parte devido ao clima tropical, pois não proporciona boa preservação dos vegetais constituintes e devido ao condicionamento genético,

apresentam teores de cinzas maiores quando comparadas as das regiões frias e temperadas, embora haja depósitos de alto grau de pureza (FRANCHI, 2004).

De modo semelhante, considerando a segmentação geográfica, Franchi et al. (2004) e Franchi (2004) agruparam as turfeiras brasileiras em *litorâneas* e *interiores*, como descrito a seguir.

- Turfeiras litorâneas – Analogamente aos depósitos da costa atlântica da América do Norte, as turfeiras litorâneas brasileiras inserem-se no contexto de variações climáticas e de nível do mar do final do Quaternário. Associam-se a ambiente marinho marginal, predominantemente estuarino alto, assentam-se, via de regra, sobre seqüências clásticas de origem lagunar. Tiveram sua origem condicionada principalmente pelo último grande transgressivo-regressivo, iniciado a partir da transgressão Flandriana, com máximo cerca de 9.000AP.

A Figura 15 mostra o perfil típico das turfeiras litorâneas, que normalmente ocorrem sem qualquer cobertura e com espessuras médias entre 1,5 e 2,0m.

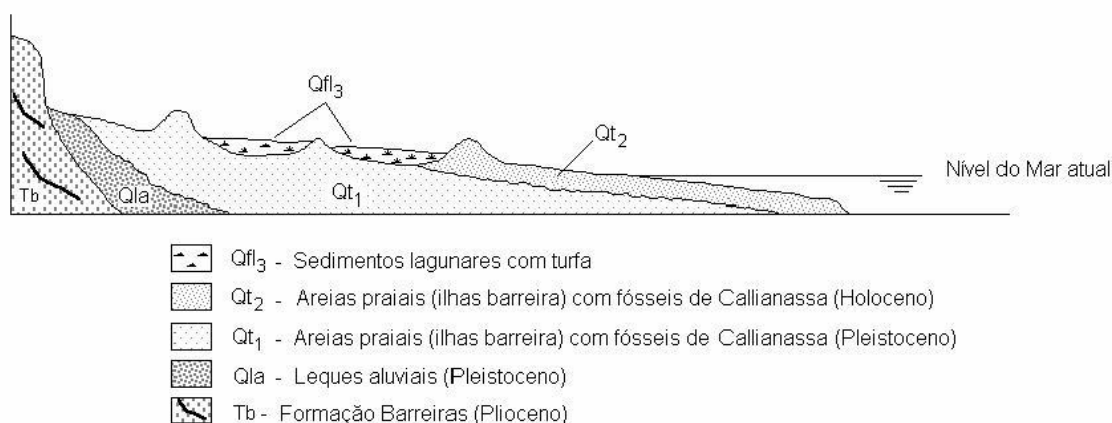


Figura 15. Seção típica de um depósito litorâneo.

Fonte: Franchi, 2004. Baseado em Martin et al., 1980 e Lima et al., 1982.

- Turfeiras interiores – Desenvolvem-se ao longo de extensas planícies de inundação e vinculam-se a sistemas meandrantas, normalmente

associadas a cursos fluviais de baixo gradiente. Intercalações clásticas, comuns ao ambiente, normalmente se fazem presentes no depósito de turfa. As argilas representando fácies de transbordamento e os sedimentos mais grosseiros são resultado do rompimento dos diques marginais (crevasse splays). Turfas de maior pureza são encontradas em braços abandonados ou lagos protegidos, em porções mais distais ao canal principal.

4.7.2 Turfas no Amapá

A tectônica desempenhou papel fundamental na construção da Região dos Lagos, uma vez que a formação desses se mostra diretamente vinculada ao abandono das drenagens após a sua desorganização, causada pelo basculamento do bloco de domínio sul, que, gradativamente, permitiu que fosse criado um espaço para acumulação de água. Assim, esses corpos hídricos de formas variadas acabaram desenvolvendo-se sobre meandros e partes de antigas drenagens que atualmente formam um mosaico de áreas rebaixadas interligadas por canais. Dessa forma, os processos tectônicos ocorridos na região, junto com o evento da Transgressão Flandriana e os processos de colmatação característicos da região, foram determinantes para a formação da região dos lagos no Amapá (SILVEIRA, 1998).

Os processos citados acima atribuíram à planície costeira do Amapá, especialmente a região dos lagos, condições especialmente favoráveis a geração de turfas, fato que pode ser confirmado pelas ocorrências em trabalhos realizados na área, que serão abordados a seguir em um breve histórico.

Na região costeira entre o rio Amapá Grande e a foz do rio Araguari, terraços de abrasão constituídos por material turfoso contíguos a terraços lamosos são observados, enquanto que nos terraços da porção oeste da Ilha de Maracá nas marés baixas da estação de mais baixa descarga do rio Amazonas (julho/dezembro) são reconhecidos até três paleoníveis de vegetação nos quais são observadas raízes em posição de vida, sugerindo eventos regressivos/transgressivos pretéritos (SILVEIRA & SANTOS, 2006).

O fogo é um problema ambiental sério que atinge determinadas áreas da região, como por exemplo, a Reserva Biológica do Lago Piratuba - REBIO PIRATUBA e da ESEC MARACÁ-JIPIOCA. A grande susceptibilidade dessa área, constituída por grandes extensões areais de turfas é uma característica limitadora do meio físico, que onera sobremaneira as atividades de conservação (SILVEIRA & SANTOS, 2006). Na área do Cinturão Lacustre Meridional a introdução de gado bubalino sobre um ambiente de grande fragilidade, constituído basicamente por várzeas desenvolvidas sobre extensas áreas de turfas, promoveu através do fogo a destruição, para o estabelecimento de pastagens, de expressiva área de açaçais e a conseqüente perda de solo turfoso, (SILVEIRA, 1998).

As florestas de várzea, com domínio de *Euterpe oleracea* Mart., nos ambientes recentes, margeiam os lagos e seus canais de acesso.

As várzeas, juntamente com os campos herbáceos são as fitofisionomias de maior sensibilidade ao fogo. Estão presentes nas margens dos canais de interligação entre os lagos. No período de 2002-2004, o fogo promoveu a substituição de extensas áreas de açaçais por aningais (Figura 16). Essa perda de mata ciliar propicia o avanço da erosão durante os períodos de alta descarga dos rios que alimentam os lagos da região, promovendo o aumento da largura das drenagens. Com o aumento das chuvas, imensas concentrações de biomassa são retiradas das margens dos lagos (cujas bordas são basicamente constituídas de turfas) e colocadas à disposição das correntes e ventos que carregam essas massas de vegetação por longos trajetos, muitas vezes, até os domínios fluviais do rio Araguari, (SILVEIRA; SANTOS, op. cit.).



Figura 16: Substituição de vegetação resultante de episódios de fogo. Antiga área de açazais submetida à ação do fogo em 2002, substituída por aningais em solo turfoso em 2004.

Fonte: Acervo Projeto PETRORISCO.

A distribuição das turfas se estende para além do limite do Cinturão Meridional, onde aflora e dá ao sistema lacustre como um todo um nível de fragilidade e sensibilidade crítico ao fogo (SILVEIRA & SANTOS, op cit).

Um diagnóstico sobre a distribuição na Reserva Biológica do Lago Piratuba realizado por Silveira (2006), mostra que as turfas têm ocorrência em mais de 40% da área, em locais inundados permanentemente e outros que permanecem temporariamente inundados. (Figura 17).

De acordo com Silveira (2006), a ligação entre o lago Duas Bocas e Novo mostra o início da sedimentação orgânica na Região dos Lagos que assume uma grande importância tanto geo-ambiental quanto econômica. As turfas mapeadas mostram a existência de pelo menos dois estágios de decomposição. A turfa com maior maturidade se apresenta com uma textura *coofee-ground* (borra de café), enquanto a turfa imatura é aquela na qual ainda podem ser reconhecidas as estruturas vegetais que lhe deram origem.

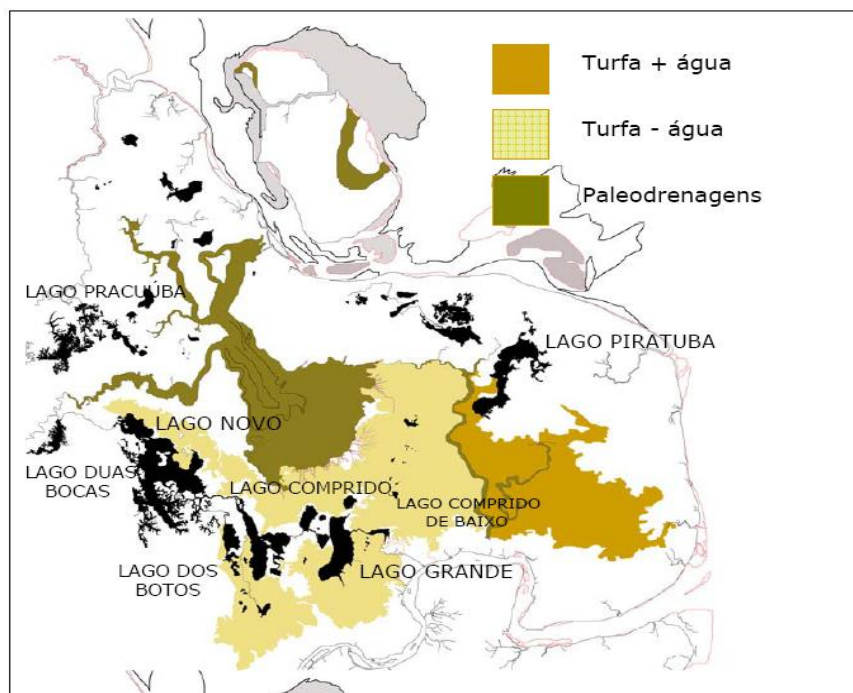


Figura 17: Figura esquemática da distribuição das turfas e paleodrenagens na REBIO PIRATUBA.
Fonte: Silveira (2006).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de turfas tratadas neste trabalho fazem parte de um acervo de várias campanhas, feitas em períodos diferentes na região costeira do Amapá, promovidas pelos projetos: Subsídio ao Plano de Manejo da REBIO do Lago Piratuba e PIATAM MAR II. As amostras encontravam-se refrigeradas e no Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG e no Instituto de Pesquisa Científica do Estado do Amapá – IEPA e foram cedidas pelos projetos, com o intuito de enriquecer os dados sobre os depósitos de turfas existentes na região amazônica. As datas de coletas das amostras e descrição das técnicas de amostragem estão tabela 01.

Tabela 01. Períodos das coletas de turfas e métodos de amostragem.

Projeto	Data da Coleta	Amostra	Tipo de Amostragem
Subsídio ao Plano de Manejo da REBIO do Lago Piratuba	Nov/2005	LS34	Push core (tubo de alumínio com 7,5 cm de diâmetro que é empurrado manualmente no solo, e recuperado após ter o topo vedado). Figura 18-A
Subsídio ao Plano de Manejo da REBIO do Lago Piratuba	Nov/2005	PT5, PT35, PT37, PT44.	Amostras de perfil de margem, coletadas manualmente. Figura 18-D
Subsídio ao Plano de Manejo da REBIO do Lago Piratuba	Nov/2006	PC18, PC19, F02a, F02b, F03, Redondo, Macarry P3, MacarryP4, PC03, PT07a, PT07b, PT07c e PT07d.	Vibracore (testemunhador à vibração que consiste num motor de 4HP acoplado a um cabeçote vibratório através de um cabo eletromecânico). Figura 18-B
PIATAM MAR II	Out/2007	T1-a, T1-b e T1-c T2-a, T2-b e T2-c T3-a, T3-b e T3-c	Trado manual de 1 m de comprimento. Figura 18-C
PIATAM MAR II	Fev/2008	Ponta do Garrote T2C e Ponta Garrote PT68.	Trado manual de 1 m de comprimento. Figura 18-C
PIATAM MAR II	Fev/2008	Perfil1, PT130	Amostras expostas em terraços coletadas manualmente. Figura 18-E

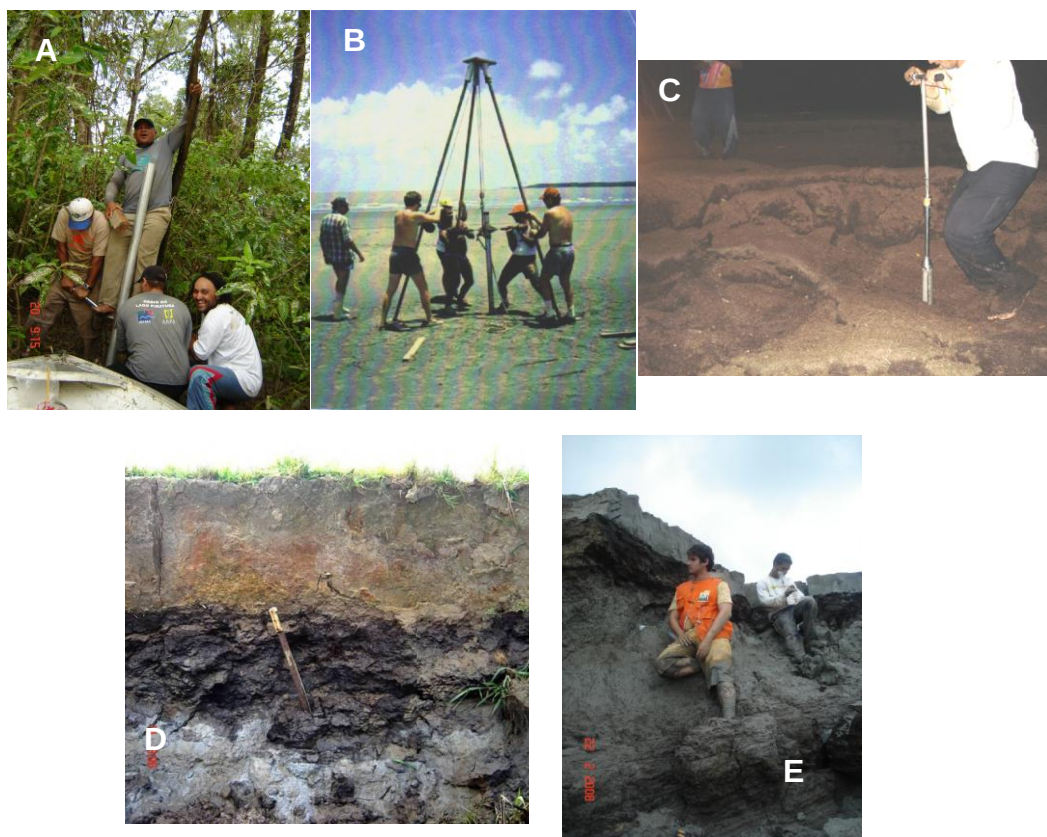


Figura 18: Tipos de amostragem. A) Pushcore. B) Vibracore. C) Trado manual e D e E) Coletas manuais.

Como a ocorrência das turfas nessa região é expressiva, achou-se conveniente adotar as seguintes áreas geográficas: área de Maracá (A), área do Macarry (B), área do Sucuriju (C), área do Tabaco (D) e área da Linha Seca (E), conforme a figura 19 abaixo.

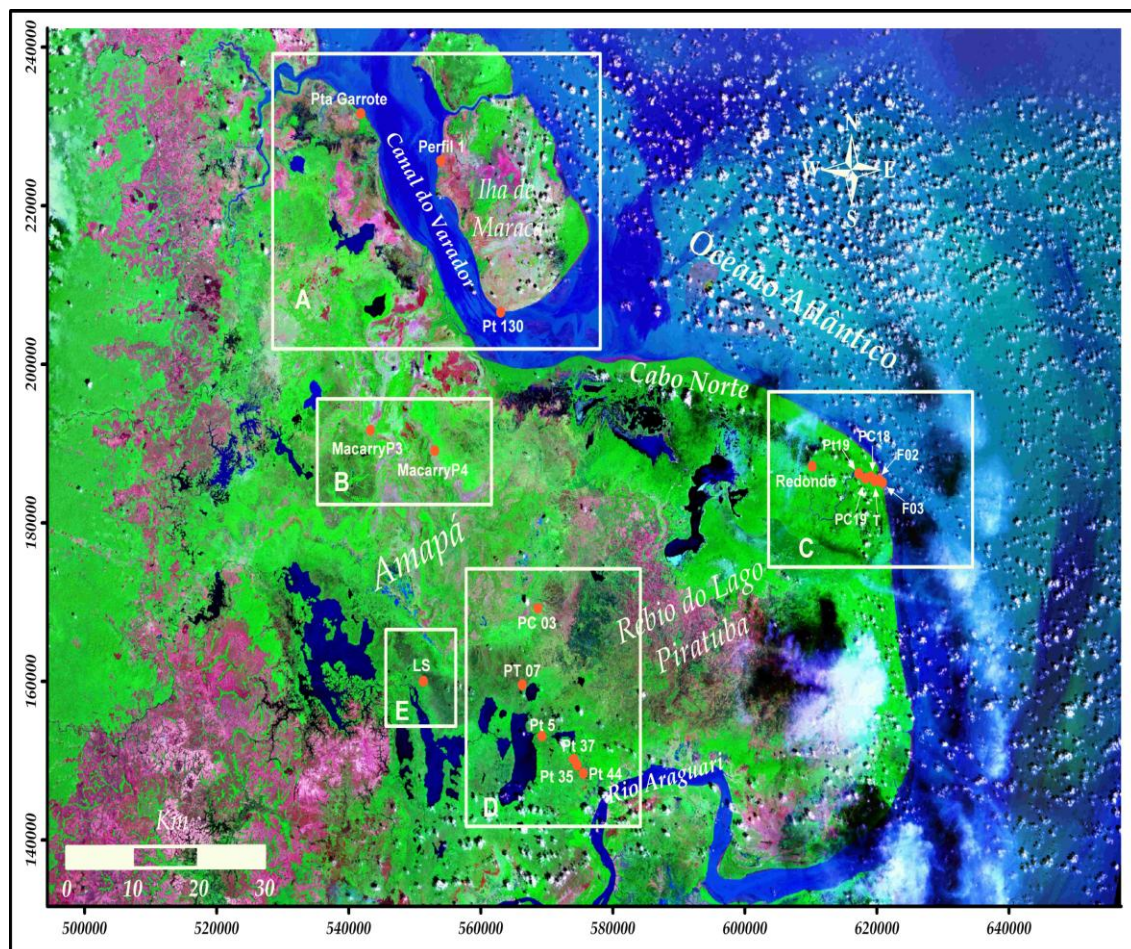


Figura 19: Localização das áreas geográficas com os pontos de amostragem.

A classificação das turfas foi feita principalmente pela “Escala de Humificação” de von Post e E. Granlund (1926, apud CLYMO, 1983) baseada no grau de decomposição do material vegetal constituinte, que consiste em espremer uma amostra de turfa fresca na mão em campo observando o material que flui entre os dedos. De acordo com a escala, as turfas podem ser classificadas em 10 estágios de decomposição, onde H1 a H3 correspondem aos tipos fibrosos, pouco decompostos; de H4 a H6 aos hêmicos, considerados tipos intermediários; já os sápricos, são equivalentes aos mais decompostos, distribuídos de H6 a H10.

Em laboratório, as amostras foram fotografadas, descritas, classificadas segundo escala visual de von Post (modificada por Clymo, 1983) e sub-amostradas. A classificação segundo grau de decomposição das turfas foi realizada em laboratório pois as amostras já haviam sido coletadas, conforme explicado anteriormente. No entanto, em algumas amostras não foi possível

obter classificação, pois não apresentavam umidade suficiente. Assim, não foram considerados seus percentuais de umidade em base úmida, o que não interferiu na estatística dos resultados apresentados para umidade total em base úmida.

A salinidade foi obtida com auxílio do refratômetro portátil ATAGO.

A umidade a 60-65⁰C foi determinada por secagem em estufa FABBE Modelo 119, por uma noite. O material foi pesado em balança GEHAKA BG400, de 4 casas decimais, antes e posteriormente à secagem, após esfriar em dessecador. Em etapa posterior, as amostras foram moídas em moinho de pá de aço inox, sendo limpo entre uma amostra e outra. Para a obtenção da umidade a 100-110⁰ (utilizou-se balança de capela Scientech SA210) pesou-se 5g do material, seco e peneirado, foi colocado em cadinho de porcelana já calcinado à 800⁰C e transferido para estufa FABBE Modelo 119, permanecendo também por uma noite. O material após esfriado em dessecador, foi pesado novamente.

Para a obtenção da porcentagem de cinza total utilizou-se o cadinho e o material da secagem a 100-110⁰C, transferido para a mufla ETIL Mod. MCJ-10B, que foi aquecida lentamente mantendo a porta entreaberta, para proporcionar adequada aeração, e a amostra fosse queimada sem inflamar, evitando a perda do material. Após aproximadamente duas horas, a porta da mufla é fechada, para que atinja 550⁰C, permanecendo nessa temperatura por mais uma hora, perfazendo um total de 5 horas. A determinação da porcentagem de cinza total foi feita através da pesagem do material que restou no cadinho em balança de capela já citada acima, após ter esfriado em dessecador.

Para a medição do pH, foram utilizadas 10g do material, em solução de cloreto de cálcio 0,01M. Para a obtenção das umidades a 60-65⁰C, 100-110⁰C, o percentual de cinza total e o pH, adotou-se as metodologias de Kiehl (1985).

Para a determinação do carbono orgânico foi utilizada a volumetria de oxi-redução; a matéria orgânica foi obtida multiplicando-se a constante de 1.724 pela %C orgânico. O nitrogênio total foi determinado através do método micro- Kjeldhal.

O ataque ácido, com ácido clorídrico, das cinzas que restaram no cadinho após a queima na mufla, seguiu as etapas seguintes: dissolveu-se a

cinza com 25 ml de ácido clorídrico 1:1 acrescentando-se 20 ml de água deionizada, levando-se à ebulição por 5 minutos. Após, filtrou-se em papel de cinza conhecida (SS faixa branca) e o filtrado (utilizado para a análise) foi recebido em balão volumétrico de 100 ml, completando seu volume (100 ml) com água deionizada (Figura 20).



Figura 20: Balões volumétricos com o filtrado utilizado para análise dos metais.

Nas cinzas das turfas foram determinados Ca, Mg, K, Na, P, Ba, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr e Zn (tabela 02).

Foram determinados Ca e Mg por espectrometria de absorção atômica, com equipamento AA904. Para a determinação de K e Na foi utilizada a espectrometria de chama (fotômetro de chama), em equipamento Corning 400 flame photometer. O fósforo foi determinado pelo método colorimétrico (formação do complexo Hetero poliácido molibdo-fosfórico) em aparelho Spectro Vision UV-VIS DB 1880S. As análises foram realizadas, no Laboratório de Absorção Atômica do Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG.

Ba, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr e Zn foram determinados por espectrometria de massa com plasma de argônio induzido (ICP – MS – Varian 820), no Laboratório de Análises Químicas da ELETRONORTE.

A composição química total das cinzas das turfas foi determinada por fluorescência de raios-X (tabela 02). Foi utilizado espectrômetro sequencial Axios Minerals, com tubo de raios-X cerâmico e anodo de Rh de 2,4kW, PANalytical, no Laboratório de Difração de Raio-X do Instituto de Geociências da UFPA. O tratamento dos dados foi feito com o software SuperQ Manager, o

software IQ+, da PANalytical e as determinações analíticas no programa IQ+ Semiquant. Na pastilha prensada foi utilizado 3 gramas de amostra para 0,600 gramas de parafina. Foram determinados os seguintes elementos Si, Al, Fe, Mn, P, Na, K, Ca, Mg, Ti, BR, Cl, Sr, Zr, Pb, Rb, Zn, Y, BA e Cu.

Os minerais foram identificados por difração de raios-X (DRX), em amostra total pulverizada e cinzas das turfas utilizando-se um difratômetro de raios-X da marca PANalytical, modelo X'PERT PRO MPD (PW 3040/60), com Goniômetro PW 3050/60 (Theta/Theta) e com tubo de raios-x cerâmico de anodo de Co ($K\alpha_1$ 1,78901 Å), modelo PW3373/00, foco fino longo, 40 Kv, 35 mA. O detector utilizado é do tipo RTMS, X' Celerator. Os registros foram obtidos no intervalo de 5° a 75°, com leituras de 2 θ . Laboratório de Difração de Raio-X do Instituto de Geociências da UFPA.

A aquisição de dados dos registros foi feita com o software X'Pert Data Colletor, versão 2.1a, e o tratamento dos dados com os softwares X'Pert HighScore versão 2.1b, também da PANalytical e *Origin* versão 6.1a. O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) – MPEG foi utilizado para auxiliar na composição mineralógica nas cinzas das turfas.

Na etapa de preparação do material destinado à análise de minerais totais, foram utilizadas amostras devidamente homogeneizadas. Foram todas pulverizadas em gral de ágata e, então, acondicionadas de forma bem compacta em um porta-amostra para serem lidas, posteriormente, pelo difratômetro de raios-X (Figura 21).

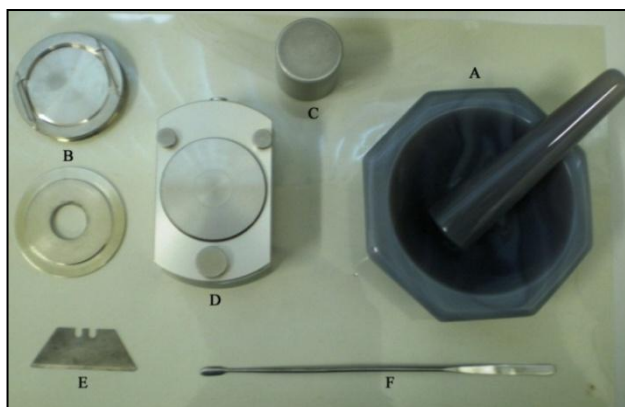


Figura 21: Preparação de amostra total para DRX A) Gral de ágata B) Porta-amostra C) Compactador de amostra D) Suporte para o porta-amostra E) Lâmina F) Espátula.

Fonte: Gentilmente cedida por Ivana Bosnic (2008).

Para a identificação dos constituintes químicos orgânicos da turfa, foram feitas análises de espectroscopia na região do infravermelho (I.V.) utilizando o equipamento PERKIN ELMER FT-IR Spectrometer 1760X. Os espectros foram obtidos de pastilhas preparadas com cerca de 200 mg de KBr, pulverizado e seco a 110°C, e 0,2 mg do material seco a 60°C por 4 horas. As pastilhas de KBr do material foram preparadas conforme condições ideais para evitar a interferência da umidade do ar, sem provocar mudanças na estrutura do material.

As pastilhas foram submetidas à prensagem de 10 t/cm², durante 5 minutos, em pastilhador de 14mm de diâmetro. No tratamento dos dados foi utilizado o software *Origin* versão 6.1a.

Para a análise térmica diferencial foi utilizado o equipamento Thermal Sciences Balance Control PL-STA, que vai da temperatura ambiente a 1100°C, sendo programado para subir em patamares de 10 em 10°C.

Tabela 02: Apresentação dos métodos empregados nas diferentes amostras.

Métodos									
Área Sucuriju Amostras	Intervalo de Profundidade (cm)	Absorção Atômica	Espectrometria de Chama	Método Colorimétrico	Espectrometria de Massa	Fluorescência de raios-X	Análise Térmica Diferencial	Infravermelho	Digração de raios-X
T1a	0	x	x	x	x	x	x	x	x
T1b	0 - 23	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	N/A
T1c	23 - 40	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	N/A
T2a	50	x	x	x	x	x	x	x	x
T2b	50 - 60	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	N/A
T2c	60 - 70	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	N/A
T3a	70 - 100	x	x	x	x	x	x	x	x
T3b	100 - 120	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	N/A
T3c	120 - 150	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	N/A
PC 18	78 - 83	N/A	N/A	N/A	N/A	x	N/A	N/A	x
PC 19	126 - 140	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	x
F 02a	365 - 368	N/A	x	x	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
F 02b	371 - 384	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	x	x
F 03	272 - 280	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	N/A
Redondo	290 - 345	N/A	N/A	N/A	N/A	x	N/A	x	x
Área Maracá									
Perfil 1	456 - 461	N/A	x	x	N/A	x	N/A	x	x
Pta Garrote P 68	0	N/A	x	x	N/A	x	x	x	x
Pta Garrote T2C	44 - 52	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	x
Pto 130	0	N/A	x	x	N/A	x	N/A	x	x

NA - amostras não analisadas

X - amostras analisadas

Continuação da Tabela 02.

Métodos									
Área Tabaco Amostras	Intervalo de Profundidade (cm)	Absorção Atômica	Espectometria de Chama	Método Colorimétrico	Espectometria de Massa	Fluorescência de raios-X	Análise Térmica Diferencial	Infravermelho	Difração de Raios-X
PT 37	150 - 180	N/A	N/A	N/A	N/A	x	x	x	x
PT44	50 - 100	N/A	x	x	N/A	x	x	x	x
PT 5	50 - 100	N/A	x	x	N/A	x	N/A	N/A	x
PT 35	150 - 200	x	x	x	x	x	N/A	N/A	x
PC 03	96 - 105	x	x	x	x	x	N/A	x	x
PT 07a	0 - 10	x	x	x	x	x	N/A	x	x
PT 07b	10 - 38	N/A	x	x	N/A	x	x	x	x
PT 07c	38 - 60	x	x	x	x	x	x	x	x
PT 07d	60 - 70	x	x	x	x	x		x	x
Área Macarry									
Macarry P3	146 - 148	x	x	x	x	x	x	x	x
Macarry P4	380 - 400	N/A	x	x	N/A	x	N/A	x	x
Área Linha Seca									
LS	0 - 100	x	x	x	x	x	x	x	x

NA - amostras não analisadas

X - amostras analisadas

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS TURFAS SEGUNDO O GRAU DE DECOMPOSIÇÃO

As amostras PT130 e Perfil1 estão localizadas em terraços que encontram-se expostos à ação da maré na Ilha de Maracá. A primeira foi coletada em superfície no extremo sul da Ilha e a segunda logo abaixo do Igarapé do Inferno, canal que divide a ilha; sua amostragem foi realizada nos terraços localizados no lado oeste a uma profundidade de 460cm em relação a superfície da ilha. Essas amostras de turfa apresentam grau de decomposição H4 e H6, segundo escala visual de von Post, respectivamente, e representam assim, os tipos intermediários, classificadas como hêmicas.

As amostras Pta Garrote PT68 e T2C estão localizadas em terraços que também encontram-se expostos à ação da maré, só que na porção continental em frente à ilha, também estão classificadas entre as turfas intermediárias. A primeira, coletada em superfície, apresenta grau de decomposição H4, a segunda, foi coletada a 60cm de profundidade e apresenta grau H5 (Tabela 03).

Tabela 03. Grau de decomposição das turfas - Área de Maracá.

Amostra	Profundidade (cm)	Grau de Humificação	Espessura Camada (cm)
Pta Garrote PT 68	superfície	H4	x
PT 130	superfície	H4	x
Pta Garrote T2C	50	H5	8
Perfil 1	460	H6	5

x - sem dados de espessura

A amostra MacarryP3 se encontra a uma profundidade de 145cm e apresenta grau de decomposição H6; e, a amostra MacarryP4, localizada na profundidade de 390cm, não apresentou grau de decomposição devido a ausência de umidade. No entanto, a sua camada de turfa é mais expressiva, em 20cm, enquanto que a primeira em apenas 2cm (Tabela 04).

Tabela 04. Grau de decomposição das turfas - Área do Macarry.

Amostra	Profundidade (cm)	Grau de Humificação	Espessura Camada (cm)
Macarry P3	145	H6	2
Macarry P4	390	ND	20

ND – Análise não realizada por falta de umidade na amostra

Na área do Sucuriju encontram-se 15 amostras de turfa. Destas, 9 se localizam na margem esquerda do rio Sucuriju, já próximas a sua foz constituem um terraço de turfa com aproximadamente 150cm. Nos períodos de baixa descarga (julho/dezembro), o terraço é exposto quase completamente podendo ser reconhecido um escalonamento em 3 níveis, causado pelas marés, principais responsáveis pelo fluxo de água nesse período.

Apesar da espessura significativa, as amostras não apresentaram variação segundo grau de decomposição em profundidade, todas foram classificadas em H3, turfas fibrosas, que representam os estágios iniciais de decomposição.

A amostra PC18 se localiza na margem esquerda do rio a uma profundidade de 80cm e seu grau de decomposição é H4. A amostra PC19 encontra-se na margem direita também com grau de decomposição H4, localizada a uma profundidade de 130cm.

Na foz do rio Sucuriju encontramos as amostras F02 ao norte e F03 ao sul; suas profundidades são de 380cm e 275cm, respectivamente. A amostra F03 apresentou grau de decomposição H5, enquanto que a F02 não foi possível classificar devido a falta de umidade.

A noroeste da foz do rio Sucuriju está localizada a amostra Redondo; essa encontra-se a 320cm de profundidade e seu estágio de decomposição é H4, a espessura da sua camada é de 55cm (Tabela 05).

Tabela 05. Grau de decomposição das turfas – Área do Sucuriju

Amostra	Profundidade (cm)	Grau de Humificação	Espessura Camada (cm)
T1-a	superfície	H3	150
T1-b	23	H3	
T1-c	40	H3	
T2-a	50	H3	
T2-b	60	H3	
T2-c	70	H3	
T3-a	100	H3	
T3-b	120	H3	
T3-c	150	H3	
PC 18	80	H4	5
PC 19	130	H4	14
F 03	275	H5	8
Redondo	320	H4	55
F 02-a	366	ND	19
F 02-b	380	ND	

ND – Análise não realizada por falta de umidade na amostra

A área do Tabaco está representada por 9 amostras de turfa. Uma camada com 70cm de espessura está representada aqui, da base para o topo, pelas amostras PT07d, c, b, e a. Encontra-se localizada a noroeste do Igarapé do Tabaco, canal de ligação dos lagos do Cinturão Lacustre Meridional (SILVEIRA, 1998) com o Rio Araguari. Todas apresentaram grau de decomposição H2.

As amostras PT44, PT5, PT37 e PT35 estão localizadas nas margens do Igarapé do Tabaco; o grau de decomposição H2 foi obtido para as amostras PT44 e PT35. A amostra PT37 apresentou grau H3 e, na PT5, pela falta de umidade, não foi possível obter classificação, assim como na PC03, que se localiza também a noroeste do Igarapé (Tabela 06).

Tabela 06. Grau de decomposição das turfas - Área do Tabaco

Amostra	Profundidade (cm)	Grau de Humificação	Espessura Camada (cm)
PT 07-a	superfície	H2	70
PT 07-b	20	H2	
PT 07-c	50	H2	
PT 07-d	65	H2	
PT44	75	H2	50
PT 5	75	ND	50
PC 03	100	ND	9
PT 37	170	H3	30
PT 35	175	H2	50

ND – Análise não realizada por falta de umidade na amostra

A área da Linha Seca está representada pela amostra LS, que encontra-se a uma profundidade de 50cm. Sua classificação é do tipo H2, turfa fibrosa, e a espessura da sua camada é de 100cm (Tabela 07).

Tabela 07. Grau de decomposição da turfa - Área da Linha Seca

Amostra	Profundidade (cm)	Grau de Humificação	Espessura Camada (cm)
LS	50	H2	100

As amostras de turfa da planície costeira do Amapá, tratadas neste trabalho, apresentam grau de decomposição entre os tipos fibrosos e hêmicos, mas não fica descartada a possibilidade de ocorrerem os tipos sápricos na região, já que a ocorrência de turfas é expressiva. Tais indícios são corroborados pelos levantamentos realizados por Silveira (2006), mostrando que a ocorrência de turfas se dá em pelo menos 40% somente na área Reserva Biológica do Lago Piratuba. Esse material encontra-se em pelo menos dois estágios de decomposição, a turfa com maior maturidade se apresenta com uma textura *cooffee-ground* (borra de café), enquanto a turfa imatura é aquela na qual ainda podem ser reconhecidas as estruturas vegetais que lhe deram origem.

As turfas das áreas do Tabaco e Linha Seca se apresentam exclusivamente fibrosas. No entanto, Lenz (1984) faz algumas ressalvas para o uso da escala de Von Post em turfas tropicais, pois foi construída baseada nas turfas das zonas climáticas moderada a boreal do Hemisfério Norte e a sua aplicação às turfeiras tropicais deve ser feita com ressalva e alguns cuidados. Geralmente, as turfeiras tropicais se encontram em estágio avançado de decomposição, podendo, entretanto, apresentar considerável participação de fibras resistentes, o que lhes confere a falsa impressão de turfas fibrosas, nos estágios iniciais de decomposição.

As turfas da área do Sucuriju são as que apresentam os dois tipos, fibrosas e hêmicas, podendo-se supor que façam parte de um mesmo depósito, o qual se apresenta em estágios de decomposição diferenciados. Conforme Lenz (op. cit.) o empilhamento em camadas é promovido por gerações consecutivas de vegetais que se transformam em turfa, e o grau de decomposição geralmente aumenta em direção a base do depósito. A falta de um empilhamento estratigráfico confiável das turfas e de controle topográfico na região impossibilita melhores observações sobre esse aspecto.

Todas as turfas das áreas de Maracá e Macarry se mostraram mais decompostas em relação as demais áreas e, também, com camadas inexpressivas. Uma das explicações se deve ao fato de que a velocidade de decomposição depende do tipo de vegetação e, também, do clima, que sendo tropical, favorece uma grande disponibilidade de massa vegetal e, promove uma decomposição acelerada, resultando na diminuição da quantidade de material a ser fossilizado como turfa (LENZ, op cit.).

Outro fator relevante associado à geomorfologia das áreas do Macarry e Maracá é o fato de que as suas turfas se encontram justamente em locais de paleodrenagens, talvez o fator preponderante para a decomposição em alto grau (comunicação verbal da Dra. Odete Silveira).

6.2 SALINIDADE

A tabela 08 apresenta as variações e a média dos valores da salinidade da água intersticial das turfas. As médias obtidas na área de Maracá foram $24,25 \pm 8,7$ e Sucuriju com $16,4 \pm 4,2$; apresentam valores altos por se

localizarem na porção litorânea da planície, que apresenta regime de maré macrotidal e maior influência marinha. Segundo Miranda (2009) o Canal do Varador, que divide a porção continental da Ilha de Maracá, apresenta amplitudes de 10 metros em marés de sizígia.

As amostras da área do Macarry apresentam média $12 \pm 7,8$ de salinidade, isso evidencia que também recebem ou receberam influência marinha já que as amostras se encontram entre 150 a 400 cm de profundidade.

Na área Tabaco foram determinadas salinidade só nas amostras PC03, com salinidade 10, e PT07 com salinidade zero; nas demais amostras não essa medição não foi realizada, porém, sabe-se que recebem grande influência das águas doces provenientes da região dos lagos. No Igarapé do Tabaco, as marés alcançam os lagos, porém, não há chegada de água salgada em marés normais e não foi verificada, até o momento, a entrada de água salgada nos lagos nas marés de equinócio. A amostra da Linha Seca apresentou salinidade zero. Isso se deve provavelmente a sua posição geográfica, mais elevada topograficamente e distante das águas fluviais, sofrendo apenas a influência de águas pluviais (comunicação verbal da Dra. Odete Silveira).

Tabela 08. Variações e médias da salinidade nas diferentes áreas.

Área	Δ Salinidade	Média
Maracá	18 - 37	$24 \pm 8,7$
Macarry	6 - 17	$12 \pm 7,8$
Sucuriju	10 - 23	$16 \pm 4,2$
Tabaco	0 - 10	$2 \pm 4,5$
Linha Seca *	0	

* Somente uma amostra analisada

6.3 UMIDADE TOTAL

Os percentuais médios obtidos para umidade foram todos acima de 70%, atribuídas as condições hidrológicas exigidas para sua formação (Tabela 09).

Ao analisar os resultados percebe-se que as maiores médias se encontram nas áreas onde as turfas foram classificadas exclusivamente como

fibrosas, mostrando que elas têm maior capacidade de retenção de água em relação aos demais estágios de decomposição, por ainda conterem maior participação de fibras que aumenta sua porosidade e permeabilidade (IPT, 1979).

As amostras que não foram classificadas segundo grau de decomposição, pela falta de umidade, não foram consideradas nas estatísticas deste parâmetro.

Tabela 09. Variações e médias da umidade nas diferentes áreas.

Área	Δ Umidade (%)	Média
Maracá	59,4 - 79,1	$71,6 \pm 9,1$
Macarry *	76	
Sucuriju	54,1 - 91,4	$72,2 \pm 12,2$
Tabaco	81,5 - 92,7	$88,2 \pm 4,2$
Linha Seca *	91,3	

* Somente uma amostra analisada

6.4 pH

A tabela 10 apresenta os valores médios de pH das turfas nas áreas estudadas. A área de Maracá apresentou valores essencialmente básicos (média de $6,9 \pm 0,3$), enquanto que as turfas das áreas do Sucuriju e do Tabaco apresentaram valores que variaram de básico a muito ácido, com médias de $6,4 \pm 1$ e $4,8 \pm 1,2$, respectivamente. As áreas do Macarry e da Linha Seca apresentaram somente turfas com valores de pH ácido, uma média de $4,8 \pm 0,1$ para a primeira e a segunda representada somente por uma amostra pH de 4,1.

Os valores de pH ácido obtidos essencialmente nas áreas do Macarry e da Linha Seca e, em algumas amostras da área do Sucuriju e Tabaco, são atribuídos às substâncias produzidas pela decomposição da matéria orgânica presentes como CO_2 e ácidos orgânicos, principalmente os ácidos húmicos compatíveis com os valores encontrados na literatura por Franchi (2004); Lenz (1984).

Correlacionando-se os valores médios de pH obtidos para as diferentes áreas, percebe-se que os valores mais básicos se encontram nas áreas litorâneas de Maracá e Sucuriju, evidenciando que existe uma contribuição das águas marinhas sobre o pH destas, agindo no sentido de neutralizar o pH ácido característico das turfas, já que na composição da água marinha existem cátions que, segundo Shotyk⁶ (1988 apud FRANCHI, 2004), neutralizam os ácidos resultantes da decomposição da matéria orgânica e o pH das suas águas torna-se relativamente alto (6 a 8).

O fato de encontrarmos valores de pH ácido em algumas amostras da área do Sucuriju deve-se ao isolamento destas atualmente das águas marinhas pelos sedimentos depositados posteriormente a sua gênese, e com isso, a produção de compostos orgânicos ácidos não pode ser neutralizada.

Tabela 10. Variações e médias dos valores de pH nas diferentes áreas.

Área	Δ pH	Média
Maracá	6,6 - 7,3	$6,9 \pm 0,3$
Macarry	4,7 - 4,8	$4,8 \pm 0,1$
Sucuriju	4,4 - 7,4	$6,4 \pm 1$
Tabaco	3,8 - 7,5	$4,8 \pm 1,2$
Linha Seca *	4,1	

* Somente uma amostra analisada

6.5 CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO E C/N

As amostras das áreas Linha Seca, Maracá e Tabaco foram as que apresentaram as maiores médias em carbono orgânico, acima de 20%. Os teores de carbono variam com relação ao grau de decomposição das turfas; quando o grau de decomposição aumenta existe um enriquecimento relativo em carbono (IPT, 1978; MARTINO; KURT, 1982), entretanto, as turfas mais decompostas (classificação feita no tópico 6.1) encontram-se nas áreas de Maracá e Macarry. As diferenças encontradas neste trabalho, com relação às variações apresentadas na literatura para esses parâmetros devem-se ao fato

⁶ SHOTYK, W. Review of the inorganic geochemistry of peats and peatland water. **Earth-Science Reviews**, v. 25, p.95-176, 1988.

das amostras das áreas de Maracá e Macarry apresentarem maiores quantidades de material inorgânico associado às turfas, concordando com dados apresentados por Franchi (2000; 2004).

Os valores médios encontrados para os teores de nitrogênio nas áreas variam de 0,6 a 2,4%. Os primeiros compostos orgânicos a serem decompostos são as proteínas, mas, pequena parte do nitrogênio das proteínas pode ser preservada, conferindo à turfa pequena porcentagem desse elemento (FUCHSMAN, 1980) justificando os percentuais de nitrogênio obtidos para as amostras de turfa nesse trabalho.

Tabela 11. Variações e médias obtidas entre as áreas para os parâmetros: Carbono(C), Nitrogênio (N) e Carbono/Nitrogênio (C/N).

Área		C (%)	N (%)	C/N
Maracá	Δ	18,9 - 32,6	1,2 - 1,7	15/1 - 20/1
	Média	24,3 ± 6	1,4 ± 0,2	18/1 ± 2,4
Macarry	Δ	12,7 - 17,1	0,9 - 2,1	8/1 - 14/1
	Média	14,9 ± 3,1	1,5 ± 0,9	11/1 ± 4,5
Sucuriju	Δ	7,8 - 29	0,1 - 1,5	11/1 - 81/1
	Média	18,2 ± 6,2	0,6 ± 0,4	43/1 ± 22,5
Tabaco	Δ	9,5 - 31,4	0,2 - 1,6	11/1 - 49/1
	Média	20,3 ± 6,4	1,2 ± 0,4	21/1 ± 12
Linha Seca *	Δ	35,8	2,4	15/1
	Média			

* Somente uma amostra analisada

6.6 CINZAS

Os valores obtidos entre mínimo e máximo nos teores de cinzas, para todas as amostras de turfa da região, variaram de 0,3% a 48,8%.

Quatro das amostras apresentam teor de cinzas abaixo de 1%, o que as caracteriza como turfas muito puras. Três delas localizam-se na área do Tabaco e a outra é a amostra da Linha Seca. Sete amostras apresentaram valores entre 1 e 5% em teor de cinzas, 3 no Sucuriju e 4 no Tabaco. Entre 5 e 10%, 7 amostras e; acima de 10%, 14 amostras, destas, a maioria pertence às

áreas litorâneas, mostrando a influência da hidrodinâmica contribuindo no aporte de sedimentos na formação dessas turfas.

Tabela 12. Percentuais de cinzas nas áreas Maracá e Macarry.

Área Maracá	%CZ	Área Macarry	%CZ
Perfil 1	5,2	MacarryP3	16,4
Pta Garrote Pt 68	27,3		
Pta Garrote T2C	13,5	MacarryP4	6,9
PT 130	6,0		
MÉDIA	13,0	MÉDIA	11,7
MÍNIMO	5,2	MÍNIMO	6,9
MÁXIMO	27,3	MÁXIMO	16,4
dP	10,2	dP	6,8

Tabela 13. Percentuais de cinzas nas áreas Sucuriju e Tabaco.

Área Sucuriju	%CZ	Área Tabaco	%CZ
T1a	6,7	PT 37	0,7
T1b	6,1	PT44	6,5
T1c	34,9	PT 5	11,8
T2a	13,5	PT 35	1,1
T2b	34,7	PC 03	43,8
T2c	13,0		
T3a	38,5	PT 07 -a	4,7
T3b	27,1		
T3c	12,7	PT 07 -a	0,4
PC 18	1,8		
PC 19	7,7	PT 07 -b	0,3
F 02a	16,4		
F 02b	4,0	PT07 -c	4,7
F 03	13,5		
Redondo	3,8	PT 07 -d	4,7
MÉDIA	15,6	MÉDIA	8,2
MÍNIMO	1,8	MÍNIMO	0,3
MÁXIMO	38,5	MÁXIMO	43,8
dP	12,3	dP	13,9

6.7 CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO MATERIAL INORGÂNICO DAS TURFAS

As análises por difração de raios-x no material inorgânico das turfas apresentaram quartzo, muscovita, albita, feldspatos, goethita, caulinita, clorita e esmectita além de halita, pirita e a jarosita (figuras 22, 23, e 24).

As cinzas das turfas apresentaram grande similaridade com os difratogramas do material inorgânico das turfas, além de minerais formados no processo de combustão e altas temperaturas, tais como hematita e anidrita (figuras 23 e 24). A anidrita se forma pela oxidação da pirita (Fe_2S) durante a formação das cinzas nas altas temperaturas.

A presença de halita (NaCl) evidencia a participação das águas marinhas na sua composição. As imagens obtidas por MEV nas cinzas da turfa (figuras 25 e 26) revelam pseudomorfos substituindo as fibras das turfas. Os frambóides formados pelo agrupamento dos cristais de pseudomorfos podem ser vistos na figura 26 da amostra Macarry P3 e na figura 27 da amostra Perfil 1. Já a figura 27 apresenta o argilomineral esmectita na amostra PT37.

Os minerais determinados nas turfas são compatíveis com a mineralogia encontrada nos sedimentos da planície costeira do Amapá (XAVIER, 2009; BOSNIC, 2008; SANTOS, 2008; MENDES, 1994) e, confirmam a participação das turfas nos processos de sedimentação, além de justificarem diferentes e altos teores de cinzas encontrados nas áreas estudadas. A similaridade entre a mineralogia encontrada nas turfas com a composição mineralógica dos sedimentos recentes indica, portanto, que as turfas podem ser utilizadas como indicador biológico dos processos de sedimentação e que participam da evolução geológica da planície costeira do Amapá, no que diz respeito ao Quaternário.

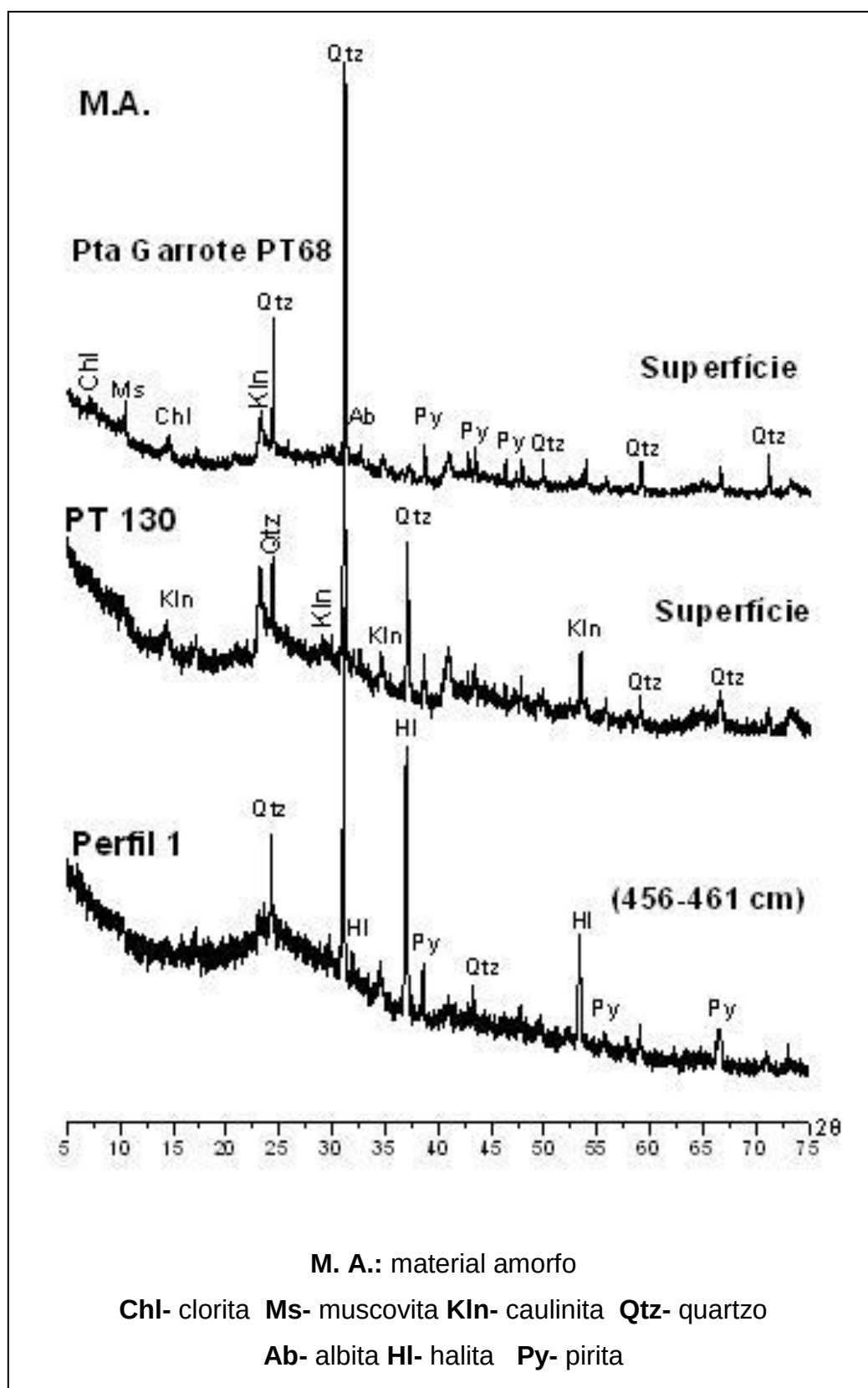


Figura 22. Difrátogramas de raios-X em base seca para as turfas da área do Maracá.

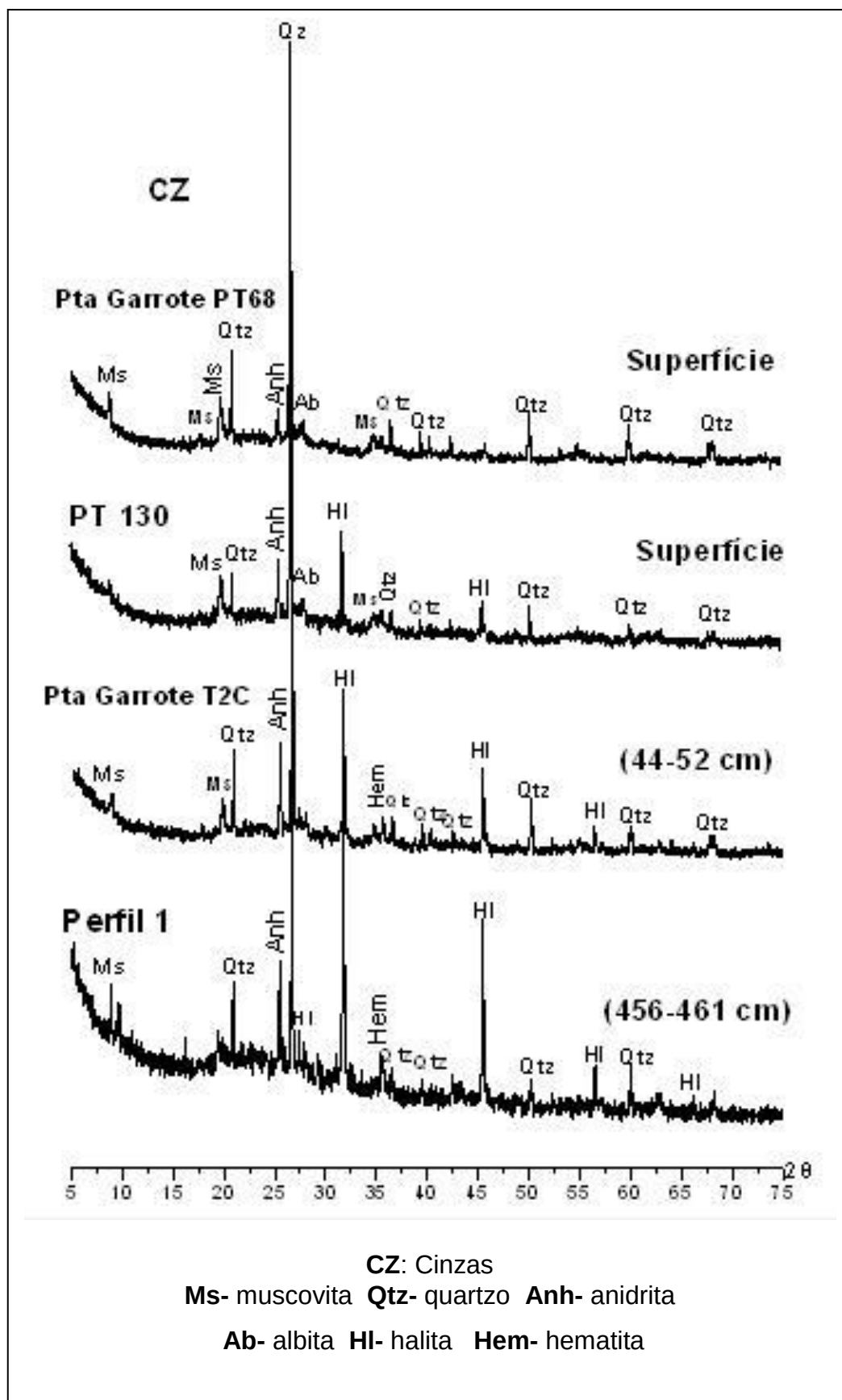


Figura 23. Difratomogramas de raios-X nas cinzas das turfas da área do Maracá.

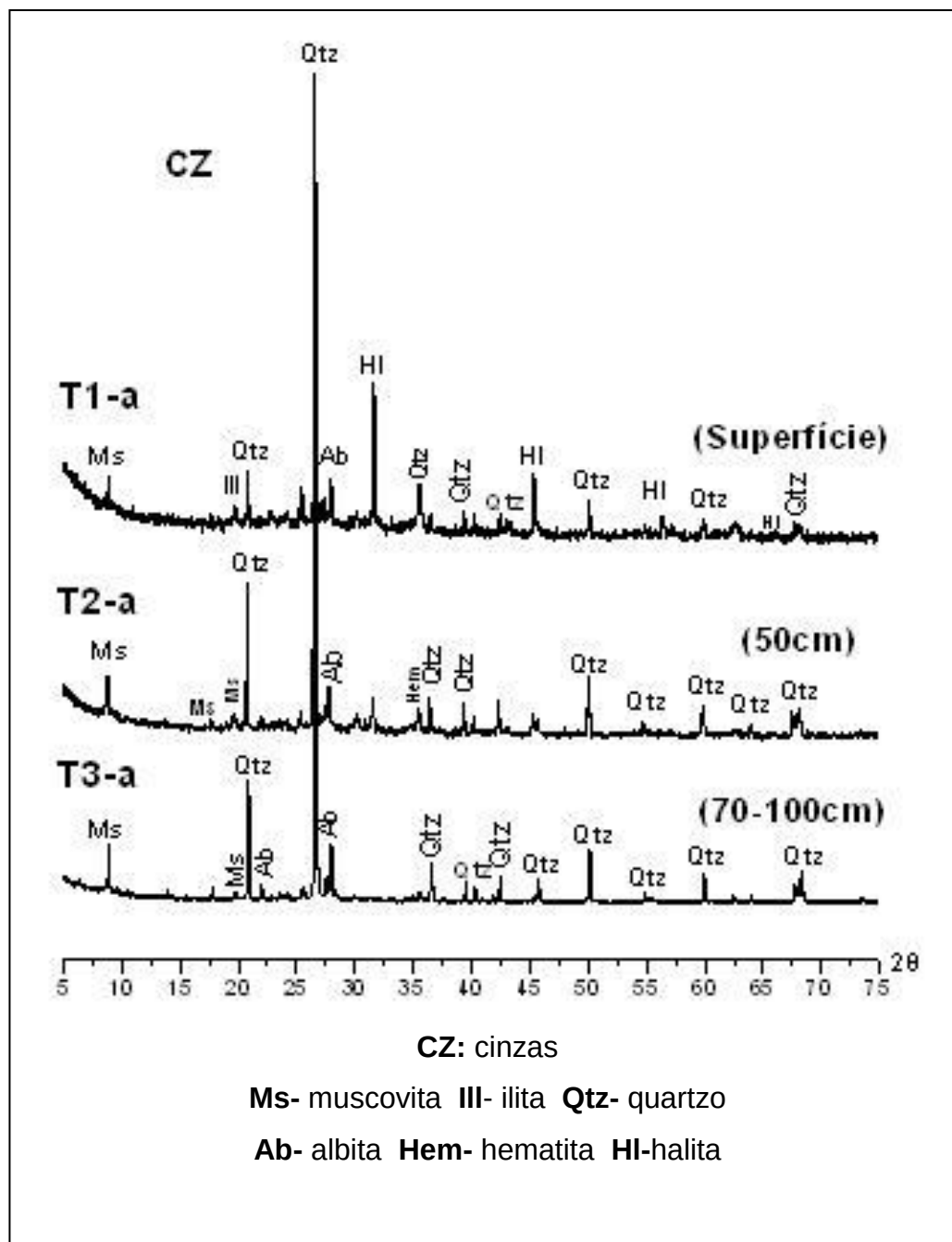


Figura 24. Difrátogramas de raios-X nas cinzas das turfas da área do Sucuriçu.

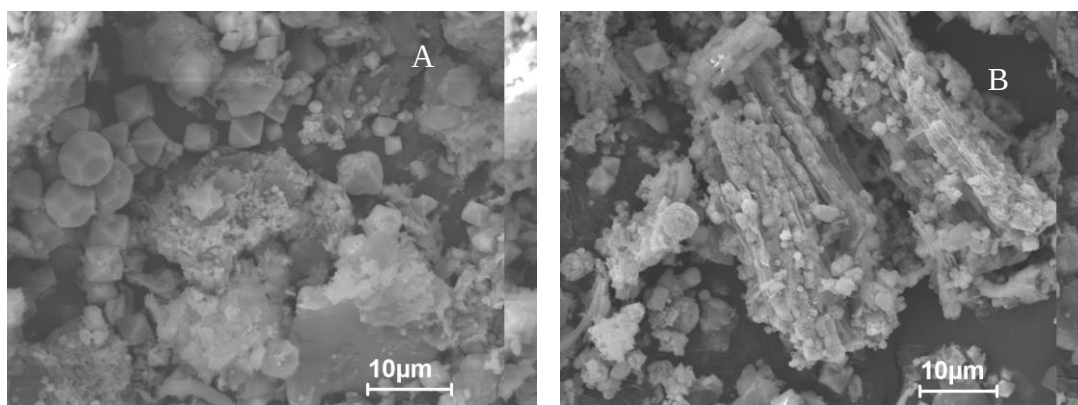


Figura 25. Imagens de MEV das cinzas da amostra Macarry P3. A) Cristais de pseudomorfos. B) Fibras substituídas por pseudomorfos.

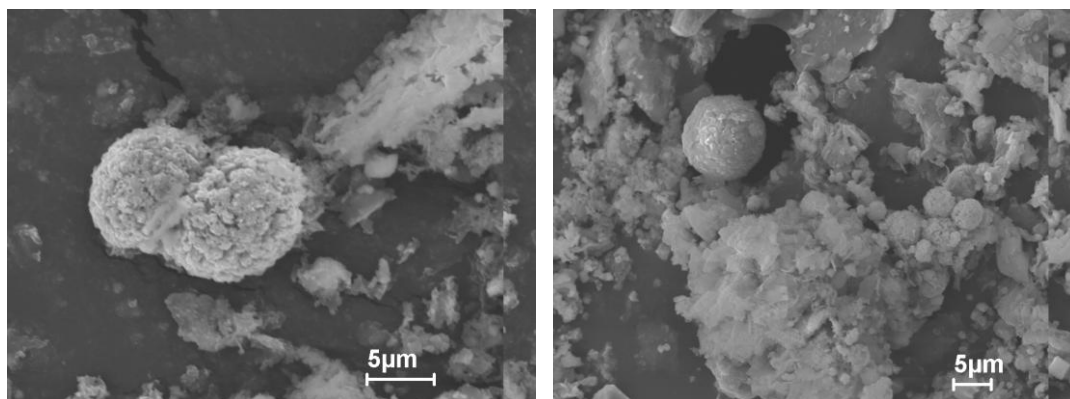


Figura 26. Imagens das cinzas com formação de frambóides de pseudomorfos. A) Perfil 1. B) Macarry P3.

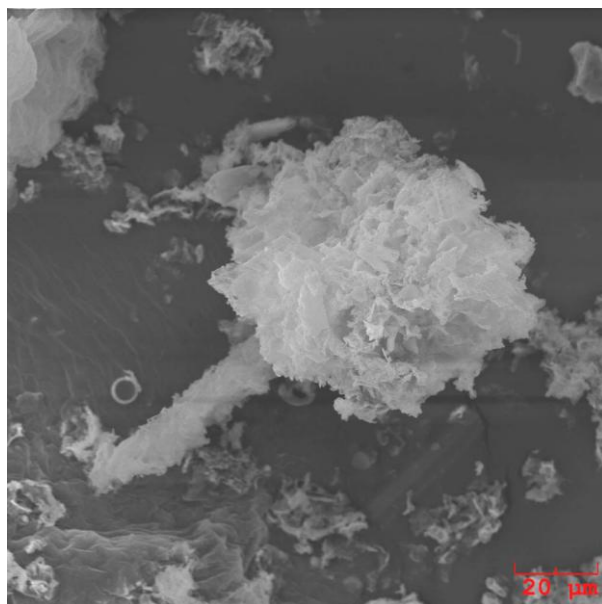


Figura 27. Mineral esmectita, amostra PT37.

6.8 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

6.8.1 Composição química total das cinzas das turfas

A área do Tabaco mostrou os teores mais altos em sílica, alumínio, ferro e titânio, atribuídos à proximidade das rochas do embasamento e justificando os valores de potássio que deve constituir o K-feldspato. O baixo valor de sódio, em relação às outras áreas confirma a pouca proximidade das águas marinhas às turfas desta área, assim como os altos teores de bário e estrôncio.

O teor de P_2O_5 é maior em relação às outras áreas e deve-se, provavelmente, à ação antrópica exercida pela atividade de criação de búfalos na região. Da mesma forma, os altos teores de ferro, os quais podem estar associados ao fogo (natural ou provocado) constantemente presente e evidenciado na única amostragem realizada na Linha Seca, a qual também apresenta teores altos de P_2O_5 .

A composição química encontrada reflete a mineralogia identificada nos difratogramas tanto em base seca quanto nas cinzas das turfas, onde a SiO_2 e Al_2O_3 equivale ao quartzo e aos minerais de argila: caulinita, clorita e muscovita. Os teores de Fe_2O_3 correspondem à pirita, goethita e hematita. O SO_3 juntamente com o Fe_2O_3 formam a pirita, enquanto que Na_2O , MgO , K_2O e CaO , correspondem a clorita, illita, K-feldspato, muscovita. Os teores elevados de Cl^- associados ao Na^+ podem formar a halita, indicação de influência marinha.

Tabela 14. Variações e médias da composição química total dos óxidos em % nas diferentes áreas.

Áreas	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	SO ₃	PF	TOTAL
Maracá	%												
MÉDIA	28,18	10,93	4,58	0,05	0,22	4,90	1,16	1,07	2,12	0,47	7,28	35,32	96,27
MÍNIMO	13,24	4,32	3,20	0,03	0,15	2,44	0,46	0,82	0,40	0,18	5,27	19,33	92,21
MÁXIMO	45,25	16,06	5,41	0,07	0,29	6,55	1,65	1,38	3,14	0,75	8,46	54,11	99,13
dP	13,53	4,88	0,96	0,02	0,07	1,88	0,50	0,24	1,26	0,24	1,46	14,96	3,07
Macarry*													
	36,57	7,69	7,84	0,03	0,44	5,46	0,68	2,87	4,46	0,32	13,14	17,35	96,85
Sucuriju													
MÉDIA	38,02	9,60	6,98	0,07	0,28	4,84	1,51	1,92	3,23	0,67	6,80	23,94	97,88
MÍNIMO	6,63	3,83	3,03	0,05	0,15	1,95	0,47	0,65	1,90	0,12	1,30	1,71	94,97
MÁXIMO	67,30	13,94	11,03	0,10	0,46	8,17	2,38	3,61	5,64	1,18	13,08	65,42	99,63
dP	18,68	3,00	1,88	0,02	0,09	1,95	0,58	0,86	1,21	0,32	3,56	20,36	1,31
Tabaco													
MÉDIA	51,79	15,93	7,93	0,14	0,54	0,94	2,01	1,24	1,89	0,77	2,23	14,06	99,47
MÍNIMO	50,35	12,44	7,66	0,13	0,42	0,92	1,72	0,84	1,83	0,73	1,31	9,86	99,45
MÁXIMO	53,23	19,43	8,20	0,16	0,65	0,96	2,30	1,63	1,96	0,81	3,15	18,26	99,50
dP	2,03	4,94	0,38	0,03	0,16	0,03	0,41	0,56	0,09	0,06	1,30	5,94	0,04

Tabela 15. Variações (mínimo e máximo) da composição química total dos elementos-traço em ppm nas diferentes áreas.

Áreas	Br	Cl	Sr	Zr	Pb	Rb	Zn	Y	Ba	Cu
Maracá	ppm									
MÍNIMO	50,00	2980,00	160,66	44,42	ND	91,44	570,39	30,00	ND	ND
MÁXIMO	220,00	42460,00	186,02	192,48	ND	109,72	570,39	30,00	ND	ND
Macarry										
	340,00	30080,00	397,42	96,23	ND	ND	ND	ND	403,03	ND
Sucuriçu										
MÍNIMO	100,00	320,00	123,83	37,01	190,00	36,57	ND	60,00	483,64	191,72
MÁXIMO	330,00	48380,00	380,51	940,18	222,79	128,02	ND	150,00	591,11	335,53
Tabaco										
MÍNIMO	ND	180,00	3263,97	185,08	ND	82,29	ND	ND	483,64	ND
MÁXIMO	ND	470,00	3382,36	281,31	ND	128,01	ND	ND	537,38	ND

ND - não detectado

6.8.2 Composição química nas cinzas das turfas após ataque ácido

Os valores obtidos nas análises químicas nas cinzas das turfas para as diferentes áreas encontram-se nas tabelas 16 e 17.

Conforme se pode constatar, as concentrações químicas de Na_2O , K_2O , CaO e MgO , P_2O_5 e elementos-traços, obtidos com a técnica da extração parcial das cinzas são compatíveis com os resultados obtidos com a composição química total. Confirmam-se os altos teores de Na_2O , presentes principalmente em Maracá, Sucuriju e Macarry, evidenciando a presença marcante das águas oceânicas, enquanto que na área do Tabaco, as águas salgadas são menos freqüentes ou, diluídas pelas águas doces provenientes dos lagos.

Outra presença marcante na região do Tabaco e LS, que as diferencia das demais são as concentrações de Fe e P_2O_5 mais elevadas, provavelmente esses teores mais altos estejam relacionados à intensa atividade de búfalos identificada nessas regiões e a presença ativa do fogo, principalmente na Linha seca. Além disso, as maiores concentrações de P_2O_5 e Na_2O que aparecem nessa análise em relação à total, pode estar relacionada ao fato parte do fósforo e do sódio não constituírem minerais, mas, simplesmente, estão presentes na forma adsorvida à matéria orgânica e na água intersticial das turfas.

Tabela 16. Variações e médias da composição química para Na₂O, K₂O, CaO, MgO e P₂O₅ em % nas diferentes áreas.

Área Maracá	Na₂O (%)	K₂O (%)	CaO (%)	MgO (%)	P₂O₅ (%)
MÉDIA	12,14	1,40	NA	NA	0,34
MÍNIMO	4,25	0,47	NA	NA	0,14
MÁXIMO	18,12	2,18	NA	NA	0,61
dP	6,11	0,76	NA	NA	0,23
Área Macarry					
MÉDIA	8,42	0,53	NA	NA	0,35
MÍNIMO	0,64	0,43	NA	NA	0,09
MÁXIMO	16,19	0,64	NA	NA	0,61
dP	10,99	0,15	NA	NA	0,37
Área Sucuriju					
MÉDIA	5,07	0,62	1,76	3,59	0,18
MÍNIMO	0,58	0,14	0,43	1,19	0,06
MÁXIMO	10,84	1,85	3,22	6,17	0,37
dP	3,58	0,41	1,40	2,50	0,09
Área Tabaco					
MÉDIA	1,99	0,74	2,68	3,20	1,05
MÍNIMO	0,26	0,20	0,35	1,57	0,09
MÁXIMO	6,59	1,71	7,51	7,76	5,07
dP	2,01	0,56	2,80	2,60	1,56
Área Linha Seca*					
	0,65	ND	8,18	4,99	2,07

* Somente uma amostra analisada

ND – Não detectado

NA – Não analisado

Tabela 17. Variações e médias da composição química para os elementos-traço nas diferentes áreas.

Áreas	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)	Mn (ppm)	Pb (ppm)	Sr (ppm)	Zn (ppm)
Macarry*							
	39,09	37,38	3,14	170,34	15,26	80,87	106,23
Sucuriju							
MÉDIA	45,29	114,04	2,86	363,64	15,24	159,67	63,56
MÍNIMO	26,60	17,33	1,47	212,92	7,02	44,83	42,10
MÁXIMO	62,42	222,03	4,39	522,61	22,27	287,63	90,90
dP	17,96	102,81	1,47	155,01	7,69	121,93	24,92
Tabaco							
MÉDIA	127,88	79,00	5,15	1919,65	2,58	257,14	68,02
MÍNIMO	39,06	13,34	2,00	355,34	ND	55,18	ND
MÁXIMO	270,72	289,48	12,11	5686,25	12,92	645,92	91,74
dP	87,07	118,11	4,08	2138,07	5,78	227,85	39,14
Linha Seca*							
	57,02	ND	17,59	3845,81	ND	508,59	ND

*Somente uma amostra analisada

6.9 ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO – IV

Nas figuras 29 e 30 são apresentados os espectros de infravermelho das amostras de turfa.

Os grupos funcionais identificados se mostraram recorrentes em praticamente todas as amostras da região (figuras 29 e 30). As relativas variações ocorreram com relação às intensidades das bandas de absorção, mostrando que não há variação nas fases presentes.

As bandas encontradas nos espectros serão descritas a seguir com suas respectivas atribuições.

Uma banda larga por volta de 3400 cm^{-1} , geralmente atribuída ao estiramento O-H de ligações de hidrogênio em O-H de álcoois e/ou de fenóis e/ou de ácidos carboxílicos, além de ligações de hidrogênio em N-H.

Uma ou duas bandas em torno de 2940 e 2840 cm^{-1} , devido ao estiramento assimétrico de C-H alifáticos. Uma banda de absorção entre 1630-1600 cm^{-1} , relacionada às vibrações C=C de aromáticos.

Duas bandas em torno de 1400 e 1380 cm^{-1} , tipicamente atribuída à deformação O-H de fenólicos. Uma banda larga por volta de 1280-1220 cm^{-1} , provavelmente devido ao estiramento C-O de ésteres e/ou carboxilas.

Uma banda intensa em 1170-950 cm^{-1} , referente ao estiramento C-O de estruturas de polissacarídeos e impurezas (STEVENSON, 1994).

Os grupos constituintes obtidos nos espectros de infravermelho são compatíveis aos que Fuchsman (1980) identifica para as turfas como: betumes, compreendendo ácidos graxos, ceras e esteróides; ácidos húmicos (maior fração); carboidratos, como celulose e proteínas e, por último as ligninas, substâncias fenólicas. As substâncias húmicas se caracterizam como ricas em grupos funcionais oxigenados como: COOH ácido; OH fenólico e/ou enólico; OH alcoólico e C=O de quinonas (STEVENSON, 1994).

As amostras T3-a, PC03 e Pta Garrote PT68 apresentaram menor intensidade de absorção nas bandas de 1400 e 1380 cm^{-1} , deformação O-H de fenólicos; e na banda 1280 -1220 cm^{-1} , estiramento C-O de ésteres e/ou carboxilas. As amostras PC3 e T3-a apresentam menor absorção na banda de 3400 cm^{-1} , estiramento O-H de ligações de hidrogênio em O-H de álcoois e/ou de fenóis e/ou de ácidos carboxílicos. Essas variações de absorção pelas amostras nessas bandas são atribuídas aos teores elevados de cinzas que elas apresentam. Stevenson (1994) mostra que essas variações na intensidade das bandas de absorção se devem justamente a presença de matéria orgânica e de materiais como ácido húmico, ou seja, quanto maior o teor de cinzas menor será a quantidade de matéria orgânica e, conseqüentemente menor a produção de ácido húmico.

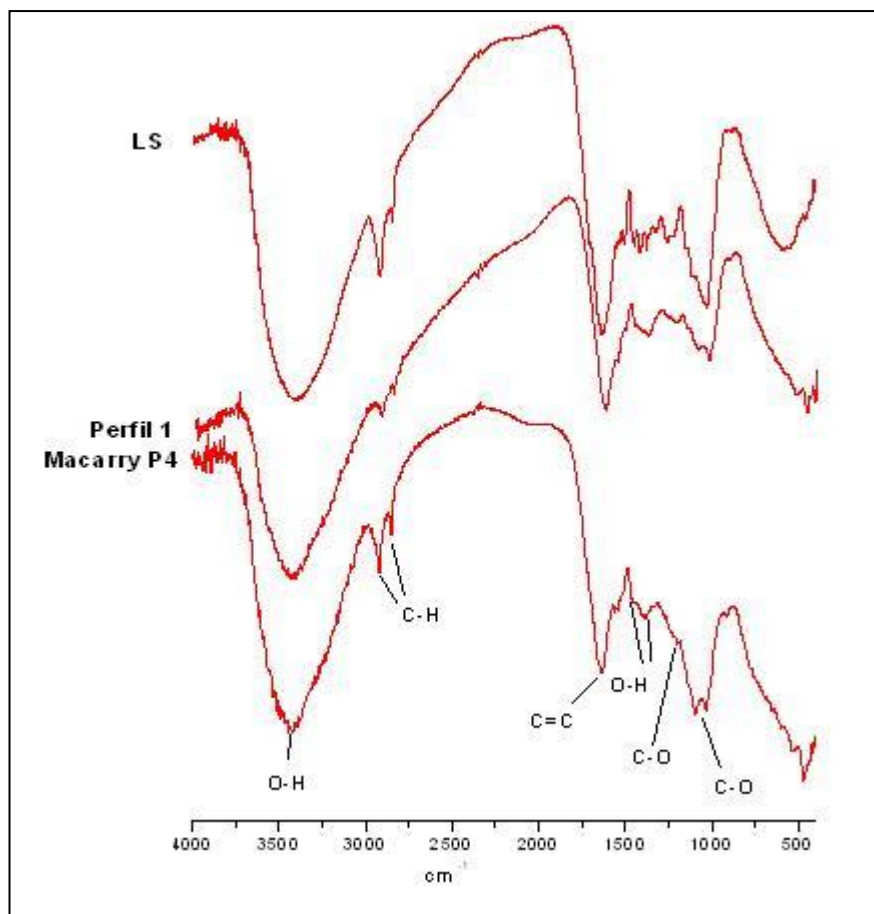


Figura 28. Espectros de IV das amostras LS, Perfil 1 e Macarry P4.

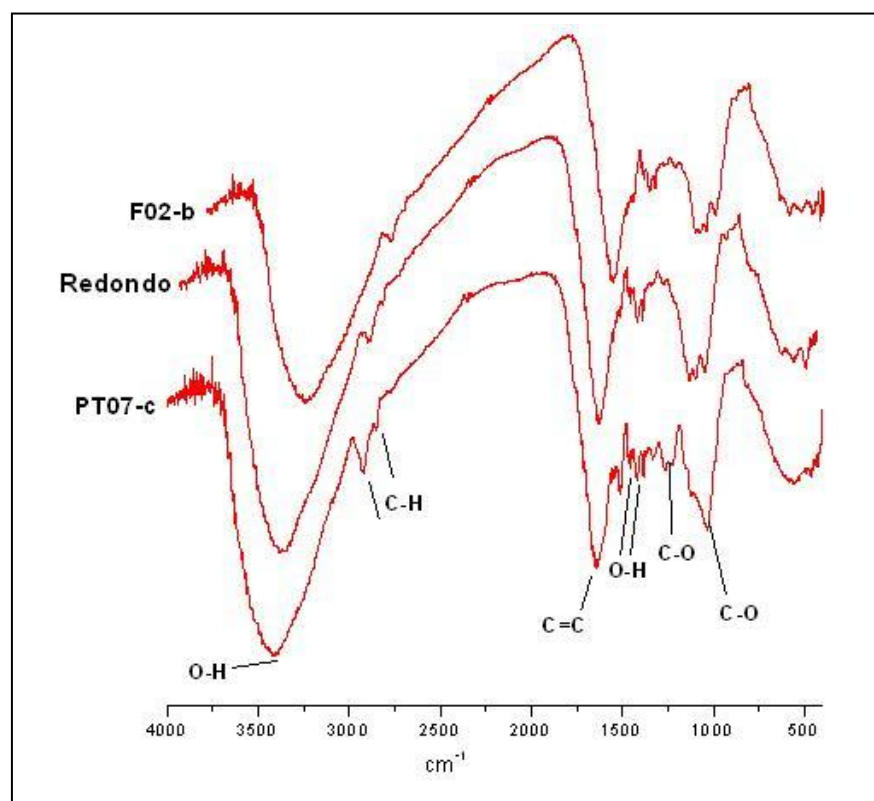


Figura 29. Espectros de IV das amostras F02-b, Redondo e PT07-c.

6.10 ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL (ATD)

Os resultados obtidos na análise térmica diferencial nas turfas de todas as áreas apresentaram um primeiro pico endotérmico entre 60 a 100°C, característico a todas elas, e é correspondente a perda de água do material.

As amostras de trufa apresentam, na faixa que corresponde a queima da matéria orgânica duas formas, descritas a seguir.

As amostras LS (Figura 30), PT07-b e c, PT37 e PT44 apresentam um pico exotérmico, compatível com o encontrado na literatura (PETRONI, 1999; ROMÃO et al., 2007; TOLEDO et al., 2005;). Já as amostras Pta Garrote PT68, Macarry P3, T1-a, T2-a e T3-a (Figura 31) nesta mesma faixa de temperatura que corresponde a queima de matéria orgânica mostram dois picos endotérmicos.

Se compararmos as amostras aos seus respectivos teores de cinzas, percebemos que as que obtiveram somente um pico endotérmico são turfas consideradas muito puras, com teores de cinzas muito pequenos, enquanto as que apresentam dois picos são turfas com elevados teores de material inorgânico.

A maior contribuição de sedimentos, bem como a composição química destes associados às turfas, pode estar contribuindo para algum tipo de alteração química ou mineralógica nesse material, devido às altas temperaturas que a análise requer, obtendo assim duas etapas de queima deste material.

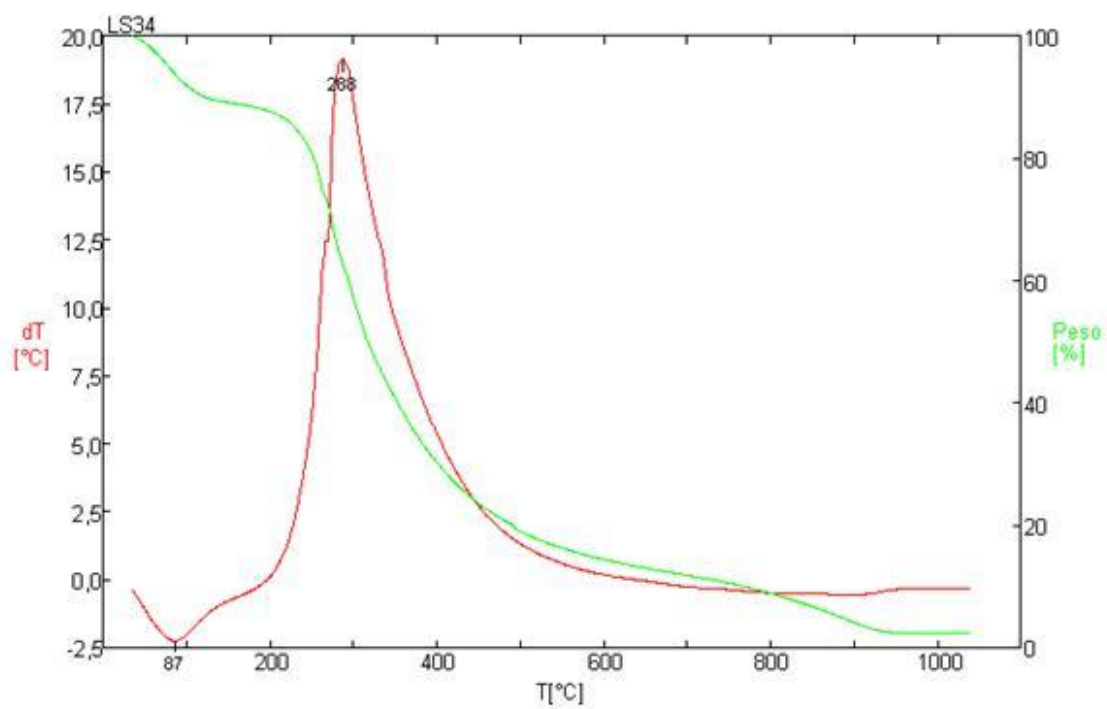


Figura 30. Termograma da amostra LS.

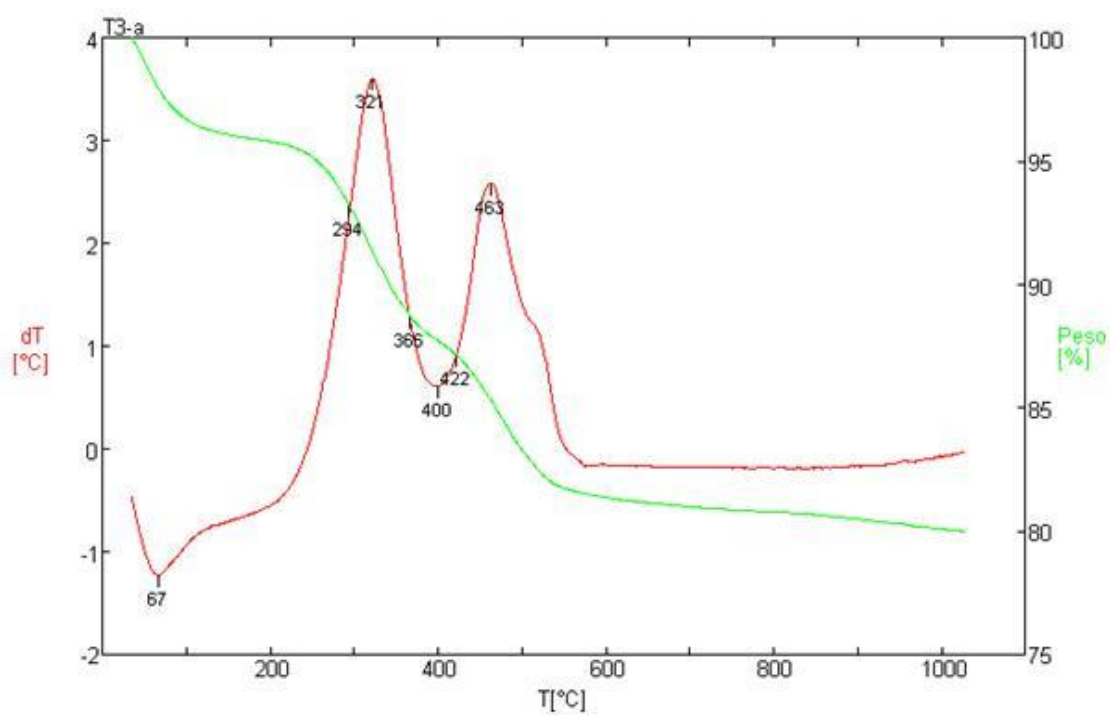


Figura 31. Termograma da amostra T3-a.

7.CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse trabalho permitem diferenciar na planície costeira do Amapá dois tipos de turfa: fibrosas com influência principalmente de ambientes fluviais e lacustres encontradas nas áreas do Tabaco e Linha Seca; e hêmicas, influenciadas pelos ambientes litorâneos, nas áreas de Maracá, Sucuriju e Macarry.

As turfas localizadas nas áreas litorâneas apresentam significativa contribuição das águas marinhas, comprovado pelos altos valores da salinidade da água intersticial, com médias entre 12 e 24 e pH próximo ao básico com média entre 6,4 a 6,9, proporcionado pela contribuição de bases alcalinas presentes nessas águas. Ao contrário das outras áreas, mais protegidas e influenciadas pelos ambientes fluviais e lagunares, cujas águas apresentam valores de pH ácidos com média entre 4,1 a 4,8.

Os percentuais médios obtidos para umidade foram todos acima de 70%, atribuídos às condições de umidade exigidas para sua formação, as maiores médias (~90%) foram obtidas nas amostras fibrosas por conterem ainda grande participação em fibras, com relação aos estágios mais decompostos.

A influência que as turfas recebem dos ambientes sedimentares a que estão associadas reflete-se diretamente nas suas características físicas, mineralógicas e químicas. Os altos teores de cinzas encontrados nas turfas nas áreas de Maracá, Macarry e Sucuriju associam-se principalmente à mineralogia encontrada nos sedimentos costeiros, composta pelo quartzo e minerais aluminossilicatos. Outros minerais presentes nas cinzas foram formados diretamente nas turfas, pelo ambiente redutor em que foram geradas, como os sulfetos (pirita), sulfatos (jarosita) e, também, minerais formados devido a influência das águas costeiras, ricas em sais (componentes inorgânicos), principalmente o sódio na formação da halita (NaCl).

A similaridade entre a mineralogia identificada com a composição mineralógica dos sedimentos recentes indica que as turfas podem ser utilizadas como indicador biológico dos processos de sedimentação e que participam da evolução geológica da planície costeira do Amapá, no que diz respeito ao Quaternário.

A determinação da composição química do material inorgânico presente nas turfas reflete as diferenças herdadas dos minerais primários e seu ambiente de formação, mas, também às influências antrópicas a que as áreas estão submetidas. Esse é o caso da área do Tabaco, cujos teores mais altos de fósforo parecem associados à atividade exercida pela bubalinocultura presente na área ou à ação do fogo, principalmente na Linha Seca, que deixa como resíduo principalmente o quartzo e minerais de ferro como a hematita e teores altos de fósforo.

Os grupos funcionais identificados se mostraram recorrentes em praticamente todas as amostras analisadas para a região, representados aqui pelos betumes, ácidos húmicos, carboidratos e substâncias fenólicas. As variações ocorreram com relação às intensidades das bandas de absorção, atribuídas às diferentes concentrações de matéria orgânica e de materiais como ácidos húmicos presentes na turfa. Essas variações estão diretamente relacionadas ao percentual de material inorgânico presente na composição das turfas aqui estudadas.

Os resultados obtidos na análise térmica diferencial para as turfas apresentaram um primeiro pico endotérmico entre 60 a 100⁰C, característico a todas as amostras analisadas, e é correspondente a perda de água do material. Com relação à faixa que corresponde à queima da matéria orgânica (~200⁰C a 500⁰C) algumas amostras apresentaram um pico exotérmico, enquanto outras apresentam dois picos exotérmicos, o que pode sugerir transformação da mineralogia primária em produtos secundários pela elevada temperatura, já que essas amostras continham elevado teor material inorgânico.

REFERÊNCIAS

ANDREJKO, M. J.; FIENE, F.; COHEN, A. D. Comparison of ashing techniques for determination of the inorganic content of peats. In: JARRETT, P. M. (Ed.). *Testing os peats and organic soils*. Philadelphia: ASTM, 1983. p. 5-20. (ASTM Special Technical Publication, 820).

ABREU, S. F. *Recursos minerais do Brasil*. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher. 2v. 1973.

BISCAYE, P. E. Mineralogy and sedimentation of Recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans: *Geol. Soc. Am. Bull.* 76, 803-831.

BOAVENTURA, F. M. C.; NARITA, C. Geomorfologia da folha NA/NB-22-Macapá. In: PROJETO RADAM. *Folha NA/NB-22-Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra*. Rio de Janeiro: DNPM, 1974.

BOSNIC, I. *Caracterização morfo-sedimentar e aspectos geoquímicos da deposição recente dos lagos Escara e Trindade, REBIO do Lago Piratuba-AP*. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Pará, Belém. 2008.

BRUCK, E. C. et al. *Estudos iniciais de implantação da Estação Ecológica de Maracá-Jipioca – AP*. Brasília: FBCN, [19--?]. 36 p.(Relatório técnico.).

CLYMO, R. S. Peat. In: GORE, A. J. P. Ed. *Mires: swamp, bog, fen and moor*. Amsterdam: Elsevier, 1983. p.159-224.

COSTA NETO, S.V.; SENNA, C.S.F.; COUTINHO, R.S. Vegetação das áreas Sucuriçu e Região dos Lagos no Amapá. In: *PROJETO de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Macapá, AP. Relatório Técnico-Científico Meio Físico*, 2006.

FUCHSMAN, C. H. *Peat – Industrial chemistry and technology*. New York, Academic Press, 1980.

FRANCHI, J.G. *Aplicação de turfa na recuperação de solos degradados pela mineração de areia*. 2000. 105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

FRANCHI, G. F. *A Utilização de turfa como adsorvente de metais pesados*. 198f. Tese (doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2004.

HERZ R. *Manguezais do Brasil*. São Paulo. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. 227 pp. 1991.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. *Estudo das possibilidades de aproveitamento de turfa no Estado de São Paulo*. São Paulo, IPT, 1979. (Relatório 12.761).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. *Prospecção regional de turfas no Estado de São Paulo*. São Paulo: IPT, 1981. (Relatório 15.318).

INTERNATIONAL PEAT SOCIETY- IPS. *On peat and peatlands: a short introduction*. 1997. Disponível em: <http://www.peatociety.fi>. Acesso em 30 de julho de 2009.

KIEHL, E. J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: Editora Agronômica “Ceres” Ltda., 492p: 1985.

LEITE, P. F. Levantamento da vegetação da folha NA/NB.22 – Macapá. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. *Folha NA/NB.22 – Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro: DNPM, 1974.

LEMO, V. B.; SIEDLEKI, K. N.; OLIVEIRA, J. M. P.; LAMB, L., BAPTISTA, M. L. Considerações preliminares quanto prospecção de áreas turfosas. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. Curitiba, 1981. [Anais...] Curitiba, SBG, 1981. v. 2, p.243-248.

LENZ, G. R. Turfa – métodos de lavra e opções para o uso no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 14, n. 2, p.111-119. 1984.

LIMA, M.I.C. et al. In: BRASIL. *Departamento nacional da produção mineral. Projeto RADAM. Folha NA/NB.22 – Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra.* Rio de Janeiro: DNPM, 1974.

LIMA, M.I.C.; BEZERRA, P.E.L.; ARAÚJO, H.J.T. *Sistematização da geologia do estado do Amapá.* In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, 1991, Belém. Anais. Belém, SBG-Núcleo Norte, p. 322-335.1991.

LANDGRAF, M. D. 1996. Tese (Doutorado) - Instituto de Química de São Carlos, USP, 1996.

LANDGRAF, M. D. et al. Caracterização de ácidos húmicos de vermicomposto de esterco bovino compostado durante 3 e 6 meses. *Química Nova*, v.22, n.4, p. 1999.

MARTINO, F. S.; KURTH, G. M. Turfa – um combustível à espera de utilização. *Energia – Fontes Alternativas*, v. 20, n.4, p64-71.1982.

McCABE, P. J. Depositional environments of coal and coal-bearing strata. In: RHAMANI, R. A.; FLORES, R. M. (Ed.) *Sedimentology of coal and coal-bearing sequences.* Blackwel Scient. Public., Oxford. Spec. Publ. Int. Assoc.Sediment., 1984. v. 7, p.13-42.

MENDES, A.C. *Estratigrafia e mineralogia do recente na região da Ilha de Maracá-Amapá.* 1990. 38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará. Belém, 1990.

MENDES, A.C. *Estudo sedimentológico e estratigráfico de sedimentos holocênicos na costa do Amapá.* 1994. 269f. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1994.

MIRANDA, A. G. O. Morfodinâmica do canal do Varador, Estação Ecológica de Maracá-Jipioca. 2009. (Relatório Final).

MOORE, P. D. The Ecology of peat-forming processes: a review. *International Journal of Coal Geology*, v.12, n. 3, p.193-201.1985.

PERES, R. N.; SERRUYA, N. M. ; VIEIRA, L. S. Levantamento exploratório de solos da Folha NA/NB.22 - Macapá. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. *Folha NA/NB.22 - Macapá: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 1994. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).

PETRONI, S. L. G. *Estudos de adsorção de zinco e cádmio em turfa – potencialidade de utilização de um bioadsorvedor natural em sistemas de tratamento de efluentes*. 1999. 99f. Dissertação de Mestrado, IPEN, Universidade de São Paulo, 1999.

ROSSETTI, D.F., TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A.M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região Bragantina, nordeste do Pará. *Bol. Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciência da Terra* Belém, v. 1 , n. 1, p. 25 – 74. 1989.

LEAD, J. R. et al. Structure and properties of brazilian peat: analysis by spectroscopy and microscopy. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v.18, n.4, pp. 2007.

SANTOS, C. A. *Caracterização morfo-sedimentar do igarapé do Tabaco, entre o rio Araguari e o lago Comprido de Baixo, REBIO do Lago Piratuba, AP*. 2008. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém, 2008.

SANTOS, V.F. *Análise textural e mineralógica dos sedimentos arenosos do baixo curso do Rio Araguari, Cabo Norte, Amapá*. 1994. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de Geologia, Centro de Geociências. Universidade Federal do Pará. 1994.

SANTOS, V.F. *Ambientes costeiros amazônicos: avaliação de modificações por teledetecção*. 2006. 288f. Tese (Doutorado em Geologia e Geofísica Marinha) – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Centro de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

SHOTYK, W. Review of the inorganic geochemistry of peats and peatland water. *Earth-Science Reviews*, v. 25, p.95-176.1988.

SILVA, W. T. L.; SILVA, S. C.; REZENDE, M. O. O. J. of Radioanal. and Nucl. Chem., p.29 - 222. 1997.

SILVA, C. M. *Palinologia das turfeiras de São José dos Campos*. 1995. 143f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1995.

SILVEIRA, O. F. M. *A planície costeira do Amapá dinâmica de ambiente costeiro influenciado por grandes fontes fluviais quaternárias*. 1998. 00f. Tese (Doutorado em Geologia e Geoquímica – Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 1998.

SILVEIRA, O. F. M. *Geomorfologia da área de entorno da Reserva Biológica do Lago Piratuba*. IBAMA: [S.n.] 2002. 10p. (Relatório de Atividades)

SILVEIRA, O. F. M.; SILVEIRA, O. T.; COSTA NETO, S. V. *História natural das regiões dos Lagos e Sucuriju, Amapá, Brasil*. 2004. (Relatório de Atividades)

SILVEIRA, O.F.M; SANTOS, V.F. *Aspectos geológicos-geomorfológicos da região costeira entre o Rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá*. In: Projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira – PROBIO. Macapá, AP. 2006. (Relatório Técnico-Científico Meio Físico).

SILVEIRA, O.F.M Apresentação workshop Plano de Manejo da REBIO. *Comunicação oral*. 2007.

STAUB, J. R.; COHEN, A. D. The snuggedy swamp of South Carolina: a back-barrier estuarine coal-forming environment. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, n. 1, p. 133-143. 1979.

STEVENSON, F. J. *Humus chemistry – genesis, composition, reactions*. 2ed. New York, John Wiley & Sons, 1994. 496p.

TOLEDO, M. C. M.; PASSOS, C. M.; FERRARI, V. C. Caracterização mineralógica, micromorfológica e geoquímica da fase fosfática de compostos organo-fosfatados obtidos pelo processo Humifert. *Revista do Instituto Geológico*, São Paulo, v. 26, n. 1/2, p. 1. 2006.

XAVIER, D. A. *Composição geoquímica de carbono, nitrogênio e fósforo do Rio Sucuriju – AP*. 2009. 67f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.