



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO CEDETEG
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS – SEAA/G
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG



DEYVIS WILLIAN DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL DA REGIÃO DE GUARAPUAVA-
PR, A PARTIR DE SEDIMENTO DE TURFA: UM ESTUDO DE CASO**

GUARAPUAVA
2013

DEYVIS WILLIAN DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL DA REGIÃO DE GUARAPUAVA-
PR, A PARTIR DE SEDIMENTO DE TURFA: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Linha de pesquisa Dinâmica da paisagem, Geomorfologia e Análise Ambiental, do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Camargo Filho
Co-orientador: Prof. Dr. Mauro Parolin

GUARAPUAVA
2013

Catálogo na Publicação

Biblioteca da UNICENTRO, Campus CEDETEG

S586c Silva, Deyvis Willian da
Caracterização paleoambiental da região de Guarapuava-PR, a partir de sedimento de turfa: um estudo de caso / Deyvis Willian da Silva. - - Guarapuava, 2013
xvi, 96 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração em Dinâmica da Paisagem, Geomorfologia e Análise Ambiental, 2013

Orientador: Maurício Camargo Filho

Co-orientador: Mauro Parolin

Banca examinadora: Luiz Carlos Ruiz Pessenda, Adalto Gonçalves de Lima

Bibliografia

1. Geografia. 2. Quaternário. 3. Turfa Guará. 4. Fitólitos. 5. Paleoambientes. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Geografia.

CDD 551.7



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO CEDETEG
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS – SEAA/G
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG



TERMO DE APROVAÇÃO

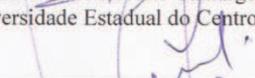
DEYVIS WILLIAN DA SILVA

**CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL DA REGIÃO DE GUARAPUAVA-PR, A PARTIR
DE SEDIMENTO DE TURFA: UM ESTUDO DE CASO.**

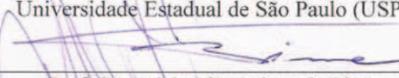
Dissertação **APROVADA** em 31/7/2013 como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Geografia, na área de concentração Dinâmica da Paisagem e dos Espaços Rurais e Urbanos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), pela seguinte banca examinadora:



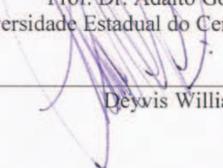
Prof. Dr. Maurício Camargo Filho – presidente
Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO)



Prof. Dr. Luiz Carlos Ruiz Pessenda
Universidade Estadual de São Paulo (USP)



Prof. Dr. Adalto Gonçalves de Lima
Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO)



Deyvis Willian da Silva

Guarapuava (PR), 31 de julho de 2013.

Primeiramente, dedico este trabalho a todas as pessoas que colaboram na sua execução, porém, em especial à minha família e aos meus orientadores. Por fim, de maneira emocionada e especialmente carinhosa, dedico também este trabalho ao meu avô Carvalho, recentemente falecido e a minha filha Laura, aguardada ansiosamente e que já se tornou a razão da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À família: o porto mais seguro que tenho na vida.

Meus pais Larri da Silva e Rosane S. Tomazelli pelo apoio, incentivo, compreensão e acima de tudo, o amor que sempre dedicaram e dedicam a mim.

Da mesma forma, um agradecimento muito especial minha companheira Cilmara Moreno Gomes, a pessoa que sentiu mais de perto as angústias e alegrias que passei ao longo deste período, e sempre esteve ao meu lado sem deixar de acreditar e incentivar meu trabalho.

Ao meu primo-irmão Fernando H. da Silva Silvestre, sempre prestativo, paciente e com extrema competência muito colaborou com este trabalho e vem sendo ao longo desta vida um grande companheiro.

Aos mestres: fonte de sabedoria e inspiração.

Um agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Camargo Filho o grande incentivador deste projeto, pela paciência diante dos meus lapsos, sabedoria e conhecimento repassados, pela responsabilidade dedicada em todas as etapas deste trabalho, pela confiança e acima de tudo pela amizade ao longo destes anos de convivência. Meus sinceros agradecimentos.

Ao também orientador Prof. Dr. Mauro Parolin, fundamental para a realização deste trabalho, que a partir da gentil acolhida em Campo Mourão, me permitiu compartilhar de seu conhecimento, amizade e apoio incondicional, meu muito obrigado.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Geografia da UNICENTRO (PPGG), e especialmente, aos professores Adalto G. Lima, Leandro R. Vestena e Luiz G. Bertotti, pela colaboração nas disciplinas e sugestões apresentadas na banca de qualificação e ao longo do trabalho.

Ao Prof. Juliano Cordeiro por gentilmente colaborar na coleta e identificação do material botânico e fornecer material de apoio.

Ao Prof. Nabi Assad Filho, por ceder gentil e prestativamente seu laboratório e equipamentos para as mais diversas análises.

Ao prof. Marcelo Galeazzi Caxambú da UTFPR de Campo Mourão, por auxiliar com a nomenclatura das espécies coletadas.

Aos amigos: sempre fieis e dispostos a colaborar.

Em Guarapuava:

Muito obrigado ao amigo-irmão de longa data Patrick Antônio Morelo, um companheiro sempre presente nos momentos bons e ruins.

A Prof. Adriana Massê Kataoka e novamente ao Prof. Maurício Camargo Filho que gentilmente e carinhosamente me acolheram em sua casa e muito colaboram para que a finalização deste trabalho fosse possível.

Ao amigo e secretário do PPGG Alceu Harmatiuk pelos grandes auxílios prestados e inúmeras colaborações.

Robson Ferreira de Paula e Emersom do Amaral, amigos com quem tive o prazer de estudar e que muito se dedicaram nos trabalhos de campo e nos mapeamentos.

Cleverson Holocheski, Eliton Angreviski e Wellington Barbosa da Silva pela amizade e contribuição em campo durante a coleta do material sedimentar e por nossas conversas sempre proveitosas no Lab. de Geomorfologia da UNICENTRO.

Jaqueline R. dos Passos e Luiz A. Guerreiro Júnior, amigos do Laboratório de Geomorfologia, pelas suas contribuições.

Em campo Mourão:

Aos amigos do LEPAFE: Anderson Souza pelos auxílios com os fitólitos, Bruno Augusto Candelari pelos ensinamentos e colaboração com os fitólitos de superfície. Dandara Carlessi sempre gentil e prestativa, Leandro Domingues Luz sempre disposto a ajudar. Por fim, um agradecimento especial aos amigos do LEPAFE que acompanharam mais de perto meu trabalho, e foram fundamentais ao longo desta jornada. Giliane Gessica Rasbold minha professora de fitólitos a quem devo um agradecimento especial pelos ensinamentos e paciência; João Claudio Alcântara dos Santos, Mayara dos Reis Monteiro e Renato Lada Guerreiro que muito contribuíram para que este trabalho fosse possível. Meus amigos, muito obrigado.

Por fim, aos grandes amigos da República Chatuba: Francisco M. Neto, Jhonny A. Barbieri, Paulo G. C. Guilhermeti, João Rodrigo Miquelão Godoy, Rodrigo Becker Miranda, Rodrigo Falcão e, ao nosso temido cão Catuaba. Amigos, a convivência que tivemos me deixa honrado e com muitas saudades.

As entidades:

Ao museu botânico de Curitiba-PR que gentilmente identificaram o material botânico.

A Fundação Araucária e CAPES, pela concessão de Bolsa de Estudos.

Ao CNPQ a partir do projeto 472496/2011-8, pela colaboração financeira.

Então, um professor disse: "Fala-nos do ensino."

E ele respondeu, dizendo:

"Homem algum poderá revelar-vos senão o que já está meio adormecido na aurora do vosso entendimento."

O mestre que caminha à sombra do templo, rodeado de discípulos, não dá de sua sabedoria, mas sim de sua fé e de sua ternura.

Se ele for verdadeiramente sábio, não vos convidará a entrar na mansão de seu saber, mas vos conduzirá antes ao limiar de vossa própria mente.

O astrônomo poderá falar-vos de sua compreensão do espaço, mas não vos poderá dar a sua compreensão.

O músico poderá cantar para vós o ritmo que existe em todo o universo, mas não vos poderá dar o ouvido que capta a melodia, nem a voz que a repete.

E o versado na ciência dos números poderá falar-vos do mundo dos pesos e das medidas, mas não vos poderá levar até lá.

Porque a visão de um homem não empresta suas asas a outro homem.

E assim [...] cada um deve ter sua própria compreensão [...] e sua própria interpretação das coisas da terra.

Gibran Khalil Gibran. *O profeta*: sobre o ensino.

RESUMO

No presente trabalho constam os resultados de uma pesquisa que teve como principal objetivo apresentar uma ideia de como foi a configuração ambiental na região de Guarapuava – Pr. Este objetivo se fez diante da escassez e necessidade se ter dados mais acurados sobre o paleoambiente da região. Para tal, se utilizou um testemunho sedimentar coletado da Turfa Guará, localizada nas porções elevadas do reverso da escarpa da Esperança, Terceiro Planalto paranaense. Por meio principalmente da análise de dados *proxy*, no caso fitólitos, em associação com datações ^{14}C e dados isotópicos, foi possível estabelecer três fases paleoambientais, que compreendem desde o Pleistoceno até a atualidade. Pode-se dizer que a turfa Guará iniciou a formação de seu depósito há 15.648 anos AP., sob um ambiente de vegetação mais fechada, fortemente marcada por plantas C_3 . Em segundo momento a redução na disponibilidade hídrica, possivelmente favoreceu a introdução de vegetação mais aberta (C_4) e permitiu o avanço do depósito turfoso pelo maior acúmulo de material. Ao final deste momento se tem nova introdução de plantas C_3 . Pode-se dizer que esta fase marcou a passagem do Pleistoceno para o Holoceno e perdurou até o Holoceno médio. A partir deste ponto, temos a terceira fase. Com ambiente praticamente estável no que se refere a umidade e temperatura, porém com nova tendência de introdução de plantas C_4 . Contudo, a região da Turfa Guará, mesmo mostrando duas frentes de abertura da vegetação, nunca chegou a ser conformada por vegetação de campo, propriamente dita, e como a base do depósito é marcada por vegetação fechada, é sugestivo que a região da Turfa Guará possa ter sido uma zona de refúgio florestal durante o Pleistoceno tardio.

Palavras-chave: Quaternário, Turfa Guará, Fitólitos, Paleoambientes.

ABSTRACT

The present work presents the results of a survey that aimed to present an idea of how the setting was in the area of environmental Guarapuava – PR. This goal became the face of scarcity and the need to have more accurate data on the paleoenvironment of the region. To this end, we used a testimony collected from sedimentary peat Guara, located on the elevated portions of the reverse slope of Hope, Third Plateau of Paraná. Primarily through analysis of proxy data in the case phytoliths, in association with dating by ^{14}C and isotopic data, it was possible to establish three phases paleoambientais, which range from the lower Pleistocene to the present. You could say that peat Guara initiated the formation of your deposit is 15,648 years BP. In an environment of more closed vegetation, strongly marked by individuals of type C_3 . Second time the reduction in water availability, possibly favored the introduction of more open vegetation (C_4) and allowed the peat deposit advance by greater accumulation of material. At the end of this time has been introducing new elements C_3 . You could say that this phase marked the passing of the Pleistocene to the Holocene and lasted until the mid Holocene. From this point, we have the third phase. Practically stable in the environment with respect to humidity and temperature, but with the introduction of new trend element C_4 . However the region of Peat Guara, even showing two fronts opening of vegetation, was never formed by vegetation field itself, and as the base of the deposit is marked by closed vegetation is suggestive that the region of peat can Guara have been a safe haven during the forest Plesitoceno late.

Keywords: Quaternary, Peat Guara, Phytoliths, Paleoenvironments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização de Guarapuava-PR	19
Figura 02: Mapa de localização da Turfa Guará	21
Figura 03: Imagem de satélite da Turfa Guará	21
Figura 04: Domínios morfoclimáticos do Brasil	23
Figura 05: Unidades fitogeográficas do Estado do Paraná	24
Figura 06: Esquema demonstrativo de uma associação de campo com capões de matas	25
Figura 07: Tendência do clima com base nos dados Isotópicos	29
Figura 08: Variação espacial da atuação de geleira	30
Figura 09: Morfologia e arranjo organizacional de fitólito presente na folha de <i>Cymbopogon citratus</i> Stapf	43
Figura 10: Morfotipo de fitólitos das subfamílias de Poaceae	45
Figura 11: Exemplo de 2 fitólitos com características de possível carbonização	47
Figura 12: valores isotópicos e suas principais fontes produtoras	50
Figura 13: Extração de testemunho da Turfa Guará	53
Figura 14: Vista da abertura da trincheira para extração de amostra indeformada	54
Figura 15: Trincheira aberta com ponto	54
Figura 16: Ilustra o resultado da separação palinomórfica, por meio de densidade	58
Figura 17: Mapa Hipsométrico da Turfa Guará	61
Figura 18: Mapa comparativo dos resultados do mapeamento superficial e subsuperficial	62
Figura 19: Concentrações de gases voláteis e matéria orgânica da turfa Guará	65
Figura 20: Morfotipos encontrados e suas respectivas quantidades	69
Figura 21: Microfotografias dos principais morfotipos encontrados	70
Figura 22: Microfotografias dos morfotipos encontrados e classificados como outros	71

Figura 23: Palinodiagrama.....	74
Figura 24: Configuração das paisagens durante o máximo glacial	77
Figura 25: Micrografia com grande quantidade de fitólitos	79
Figura 26: Hipótese evolutiva do ambiente da Turfa Guará	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Representação das principais formas de fitólitos com suas fontes produtoras e ambiente característico.....	59
Quadro 2: Classificação do material botânico coletado sobre a Turfa Guará	65
Quadro 3: Dados isotópicos encontrados ao longo do perfil da Turfa Guará	68

LISTA DE SIGLAS

AP = Antes do Presente.

C= Carbono.

CENA= Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

Cal = Calibrado.

CTC = Capacidade de Troca Catiônica.

¹⁴C = Carbono 14.

D/P = Densidade de cobertura arbórea (Dicotiledôneas/Poaceae).

EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias.

FECILCAM = Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão.

g = Gramas.

IC = Índice Climático.

IPH = Índice de adaptação à aridez.

LEPAFE = Laboratório de Estudos Paleoambientais da FECILCAM.

LOE = Luminescência Opticamente Estimulada.

Ma = Milhões de anos.

UFPR = Universidade Federal do Paraná.

UNICENTRO = Universidade Estadual do Centro – Oeste.

USP = Universidade de São Paulo.

μ = Micron.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	19
2.2 CLIMA	22
2.3 VEGETAÇÃO	22
3. CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA	27
3.1 O PERÍODO QUATERNÁRIO	27
3.1.1 Aspectos gerais e características dos estudos quaternários	27
3.1.2 Os registros quaternários no Brasil e Paraná: unidades, depósitos, sucessão vegetacional e a necessidade de novas abordagens	32
3.2 OS SEDIMENTOS TURFOSOS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES NOS ESTUDOS PALEOAMBIENTAIS	35
3.3 FITÓLITOS E SUA UTILIZAÇÃO EM ESTUDOS PALEOAMBIENTAIS	42
3.4 DATAÇÃO ¹⁴ C E ISÓTOPOS ESTÁVEIS DA MATÉRIA ORGÂNICA	48
4. MATERIAIS E MÉTODOS	52
4.1 TRABALHOS DE CAMPO	52
4.1.1 Mapeamento	52
4.1.2 Coleta do material sedimentar	52
4.1.3 Coleta do material botânico	54
4.2 PROTOCOLOS LABORATORIAIS	55
4.2.1 Descrição macroscópica do perfil	55
4.2.2 Quantificação de gases voláteis e carbono	55
4.2.3 Recuperação fitolítica	56
4.2.4 Contagem fitolítica	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	60

5.1 TURFA GUARÁ E SUA BACIA DE ACUMULAÇÃO.....	60
5.2 NATUREZA DO SEDIMENTO	62
5.2.1 Descrição macroscópica dos sedimentos	62
5.2.2 Percentuais de carbono orgânico e gases voláteis	64
5.3 MATERIAL BOTÂNICO	65
5.4 DATAÇÕES E RAZÕES ISOTÓPICAS	67
5.5 DADOS FITOLÍTICOS.....	68
5.5.1 Material Encontrado	68
5.5.1.1 <i>Elongates</i>	66
5.5.1.2 <i>Bulliforms</i>	69
5.5.1.3 <i>Rondel</i>	71
5.5.1.4 <i>Bilobate</i>	72
5.5.1.5 <i>Saddle</i>	72
5.6 AS FASES PALEOAMBIENTAIS	75
5.6.1 Fase I.....	75
5.6.2 Fase II	78
5.6.3 Fase III	80
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
8. ANEXOS	93

1. INTRODUÇÃO

Desenvolver trabalhos que abranjam o período Quaternário traz a necessidade de refletir sobre uma série de fatores ambientais relacionados ao caráter oscilatório das mudanças climáticas globais, a partir da instalação de episódios glaciais e interglaciais. Desta forma, a paisagem terrestre sofre modificações e adapta-se às imposições ambientais. Parte destes eventos pode ser interpretada pela forma das vertentes, tipos de depósitos, material residual, entre outros.

Assim, entender os paleoambientes, além de permitir uma compreensão mais detalhada da evolução ambiental da Terra possibilita, em virtude do caráter cíclico com que estes eventos ocorrem, auxiliar na prevenção de situações que possam ser catastróficas para o homem, como deslizamentos de terra e enchentes de grande magnitude (SUGUIO, 1999).

Mesmo sendo temporalmente curto, em comparação com a idade total da Terra, nenhum outro período da história geológica do planeta, mantém registros tão bem preservados quanto o Quaternário. Isso permite o desenvolvimento de trabalhos com uma alta confiabilidade na interpretação da evolução ambiental do planeta (SUGUIO, 1999). “Trata-se de uma época climaticamente excepcional quando a comparamos com outros períodos da história da Terra” (BIGARELLA 1964, p.227).

Diante disso, o presente trabalho tem por objetivo entender as condições paleoambientais que vigoraram na região de Guarapuava PR, a partir dos registros palinomórficos, sobretudo o material fitolítico, encontrados na denominada Turfa Guará, localizada no reverso da escarpa da Esperança.

Assim, no primeiro capítulo são apresentados os aspectos físicos geográficos da área estudada. Inicialmente localiza-se a Turfa Guará, por meio de mapas e imagens de satélites. Na sequência, é feita uma breve descrição sobre as características geológicas e geomorfológicas, contemplando os principais aspectos do planalto de Guarapuava. No que tange ao clima da região, classificado como subtropical mesotérmico úmido, é abordado rapidamente duas variáveis; a pluviosidade e as temperaturas, a partir das quais se pode dizer que os verões amenos são caracterizados como o período mais chuvoso e, os invernos moderados, a estação com menor pluviosidade, mas sem caracterizar um período seco.

Na sequência se tem o capítulo teórico, que trata inicialmente sobre o Período Quaternário, apresentando um resumo sobre a escala temporal, suas principais características e como esses estudos se iniciaram no Brasil e no estado do Paraná. Dando sequência ao capítulo, como a área de estudos compreende uma turfeira, algumas considerações sobre este tipo de unidade também são tecidas, em especial características físicas e químicas que inferem na conservação e preservação dos palinomorfos, objeto de estudos do trabalho em pauta.

Os fitólitos (palinomorfos estudados) são apresentados pontuando o modo como são formados no interior das plantas e, quais informações botânicas e ambientais que são passíveis de utilização nas interpretações paleoambientais. Como ponto de apoio, o referencial teórico termina abordando como surgiram e como são obtidas as datações por ^{14}C e os dados dos isótopos estáveis, que em suma, são obtidos pelas variações de ^{12}C e ^{13}C , sobretudo o último.

Seguindo, no capítulo 4 é apresentado detalhadamente todos os procedimentos metodológicos utilizados. Estes são divididos em dois momentos; 1) trabalhos de campo: destacando o mapeamento, extração do testemunho sedimentar e coleta botânica realizado na Turfa Guará e; 2) protocolos laboratoriais: detalha os procedimentos de descrição macroscópica do perfil coletado, quantificação dos teores de matéria orgânica e gases voláteis, recuperação dos dados palinomórficos e contagem fitolítica.

Os dados obtidos a partir dos procedimentos metodológicos mencionados são apresentados e discutidos no capítulo 5. Por meio dos resultados, foi possível a confecção de um palinodiagrama que permitiu estabelecer três fases paleoambientais, a partir das quais, no último capítulo (considerações finais), se faz um esboço sugestivo sobre a configuração do ambiente que vigorou na região da Turfa Guará a partir dos últimos 15.648 anos. A.P, sugerindo uma possível área de refúgio florestal.

2. CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estado do Paraná possui limites físicos bem demarcados a partir de grandes rios e lineamentos orográficos, que permitem traçar nítidas zonas naturais, ligadas ao posicionamento das escarpas, vale de rios e divisores de água, mantendo um caráter unitário da paisagem dentro de tais delimitações. Assim, o estado do Paraná apresenta uma divisão física geográfica organizada da seguinte maneira: região litorânea, Serra do Mar e Planaltos do interior, os quais são subdividido em Primeiro, Segundo e Terceiro Planalto (MAACK, 1968).

No terceiro planalto paranaense, também conhecido como Planalto de Guarapuava, é onde se situa o município de Guarapuava-PR (Figura 01), cujo território abrange 3.154 km² localizado na coordenada geográfica 25°23'26" latitude sul e 51°27'15" longitude oeste, com altitudes que variam de 1.300 metros à leste, no reverso da escarpa da Esperança e 940 metros em sua porção oeste (MASCARELLO, 2005).



Figura 01: Mapa de localização de Guarapuava-PR.

Fonte: Modificado de Cordeiro (2010).

2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

O Planalto de Guarapuava tem sua origem ligada aos derrames de lavas vulcânicas Jurássico-cretácicas, constituintes da Formação Serra Geral (CAMARGO FILHO, 1997), onde Tratz (2009) destaca ser possível no município de Guarapuava-PR a identificação de duas unidades distintas de rochas; as ácidas do tipo Chapecó (riolitos, latitos, dacitos e quartzo-latitos) e as básicas da Fácies Campo Erê (basaltos hipovítreos, tabulares maciços, lobados).

Tais distinções são passíveis de apreciação tanto por fatores mineralógicos quanto geoquímicos, que resultam em mudanças na morfologia. Estas distinções na composição também foram evidenciadas por Lima (2009), que observou variações no perfil longitudinal, e conseqüentemente no fluxo do rio das Pedras, em Guarapuava-PR relacionadas às diferenças litológicas.

A paisagem do Planalto Guarapuavano é constituída por morros e amplas colinas. Os primeiros são encontrados nas porções pouco elevadas do terreno, enquanto que as segundas, de grandes extensões e planas, ficam restritas aos pontos mais elevados, sentido leste, em direção das bordas da escarpa da Esperança (CAMARGO FILHO, 1997). É possível afirmar ainda, que a morfologia deste setor do estado do Paraná está associada aos blocos planálticos dissecados pela drenagem, assim como, pelas áreas altas e planas (platôs de Guarapuava, Entre Rios e Três Pinheiros) (TRAZ, 2009).

A área de estudo propriamente dita, denominada de “Turfa Guará”, está localizada no platô de Guarapuava, no reverso da escarpa da Esperança, que contempla em sua base, arenitos da Formação Botucatu sobrepostos por rochas vulcânicas, predominantemente básicas do derrame de *trapp*. Assim, a escarpa passa a ser o limite oriental da Formação Serra Geral no estado do Paraná. As altitudes podem atingir a casa dos 1300 metros (LIMA, 2009). Pontualmente, a Turfa Guará (Figura 02 e 03) está posicionada no reverso da Escarpa da Esperança, porção centro/norte da bacia do Rio das Pedras, mais precisamente nas zonas de topo, próximo ao médio curso do Rio do Cachorro.

Evidências de campo e dados obtidos através da carta topográfica do Ministério do Exército SG.22-V-D-III-3 MI-2838/3, demonstram que a porção central da Bacia do rio das Pedras sofre influência de lineamentos tectônicos, visíveis a partir do arranjo paralelo de alguns canais, assim como por abruptas mudanças de direção destes, classificado por Lima (2009) como um fato comum em áreas com esta tipagem litológica. Esta tectônica é responsável pelo basculamento de blocos (LIMA, 2009).

A Turfa Guará está inserida em uma poção plana próxima ao contato entre dois destes blocos encontrados na porção central da bacia do Rio das Pedras, desta maneira, a parte plana e baixa de um bloco entra em contato com uma porção elevada de outro. Como consequência têm-se a drenagem parcialmente impedida, o que explica, ao menos parcialmente, o fato da região que compreende a área de estudo contemplar grande

quantidade de zonas turfosas, as quais tendem a diminuir significativamente no sentido oeste, respeitando o direcionamento da bacia do Paraná. Esta redução associa-se com gradual elevação da dissecação do terreno.

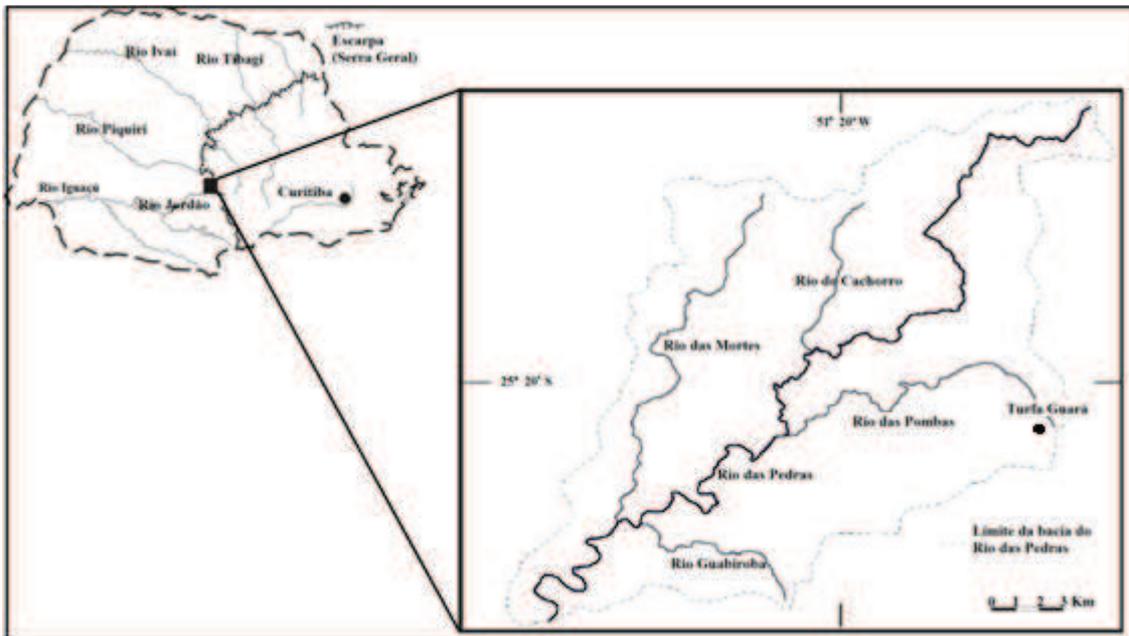


Figura 02: Mapa de localização da Turfa Guará.
Fonte: Modificado de Lima (2009).



Figura 03: Imagem de satélite da Turfa Guará.
Fonte: Google Earth®, 2003.

2.2 CLIMA

O clima atual de Guarapuava-PR pode ser classificado como subtropical mesotérmico úmido, com verões amenos e invernos moderados, não apresentando estação seca, uma vez que a pluviosidade é bem distribuída ao longo de todos os meses do ano, com média anual próximo da casa dos 2.000mm. Apresenta maior pluviosidade nos meses de verão e redução nos meses de inverno, principalmente julho e agosto (VESTENA E THOMAZ 2003).

A tendência de elevação da precipitação no verão e diminuição no inverno, também apontada por Nimer (1973), ocorre no caso das máximas por dois fatores: maior frequência de atuação da frente atlântica, potencializada por um semi-estacionamento sobre o estado do Paraná, e também pelas chuvas de convergências trazidas pelas correntes perturbadoras de sentido oeste. Já o período de menor pluviosidade (inverno) ocorre pela quase ausência das correntes perturbadoras de oeste. Outra questão de interferência que não pode deixar de ser destacada é a atuação mais incisiva do anticiclone sul, que além de trazer frio para a região é bastante seco (NIMER, 1973).

Quanto às temperaturas, Maack (1968) destaca que a média térmica anual se encontra próxima aos 17°C. No mês mais quente a média é de 20,6°C, sendo a média das máximas 24,4°C. O mês mais frio é julho, com uma temperatura média na casa dos 12,9°C. É comum a temperatura no inverno chegar a 0°C, não sendo raro a ocorrência de geadas e noites secas e frias. Essas noites (frias e secas) são propícias para a surgência da chamada geada negra, como nos lembra Nimer (1973). Tal fenômeno ocorre quando a temperatura do ar atinge índices abaixo de 0°C, que em associação ao ambiente relativamente seco, acaba por congelar a seiva nos vasos internos das plantas, lhes imprimindo uma coloração escura.

2.3 VEGETAÇÃO

A vegetação de Guarapuava-PR é caracterizada pela Floresta Subtropical Úmida e Subtropical Mista com Araucárias e, presença de vegetação campestre (CALEGARI, 2008). Roderjan et al. (2001) destacam que esta última configuração de campo é resultado das baixas temperaturas e ocorrência de geadas no inverno.

Uma ilustração da distribuição das matas de araucária pode ser observada na figura 04, demonstrando que a área dos planaltos subtropicais se apresenta recoberto por este tipo de vegetação; mais adensada nos planaltos basálticos. No geral, esses planaltos são recobertos por Araucárias relativamente velhas, frequentemente associadas a mosaicos de campo, originalmente existente na região de Guarapuava-PR. A área total, das matas de Araucária no passado, era de aproximadamente 400.000 km² (AB'SÁBER, 1967, 1971, 1977).

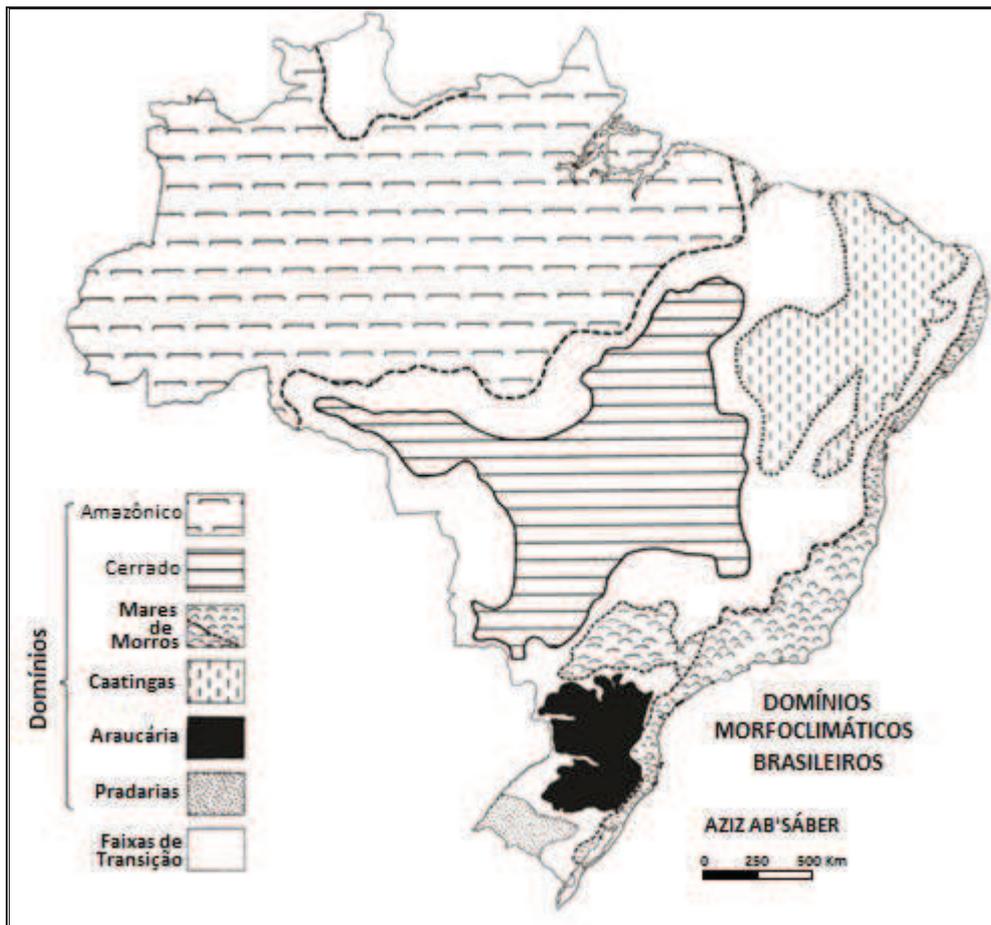


Figura 04: Domínios morfoclimáticos do Brasil.
Fonte: Ab'Sáber (1967, 1971, 1977).

De modo geral, toda mata com Araucária é caracterizada por dois estratos arbóreos (superior: predomínio do pinheiro; inferior: com elementos e alturas variadas, de acordo com cada região) e um arbustivo. No estado do Paraná esta formação ocorre desde a encosta oeste da Serra do Mar, até próximo ao vale do Rio Paraná, mas somente nas porções mais elevadas é entrecortada por áreas de campo (ALONSO, 1973).

Roderjan et al. (2001) destacam que esta unidade fitogeográfica representada pela presença de campo (Figura 05), originalmente abrangia 14% da superfície do

estado do Paraná, com presença frequentemente marcante de Poaceae, Asteraceae e Cyperaceae, entre outras. Cordeiro e Rodrigues (2005) advertem que dados referentes à origem, fitogeografia e, principalmente, sobre a flora das áreas campestres, são incipientes. Para os autores um fato que contribui para a baixa realização de estudos nesta unidade, é o seu elevado grau de degradação, o qual impede que sejam encontradas áreas representativas desta unidade em Guarapuava-PR.

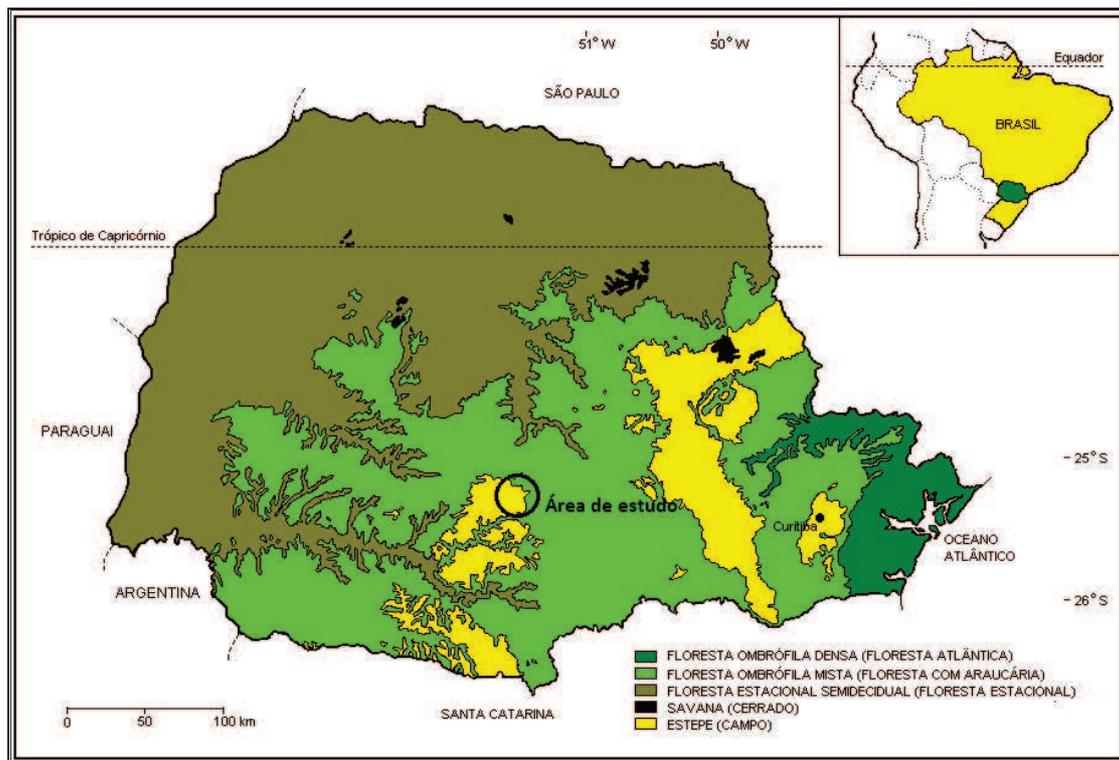


Figura 05: Unidades fitogeográficas do Estado do Paraná, com destaque para a área de estudo. Fonte: Roderjan et al. (2001) baseado e modificado de Maack (1950).

Muitos autores destacam que a associação campo/mata, tem sua origem ligada ao último período glacial, onde condições de clima semiárido que provavelmente vigorou na região durante o Quaternário Tardio, favoreceu a instalação dos campos nas vertentes suaves e levemente onduladas. Já as matas, ficaram restritas a pequenas ilhas isoladas ou próximas a corpos hídricos. Um esboço típico desta configuração é representado na figura 06. Cabe destacar, que esta conformação remonta a um período em que o clima foi mais seco em comparação às condições atuais (BIGARELLA, 1964; MAACK, 1968; ALONSO, 1973; BIGALLA et al., 1975; RODERJAN et al., 2001; CORDEIRO e RODRIGUES, 2005).

As áreas onde as matas se estabeleceram foram alvo, na década de 1970 e 1980, de intensa exploração como salienta Bigarellla (1964), Roderjan et al. (2001),

Cordeiro e Rodrigues (2005). Primeiramente o Pinheiro-do-Paraná (*Araucária angustifolia*) movimentou a economia por meio das indústrias madeireiras desde o século XX até os anos de 1960, quando foi sentida sua escassez. Atualmente, os remanescentes existentes já passaram por algum processo exploratório e, não existe uma unidade de conservação reconhecida (RODERJAN et al., 2001).

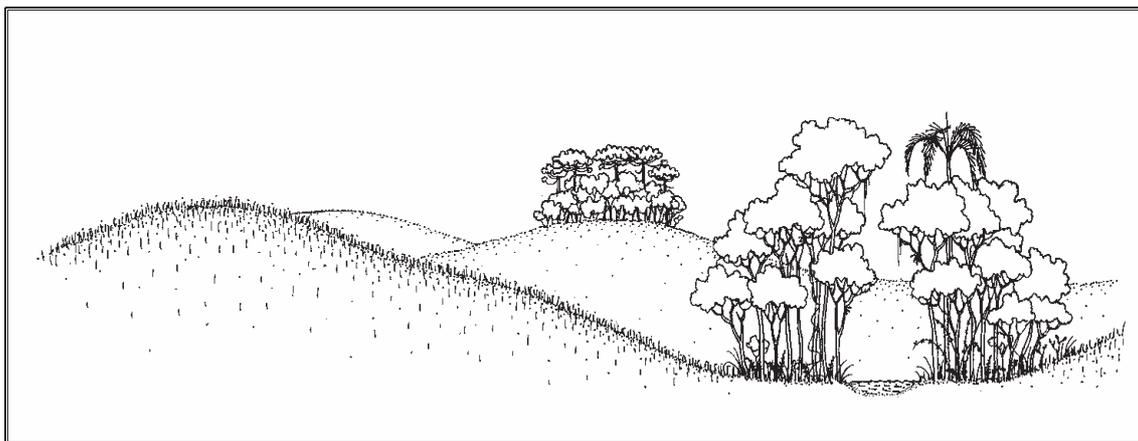


Figura 06: Esquema demonstrativo de uma associação de campo com capões de matas, encontrados no estado do Paraná.

Fonte: Roderjan et al. (2001).

Em todo o Brasil, grandes áreas das florestas originais foram dizimadas nos últimos anos, como as florestas de Araucária, por isso obter o maior número de informações sobre esta unidade é válido, uma vez que amplia o entendimento deste ecossistema. No estado do Paraná, compreender a dinâmica destas florestas é especial, pois é o principal ponto de distribuição desta vegetação, assim como, é um importante indicador climático que pode auxiliar na reconstrução detalhada da história paleoambiental do Sul do Brasil (BEHLING, 1997).

Seguindo esta tendência exploratória, as áreas de campo encontram-se praticamente extintas, pela atividade agropecuária, quando utilizada como pastagem natural, produção extensiva de grãos e cultivos de *Pinus* e *Eucalyptus* (RODERJAN et al. 2001). Para Cordeiro e Rodrigues (2005) os poucos remanescentes encontrados na região de Guarapuava-PR estão em áreas não apropriadas para a agricultura por serem próximas a canais fluviais (campos úmidos) ou em afloramentos rochosos.

Bigarella et al. (1975) afirma que os domínios físicos são definidos a partir dos aspectos da vegetação, em associação com a geomorfologia, pedologia e, climatologia.

Porém destacam que a vegetação representa mais significativamente a união de todos esses elementos, sobretudo àqueles de cunho climático.

Diante do exposto, a transformação da cobertura vegetal nativa, possibilita sugerir que um número incontável de espécies pode ter sido extinto e, outras, ter sua continuidade ameaçada, traduzindo em perda de recursos, antes mesmo de seu conhecimento (RODERJAN et al. 2001).

3. CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

3.1 O PERÍODO QUATERNÁRIO

3.1.1 Aspectos gerais e as características dos estudos quaternários

Foi em 1829 que o termo Quaternário foi utilizado pela primeira vez, em trabalho realizado por Desnoyers, que tinha como foco os depósitos marinhos superpostos aos sedimentos terciários da Bacia de Paris. Mas é Reboul em 1833 quem oficializa o uso do termo, que se difundiu rapidamente ao relacioná-lo a depósitos que continham em seus sedimentos restos de animais e vegetais ainda viventes na natureza (MOURA 1994; SUGUIO 1999; SUGUIO et al., 2005).

Conceitualmente, Guerra (2009) define o Quaternário como a última grande divisão de tempo geológico, onde passou a ser habitual considerar seu início em torno de 2Ma estendendo-se até o presente. Subdivide-se em Pleistoceno e Holoceno; o primeiro corresponde a um intervalo de tempo mais de 200 vezes superior ao segundo, que representa os últimos 10.000 anos (MOURA, 1994; SUGUIO, 1999, 2005; SUGUIO et al., 2005; SANT'ANNA NETTO e NERY 2005; SALGADO-LABOURIAU, 2007; STEVAUX e PAROLIN 2010; GUERREIRO 2011).

Pode-se dizer que o que sustentou a classificação temporal do Quaternário em torno dos 2Ma de anos, foi o fato de a transição Plioceno-Pleistoceno representar o início dos paleoclimas glaciais, responsáveis pela esculturação física de grandes extensões do planeta Terra, interferência no ambiente biológico de modo geral, e consequentemente, na própria espécie humana. Esta data estipulada estava em consonância com a implantação da primeira e mais importante fase glacial do Quaternário e, o surgimento do *Homo erectus* na África (SUGUIO, 1999). Assim, o Quaternário passou a ser visto também como o período do Homem (MOURA, 1994; SUGUIO, 1999).

Novas descobertas reabriram a discussão sobre a delimitação do período, que passou a ser de 2,6 Ma. Tal limite é estabelecido a partir da convergência de resultado dos estudos sobre depósitos marinhos e registros de dados isotópicos de oxigênio, no norte do Oceano Atlântico e, deposição de *loess* na China. Com esta definição o Quaternário adentra agora ao final do Plioceno, na Idade Galasiano (SUGUIO et al., 2005). A posição defendida pelo autor em 2005 está de acordo com a classificação

apresentada no ano de 2010, pela Comissão Internacional de Estratigrafia – ICS, como se observa no anexo I.

Em relação à subdivisão do período Quaternário, esta é atribuída a Lyell em 1839, que teve por base critérios paleontológicos e classificou sob a nomenclatura de Pleistoceno, os depósitos pós-Pliocênicos que continham em seus estratos sedimentares, fósseis de moluscos representados por 70% de espécies ainda viventes. Por outro lado, denominou de Holoceno o espaço temporal que contempla somente espécies viventes. O uso desta divisão se faz até os dias de hoje (MOURA, 1994; SUGUIO, 1999; SUGUIO et al., 2005).

Em linhas gerais o Pleistoceno é subdividido em Inferior, Médio e Superior. A delimitação entre os dois primeiros é dada entre as épocas geomagnéticas de Matuyama e Brunhes (750.000 mil anos AP). Já a divisão entre o Pleistoceno Médio e Superior parte do início do último interglacial há cerca de 120.000 AP. O Holoceno representa os últimos 10.000 anos correspondente ao término da fase fria da glaciação vigente (GUERRA, 2009), no Hemisfério Norte até dias atuais.

Apesar do Holoceno perdurar até os dias de hoje, se utilizarmos o caráter cíclico do clima durante o Quaternário, estamos praticamente no seu limite, tendendo a adentrar em nova fase glacial (Figura 07). Assim, uma nova fase fria é estimada para os próximos 1000 anos (SANT'ANNA NETO e NERY, 2005).

A figura 07 ilustra o comportamento da temperatura global durante os últimos 125 mil anos. É notório o caráter oscilatório da temperatura, com predominância de temperaturas mais baixas que as atuais, com picos extremos próximos aos 70 e 20 mil anos atrás. Por outro lado, observa-se também, que mesmo em momentos tendencialmente de queda, ocorrem oscilações com elevação da temperatura. É possível inferir também que ao longo da vigência de um ciclo glacial Quaternário, o domínio de clima glacial sobre clima interglacial, atinge a razão de 1/7 ou seja, o Quaternário é um período predominantemente frio, sendo exceção fases quentes.

Ainda com questões importantes em aberto, é consenso que o fim do último máximo glacial tenha ocorrido por volta de 18 mil anos atrás para o Hemisfério Norte quando as geleiras passam a migrar em direção aos polos e próximo dos 10 mil anos atrás para o Sul. Já o ótimo glacial (momento onde são encontradas as temperaturas mais elevadas dentro último ciclo), é datado entre 5.600 e 2.500 anos atrás, foi

responsável por uma elevação na temperatura média da Terra em torno de 2 a 3 °C, em comparação com os dados atuais (SANT'ANNA NETO e NERY, 2005).

Assim as variações de temperatura repercutiram na retração e expansão e das calotas polares e alpinas, interferindo respectivamente, na elevação e rebaixamento do nível de água nos oceanos (GUERREIRO, 2011; VIDOTTO et al., 2007). Os estádios glaciais (expansão de geleiras) e interglaciais (retração das geleiras), a partir do detalhamento dos seus registros, podem revelar as diferentes idades e particularidades de cada um destes momentos.

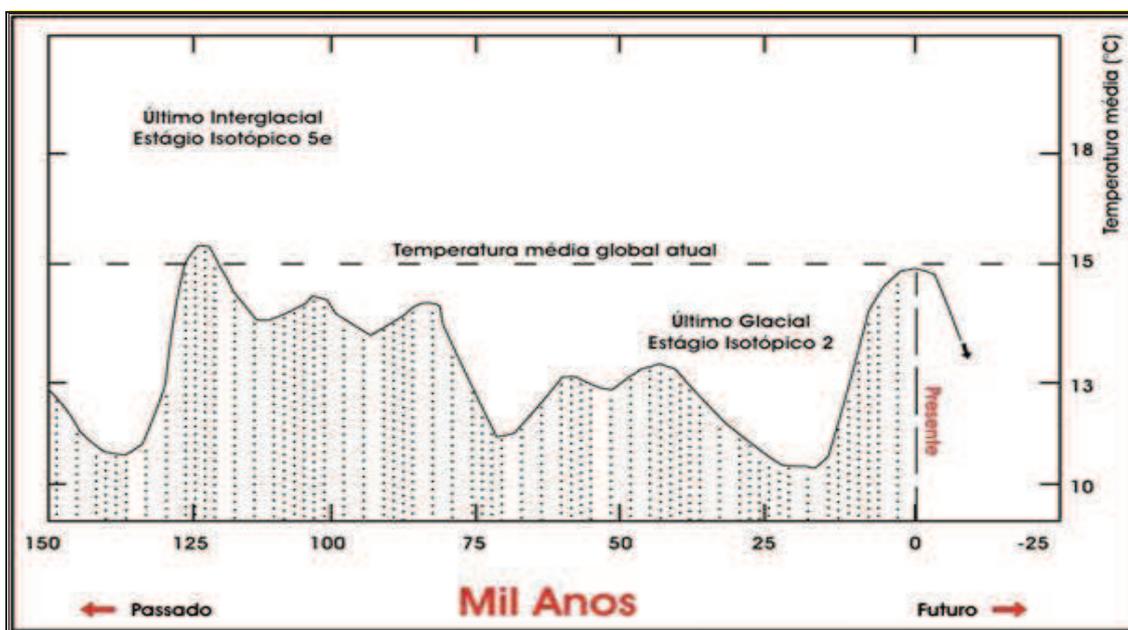


Figura 07: Tendência do clima com base nos dados Isotópicos.

Fonte: Extraído de Suguio (1999).

Os resultados de alguns estudos apontaram que dentro de cada fase glacial existiram períodos em que o nível das águas marinhas subiu, como reflexo de elevação da temperatura (CAMARGO, 2006). Exemplos de registros e estudos desta natureza, pode ser observado em vestígios de algas e recifes de corais, como destacam Salgado-Labouriau (2007) e Suguio (1999), assim como, por antigos cordões de praia, diferentes estruturas sedimentares (pedimentos, Pd1, Pd2 e Pd3) apresentado por Bigarella et al., (1964) e Bigarella (2003).

Dados coletados a partir dos organismos dos corais trazem informações que também podem levar a interpretação de climas passados, de modo bastante confiável, pelo fato de que determinados tipos de corais necessitam de condições ambientais específicas, quanto a temperatura e salinidade. Os corais hermatípicos, por exemplo,

não sobrevivem em ambientes onde as águas tenham temperatura inferior a 18°C e salinidade que oscile além de 34% e 36%. Outro fator que agrega importância a estes organismos é que seu esqueleto cresce em média 1cm por ano, e seu tempo de vida é de aproximadamente 500 anos. Partindo deste conhecimento e a utilização de algumas técnicas de análise, é possível estimar a temperatura e níveis de precipitação, entre outros. A fidelidade das informações armazenadas nestes corpos permite em um estudo de 100 anos, atingir um grau de precisão na casa do mês e até da semana (SANT'ANNA NETO e NERY, 2005).

Para Moura (1994) essa busca pela compreensão do período Quaternário está associada ao fato de apresentar uma grande quantidade de variações climáticas com frequências e amplitudes relativamente curtas, oscilando entre períodos glaciais e interglaciais que imprime por meio de diversos vestígios sua atuação. Camargo Filho (2005) acrescenta que compreender a distribuição destas amplitudes é a base para a reconstrução de ambientes passados.

As transformações que ocorreram na natureza tiveram as mais diversas escalas de tempo, milhares, centenas, dezenas de anos, e até mesmo, poucos dias. Por esse motivo, espacializar e compreender a atuação de cada oscilação ou mudança ambiental quaternária se faz importante, pois podem ter atuado de modo diferente em uma região CAMARGO FILHO (2005). Esse aspecto distrófico sobre distribuição espacial e intensidade não uniforme de um evento Quaternário é visível na Figura 08, a partir da expansão de uma frente de gelo.

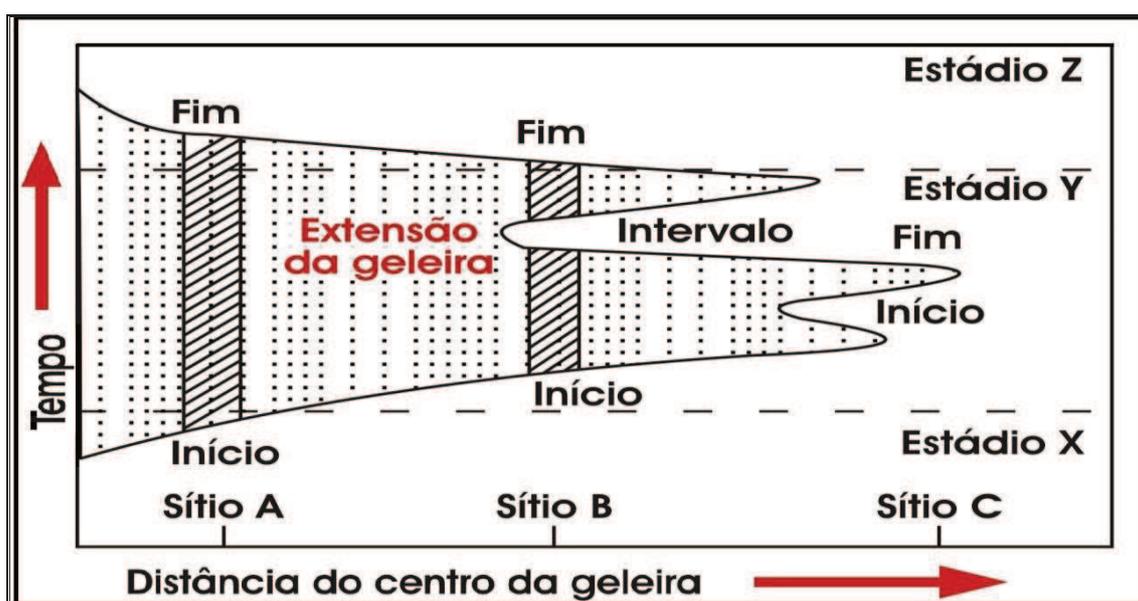


Figura 08: Variação espacial da atuação de geleira. No sítio “A” próximo ao centro da glaciação ocorre um longo período glacial. No sítio “B” observamos dois períodos glaciais com intervalo interglacial entre eles. Por fim, no sítio “C” mais afastado do centro da glaciação ocorre apenas um evento glacial de curta duração.

Fonte: Andrews (1979), extraído de Suguio (1999).

O dinamismo climático remete à necessidade de monitoramento/observação de uma série de elementos por um longo período de tempo, para que seja possível compreender como, por que e sob qual intensidade se desencadeiam certos eventos. Isso permite compreender se dadas situações podem ser consideradas como uma mudança climática; ou oscilações climáticas (SANT’ANNA NETO e NERY, 2005).

Para Moura (1994) os dados obtidos a partir de registros sedimentares, auxiliam na compreensão menos subjetiva quanto aos processos erosivos e deposicionais e também, vegetacionais pretéritos. Mas por outro lado, estes depósitos podem apresentar hiatos, em função de muitos deles não manterem preservados até o presente, feições e componentes referentes aos períodos de sedimentação.

Assim as glaciações em linhas gerais, imprimiram um clima frio e seco e os interglaciais, conseqüentemente, quentes e úmidos. “Como esses eventos são relativamente curtos em termos geológicos, pode-se imaginar quanto o clima da Terra se modificou durante as várias intercalações glaciais-interglaciais” (STEVAUX e PAROLIN, 2010 p. 48).

Embora exista uma série de dificuldades, algumas vezes pela falta de registros contínuos, é impressionante observar que até variações regionais do clima durante o Período Quaternário, em especial os holocênicos, podem ser reconhecidos em sedimentos globais e até mesmo no Brasil (SUGUIO, 1999). Um dos eventos climáticos mais conhecidos dentro do Holoceno é a chamada “Pequena Idade do Gelo”, que atingiu de modo mais efetivo a Europa, e perdurou entorno de 400 anos (SUGUIO, 1999; MOURA, 1994; STEVAUX e PAROLIN, 2010).

Por todo o continente europeu a temperatura passou a diminuir drasticamente a partir do sec. XVI, quando invernos excessivamente frios possibilitaram a expansão das geleiras, assim como, primaveras atípicas, em função da elevada precipitação. Este período frio perdurou até o sec. XIX, e apesar de atuar de maneira mais efetiva na Europa, este fenômeno foi sentido em demais regiões do Planeta, caracterizando

interferência a nível global (SALGADO-LABOURIAU, 2007; SANT'ANNA NETO e NERY, 2005; STEVAUX e PAROLIN, 2010).

Os autores destacam ainda que a produção e as safras vinícolas, em virtude dos rigorosos invernos, tiveram um deslocamento da fronteira agrícola para latitudes mais baixas. Entre os anos de 1685 a 1750 registrou-se o intervalo mais frio do período, estimando que no ano de 1709 a temperatura atingisse a casa dos -22°C na cidade de Paris, situação completamente inimaginável nos tempos de hoje. As geleiras que avançavam pela Escandinávia e desciam pelos Alpes, foram responsáveis pelo fechamento das rotas de comércio. A partir do ano de 1850 as geleiras passam a retroceder lentamente e as colheitas serem positivas (SANT'ANNA NETO e NERY, 2005).

Ainda não se sabe com total confiabilidade as causas das glaciações, porém, acredita-se estarem ligadas às variações na intensidade dos raios solares, sendo mais aceita a Teoria Astronômica de Milankovitch. Stevaux e Parolin (2010) pontuam que a base desta teoria está ligada basicamente a três princípios: afastamento do planeta terra do centro do sistema, obliquidade da eclíptica e precessão de equinócio. Como cada um dos parâmetros possui distintos ciclos orbitais, ocorre certo equilíbrio. Em dado momento, segundo a teoria, estes ciclos são coincidentes, provocando glaciações em função da redução de insolação.

Deste modo, os últimos milhões de anos, em especial aos que compreendem o período Quaternário, são particularmente importantes para as geociências, pois imprimiram sobre a superfície topográfica as mudanças ambientais que ocorreram ao longo do tempo. Sua interpretação pode ser obtida a partir de diversos vestígios, plausíveis de comparação com fenômenos naturais atuais, uma vez que os processos se repetem, mas, com intensidades de atuação diferentes. Assim, tais registros mantem informações sobre os processos pretéritos, que ligam o passado ao presente do Planeta (CAMARGO FILHO, 2005).

3.1.2 Os registros quaternários no Brasil e Paraná: unidades, depósitos, sucessão vegetacional e a necessidade de novas abordagens

Inicialmente, os estudos quaternários no Brasil preocuparam-se com questões cronológicas dos depósitos sedimentares, buscando o entendimento de processos e ambientes de deposição. Por outro lado, também se preocupou com a tentativa de

reconstrução da sequência dos eventos, tendo como ponto de partida a relação de fatores climáticos na evolução morfogenética (MOURA, 1994). Como exemplo, podemos citar os trabalhos de Bigarella (1964, 2003), Ab'Saber (1977).

Como já comentado anteriormente, é consenso a influência das geleiras no clima do planeta Terra. Stevaux e Parolin (2010) lembram que as frentes de gelo não atingiram todo o globo e, que no Brasil não há dados que revelem sua existência. Porém, o clima frio das fases de glaciação foi responsável pela redução das atividades do ciclo hidrológico, uma vez que a precipitação e evaporação ocorreram com menos intensidade. Em contrapartida, os eventos hidrológicos foram mais intensos durante os interglaciais (quentes), ou seja, teve-se um cenário mais úmido (chuvoso).

Bigarella (1964) argumenta que o Quaternário no Brasil caracterizou-se por intensos e variados processos erosivos, responsáveis pela formação de uma série de registros estratigráficos. As sedimentações litorâneas foram mais efetivas em termos de representação dos eventos, quando comparadas com as dos planaltos do interior, como é possível visualizar em Bigarella (2003).

As modificações que ocorreram são fruto de profundas e marcantes alterações climáticas no Brasil, onde prolongados períodos de clima semiárido alternaram-se com fases úmidas. No primeiro caso, as vegetações do tipo campestre imprimiram sua supremacia e as florestas praticamente passaram a existir nas denominadas “áreas de refúgio”, onde condições particulares de umidade permitiram sua sobrevivência. Já em relação aos períodos úmidos, foi onde ocorreu a máxima expansão das florestas, sobre áreas de campo (BIGARELLA, 1964; MAACK, 1981).

Segundo Bigarella (1964), foi Maack um dos primeiros autores a preocupar-se com questões referentes às mudanças climáticas quaternárias no Paraná, que ao analisar os depósitos de grandes blocos e seixos no sopé da Serra do Mar, sugeriu que eles eram o resultado de clima seco. Em seguida, seguiu pela busca do entendimento entre vegetação existente e o clima atual. Observando as regiões de campo, atribuiu que sua existência estava ligada a clima seco, onde as florestas foram progressivamente conquistando espaço por meio de melhoria no aporte hídrico, estando atualmente os campos limitados a solos menos férteis.

Em seus estudos Maack defendeu a ideia de que os enclaves de campos e florestas eram indícios dos climas passados. Reconheceu registros referentes à última

glaciação associados a clima seco e semiárido o qual foi responsável pela predominância de vegetação aberta (STEVAUX e PAROLIN, 2010). Em contra partida, as florestas ficaram restritas as áreas de maior umidade, principalmente nos vales e próximos a corpos de água, que foram denominadas de matas de galerias (MAAK, 1981).

As atuais características da flora regional paranaense sugerem recentes modificações climáticas, tal configuração teve sua expansão e desenvolvimento a partir da última fase úmida, que precedeu também a formação das atuais várzeas (BIGARELLA, 1964), as quais guardam registrado ao longo de seus sedimentos, a sequência de eventos de sua formação.

As várzeas são extratos sedimentares encontrados por praticamente todo o sul do Brasil, fazem referência a profundas e cíclicas mudanças ambientais ao longo do Quaternário. Tendo por base estes depósitos, é possível estabelecer a cronologia dos eventos que ocorrem no período, assim como, levantar informações a respeito da idade da última expansão das florestas sobre as áreas de campo e, do caráter jovem da atual vegetação paranaense (BIGARELLA, 1964).

Parte das características e magnitudes destes eventos, ainda que não de maneira fidedigna, podem ser compreendidas a partir dos registros impressos nas formas do relevo, de configurações vegetacionais não condizentes com características climáticas atuais e, principalmente uma série de vestígios acondicionados em bacias sedimentares, como por exemplo, os chamados dados *Proxy*, que podem ser considerados evidências imutáveis de um dado elemento.

Exemplo de dados pertencentes a este conjunto são os isótopos de ^{16}O e ^{18}O encontrado no exoesqueleto dos recifes de corais e testemunhos de gelo (MOURA, 1994), assembleias polínicas e trabalhos relacionados aos isótopos estáveis (^{12}C e ^{13}C) da matéria orgânica do solo, apresentados por Pessenda et al. (2005), Martinelli et al. (2009) e Vidotto et al. (2007).

Na visão de Pessenda et al. (2005) os estudos que relacionam vegetação e clima, tiveram seu desenvolvimento mais pleno no Brasil nos anos 1990 a partir dos resultados obtidos pela análise de estratos polínicos dos sedimentos de turfas e lagos, por meio das técnicas dos isótopos da matéria orgânica do solo (MOS) e pelo estudo de fragmentos de carvão. A multidisciplinaridade e a integração de pesquisadores e

técnicas poderá alavancar positivamente os estudos paleoclimáticos baseados em estratos vegetacionais, principalmente ligados ao Holoceno e Pleistoceno tardio.

Em função do período Quaternário se relacionar com todas as variáveis ligadas ao ambiente natural e registrar também vestígios da ação humana, fica evidente seu caráter multidisciplinar, abrangendo as diversas áreas do conhecimento científico que trabalham com a influência dos agentes geológicos, biológicos e geográficos de forma integrada (CAMARGO FILHO, 2005).

Entretanto, é possível que Bigarella (1964, p.229) tenha razão quando escreve:

“Talvez nunca se venha a ter uma ideia razoavelmente próxima dos quadros paleoclimáticos que se sucederam, mas talvez ainda possam ser aperfeiçoados métodos de trabalhos suficientemente sensíveis, para, pelo menos nos possibilitar melhores informações sobre as diferenças de intensidade dos processos paleoclimáticos”.

3.2 OS SEDIMENTOS TURFOSOS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES NOS ESTUDOS PALEOAMBIENTAIS

A literatura não apresenta uma clara distinção a respeito dos solos orgânicos e suas variações. Isso ocorre em função da posição geográfica, forma e tipo de sedimento, que são apresentados com a mesma definição para configurações distintas. Assim, é possível que diversos ambientes como turfa, várzea e banhado, por exemplo, sejam tidos como sinônimos, dependendo do interesse do pesquisador.

Discussões conceituais, embasadas por meio de análise morfológica, critérios de formação, tipo e características do material são de extrema importância e devem ser estimuladas. Mas como o objetivo principal do trabalho não é executar uma discussão profunda sobre esse assunto, o presente capítulo apresenta uma ideia sucinta a respeito de ambiente turfoso, principalmente no que se refere à formação e características físicas e químicas; associadas à preservação de registros fósseis passíveis de utilização na interpretação de ambientes passados.

Por outro lado, independentemente da nomenclatura empregada, as definições encontradas referem-se sempre a um material com altos índices de matéria orgânica, coloração escura, elevada acidez e relacionado a ambiente saturado ou parcialmente saturado de água.

Por meio de seus diversos usos, seja na agricultura, matriz energética, extração de óleos, questões ambientais, estudos dos solos orgânicos, entre outros, atraem diversas áreas do conhecimento (FRANCHI et al. 2003). Mendes e Dias (2008), por exemplo, destacam a relação direta com aspectos de ordem hidrológica, como a infiltração, uma vez que os depósitos turfosos absorvem uma grande quantidade de água, a qual é liberada de modo lento e contínuo para áreas adjacentes, podendo se transformar em nascentes de canais fluviais.

Mendes e Dias (2008) atribuem que 94% do peso de uma turfeira formada a partir dos extratos do musgo *Sphagnum*, seja dado pelo estoque de água. Este índice fica entre 80% e 73% para turfeiras formadas por matriz florestal e gramínea, respectivamente. Genericamente, pode-se dizer que a turfa serve como um grande depósito de águas.

A fração orgânica retém quantidades de água bastante superior em relação ao seu peso, causando expansão da partícula, que pode também ser retraída em virtude do ressecamento (JORGE, 1972). Brady (1989) comparando a capacidade de retenção observou que um solo mineral armazena de um a dois quintos de água em relação ao seu peso seco. Essa proporção chega a atingir índices de até 20 vezes o peso do material seco para turfas formadas por musgo *Sphagnum* e Ciperáceas.

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SBCS apresentado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999), delibera como material orgânico àquele que mesmo contendo proporção de compostos minerais, tenha um mínimo de 12% de carbono orgânico em se tratando de material que seja formado por 60% ou mais da fração argila e 8% ou mais de carbono orgânico, quando a fração argila não se faz presente ou é reduzida.

No caso de Organossolos, este é considerado um solo pouco evoluído formado por meio do acúmulo de restos de vegetais com diferentes níveis de decomposição que são armazenados em ambiente com drenagem deficiente. Assumem coloração escura em função das altas taxas de carbono (EMBRAPA, 1999).

Para Suguio e Bigarella (1990), áreas mal drenadas facilitam a acumulação de matéria orgânica. Exemplificando, os autores destacam que nas bacias de inundação a sedimentação ocorre em conjunto com material de textura fina, depositados no leito maior dos canais fluviais em períodos de transbordamento, estes locais são comumente

chamados de várzeas. Regiões de clima úmido e densamente vegetadas facilitam o acúmulo de matéria orgânica, possibilitando o surgimento e gradual expansão do depósito turfoso, que pode atingir vários metros de espessura.

Os solos de várzea ocupam uma pequena extensão territorial no Brasil. Levantamentos pedológicos até então realizados, pouco contribuem para uma difusão de informações a respeito de sua origem e dinâmica, pois foram efetuados em escalas de baixo detalhe, e o número de perfis descritos é relativamente baixo (VALLADARES et al., 2008; SILVA et al., 1999).

A distribuição global dos depósitos turfosos apresentado por Franchi et al. (2003), tendo como base os dados da Sociedade Internacional de Turfa, estabelecem que 90% das reservas encontram-se em regiões de clima frio do hemisfério Norte, com destaque para Rússia, Estados Unidos e Canadá. Estes depósitos em áreas tropicais e subtropicais, conseqüentemente estão associados a zonas florestadas e pantanosas.

No caso brasileiro, como já salientado anteriormente, ainda são incipientes as pesquisas de solos orgânicos (VALLADARES et al., 2008). Segundo Franchi et al. (2003) os estudos referentes a turfeiras no Brasil tiveram fins energéticos, principalmente nos anos 1970/80 frente a crise mundial do petróleo. Com a estabilização dos preços e uso de outras energias, principalmente de origem florestal, os estudos preliminares não tiveram a devida continuidade.

Como um exemplo de estudos deste período, podemos citar aqueles desenvolvidos na região do vale do Parnaíba, nos apresentados por Knecht (1982). Atualmente cabe destacar o interesse destas áreas para fins de reconstrução paleoambiental, como Pessenda et al. (2004), Guerreiro (2011), Guerreiro et al. (2012), Silva et al. (2012), Parolin et al. (2011) e Parolin et al. (2012).

Os ecossistemas formados por turfas são caracterizados pela presença de água, próximo, junto, ou acima da superfície, mantendo-se encharcado por período prolongado de tempo, capaz de produzir indicadores de deficiente drenagem, como por exemplo, o desenvolvimento de vegetação higrófitas (MENDES e DIAS, 2008).

Pela constante presença de água, a quantidade de oxigênio é reduzida impedindo a rápida oxidação. Tais fatos contribuem para a preservação dos resíduos vegetais por um período maior de tempo. Com a contínua deposição dos restos vegetais, camadas distintas podem ser formadas, que ao longo do tempo guardam informações

valiosas sobre a evolução ambiental. Essa sequência, no geral não obedece a um padrão único e regular, pois alterações no clima, vegetação ou nível freático, interfere em toda dinâmica do depósito (BRADY, 1989).

A turfa pode ser definida na visão de Franchi et al. (2003) como um material de ordem fóssil orgânica e mineral, formada a partir da decomposição de restos vegetais em ambiente alagadiço, podendo ser enquadrada na categoria dos caustobiólitos (que queima), uma vez que o processamento continuado do material de ordem orgânica pode vir a propiciar a formação de linhito, carvão e antracito.

Com elevada acidez, o processo de humificação ocorre por meio das bactérias com poder redutor, sendo a decomposição fruto exclusiva das enzimas encontradas nas plantas. A decomposição abiótica permite a formação de húmus bruto, com grau de decomposição intermediário, organizado em camadas e não misturado homoganeamente com as possíveis camadas minerais dos solos (JORGE, 1972).

Em geral, as áreas úmidas são associadas à baixa diversidade genética, em função de excesso de água e elevada acidez, imposições que permitem apenas o desenvolvimento de seletos meios de vida. Por outro lado, regiões marginais, as quais se servem de nutrientes destas zonas, apresentam uma elevada variedade biológica, que serve de abrigo para espécies endêmicas e protegidas (MENDES e DIAS, 2008).

O estudo realizado pela Rede Natura® no ano de 2004, destaca que 55% das espécies protegidas pela “*directiva dos habitats*” apresentam alguma relação de dependência com as áreas turfosas, sendo que 50% dos *habitats* protegidos, de alguma forma dependem de águas oriundas das turfeiras de zonas altas (MENDES e DIAS, 2008).

Quanto ao caráter químico dos solos orgânicos, os elementos encontrados são reflexos diretos do grau de evolução das possíveis frações minerais existentes, natureza e características botânicas e, grau de decomposição do material orgânico, assim como, das propriedades da água constituinte. Variações destes elementos podem diferenciar camadas em um mesmo depósito (GALVÃO e VAHL, 1996; NACIMENTO et al., 2010).

Pode-se dizer que os componentes com maior volume são a lignina e celulose, cujo teor de substâncias húmicas associa-se diretamente com o estágio de decomposição do estrato vegetal. Cabe lembrar, que estas substâncias (húmicas) não são naturalmente

encontradas nos vegetais vivos, assim, é produto do ciclo de decomposição da matéria orgânica, de ordem intermediária (FRANCHI et al., 2003).

Segundo Jorge (1972) a matéria orgânica é constituída pelos restos vegetais e animais nos mais diversos estágios de decomposição. O termo húmus é utilizado para referir-se a um material relativamente bem decomposto por meio de ação biológica, encontrado em estado coloidal. Às plantas é atribuída a maior contribuição para a formação de matéria orgânica, em linhas gerais os depósitos orgânicos são formados por 75% de água, 11% de carbono, 10% oxigênio, 2% de hidrogênio e 2 % de cinzas (JORGE, 1972).

Quanto à classificação a partir das características do húmus, cabe destacar três, que melhor contribuem para a proposta do presente trabalho. *Turfa Cálcica*: ligada a regiões sem oscilação freática superior a 50 cm, elevado teor de cinzas (14% a 15%), sobre extrato calcário, originando turfeiras subaquáticas. *Turfa ácida*: originada em águas com baixo teor de cálcio, geralmente atmosféricas, acumuladas sobre base impermeável, formando as turfeiras supra-aquáticas, com elevada acidez (pH 4 a 5) e baixo teor de cinza (2% a 3%). *Anmoor*: solos gleizados com lençol freático pouco profundo, com possível oscilação em estação seca. Difere da turfa (matéria orgânica em estado puro), por ser um composto de argila com matéria orgânica alterada e transformada, com teores não excedendo os 30%. Estrutura compacta, plástica e pegajosa (JORGE, 1972).

As substâncias húmicas possuem uma capacidade de troca catiônica (CTC) entre os maiores valores para materiais naturais. Isto imprime ao solo importante agente agregador de partículas, potencializando a infiltração, resistência à lixiviação, retenção de nutrientes, etc. (FRANCHI et al., 2003).

Os valores de pH se relacionam intimamente com a CTC, pois a elevação dos índices reflete na dispersão do hidrogênio, que por sua vez, em função do ambiente pantanoso, combina-se com a hidroxila. A liberação do hidrogênio permite a substituição deste por outro cátion, potencializando a CTC da matéria orgânica (JORGE, 1972). Simplificando, pode-se dizer que quanto mais elevada for a CTC maior é a capacidade de absorção de nutrientes de um solo, em função da resistência potencializada à lixiviação (FRANCHI et al., 2003).

Diferente dos minerais de argila, a matéria orgânica, em estado coloidal, encontra-se amorfa, ou seja, uma substância que não apresenta estrutura definida e sua superfície é maior que das argilas. Para ilustrar, a CTC da caulinita e da montmorilonita é respectivamente 5 a 15 e.mg/100g. A CTC da matéria orgânica encontra-se na casa de 150 a 300 e.mg/100 g, ou seja, chega a ser 60 vezes superior em comparação com estas frações minerais (JORGE, 1972).

Quanto às características físicas do material, Brady (1989) destaca que um depósito orgânico pode conter camadas distintas, em função do grau de decomposição e propriedades do tecido de origem. Então, como nos solos minerais, nos orgânicos, grande parte das características é herdada do material de formação.

Considerando a natureza do material de origem, as turfas podem ser classificadas segundo Brady (1989) em:

- 1- Sedimentar: geralmente depositada na parte inferior do perfil, em águas profundas. O tipo vegetal e o modo de decomposição tornam o material altamente elástico, tanto a absorção como a perda de água ocorre em taxas muito lentas, sendo capaz de reter quantidades cinco vezes maior que seu peso.
- 2- Fibrosa: frequentemente ocorre mais de uma unidade em um mesmo terreno pantanoso. Elevada capacidade de retenção de água e níveis distintos de decomposição. Quando formadas a partir do musgo *Sphagnum* assumem elevada acidez; por Cyperaceas (*Carex*), a acidez é moderada; e, *typha*, muito ácidas.
- 3- Lenhosa: pela existência de vegetação arbórea em muitas áreas pantanosas, a turfa de característica lenhosa é encontrada na superfície do depósito. Mas isso não pode ser entendido como regra geral, sendo que a elevação do nível da água poderia propiciar a substituição das árvores por outros tipos de vegetação, o que acaba originando a deposição de material fibroso sobre o lenhoso. Desta forma, pode acontecer que ao longo do perfil, o material de ordem lenhosa seja encontrado na base do depósito.

Franchi et al. (2003), apresentam uma classificação dada por meio do grau de decomposição, segundo os pressupostos estabelecidos por von Post. Trata-se de uma

aferição teoricamente simples, tento em vista que o método consiste basicamente em comprimir o material em campo com a mão, analisando as características do material que flui entre os dedos.

Outro atributo físico que é associado à matéria orgânica e de fácil identificação em campo refere-se coloração, marcada por cores escuras, em especial negras; não sendo estranho a presença de cores acinzentadas, brunas e avermelhadas (BRADY, 1989).

Geograficamente Costa et al. (2003) classificam as turfas entre Altas (Ombrotroficas) que somente recebem água de precipitações; e Baixas (Topotróficas) tendo seu desenvolvimento ligado diretamente com águas do lençol freático, percoladas por solos inorgânicos subjacentes.

Como parece haver uma série de questões ainda em aberto, no que tange a origem, áreas de influência e definição conceitual, neste trabalho será utilizada a nomenclatura “turfa” se referindo a um sedimento relativamente recente, originado pela acumulação de restos vegetais, depositado em uma bacia de acumulação sem interferência direta de extravasamento de canais fluviais, reduzida oxigenação, elevado pH e presença de água, geralmente das precipitações e percolações subterrâneas.

Quando bem preservadas, as turfas podem ser consideradas verdadeiros bancos de informações, sobretudo a partir dos microfósseis que preservam seu caráter devido ao ambiente anóxico e de baixo pH, os quais dificultam a decomposição e oxidação da matéria orgânica. Isto permite que os estratos sedimentares contenham informações botânicas passíveis de serem identificadas, como é o caso dos chamados palinomorfos, partículas microscópicas como pólenes, tecidos vegetais, fitólitos, esporos entre outros.

Assim, os sedimentos que constituem os depósitos de turfas, são excelentes indicadores do ambiente de formação e do entorno. A grande quantidade de palinomorfos preservados vêm se mostrando eficiente na interpretação de paleoambientes a partir da reconstrução vegetal, como demonstram Costa et al. (2003), Perolin et al. (2006), Leonharrdt e Lorscheitter (2007, 2008), Bauermann et al. (2008), Pessenda et al. (2009), Guerreiro (2011), Guerreiro et al. (2012).

3.3 FITÓLITOS E SUA UTILIZAÇÃO EM ESTUDOS PALEOAMBIENTAIS

Com o objetivo de compreender o ambiente e clima passado, várias informações podem ser utilizadas por meio da comparação entre o material encontrado em solos e bacias sedimentares, confrontados quando possível, com marcadores (*proxy*) modernos. Entre estes podemos destacar grãos de pólen, espículas de esponjas, fragmentos de carvão e fitólitos (RAITZ, 2012).

O conhecimento sobre as informações botânicas e paleoambientais dos fitólitos são conhecidas há bastante tempo, mas sua utilização nos estudos palinológicos com fins ambientais pode ser considerado recente. O que potencializa o seu uso é o fato de serem encontrados com relativa abundância nos mais diversos sítios arqueológicos e sua elevada resistência, tornando-se uma alternativa eficiente em relação ao pólen, elemento amplamente difundido na reconstrução da vegetação (LEWIS, 1981; MADELLA, 2007).

Piperno (1991) argumenta que esta situação é curiosa, pois em 1835 um ano antes da descoberta dos grãos de pólen já se conhecia os fitólitos. A autora associa o atraso na utilização destes fósseis pela ciência em função da insuficiente compreensão da produção e morfologia. Isso reflete na escassez de coleções fitolíticas de plantas modernas, necessárias para interpretação do material coletado em zonas sedimentares.

Segundo Piperno (1991) a construção dos fitólitos nas plantas, em especial nas Poaceae, tem início quando a sílica hidratada dissolvida no solo é absorvida pelas raízes e distribuída via sistema vascular para as demais partes da planta. Com o passar do tempo e a evapotranspiração, esta sílica solidifica-se e passa a ser depositada nas células e espaços intercelulares, formando pequenas “pedras” de plantas, compostas basicamente de sílica e pequenas quantidades de água, conformando um dos fósseis de plantas mais resistentes conhecidos pela ciência.

Estas precipitações podem ser encontradas por toda a planta, mas são nas partes aéreas onde se acumulam de maneira expressiva (PIPERNO, 1991), seguindo a orientação do eixo de comprimento da folha (TWISS et al., 1969).

A sílica absorvida sob a forma de ácido silícico monomérico sofre no interior do vegetal o processo de polimerização, transformando-a em opala biogênica. Com o término do ciclo de vida da planta e sua conseqüente decomposição, passa a ser incorporada ao solo. Nele, permanecem por um longo período de tempo sob a forma de

pequenas partículas de morfologia distinta e tamanho próximos à areia fina (100 a 50 μ) e silte (50 a 2 μ), de aparência semelhante à sílica natural (COE et al., 2007).

Por ser depositada em locais específicos ao longo de toda planta, os fitólitos acabam assumindo uma morfologia distinta entre determinados grupos vegetais. Sendo assim, a forma dos fitólitos por recordar a célula em que foi originada, que funciona como um “molde”, permite que sejam feitas separações botânicas, por isso algumas famílias de plantas produzem fitólitos morfologicamente distintivos (COE et al., 2011).

Por estas especificidades é que a análise fitolítica vem ganhando espaço, já que é um confiável marcador ecológico e abre leques de exploração em locais onde grãos de pólen não alcançam a devida preservação, como solos bem drenados e ambientes oxidantes (CALEGARI et al., 2011).

Cabe lembrar que esta acumulação de sílica acaba tendo uma função estrutural, contribuindo para assegurar maior resistência à planta. Este arranjo interno da sílica na planta pode ser visto na figura 09.



Figura 09: Morfologia e arranjo organizacional de fitólito presente na folha de *Cymbopogon citratus* Stapf. Fonte: Monteiro (2012).

Twiss et al. (1969) já destacavam em seus estudos preliminares a importância de buscar estabelecer uma classificação morfológica, uma vez que já haviam detectado diferença morfológica na família das Poaceae, dentre o que os autores determinaram de gramínea alta e baixa *Panicoid* e *Cloroideae*, respectivamente, e gramíneas domésticas.

Para compreender e interpretar um conjunto de fitólitos se faz necessário possuir informações que permitem relacionar fitólitos modernos e fósseis, para desta forma calcular índices fitolíticos, para interpretação do comportamento da vegetação ao longo de um determinado estrato sedimentar e apontar questões paleoambientais (COE et al. 2011).

Neste mesmo sentido Lewis (1981) acrescenta que existem também divergências metodológicas, que variam de pesquisador para pesquisador, e as publicações que servem de referência, sobre os espécimes modernos e sua produção, as bases de interpretações são deficientes e, em muitos casos, com baixo grau de detalhamento.

A chave para a identificação e classificação dos fitólitos recuperados de sítios arqueológicos requer conhecimento detalhado das formas encontradas nas diferentes plantas viventes (PIPERNO, 1989). Sobre fitólitos modernos ver Rasbold et al., (2011), Raitz (2012), Monteiro et al. (2012), palinoteca virtual do Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam – LEPAFE.

Apesar de existir lacunas, interpretações e técnicas divergentes, introduzidas principalmente pela produção desigual entre plantas, os registros encontrados nos perfis de sedimentos conservam características e informações válidas que atendem as necessidades para a reconstrução da vegetação passada, já que os fitólitos conservam inalteradas por um longo período de tempo características morfológicas passíveis de identificação e classificação taxonômica (PIPERNO, 1991).

Coe (2007) salienta que fitólitos são abundantes nas Poaceae, atingindo quantidades de sílica entre 1% e 5% do peso seco. Pode-se dizer que a produção é quase que exclusiva nas gramíneas. Muito disso, se deve também ao fato de que a produção de sílica biogênica nos demais tipos vegetais ainda é pouco conhecida (PIPERNO, 1989). Um exemplo das morfologias de fitólitos de Poaceae pode ser vista na figura 10, baseada em Piperno (1988).



Figura 10: Morfotipo de fitólitos das subfamílias de Poaceae.
 Fonte: Monteiro (2012) extraído e modificado de Piperno (1988).

Mesmo os fitólitos sendo partículas extremamente resistentes, não são indestrutíveis, com o passar dos anos pode vir a sofrer danos pela ação do intemperismo, resultando em sua incorporação ao solo. Desta forma, podemos dizer que as características ambientais do ponto de deposição exerce fundamental importância para a conservação destes microfósseis. Assim, ambientes turfosos e de baixa oxigenação são mais propensos a sua conservação (LEWIS, 1981).

Por não ter uma mobilidade tão grande quanto os animais, a localização dos microfósseis, sobretudo fitólitos, está diretamente relacionada a fatores ambientais como clima e tipo de solo. Portanto, torna-os detentores de informações locais. A presença de fósseis vegetais em um extrato sedimentar indica que, no nível onde se encontra é possível inferir sobre as condições do ambiente físico, em especial sobre vegetação e clima pretérito (SALGADO-LABOURIAU, 2007).

Isso dito, deve-se destacar que os estudos que tem como base dados fitolíticos, não têm a pretensão de estabelecer quais espécies colonizavam um dado local; mas sim, se ocorreu ou não variação na tipologia vegetal, a partir da análise de uma assembleia de fitólitos que permite inferir sobre a tipologia vegetal pois inferem ao nível de família e subfamília (MONTEIRO, 2012).

Por outro lado, os fitolitos apresentam uma enorme vantagem no que se refere à mobilidade, pois diferentemente dos grãos de pólen, que podem ser carreados pelo vento e água com certa facilidade, estes, mesmo podendo sofrer interferência destes fatores, são na grande maioria depositados no local onde a planta sucumbiu (PIPERNO, 1991).

Este caráter de baixa mobilidade dá confiabilidade aos resultados, podendo estes fósseis serem utilizados para demonstrar sensíveis variações na umidade (LEWIS, 1981). Já Piperno (1991) destaca que sua elevada resistência permite muitas vezes resistir também às queimadas, e quando isso acontece pode ser possível encontrar material com sinais de carbonização (Figura 11).

Outra característica importante e que agrega valor aos fitólitos, é que dificilmente são perturbados durante e, principalmente, após sua deposição. Isso implica numa certa imobilidade destes fósseis ao longo do perfil (PIPERNO, 1991), ou seja, de camadas superiores para as inferiores. Talvez este fato esteja associado à morfologia, mais alongada e menos arredondada, em comparação com os grãos de pólen.

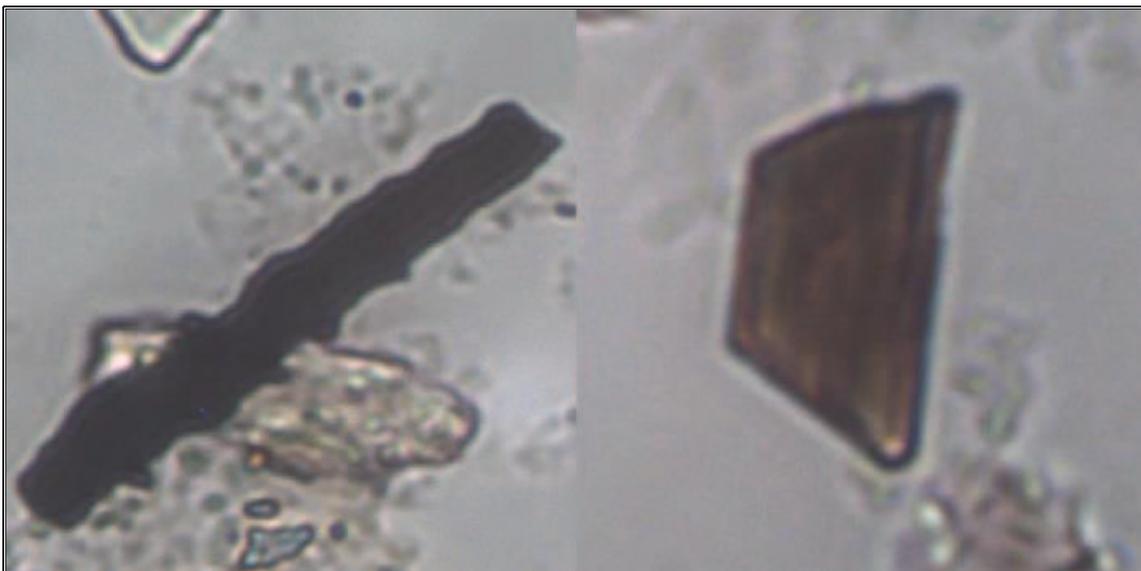


Figura 11: Exemplo de 2 fitólitos com características de possível carbonização.
Fonte: Acervo do autor.

Piperno (1991) pontua alguns fatores que devem ser considerados primordiais para a ampliação das informações e utilização dos fitólitos. Inicialmente a exploração do material moderno deve ser estimulada, assim como a comparação entre material moderno e aquele encontrado em depósitos antigos e, por fim, com a união destes trabalhos, buscar calibrar dos dados fitolíticos com outros resultados obtidos por meio das diversas técnicas. Isso vai permitir investigações mais precisas, maior integração entre os profissionais reforçando a interdisciplinaridade já muito presente nos estudos paleoambientais.

Lewis (1981) reforça que para um bom trabalho, três critérios devem ser obedecidos: o material precisa ser resistente a decomposição e estar bem preservado; apresentar características que lhe permite separação taxonômica e; ser encontrado em quantidade suficiente que permita analisar o conjunto dos elementos. Os fitólitos atendem essas exigências.

Resumidamente os estudos de fitólitos podem fornecer diversas informações, não apenas sobre o clima de uma dada área, como também informar por quanto tempo o local foi ocupado e se houve ou não alteração na vegetação, tendo em vista que mudanças na vegetação são mostradas por meio das variações nas classes de fitólitos (LEWIS, 1981; ALEXANDRE et al. 1999).

3.4 DATAÇÃO ^{14}C E ISÓTOPOS ESTÁVEIS DA MATÉRIA ORGÂNICA

Foi por volta dos anos 1950 que o método da datação por ^{14}C foi colocado em prática para determinar a idade cronológica de eventos passados, sendo utilizado pelas mais diversas áreas, sobretudo àquelas com interesse ambiental. A técnica se fundamenta basicamente na produção contínua em alta atmosfera do carbono radioativo (^{14}C) que, quando oxidado ($^{14}\text{CO}_2$) passa a fazer parte do ciclo global do carbono. Assim, durante sua vida animais e plantas passam a assimilar ^{14}C (PESSENDA et al., 1998a).

Em suma, as plantas incorporam o ^{14}C a partir da absorção de CO_2 por meio da fotossíntese, os animais ao se alimentarem destas acabam incorporando também ao seu organismo. Com a morte destes seres, a absorção é cessada, iniciando a desintegração do carbono, a qual ocorre em taxas constantes (PESSENDA et al., 2005; GOUVEA e PESSENDA, 1999). De acordo com Pessenda et al. (1998a) os índices de desintegração estão baseados no valor de meia-vida do carbono, 5.568 anos. Seu limite de detecção é por volta dos 60.000 anos (PESSENDA et al., 2005).

A obtenção dos resultados pode ser feito de três formas, como nos apresenta Pessenda *et al.* (2005): 1) Espectrometria de Cintilação Líquida de Baixo Nível de Radiação de Fundo, que consiste em sintetizar à vácuo 3gramas de C (carbono) que são contados por meio de cintilação líquida. Datações por meio deste método são oferecidas no Brasil pelo Laboratório de ^{14}C vinculado ao CENA/USP (Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo). 2) Contador Proporcional Gasoso (CPG), onde 1 grama de C é transformada em gás por sistema à vácuo e contada. 3) Acelerador de Partículas Acoplado a um Espectrômetro de Massa (*AMS – Accelerator Mass Spectrometry*), que utilizando apenas 300 μg (mícron gramas) de C que são ionizados, acelerados e contados.

Para Pessenda et al. (1998a) um detalhe importante que deve ser considerado para determinar a idade ^{14}C , que é a correção por fracionamento isotópico. Tendo em vista que as plantas durante a fotossíntese ao absorverem o CO_2 absorvem indiscriminadamente os isótopos ^{12}C e ^{13}C que acabam interferindo nas idades. Este ajuste é feito aplicando-se a equação que segue, o resultado o resultado é expresso na unidade $\delta^{13}\text{C}$ e representa basicamente a proporção da razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$.

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}}{R_{\text{padrão}}} \times 1000$$

Sendo $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$

O método de datação ${}^{14}\text{C}$ pode ser visto de modo simplificado como um relógio de decaimento radioativo, onde a radioatividade residual da amostra é comparada com o valor inicial, tido como uma constante (SUGUIO, 1999). Esta constante parte dos dados levantados no ano de 1950, entendido como presente. Assim, os resultados obtidos são acompanhados da sigla AP (antes do presente).

Para se determinar a idade de um solo ou depósito sedimentar, algumas dificuldades são encontradas em função da complexidade de sua formação, como contaminação por raízes e compostos orgânicos dissolvidos em água; ação de micro organismos; interferência da fauna do solo, dentre outros. Apesar disso tudo, os dados gerados por meios de datações do ${}^{14}\text{C}$, são bastante confiáveis, principalmente quando obtidos a partir de partículas de carvão e solos com elevado teor de matéria orgânica (GOUVEIA e PESSEDA, 1999).

Contrariamente ao ${}^{14}\text{C}$, os chamados isótopos estáveis, elementos também ligados à matéria orgânica, não variam sua massa com o passar do tempo. Por meio da técnica de espectrometria de massa, os isótopos estáveis fornecem informações sobre características da vegetação, assim, auxiliam também nas interpretações de estudos paleoambientais (MARTINELLI et al., 2009).

Naturalmente a partir do carbono, ocorrem dois isótopos ${}^{12}\text{C}$ e ${}^{13}\text{C}$ que produzem respectivamente 98,89% e 1,11% do carbono encontrado na natureza (PESSEDA et al., 1998b). Porém, por meio de processos físicos, químicos e biológicos durante a formação destes compostos, pode ocorrer fracionamento isotópico, assim, a razão isotópica difere da fonte de origem. Desta maneira, o carbono inorgânico é enriquecido com ${}^{13}\text{C}$ e o carbono orgânico empobrecido de ${}^{13}\text{C}$ (PESSEDA, 2010). Assim, nota-se que o método busca quantificar as variações do isótopo mais raro, no caso o ${}^{13}\text{C}$.

A discriminação isotópica que ocorre nas plantas a partir da assimilação do CO_2 , é resultado das propriedades bioquímicas das enzimas que fixam e controlam a entrada do CO_2 nas folhas. Com a decomposição da planta esta pequena variação na

composição do $\delta^{13}\text{C}$, integra, junto ao reservatório de matéria orgânica do solo informações sobre os ciclos fotossintéticos (PESSENDA et al. 1998b).

Em se tratando de vegetação a razão $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ do carbono orgânico encontrado no solo e sedimentos nos indicam sobre a presença ou ausência de espécies de plantas com os ciclos fotossintéticos C_3 (baixo $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) e C_4 (alto $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$). Com ecologia e morfologia distintas, as variações de C_3 - C_4 indicam variação tanto na estrutura quanto na função dos ecossistemas (PESSENDA et al., 1998b).

A figura 12 exemplifica as mudanças vegetacionais dadas a partir de diferentes resultados de C_3 e C_4 .

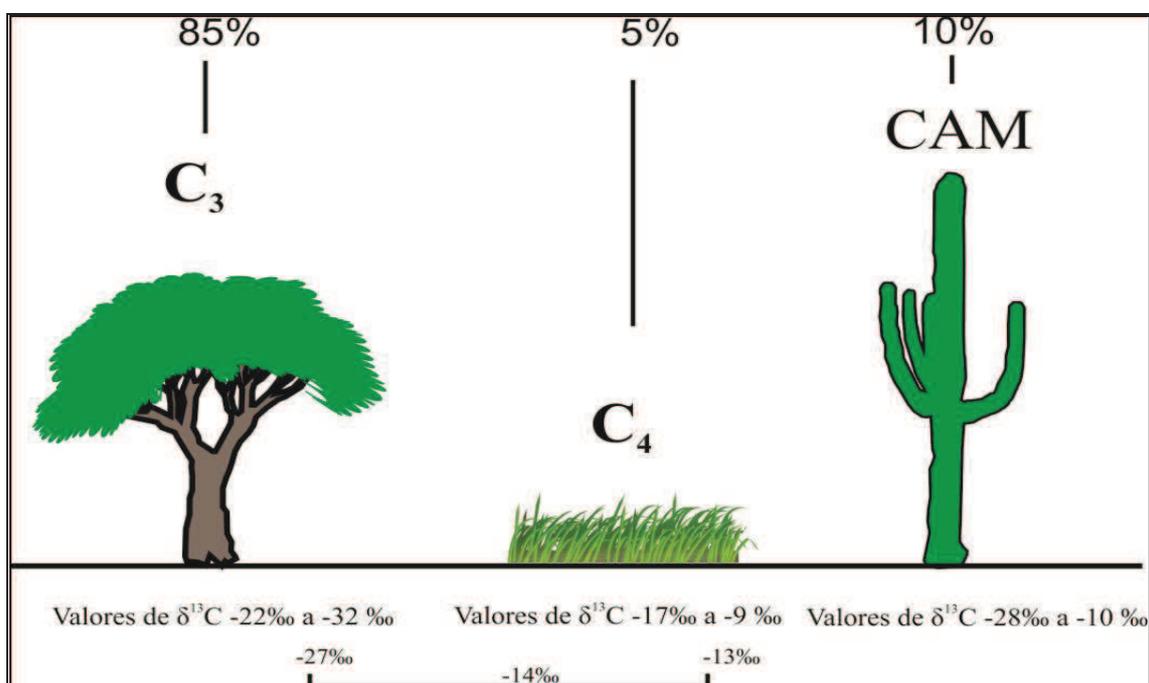


Figura 12: valores isotópicos e suas principais fontes produtoras
Fonte: Boutton (1991) a partir de Pessenda (2010).

De acordo com Pessenda et al. (2005) estes valores $\delta^{13}\text{C}$ estão sendo calibrados de acordo com as características de cada ecossistema. Porém, como é visível na figura 12, 85% das plantas são pertencente ao fator fotossintético C_3 , que compreendem desde as florestas boreais até os trópicos, são valores variam de -32‰ até -22‰, com média de -27‰. Já as plantas C_4 representam 5% das espécies existentes e seus valores de $\delta^{13}\text{C}$ variam entre -9 e -17‰ com média de -13‰. As plantas CAM, são as plantas suculentas, como cactos e bromélias, por exemplo, (BOUTTON, 1981 a partir de PESSENDA et al. 2005).

Em suma, a associação de datações de ^{14}C e isótopos estáveis da matéria orgânica, são técnicas importantes e confiáveis que auxiliam os estudos paleomabientais e garantem mais confiabilidade aos resultados. Por meio destas, é possível obter o comportamento da vegetação e estabelecer ligações cronológicas a partir do material residual encontrado ao longo de perfis pedológicos.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os protocolos efetuados ao longo do trabalho. Desta forma, o capítulo é dividido em duas partes principais; trabalhos de campo e análises laboratoriais. Mesmo correndo o risco de tornar a leitura maçante, os procedimentos são descritos detalhadamente com o objetivo de deixar claro cada procedimento utilizado, uma vez que os resultados alcançados estão diretamente associados aos métodos empregados.

4.1 TRABALHOS DE CAMPO:

4.1.1 Mapeamento

O início dos trabalhos se deu com o reconhecimento da área de estudo e arredores a fim de escolher um ponto representativo. Como as turfeiras da região apresentavam características parecidas, quanto à litologia e altimetria, optou-se por uma turfeira de fácil acesso e sem interferência antrópica, denominada pelo autor de “Turfa Guará” por sua proximidade ao distrito de Guará, município de Guarapuava-PR.

Após a escolha da referida área, esta foi mapeada utilizando o sistema de projeção SIRGAS 2000 zona 22S, GPS Leica SR200® e o software ArcGis100ESRI® para manipulação dos dados. Com o mapeamento foi determinado o perímetro da turfeira e área deposicional. Este serviu de base para as demais inferências, como a sistemática tradagem efetuada e escolha do ponto para coletar um testemunho representativo do depósito para as análises laboratoriais.

Tendo um polígono previamente estipulado, as tradagens para compreensão do depósito iniciaram obedecendo ao traçado do eixo central de maior comprimento, a partir do qual, efetuou-se tradagens de borda a borda, as quais cruzavam o referido eixo. Este procedimento permitiu amostrar o arranjo geomorfológico da turfeira a partir de sua bacia sedimentar e distribuição topológica do sedimento.

4.1.2 Coleta do material sedimentar

Por meio do mapeamento e tradagens foi possível estabelecer um ponto ideal para coleta do material, na maior profundidade (220 cm). Determinado isso, a

amostragem do testemunho se deu com a utilização de um tubo com espessura de 75mm, introduzido desde o topo até a base do depósito (Figura 13).



Figura 13: Extração de testemunho da Turfa Guará.
Autor: Mauricio Camargo Filho, 2011.

Infelizmente, este procedimento provocou a compactação do material, trazendo a necessidade de novas investidas, com tubos de variados diâmetros. Mesmo com tentativas adicionais, ocorreu a compactação do material.

Como o objetivo sempre foi de coletar um testemunho uniforme e representativo com o mínimo de alteração possível, preservando assim, características físicas, optou-se pela abertura de trincheira (Figura 14). Como áreas de turfa são geralmente saturadas, algumas trincheiras abertas não permitiram a coleta de material, em virtude do solapamento das laterais. Após várias tentativas, foi possível coletar um testemunho na parede de uma trincheira com 153 cm de profundidade (Figura 15). O material foi coletado em profundidade inferior ao ideal, pois áreas mais profundas já não eram seguras para a extração e poderiam apresentar alterações.

Tal procedimento permitiu coletar uma quantidade maior de material em comparação com coletas por meio de tubos, que garantiu segurança na manipulação laboratorial e também permitiu que outras análises fossem efetuadas, como teores de matéria orgânica e retenção de gases voláteis.



Figura 14: Vista da abertura da trincheira para extração de amostra indeformada.
Autor: Mauricio Camargo Filho, 2011.



Figura 15: Trincheira aberta com ponto amostrado (esquerda) e material coletado (direita).
Fonte: Mauricio Camargo filho 2011 e acervo do autor, 2011.

4.1.3 Coleta de material botânico

Foram amostradas apenas exemplares que estavam sobre a Turfa Guará, não sendo coletado das áreas circundantes. Esta coleta serviu para exemplificar quais indivíduos vivem no ambiente e auxiliar a interpretação fitolítica, caso necessário.

Em campo as coletas de material botânico foram coordenadas pelo Prof. Dr. Juliano Cordeiro, da Universidade Federal do Paraná (UFPR – Palotina-PR). Cada

amostra foi cuidadosamente dobrada e acondicionada em prensa botânica. Em laboratório, secas em estufa a temperatura de 50 °C por aproximadamente 72 horas.

A identificação dos espécimes coletados foi gentilmente feita pelo Museu Botânico do Jardim Botânico de Curitiba-PR.

4.2 PROTOCOLOS LABORATORIAIS

4.2.1 Descrição macroscópica do perfil

Em laboratório o testemunho foi aberto e descrito macroscopicamente, seguindo primeiramente critérios de coloração, característica da matéria orgânica, modo de organização e grau de alteração do sedimento.

4.2.2 Quantificação de gases voláteis e queima da matéria orgânica

Para a detecção dos percentuais de gases voláteis, seguiu-se a metodologia apresentada por Guerreiro (2011) e Guerreiro et al. (2012), onde as amostras são inicialmente secas em estufa a temperatura de 120°C por 24 horas, quando frias obtêm-se o peso. O procedimento é repetido até a estabilização do peso. Feito isto, foi separada e acondicionada em cadinho de porcelana com tampa, uma quantidade de 10 gramas por ponto amostrado, o qual foi levado à Mufla por 3 horas a 450°C. Após resfriamento o material é pesado, sendo a diferença obtida igual a quantidade de gases que a amostra volatizou.

Esta mesma amostra volta à Mufla seguindo método 2.2 da EMBRAPA (1979) onde o material com peso previamente conhecido, permanece por 4 horas de queima a 800°C, consumindo a matéria orgânica. Após o resfriamento a diferença entre o peso inicial e o residual têm-se o percentual de matéria orgânica na amostra.

Para a realização deste procedimento, das 51 amostras extraídas das 5 unidades sedimentares macroscopicamente identificadas, 16 foram selecionadas para a queima, mantendo certa regularidade no intervalo métrico das coletas, a fim de representar todo o pacote sedimentar.

O estabelecimento dos percentuais de matéria orgânica é importante, pois, como nos lembra Brady (1989) o deslocamento de um clima quente para outro mais

frio, as quantidades de matéria orgânica tende a elevar-se, ou seja, sua decomposição é mais eficiente em climas quente quando comparado com os de clima frio. Já nas áreas de umidade e vegetação constante, o percentual de matéria orgânica aumenta em até três vezes a cada 10°C de queda nas médias anuais de temperatura. Assim, o nível encontrado ao longo do perfil sedimentar da Turfa Guará além de servir de base para a caracterização do depósito sedimentar pode vir a auxiliar na interpretação do ambiente passado.

4.2.3 Recuperação fitolítica

As coletas para análise fitolítica, seguiu a metodologia desenvolvida por Faegri e Iversen (1975), e utilizada por Parolin et al. (2006), Leonhardt e Lorscheitter (2007), Macedo et al. (2007), Bauermann et al. (2008), Leonhardt e Lorscheitter (2008), adaptado e aperfeiçoado de acordo com a rotina do Laboratório de Estudos Paleoambientais da FECILCAM – LEPAFE.

O procedimento consiste em coletar uma quantidade de 3cm³ de sedimento a cada 3cm ao longo do perfil e submeter o material a tratamento químico e físico, conforme detalhado a seguir:

- 1- Após seco em estufa na temperatura de 60⁰C, o material é destorroado até a fração areia muito grossa e 3 cm³ são separados para procedimentos posteriores. O destorroamento até a fração areia muito grossa ocorre para evitar o fragmentação dos fósseis.
- 2- O material é separado e posto em beker, sendo acrescentada uma quantidade próxima a 100ml de hidróxido potássio na concentração de 10% e levado a chapa de aquecimento até atingir ponto de fervura. Após esta etapa, o material é acondicionado em novo recipiente de maior capacidade onde acrescenta-se água destilada até atingir 1000 ml. A solução permanece repousando e decantando pelo intervalo de 1 uma hora, quando 50% do soluto é dispensado e completando novamente com água. Esta lavagem tem a finalidade de reduzir o pH (estabilizando-o em torno de 7), desagregar a celulose, separar os palinomorfos e eliminar o excesso de argila, o que

favorece para a confecção de laminas mais limpas, facilitando a visagem e, conseqüentemente, a interpretação do material. A quantidade de repetições das lavagens varia muito de acordo com as características do sedimento, sendo necessário efetuar entorno de 15-20 lavagens por amostra.

- 3- Quando a água ficar menos turva e o material decantar rapidamente (15 minutos) elimina-se o máximo possível de água, permanecendo aproximadamente 200 ml que é acondicionado em beker de 250 ml. Quando decantar novamente, o sobrederrame é eliminado e o material restante passa para um tubo de ensaio. Este é centrifugado a 500 rpm durante 3 minutos. O sobrederrame é eliminado e o tubo de ensaio que contem o material palinomórfico descansa aberto em local protegido por cerca de 24 horas, para redução da umidade. Essa eliminação máxima da água é necessária para a adição de cloreto de zinco, que não pode ter sua densidade alterada.
- 4- O cloreto de zinco deve estar na densidade de 2.3 cm^3 , e é acrescentado junto ao material aproximadamente 20 ml, agitando a solução com bastão de vidro até atingir uniformidade. Na sequência é centrifugado por 5 minutos a 500 rpm. Ao final do procedimento, os fitólitos estão separados do restante do material. Desta forma, temos na superfície da solução a formação de uma pequena camada, como pode ser observado na figura 16.
- 5- Esta solução é depositada aparte em um beker de 250 ml completado por água, formando uma solução viscosa. O soluto deve ser centrifugado com descarte do sobrenadante, quantas vezes forem necessárias até a total eliminação do cloreto.
- 6- Por fim, um volume conhecido (no caso $50\mu\text{l}$) é posto uma lâmina e levado a secagem em chapa de aquecimento. Quando seco, é fechada por uma pequena quantidade de Entellan® sob lamínula.



Figura 16: Resultado da separação palinomórfica, por meio de densidade.

A fim de garantir a possibilidade das leituras, foram confeccionadas 5 lâminas por amostra, as quais estão depositadas sob domínio público no LEPAFE (códigos L.191-204.C.18).

4.2.4 Contagem fitolítica

Para este procedimento foi utilizado microscópio óptico com aumento de 40x, sendo contados 200 fósseis por seção amostrada. Quanto à classificação destes, optou-se pela contagem por formas genéricas, uma vez que a separação das formas por subfamílias foi possível apenas para um número muito restrito do material visado. Assim, os dados coletados são interpretados a partir da forma dos principais tipos de fitólitos e sua respectiva fonte produtora, como nos é apresentado por Coe (2009). Ver Quadro 1.

Após devidamente contabilizados e separados morfológicamente, os dados são tabulados em uma planilha específica, de onde é gerado um gráfico, chamado de palinodiagrama.

FORMA	TÁXON	AMBIENTE
<i>Bilobate</i>	Gramíneas, sobretudo Panicoideae alta C4, também algumas Panicoideae C3; Chloridoideae, Arundinoideae e Bambusoideae	Quente úmido, áreas à sombra, sob o dossel de florestas tropicais
<i>Saddle</i>	Gramíneas, sobretudo Chloridoideae baixas C4; algumas Bambusoideae C3, Arundinoideae C3	Regiões secas de baixa latitude e altitude ou condições edáficas
<i>Rondel</i>	Gramíneas, sobretudo Pooideae C3, também Bambusoideae	Regiões temperadas frias e altas elevações intertropicais
<i>Bulliform</i>	Gramíneas em geral	Estresse hídrico (déficit)
<i>Cylindrical polylobate</i>	Gramíneas, sobretudo Panicoideae (C4 e C3)	Quente úmido
<i>Trapeziform</i>	Gramíneas, sobretudo Pooideae	Regiões temperadas, frias e altas elevações intertropicais
<i>Elongate</i>	Gramíneas em geral	
<i>Hair</i>	Gramíneas em geral e também nas Palmae, sementes de outras plantas	
<i>Globular</i>	Palmae	Quente e úmido

Quadro 1: Representação das principais formas de fitólitos, taxón e o ambiente característico. Fonte: Modificado de Coe (2009).

Após a contagem e classificação dos fitólitos sob o microscópio, foram aplicados os índices fitolíticos, os quais permitiram inferir sobre a densidade da cobertura arbórea, D/P (Dicotiledôneas/Poaceae), Índice Climático, IC (Pooideae / Pooideae + Panicoideae + Cloridoideae) e, Índice de adaptação à aridez IPH (Cloridoideae *versus* Cloridoideae + Panicoideae) (Twiss, 1969; CALEGARI, 2008; COE, 2009; RAITZ, 2012; MONTEIRO, 2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 TURFA GUARÁ E SUA BACIA DE ACUMULAÇÃO

Localizada no reverso da escarpa da Esperança, a Turfa Guará está a 1200m acima do nível do mar e ocupa uma área de 10.154,03 m² com desnível de até 4 m. Sua disposição espacial permite estabelecer 4 eixos principais, quando considerada as maiores distâncias lineares entre suas extremidades. Cada um desses eixos têm determinadas peculiaridades que são importantes para compreender sua dinâmica.

O primeiro eixo A-B representa a porção mais ao norte da Turfa Guará, e se estende no sentido NW – SE (Figura 17). Neste eixo, apesar da amplitude altimétrica ser de 4 metros é o setor que tem a maior área com desnível de 1 metro. Na sua porção Norte, local de menor elevação da unidade, há uma área de escoamento de fluxos aquosos que pode ser considerada uma das nascentes dos rio das Pombas (Figura 17, Ex1).

O eixo C-D, é o setor que apresenta uma amplitude altimétrica de 3 metros. Neste setor foi aberta a trincheira que forneceu amostras destinadas aos ensaios laboratoriais (Figura 17 – Pa). Na borda ESE há formação de um canal de primeira ordem que drena a turfeira (Figura 17, Ex2). Já o eixo E-F, ocupa a área mais elevada da turfeira (Figura 17) e, diferentemente dos demais eixos, não possui nenhuma conexão com qualquer tipo de canal de primeira ordem ou de saída de fluxos superficiais ou subsuperficiais, que tenha sido identificado. O eixo G-H, disposto no sentido Norte – Sul (Figura 17) tem elevada amplitude altimétrica seccionando os demais eixos.

Dados topográficos de subsuperfície (base da turfeira), quando correlacionados com a topografia de superfície (Figura 18) não apresentam discrepâncias significativas. Tradagens efetuadas no corpo da turfeira não conseguiram indicar a presença de canais soterrados que indicassem a presença de paleofeições erosivas. Isto nos leva a acreditar que a forma de bacia da Turfa Guará se deve ao processo intempérico diferencial que ocorre neste tipo litológico. Este processo atuaria com maior eficiência em áreas vesiculo-amigdalóides do basalto, permitindo a imposição de uma área de acumulação de sedimentos e líquidos. Esta hipótese é reforçada pelo mapeamento sobreposto da superfície e subsuperfície (Figura 18) que demonstra a feição em bacia da Turfa Guará.

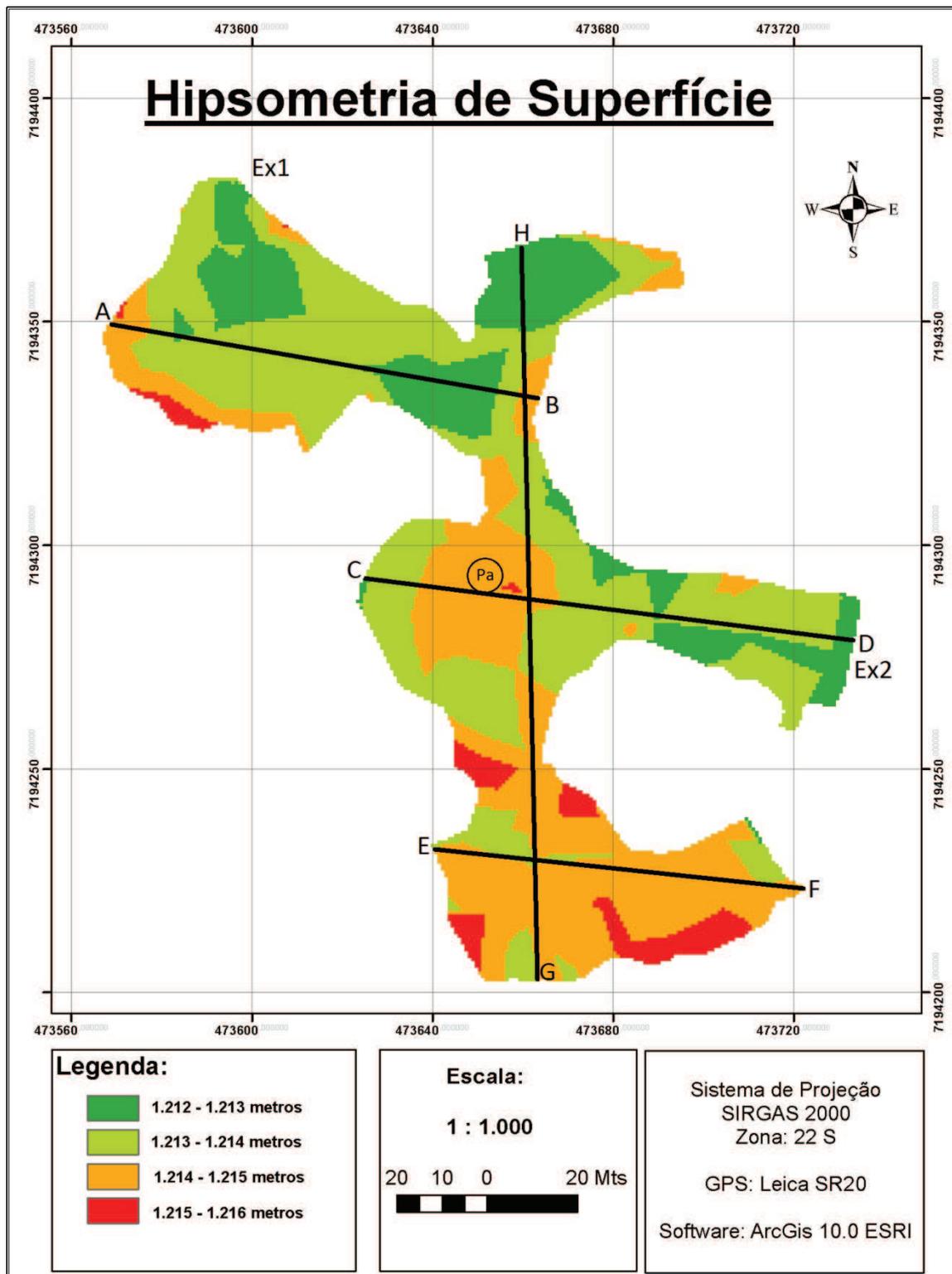


Figura 17: Mapa Hipsométrico da Turfa Guará. Eixo A- B; Eixo C – D; Eixo E – F; Eixo G – H; Pa – Ponto amostrado; Ex1 Eixo de escoamento 1; Ex2 Eixo de escoamento 2. Organização: Autor e Robson Ferreira de Paula.

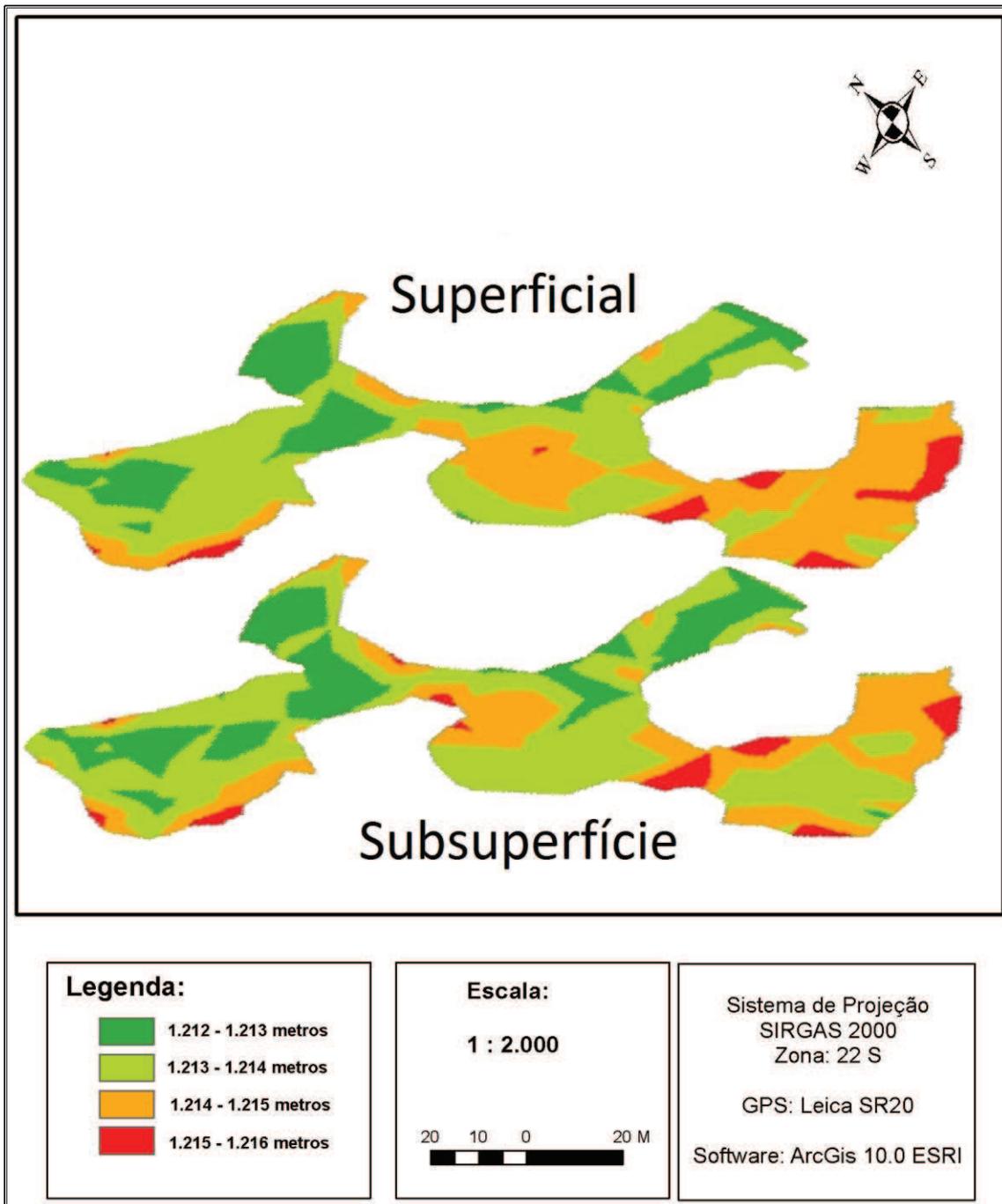


Figura 18: Mapa comparativo dos resultados do mapeamento superficial e subsuperficial.
Organização: Autor e Robson Ferreira de Paula.

5.2 A NATUREZA DO SEDIMENTO

5.2.1 Descrição macroscópica dos sedimentos

Ao longo do testemunho, a organização sedimentar permite identificar, macroscopicamente, 5 (cinco) unidades sedimentares. No topo do depósito, superfície da turfeira, há serrapilheira pouco decomposta. Seguindo, em direção a base ou fundo

do pacote sedimentar, ocorre uma camada de aproximadamente 20 cm de espessura, constituída de um emaranhado de raízes macroscópicas de tamanhos e espessuras variadas. Essas raízes aparentemente são pertencentes às gramíneas que ocupam a superfície da turfa. Essa estrutura permanece por quase toda a área ocupada pela turfeira, com exceção das bordas onde se observa um acúmulo de material pedológico oriundo das porções mais elevadas do entorno da Turfa Guará.

Na sequência, sentido base, há um material de coloração bruno-acinzentado muito escuro (GLE Y2 3/10BG, Munsell, 2000), ainda com presença de raízes em posição subvertical, porém com adensamento reduzido. A quantidade de raízes reduz concomitantemente com o aumento da espessura do sedimento, perdurando até os 75 cm de profundidade. Estas raízes são relativamente finas, com diâmetro não superior a 3 mm. Até este ponto a relativa porosidade do material garante que as partículas de água fluam mais livremente quando comparado com as camadas inferiores.

De 75 cm até 120 cm não são visíveis raízes e o sedimento assume uniformidade, tornando-se uma massa de coloração preto-esverdeado (GLE Y2 2.5/10BG, Munsell, 2000) acentua-se, assim como o grau de decomposição, que confere ao material forte plasticidade, quando comparado com as camadas descritas anteriormente, formando uma massa plástica e pegajosa.

A partir de 120 cm até 150 cm ocorre uma abrupta mudança em algumas características do material, principalmente na coloração, que passa a ser um cinza-escuro (5YR4/1, Munsell, 2000). O material sofre adensamento em comparação com as demais porções adjacentes, mas mantendo elevada umidade. É possível observar a presença de pequenos fragmentos lenhosos com tamanho variado, na média 0,5 cm e, grãos de areia de diversos tamanhos.

A do depósito é caracterizada por um material de textura arenosa ao tato e coloração bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, Munsell 2000) com mesclas cinzas e verde-claro-acinzentado (10YR 5/1 e GLE Y1 6/5G, Munsell 2000), possivelmente fruto da alteração do substrato rochoso. Durante algumas sondagens, observou-se que a espessura desta camada é variável, desde 2 cm ou 3 cm até 20 cm, podendo até ser inexistente em dados pontos, principalmente nas proximidades da borda.

No local da coleta do testemunho esta camada tinha apenas 3 cm. Tal diferença de espessura pode ser o resultado de diferenciação de alteração ou até mesmo de sedimentação. As maiores espessuras desta camada, sempre foram vistas onde o pacote sedimentar se apresentava mais profundo e com fundo relativamente plano.

5.2.2 Percentuais de matéria orgânica e gases voláteis

Os resultados obtidos indicam uma tendência de queda nos percentuais de gases voláteis e carbono orgânico, no sentido topo base. O acúmulo maior de gases estocados e mesmo carbono orgânico encontra-se a partir de 72 cm de profundidade, ganhando volume em direção à superfície. A figura 19 apresenta graficamente os resultados obtidos.

Fato que chama atenção, na figura 19 é que quantitativamente, o volume de gases e matéria orgânica são praticamente equivalentes dentro de cada unidade amostrada. A exceção ocorre quando os gases voláteis nas profundidades de 60-63cm e 69-72cm apresentam ligeira preeminência. Por outro lado, mesmo com resultados muito próximos, das 16 amostras processadas, 10 delas, apontaram percentuais de gases superiores à de carbono orgânico.

As concentrações de gases e carbono mais significantes foram observadas desde o topo até a profundidade 90 cm, sendo as taxas mais altas entre 24 e 36 cm, onde a quantidade de material queimado foi superior a 70% do peso total amostrado. Após este pico, ocorre uma gradual redução, que perduram até 114 cm, quando há relativa estabilização dos índices até a base do depósito, mas com quantidades totais sempre superiores a 20% e 26%, nesta porção de base.

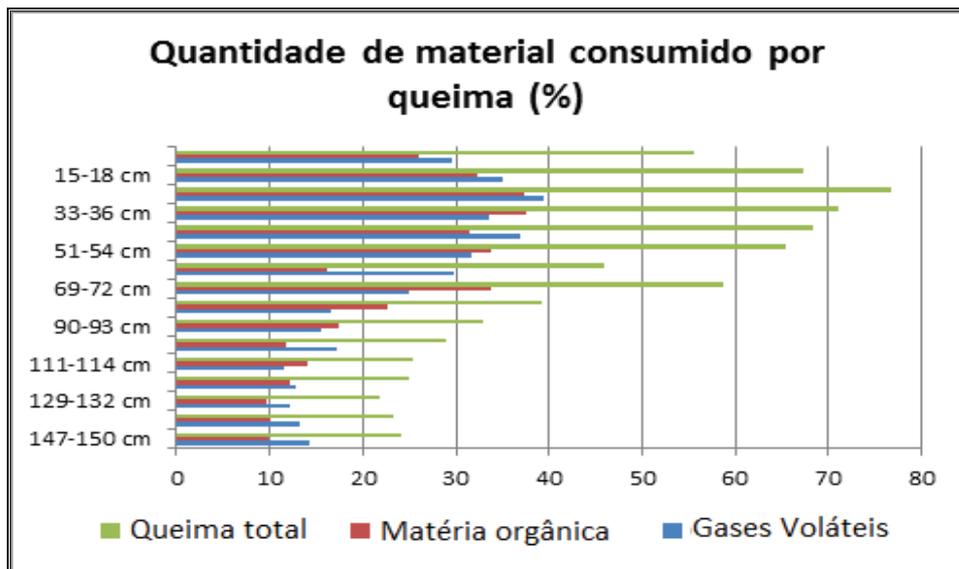


Figura 19: Concentrações de gases voláteis e matéria orgânica da turfa Guará, obtidas a partir da queima do material em Mufla.

5.3 MATERIAL BOTÂNICO

Do material coletado foi possível identificar plantas de 3 grupos: Angiospermas, Pteridófitas e Briófitas, totalizando 46 amostras pertencentes a 26 famílias botânicas, que estão listadas no quadro 2.

Angiospermas	
Família	Gênero/espécie
Poaceae	<i>Saccharum asperum</i> (Ness) Steud.
	<i>Poa annua</i> L.
	<i>Andropogon leucostachyus</i> Kunth
	<i>Aristida</i>
	<i>Panicum helolsium</i> Mez
	<i>Bomus catharticus</i> Vahl
Asteraceae	<i>Lessingianthus glabratus</i> (Less) H. Rob.
	<i>Baccharis crispa</i> Spreng
	<i>Baccharis crispa</i> Spreng. Cf
	<i>Mikania</i> sp.
Cyperaceae	<i>Carex brasiliensis</i> St.Hil
	<i>Scirpus</i> sp.
	<i>Rhynchospora</i> sp.
	<i>Eleocharis</i> sp.

Ericaceae	<i>Gaylussacia brasiliensis</i> (Spreng.) Meisn. Var pubescense
	<i>Gaylussacia pseudogautheria</i>
	<i>Gautheria serrata</i> (vell.) Sleumer ex Kin. Gouv.
Laminaceae	<i>Hoehnea scutellarioides</i> (Benth.) Epling
	<i>Hyptis lappulaceae</i> Mart. ex Benth
Melastomaceae	<i>Miconia hyemalis</i> Naudin
	<i>Rhynchanthera brachynhyncha</i> Cham.
	<i>Tibouchina ursina</i> (Cham.) Cogn.
Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw) R. Br. ex Roem Shult.
	<i>Myrcia laruotteana</i> Cambess.
	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC
Cunaniaceae	<i>Lamanonia epeciosa</i> (Camb.) L. B. Smith
	<i>Weinmannia pauliniifolia</i> Puhl ex Seringe
Gentianaceae	<i>Volyria aphylla</i> (Jacq.) Pers
Campanulaceae	<i>Siphocampylus</i> sp.
Solanaceae	<i>Solanun inodorum</i> Vell.
Loganiaceae	<i>Buddleja camprestris</i> (vell.) Walp
Fabaceae	<i>Lupinus multiflorus</i> Ders
Orquidaceae	<i>Prescottia stachyoides</i> (SW.) Lindl.
Onagraceae	<i>Fuchsia regia</i> (Vand.) Munz
Lauraceae	<i>Ocotea tristis</i> (Nees) Mez
Hypericaceae	<i>Hypericum rigidum</i>
Amaryllidaceae	<i>Hippeastrum</i> sp.
Rubiaceae	<i>Galianthe chodatiana</i> (Standl.) E. L. Cabral
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.
Hypoxidaceae	<i>Hypoxis decumbens</i> L.
Aquifoliaceae	<i>Ilex paraguariensis</i>
Pteridófitas	
Osmundaceae	<i>Osmunda cinnamomea</i> L.
	<i>Osmunda regalis</i> L.
Thelypteridaceae	<i>Thelypteris rivularioides</i> (Fée) Abbiatti
Blechnaceae	<i>Blechnum cordatum</i> (Desv.) Hieron
Briófitas	
Sphagnaceae	<i>Sphagnum</i> sp.

Quadro 2: Classificação do material botânico coletado sobre a Turfa Guará.

Fonte: Autor

O grupo das angiospermas, considerado o maior grupo de plantas, as 41 espécimes encontrada são pertencentes a 22 famílias botânicas, com destaque para Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Ericaceae, Melastomaceae e Myrsinaceae, contemplando respectivamente 6, 4, 4, 3, 3 e 3 representantes.

As Pteridófitas são encontradas de modo abundante na área de estudo, porém não são representadas por um grande número de famílias e espécies, ou seja, sua diversidade é baixa quando comparada com as Angiospermas, pois apenas 3 famílias foram encontradas, Osmundaceae, Thelypteridaceae e Blechnaceae.

Menos representativo ainda, foi o grupo das Briófitas, contemplando apenas o *Sphagnum* sp. da família Sphagnaceae. Porém, sua presença passa a ser um importante indicativo ambiental, uma vez que remete a um ambiente ácido e relativamente frio. Esta espécie é comum em turfeiras de zonas climáticas temperadas.

5.4 DATAÇÕES E RAZÕES ISOTÓPICAS

As duas datações realizadas e devidamente calibradas através do programa Calib 6.0, permitiram constatar que a idade do depósito na base do ponto amostrado (153cm) foi de 15.648 anos Cal AP. e, 4.921 Cal anos AP. na profundidade de 78-81cm. Isso indica que a turfa Guará tem origem ligada ao final do Pleistoceno, sob a ação do Último Máximo Glacial, com condições mais frias e secas que as atuais.

A porção central do testemunho tem idade Holocênica (4.921 anos AP cal), e está no limite considerado como “ótimo climático” entre 5.600 e 2.500 anos A.P. Segundo Sant’Ana Neto e Nery (2005), este parece ser o período mais quente do interglacial, quando as médias globais foram de 2^oC a 3^oC mais quente que a atualidade. Este fenômeno foi responsável pela elevação global do nível das águas oceânicas.

Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ (Quadro 3), indicaram a predominância de plantas C₃ (150, 123 e 75cm), no entanto em pelo menos 4 profundidades (99, 75 e 21cm) pode-se dizer que houve mistura entre plantas C₃ e C₄. Assim os valores mostram 2 momentos de abertura da vegetação, um a 99 cm e outro entre 48 cm até o topo.

Determinações isotópicas e tipo de planta		
Prof. (cm)	‰	Planta predominate
0	-19	MisturaC3/C4
21	-19,1	MisturaC3/C4
48	-21,9	MisturaC3/C4
75	-25,6	C3
99	-21	MisturaC3/C4
123	-27,5	C3
150	-27	C3

Quadro 3: Dados isotópicos encontrados ao longo do perfil da Turfa Guará.

Diante dos valores é possível estabelecer dois momentos de abertura da vegetação, um a 99 cm e outro entre 48 cm até o topo.

5.5 DADOS FITOLÍTICOS

5.5.1 Material encontrado

A figura 20 ilustra os morfotipos mais representativos encontrados ao longo do perfil amostrado. É visível a superioridade quantitativa da forma *Elongate*, correspondendo com mais de 40% do total contabilizado. Posteriormente, mesmo com a metade da representatividade dos *Elongates*, os *Bulliforms* foram encontrados em grande número, seguido por *Rondel*, *Bilobate* e *Saddle* respectivamente.

Como “Outros” é considerado um conjunto de formas que tiveram menor ocorrência, como *Papillae*, *Globular*, *Cross*, *Hair*, *Trapeziform*, *Thacheid* e *Cylindrical Polylobate*, assim como, algumas poucas formas esporádicas não classificadas. Este material, apesar de pouco presente foi de grande valia na determinação de fases ambientais e consequente interpretação do ambiente passado. Os morfotipos de fitólitos visualizados estão indicados nas figuras 21 e 22.

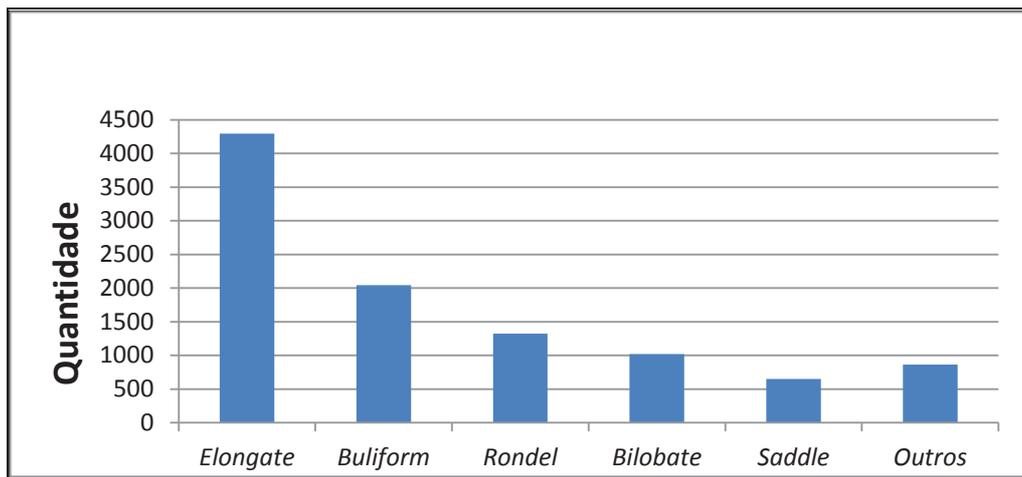


Figura 20: Morfotipos encontrados e suas respectivas quantidades. O valor é referente à soma das 51 amostras, totalizando 10200 fitolíticos.

5.5.1.1 *Elongates*

A forma *Elongate* além de ser encontrada em maior número, pode-se dizer que foi a que manteve maior estabilidade, apresentando apenas uma mudança abrupta a partir dos 132-135 cm até 63 cm, onde marca um salto deposicional, cujo acréscimo chega a caracterizar a forma como responsável por mais da metade do material total contabilizado dentro de uma seção (Figura 23). A partir dos 63 cm até o topo do depósito, observa-se gradual redução na representatividade desta forma. Esta situação pode ser vista como uma especificidade, uma vez que esta particularidade não se repete nos demais morfotipos, como será visto adiante.

5.5.1.2 *Bulliforms*

Os *Bulliforms* seguem uma tendência proporcionalmente inversa aos *Elongates*, sendo seu maior pico de deposição encontrado desde a base do depósito até a profundidade de 135 cm, onde há abrupta redução, se mantendo em direção ao topo do depósito até a altura dos 57 cm. A partir dos 57 cm a quantidade deste morfotipo se mantém praticamente estável até o topo, salvo por exacerbação na altura de 27-30 cm (Figura 23).

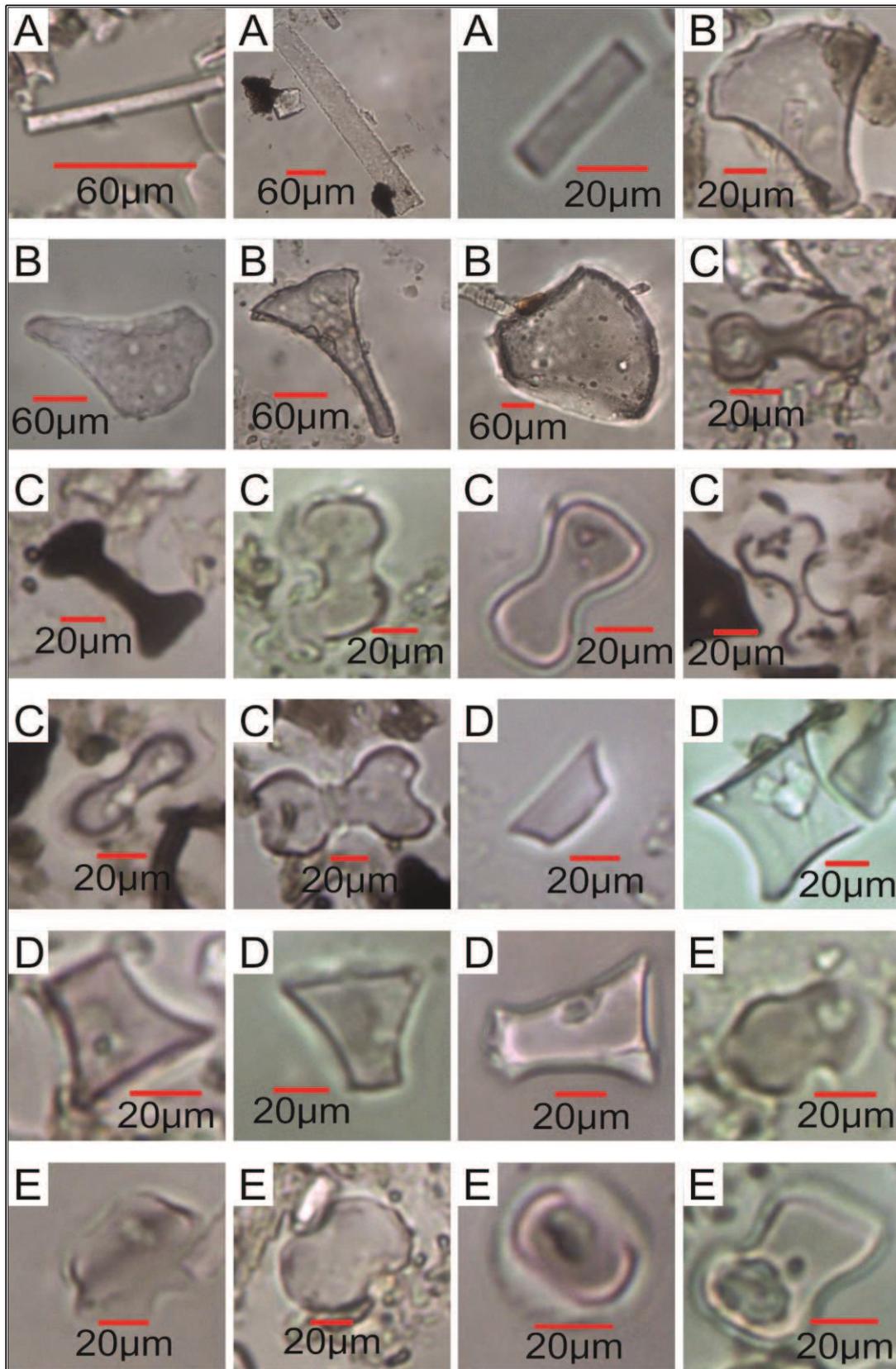


Figura 21: Microfotografias dos principais morfotipos encontrados. A: *Elongate*; B: *Bulliform*; C: *Bilobate*; D: *Rondel*; E: *Saddle*.

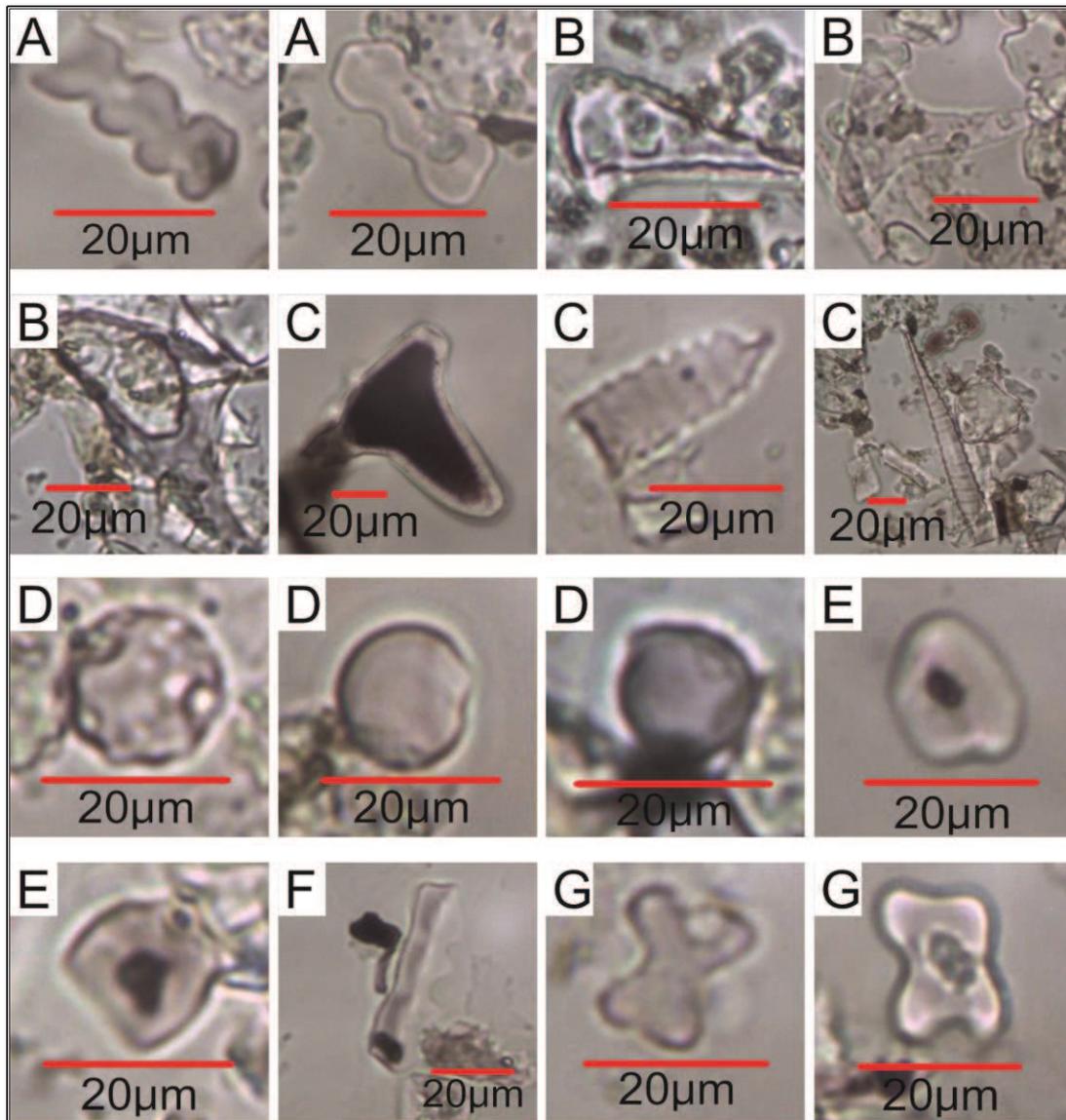


Figura 22: Microfotografias dos morfotipos encontrados e classificados como ‘Outros’. **A:** *Cylindrical Polylobate*; **B:** *Hair*; **C:** *Tracheid*; **D:** *Globular*; **E:** *Papillae*; **F:** *Trapeziform*; **G:** *Cross*.

5.5.1.3 Rondel

O morfotipo *Rondel* (Figura 23) tem um comportamento ora similar ao dos *Elongates*, ora acompanhando a tendência dos *Bulliforms*. Sua deposição é extremamente baixa na base do depósito, em comparação com o restante do testemunho, com contagens que não ultrapassam 10 exemplares por seção, o que representa uma porcentagem de 5% do material contabilizados. Seu pico produtivo ocorre entre 117-100 cm, quando estas seções juntas representam quase 25% do material total visualizado.

Na sequência, entre 100 e 18 cm, ainda que com oscilações, prevalece uma tendência de queda, mesmo quando rápidos aumentos ascendentes surgem são acompanhados de respectiva queda. Próximo ao topo tem-se nova ascensão, que marca a maior quantidade encontrada ao longo do depósito.

5.5.1.4 *Bilobate*

A distribuição do morfotipo *Bilobate* seguiu uma tendência de ascensão no sentido base - topo. Da base até a profundidade de 105 cm, a média de elementos encontrados por seção ficou a baixo dos 5%, como ilustra a Figura 23.

Mesmo ocorrendo uma elevação na quantidade do material com a proximidade do topo, essa ascendência que inicia abruptamente a partir dos 102-105 cm, também é interrompida da mesma forma entre a casa dos 80-87 e 27-39 cm de profundidade, tornando-se instável entre 24 cm até o topo. A maior ocorrência entre 9-12 cm, levou esse morfotipo representar quase $\frac{1}{4}$ do total contabilizado na amostra.

Nota-se que na porção basal a deposição é de baixa expressão, seguida por dois momentos, de elevação e queda bem marcada. Na proximidade do topo ocorre uma série de variações, mas prevalece a tendência de aumento.

5.5.1.5 *Saddle*

A quantidade e distribuição da forma *Saddle* não foi expressiva em comparação com as demais formas visualizadas. Das 51 amostras, praticamente a metade destas refletiu menos de 5% do total fitolítico contabilizado por seção e, em apenas dois momentos, próximos do topo do depósito, obteve-se mais de 25 unidades visualizadas, contribuindo com algo em torno de 15% do total visualizado (Figura 23).

Dos principais morfotipos encontrados, *Saddle* foi o que teve menos expressividade, sendo representado por pouco mais de 5% do material total do testemunho. Resumidamente seu comportamento mostra dois picos de produção acompanhados de queda. Assim, da base do depósito até a profundidade de 135 cm em média é visualizado 7 representantes por unidade. Na primeira ascensão, a quantidade chega a ser o triplo do visualizado na base (117 cm de profundidade). A parte central a partir de 100 cm até 42cm, a quantidade visualizada varia de modo pouco expressivo (entre 5 e 11 unidades). Na profundidade de 45 cm pode ser considerada como ponto

que marca novo aumento que é interrompido por nova queda em sentido topo como mostra a figura 23.

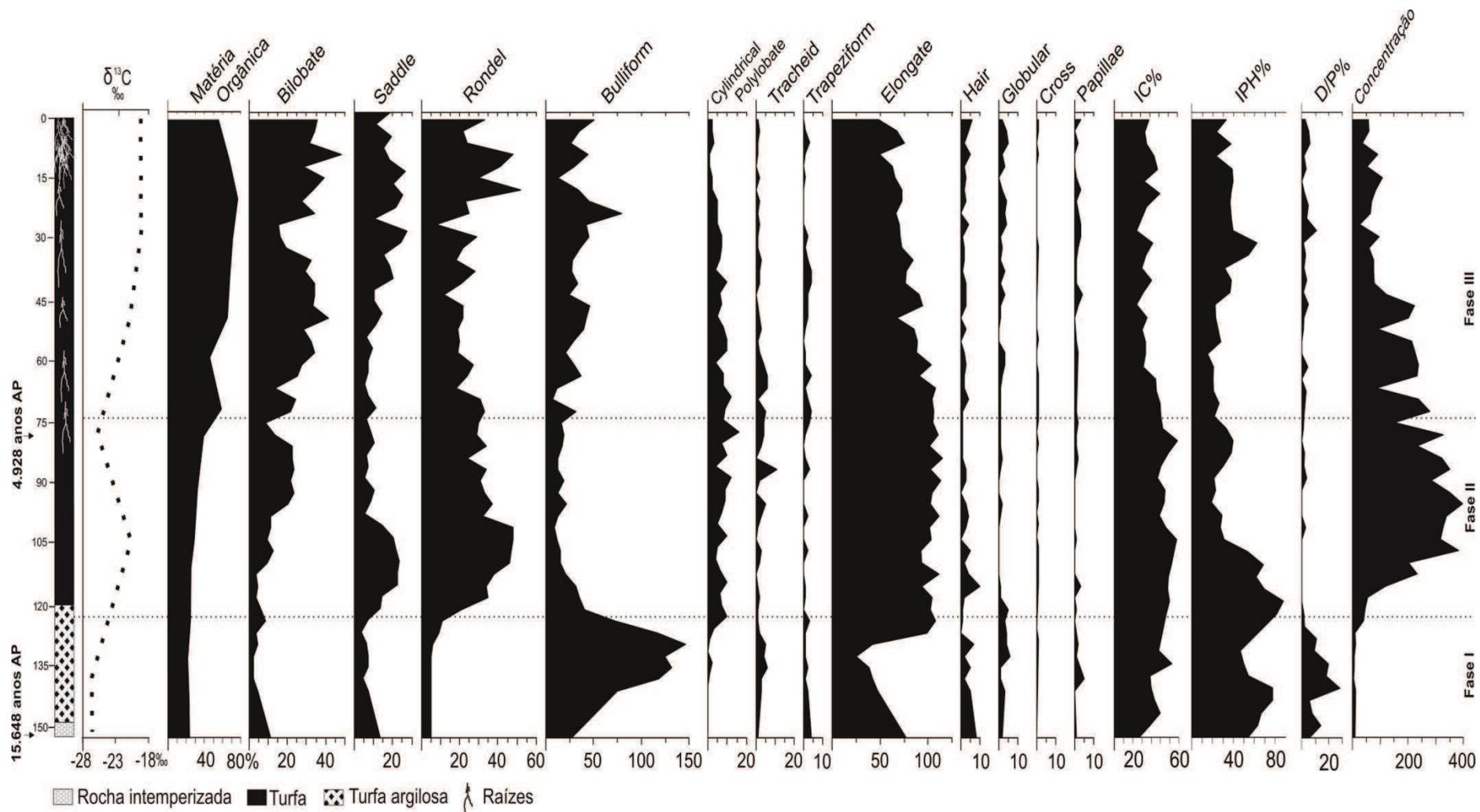


Figura 23: Palinodiagrama, contemplando além das informações fitolíticas, Datações ^{14}C , sedimentologia, valores de $\delta^{13}C$, percentuais de matéria orgânica.

5.6 AS FASES PALEOAMBIENTAIS

A partir da junção das informações das datações, dos dados das assembleias fitolíticas, percentuais de matéria orgânica e índices aplicados, obteve-se como resultado o palinodiagrama (figura 23). O gráfico permite delinear 3 fases paleoambientais, datadas a partir do Pleistoceno superior até os dias atuais.

5.6.1 Fase I

A fase I inicia a 153 cm de profundidade tem idade de 15.648 anos cal. AP. Esta fase é caracterizada por uma baixa concentração fitolítica e por um sinal isotópico marcado exclusivamente por plantas do tipo C_3 (a média na fase do $\delta^{13}C$ foi de -25‰, figura 23), o que sugere um ambiente com predomínio de vegetação fechada.

Entretanto, ao se analisar a concentração de *Bulliforms* no perfil e índice IPH%, constata-se uma aparente incoerência, pois o morfotipo sugere estresse hídrico ao mesmo tempo em que o IPH% indica aumento de umidade na fase. Esta aparente incoerência se deve a baixa concentração de fitólitos, o que inviabiliza uma correlação confiável dessas informações. Porém, acredita-se na maior umidade em função do sinal isotópico indicar plantas C_3 .

Outra explicação que possa justificar a presença exagerada de *Bulliforms* nos é apresentada por Twiss et al. (1969) e Coe et al. (2011), quando dizem que por serem maiores são mais resistentes ao intemperismo. Talvez esta situação tenha ocorrido na Turfa Guará, tendo em vista que nas leituras do material da base do depósito, houve predomínio de indivíduos robustos, como *Elongates* e principalmente os *Bulliforms*, muitos com marcas de intemperismo.

Entretanto é quase um consenso na literatura que períodos de resfriamento global da atmosfera (estádios glaciais) implicariam em clima mais seco, ou mesmo árido, em áreas tropicais e subtropicais, enquanto períodos de aquecimento global (estádios interglaciais) teriam clima mais úmido (DE OLIVEIRA et al., 2006). Porém, esse modelo (frio/seco; quente/úmido) é difícil de ser aplicado aos resultados expostos neste trabalho.

É mais provável que os dados possam corroborar as hipóteses estabelecidas por Ab`Saber (1977b) (Figura 24), pois segundo este renomado pesquisador, as matas durante o Último Máximo Glacial, se reduziram a agrupamentos de refúgios localizados

em porções topográficas mais favoráveis à captação de umidade. Sob esta óptica os refúgios da Serra do Mar, entre Santa Catarina e Espírito Santo permaneceram em faixas descontínuas, nos pontos mais elevados expostos à maior umidade. Enquanto as terras baixas costeiras, estendidas para setores da plataforma continental eram relativamente muito mais secas (AB'SÁBER, 1977b).

Cabe salientar que, algumas áreas de planaltos subtropicais e mesmo tropicais, da porção centro-sul do Planalto Brasileiro, foram mais secos e ligeiramente mais frios. Estas condições fisiográficas favoreceram as florestas de Araucárias que se expandiram, acompanhando as terras altas do Brasil, como as escarpas entre os segundo e terceiro planaltos do Paraná que se estendem por São Paulo e a Serra de Paranapiacaba. Estas formações florestais atingiram os altos da Mantiqueira e Bocaina e se estenderam por Minas Gerais e a Serra Fluminense (VIADANA, 2002).

Nessa linha de pensamento Ab'Sáber (1977b) acrescenta ainda, que o domínio das Florestas de Araucárias era bem menos compacto e contínuo, entremeado por setores sub-rochosos, estepes secas e, um tanto deslocadas para o Norte, através das ditas serras alongadas dotadas de cimeiras sub-úmidas e úmidas (Figura 24).

As interpretações estabelecidas nessa fase indicam que o predomínio de vegetação campestre nos setores mais elevados do relevo em áreas tropicais, durante os períodos mais frios do Pleistoceno tardio (BEHLING, 1996, 1997) deve ser considerado com cautela, priorizando considerações evolutivas locais (THOMAS et al. 2001). Vale destacar, entretanto, que Behling (1997) indica para os Campos Gerais, no período entre 12.480 e 9.660 anos AP, o predomínio de vegetação de campos, com provável ocorrência de grupos espalhados de floresta tropical Atlântica e de Araucária nos vales, sugerindo climas mais secos e mais frios que os atuais.

Segundo De Oliveira et al. (2006) que estudaram duas sequências estratigráficas na região de São Bento do Sul-SC, indicam que durante o final do Pleistoceno, os índices evidenciaram temperaturas e precipitações abaixo das atuais, no entanto, as cabeceiras de vale mantinham ambientes locais relativamente úmidos.

Porem Pessenda et al. (2009) trabalhando com uma área de Mata Atlântica localizada na Serra do Mar, na zona costeira do estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, encontraram durante o Pleistoceno um clima mais frio e úmido que, passou a quente e

úmido durante o Holoceno. Esta umidade pode ter sido mantida graças a influência da bacia amazônica sobre a região e permitiu que plantas C_3 se mantivessem.



Figura 24. Configuração das paisagens durante o máximo glacial.

Fonte: Ab'Sáber (1977b).

A interpretação para esta fase é inédita para o Paraná no final do Pleistoceno, pois destoam de outros trabalhos realizados. Melo et al. (2003), estudaram os sedimentos quaternários situados em Ponta Grossa-PR, distante aproximadamente 120 km da Turfa Guará, e, indicaram que em ~16.000 anos AP houve acentuada denudação das encostas, evidenciando condições mais severas de desequilíbrio ambiental.

Já Fernandes (2008) e Rezende (2010), que estudaram o conteúdo sedimentológico (espículas de esponjas e grãos de pólen respectivamente) de lagoas situadas a aproximadamente 300 km a noroeste da Turfa Guará (municípios de Jussara e

Japura respectivamente), indicam que o clima foi menos úmido no final do Pleistoceno do que atualmente.

Os resultados na fase I também não indicam correlação com os trabalhos realizados por Pessenda et al. (1996, 2001, 2004), abrangendo área de vegetação nativa no município de Londrina (~250 km de distância ao norte da Turfa Guará), que verificaram o predomínio de plantas C₄ no final do Pleistoceno até aproximadamente o Holoceno Médio. Fato que evidencia a existência de um clima menos úmido que o atual durante esse período.

Guerreiro (2011) utilizando espículas de esponja, fitólitos e diatomáceas na região de Querência do Norte/PR (~350 km a noroeste da Turfa Guará) apontou dois eventos onde foi sentida a redução de água no ambientes, um marcado na Lagoa Coceira, datado em 26.900 ± 5.000 (LOE) e outro na Lagoa Milharal, datado em 20.600± 4.800 (LOE).

Santos (2013), estudando os fitólitos depositados na planície de inundação do rio Ivaí na região de Douradina/PR (~330 km noroeste da Turfa Guará), detectou idades (LOE) 19.900 ± 2.800 anos (LOE) e 13.250± 1.890 anos, caracterizado fase de canal ativo e abandono (canal não ativo) respectivamente sob condições mais secas que as atuais

A pobre deposição fitolítica aliada aos resultados de $\delta^{13}\text{C}$, assim como, a divergência dos dados obtidos a partir da Turfa Guará com aqueles obtidos por demais pesquisadores, no estado do Paraná, permite-nos acreditar que no Pleistoceno Tardio, a área poderia ser um refúgio florestal, reavivando mais uma vez as hipóteses levantadas por AB'SÁBER (1967, 1971, 1977, 1977b), Bigarella (1964, 1975) Maack (1981).

5.6.2 Fase II

A Fase II compreende 75 a 120 cm de profundidade e sua idade foi datada por ¹⁴C em 4.921 anos cal. AP. Esta datação corresponde ao final dessa Fase (80 cm de profundidade). Nela há um significativo incremento na concentração de fitólitos, na verdade é a maior concentração dentre as três fases identificadas, passando de 10/15 unidades contadas por transecto (na base do testemunho) para uma média superior a 200, chegando a 400 unidades nas porções mais abastadas (Figura 25), que pode indicar presença de gramíneas. Essa concentração fitolítica permite correlações mais confiáveis entre os índices e os morfotipos, contidos no palinodiagrama.

Os índices IPH%, IC% e D/P% demonstram mudanças no ambiente da Turfa Guará nessa Fase. Do início para o final da Fase, a disponibilidade de água tornou-se progressivamente maior (Figura 23, IPH), a temperatura parece oscilar levemente e a vegetação tende a se abrir mais.

A tendência de menos umidade desde o início até o meio da Fase II pode ter sido a responsável pela abertura da vegetação, como mostram os resultados dos isótopos estáveis (-27,5‰ para -21‰). É prudente salientar que esta diminuição de plantas C₃ e aumento de plantas C₄, não chega a caracterizar mudança do tipo de vegetação, o que se tem é um misto C₃/C₄, tendendo mais para C₃. No final dessa fase um empobrecimento isotópico demonstra o retorno das plantas C₃ (-25,6‰), acompanhada de maior aporte de água (IPH).

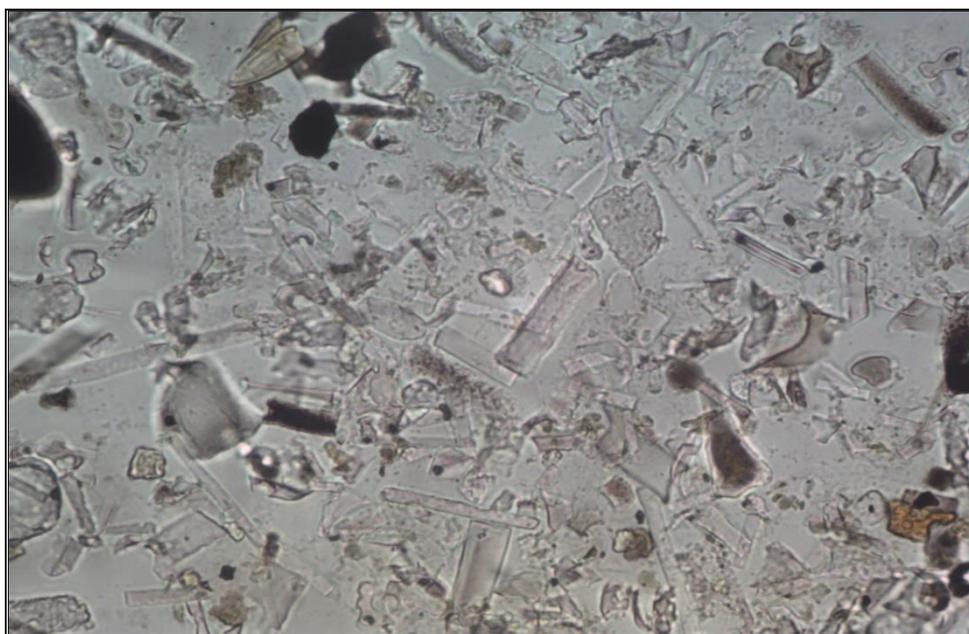


Figura 25: Microfotografia com grande quantidade de fitólitos observados em transecto nas profundidades de 91-94 cm.

Calegari et al. (2011) que trabalharam com fitólitos depositados em perfil de solo no município de Guarapauva-PR, a uma distância aproximada de 25 km à oeste da Turfa Guará, também constaram, a partir de seus dados isotópicos, um misto formado por plantas do tipo C₃/C₄ com valor de $\delta^{13}\text{C}$ -21‰, sugerindo uma vegetação mais aberta. Estas características parecem ter se mantido até meados do Holoceno.

Por outro lado a partir de 95 cm de profundidade, o IPH% decaiu e a presença do morfotipo *Bilobate* sugere maior aporte de água no ambiente. Estes dados vêm de

encontro com os resultados obtidos por Guerreiro et al. (2010) em Querência do Norte – PR e Calegari et al. (2011) em Salinas - MG, quando observaram o aumento da disponibilidade de água datada por volta dos 7500 anos AP.

Pessenda et al. (1996, 1998a-b, 2001, 2004) e Santos (2013) encontraram condições climáticas menos úmidas desde o Pleistoceno tardio até o médio Holoceno. Santos (2013) em trabalho realizado na planície do rio Ivaí (PR) demonstra que períodos secos foram intercalados por eventos úmidos até próximo dos 2.000 ano AP. Estas informações parecem estar em acordo com os dados obtidos na turfa Guará, a qual passou de um ambiente menos úmido que o atual a 15.648 anos cal. AP, para um ambiente com maior disponibilidade de água no final da Fase II (4.928 anos cal. AP).

5.6.3 Fase III

Esta Fase que se estende desde a profundidade 75 cm até a superfície da turfeira. A base dela é quase coincidente com a datação da Fase II (4.928 anos cal. AP). Ela se inicia na inflexão dos dados isotópicos os quais passam de -25,6‰ para -19,1‰ na superfície da turfeira, sugerindo uma tendência a abertura da vegetação.

De modo geral, a concentração de fitólitos decresce desde o início da Fase até 45cm, estabilizando-se a partir dessa profundidade até o topo do testemunho. Ao mesmo tempo, a presença de Panicoidae atinge sua maior expressividade assim como a participação da família Arecaceae. O índice IPH% sugere um aumento da umidade no início da Fase seguida de redução desta até o topo do testemunho. O IC% indica suave elevação da temperatura seguida de oscilações térmicas, ora levemente mais frio, ora mais quente.

Por outro lado, se observa uma significativa participação do morfotipo *Saddle*, a partir da porção central da Fase até a superfície. Esta presença pode ser explicada pelas próprias características ambientais da região de Guarapuava, considerada uma região fria do estado do Paraná, assim como, pelo local onde a Turfa Guará esta inserida, nas porções elevadas da escarpa da Esperança, em altitude superior a 1200 metros.

Entre 4.922 ± 59 e 1.715 ± 29 anos AP., de acordo com os estudos de Calegari et al. (2011) ocorre redução de Araucariaceae e aumento de Panicoideae e Cloridoideae, em seus estudos para o perfil referente à Guarapuava-PR. Essa participação de Poaceae

também foi sentida na Turfa Guará pela introdução de *Bilobate* e *Saddle*. Calegari et al, (2011) observaram também, fitólitos amarelados e fragmentos de carvão nestes limites, sugerindo a presença de incêndios, sob vigência de clima quente e seco. Talvez, o pico seco e quente encontrado na altura de 20cm na Turfa Guará (Figura 23) estejam em consonância com os dados dos autores supracitados.

A partir de 1.715 ± 29 anos AP ocorre uma tendência de abertura da vegetação, e introdução de *Araucariaceae* e manutenção na presença de *Panicoideae*, no perfil de Guarapuava-PR (CALEGARI et al., 2011). Esta tendência de abertura da vegetação é evidenciada na Turfa Guará a partir dos isótopos estáveis (-19.1‰). Correlacionam-se também os resultados de *Panicoideae*. Esta tendência de abertura da vegetação assim como a introdução de *Panicoideae* a partir do morfotipo *Bilobate*, já havia sido salientado por Candelari et al. (2012) e Silva et al. (2012).

Mesmo a fase sendo marcada por leves flutuações na temperatura, disponibilidade de água (IC% e IPH), é sugestivo que o ambiente nessa Fase tenha sido muito similar com as condições ambientais vigentes atualmente. Tendo em vista que as oscilações identificadas no palinodiagrama (Figura 23) não demonstraram grandes mudanças no ambiente. Quanto a vegetação, segue a sugestão apresentada na fase anterior, que esta mistura C_3/C_4 , se dá em função da própria expansão da Turfa Guará, e das espécies que colonizam sua área atualmente, como pôde ser observado no Quadro 2. Outra possibilidade para este *mix* vegetacional é que a presença significativa de *Panicoideae* se dá em associação com ambiente de floresta.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como o objetivo do trabalho foi identificar as condições ambientais passadas que vigoraram na Turfa Guará, pode-se dizer que os resultados alcançados a partir da análise do material encontrado na área de estudo, sobretudo fitólitos, foi satisfatório e supriu as expectativas iniciais.

Isso nos permite afirmar o quanto áreas turfosas são valiosas por armazenar em seus estratos uma série de informações paleoambientais passíveis de análise e interpretação, sobretudo, por meio de dados palinomórficos.

Em relação ao sedimento da Turfa Guará foi possível observar por meio das datações ^{14}C , que a base da coluna sedimentar amostrada apresenta uma idade de 15.648 anos cal AP.

Neste mesmo sentido, se observou que quanto mais profundo e decomposto for o material sedimentado, menores serão as quantidades de carbono orgânico e gases voláteis encontrados. Isso sugere que, concomitantemente com a elevação da decomposição ocorre redução do carbono e consequente liberação de gases. Estas afirmações são possíveis a partir dos dados obtidos pela queima em mufla do material sedimentar. Estes mostraram também que praticamente metade do peso seco do material coletado da Turfa Guará é formado pela presença de matéria orgânica e retenção de gases.

No que tange ao material botânico, ficou evidenciada uma elevada diversidade, tendo em vista que das 46 espécimes coletadas, 26 foram de famílias diferentes, tendo destaque Poaceae, Asteraceae e Cyperaceae.

Por outro lado, a presença de um elemento da família Sphagnaceae (*Sphagnum* sp.), nos mostrou que a Turfa Guará se mantém permanentemente saturada de água e possui elevada acidez. Outro dado que a presença desta espécie sugere, é que a área estudada é relativamente fria, tendo em vista que este elemento se faz presente de maneira mais efetiva em turfeiras de zonas temperadas.

Com a interpretação das assembleias fitolíticas, datações e análises isotópicas foi possível caracterizar 3 Fases, que em linhas gerais demonstram uma tendência de abertura da vegetação a partir da introdução de elementos C_4 e, que as temperaturas, mesmo com algumas oscilações, se mantiveram muito próximas as da atualidade.

De maneira resumida, as Fases traçadas mostram que na base do testemunho coletado datado de 15.648 anos cal. AP, o ambiente era formado por vegetação mais

fechada, fortemente marcada por plantas C_3 . Em segundo momento o incremento de carbono associado com redução da disponibilidade hídrica, possibilitou introdução de plantas C_4 e permitiu o maior acúmulo de material residual, favorecendo a expansão do depósito. No fim da Fase II (sentido Holoceno médio) se tem nova introdução de plantas C_3 com sinal isotópico de $-25,6\text{‰}$ e aumento da disponibilidade hídrica. Por fim, a terceira e última fase traçada, compreendendo praticamente os últimos 4.921 anos, mostra que o ambiente se manteve praticamente estável com características bem próximas das configurações atuais, e os dados isotópicos demonstram um misto de plantas C_3/C_4 .

Cabe salientar, em ressalva, que esta abertura da vegetação, visível em dois momentos, são aqui interpretadas como leves flutuações, uma vez que, não chegam a inferir mudança da tipologia vegetal, por exemplo, passando de mata para campo, uma vez, que nunca os dados obtidos, sobretudo, isotópicos, chegaram a caracterizar vegetação aberta. Assim, os dados obtidos sugerem que a área estudada manteve-se predominantemente ocupada com espécimes arbórea, em alguns momentos entremeada por gramíneas.

Com base nestas informações, a figura 26 apresenta hipótese sobre a evolução paleoambiental da região estudada.

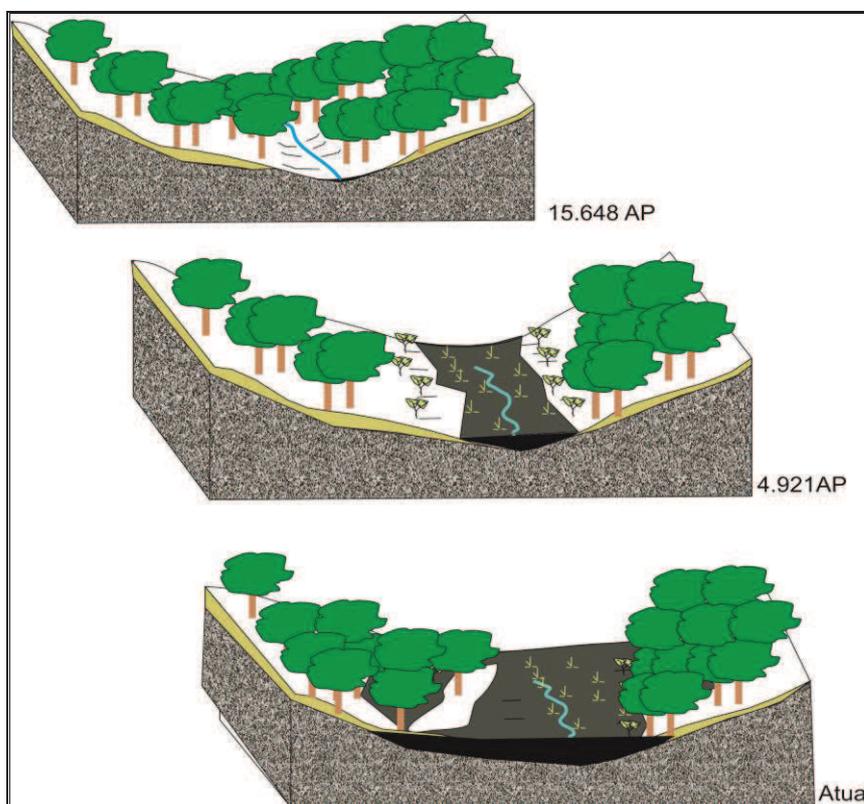


Figura 26: Hipótese evolutiva do ambiente da Turfa Guará
Organização: Autor e Mauro Parolin.

Desta forma, em virtude das informações levantadas, principalmente a partir dos dados *proxi*, em associação com as características físicas do ambiente em que a Turfa Guará se encontra, nos permite sugerir que a área estudada se trata de uma zona de refúgio florestal, resultado este inédito tanto para a região de Guarapuava quanto para o estado do Paraná. Isto porque é ideia corrente no meio científico que durante o Pleistoceno perdurou sobre a região um clima mais frio e seco que o da atualidade. Entretanto, os dados obtidos neste trabalho indicam que a região onde esta localizada a Turfa Guará teve um ambiente mais úmido do que o sugerido na bibliografia especializada.

Isso nos leva a confirmar que as teorias sobre a existência de áreas de refúgio florestal levantadas Ab'Saber (1967, 1971, 1977, 1977b), Bigarella(1964, 1975), Maack (1981), durante o Pleistoceno procedem. Estes autores, pioneiros na concepção do paleoambiente Brasileiro já afirmavam que mesmo sob um clima mais seco e frio, favorável à vegetação aberta, determinadas áreas como porções deprimidas próximas de corpos hídricos e de elevada altitude, se mantinham vegetadas por matas, em função da maior umidade.

Tal confirmação passa a ser um ponto de partida, e traz a possibilidade da realização de novos estudos na tentativa de mapear outras áreas de refúgio, para com isso entendermos de maneira menos subjetiva onde se encontram estas zonas e de onde partiram os pulsos de expansão e retração da vegetação frente às imposições climáticas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A.N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. *Revista Orientação*. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo (IGEOG/USP). São Paulo, 3: 45-48, 1967.
- AB'SÁBER, A.N. Organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. *In: Simpósio sobre o Cerrado*. Editora da Universidade de São Paulo/Editora Edgar Blücher. São Paulo, p.1-14, 1971.
- AB'SÁBER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 52, p. 1-22, 1977.
- AB'SABER, A. N; Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas* (3).São Paulo. 1977 b.
- ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J.-D.; MARIOTTI, A.; SOUBIES, F. Late holocene phytolith and carbon-isotope record from a latosol at Salitre, South-central Brazil. *Quaternary Research*. San Diego. V. **51**, 187–194, 1999.
- ALONSO, M. T. A. Vegetação. *In: Geografia do Brasil: Região Sul*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro, p.81-109, 1973.
- BAUERMANN, S. G.; MACEDO, R. B.; BEHLING, H.; PILLAR, V.; NEVES, P. C. P. das. Dinâmicas vegetacionais, climáticas e do fogo com base em palinologia e análise multivariada no Quaternário tardio do Sul do Brasil. *Rev. Bras. de Paleontol.* 11(2) 87-96, 2008.
- BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history from the tropical mountain region of Morro de Itapeva, SE Brazil *In: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 129: 407-422, 1996.
- BEHLING, H. Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil) *Review of Palaeobotany and Palynology*. Amsterdam, 97, 109-121, 1997.
- BIGARELLA, J. J. 1964. Variações climáticas no quaternário e suas implicações no revestimento florístico do Paraná. *Bol. Paranaense de Geografia*. Curitiba. n. 10, 11,12, 13, 14 e 15. p. 211-231.
- BIGARELLA, J. J.; ADRADE-LIMA, D.; RIEHS, P. J. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 47 (suplemento): 411-464, 1975.
- BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das pasagens tropicais e subtropcas. *Floranópolis: Ed. da UFSC*, v.3 p. 877 – 1436, 2003.
- BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. Trad. Antônio B. Neiva Figueiredo. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.p.547-570.

CALEGARI, M. R. Ocorrência e significado paleoambiental do horizonte A húmico em latossolos. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP. 256p. Piracicaba, 2008.

CALEGARI, M. R.; TORRADO, P. V.; MADELLA, M.; PESSEDA L. C. R.; MARQUES, F. A. Reconstrução das condições de formação de horizontes húmicos em latossolos por análise fitolítica. In: *XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. III Encontro do Quaternário Sulamericano. XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives*. 6p. 2011. Extraído em: www.abequa.org.br

CALIB 6.0. *Programa de calibração de Radiocarbono*. Disponível em: <http://calib.qub.ac.uk/calib/calib.html>

CAMARGO FILHO, M. *Aspectos Fundamentais da Evolução Geomorfológica Cenozóica da Bacia do rio Bananas- Guarapuava – PR*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 1997.

CAMARGO, G. *O significado paleoambiental de depósitos de depósitos de encosta e de preenchimento de canal no município de Lapa no sul do Segundo Planalto Paranaense*. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

CANDELARI, B. A.; PAROLIN, M.; SILVA, D. W. da; CAMARGO FILHO, M. Análise dos fitólitos encontrados em sedimentos turfosos no município de Guarapuava-PR. . In: *XIX Reunião anual da sociedade brasileira de Paleontologia Paraná- Santa Catarina, 2012*. Disponível em: <https://sites.google.com/site/paleo2012prsc/about-us>

Carta Topográfica Folha: SG.22-V-D-III-3. MI-2838/3 *Ministério do Exército*.

CENA/USP. Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Lab. ¹⁴C. <http://www.cena.usp.br/pt/laboratorio-dvtec/carbono-14>

COE, H. H.G.; CARVALHO, C.N.; ALEXANDRE, A.; VIDAL, D.; SILVA, A. S. Utilização de silicofitólitos extraídos de perfis de solo como indicadores da evolução da vegetação xerofítica de búzios, Rio de Janeiro, durante o Quaternário. In: *XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Gramado-RS, 5p; 2007.

COE, H. H. G.; CHUENG, K. F.; GOMES, J. G. Mudanças possivelmente antrópicas na cobertura vegetal na região de Búzios, Rio de Janeiro, identificadas através de análises de fitólitos. *Revista Tamoios*. Ano VII. Nº 2, p.1-17 2011.

Comissão Internacional de Estratigrafia – ICS (Tabela) 2010.

CORDEIRO, J. & RODRIGUES, W. A. Caracterização fitossociológica de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Guarapuava, Pr. *R. Árv.* v.31, n.3, p.545-554, 2007.

COSTA, C. S. B.; IRGANG, B. E.; PEIXOTO, A. R.; MARANGONI, J. C. Composição florística das formações vegetais sobre uma turfeira topotrófica da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Bot. Bras.* 17(2): 203-212. 2003.

DE OLIVEIRA, P. E. BEHHLIG, H.; BARBERI, M.; LEDRU, M. P. BUSH, M.; SALGADO-LABOURIAU, M. L.; GARCIA, M. J.; MEDEANIC, S.; BARTH, O. M.; BARROS, M. A. de; SHEEL-YBERT, R. Paleovegetação e paleoclimas do Quaternário no Brasil. In: . In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S.; DE OLIVEIRA, P. E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p.52-74.

DE OLIVEIRA, M. A. T.; PESSENDA, L. C. R.; BEHLING, H; LIMA, G. L. de; FERREIRA, G. M. dos S. S. Registro de mudanças ambientais pleistocênicas e holocênicas em depósitos de cabeceira de vale: campo alegre, planalto norte catarinense (SC). *Rev. Bras. Geociências*, 33 (6): 474-487, 2006.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 1979.

EMBRAPA. Empresa Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, p.261-269, 2009.

FERNANDES, R.S. *Reconstrução paleoambiental da lagoa Fazenda durante o Pleistoceno Tardio na região de Jussara, Estado do Paraná, com ênfase em estudos palinológicos*. 125f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – CEPPE, Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

FRANCHI, J. G.; SÍGOLO, j. B.; LIMA, J. R. B. de. Turfa utilizada na recuperação ambiental de áreas mineradas: metodologia para avaliação laboratorial. *Rev. Brasil. de Geociências*. 33(3):255-262. 2003.

GALVÃO, F. de A. D.; VAHL, L. C. Propriedades químicas de solos orgânicos do litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. *Rev. Bras. De Agrociências*, v2, n.2, 131-135, 1996.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERREIRO, R, L.; PAROLIN, M.; ASSINE, M. L.; STEVAUX, J. C. Dados proxy indicam melhoria climática na região de Querência do norte a 7.540 anos AP. In: *II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos (SIMPEC) e XIX Semana de Geografia (DGE/UEM)*. Maringá, 14p. 2010.

GUERREIRO, R. L. 2011. *Paleoambientes holocênicos da planície do alto Tibagi, Campos Gerais, sudeste do Estado do Paraná*. Dissertação (Mestrado em Geografia-Análise Ambiental) - Universidade Estadual de Maringá, 86p.

GUERREIRO, R, L.; GASPARETTO, N. V. L.; PAROLIN, M; STEVAUX, J. C. Distribuição e análise de sedimentos turfosos holocênicos na planície do alto Tibagi, campos gerais, Paraná. *Revista de Ciências Ambientais*, Canoas, v.6, n.1, p. 105 a 116, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais técnicos em geociências: n4, Manual técnico de pedologia. Rio de Janeiro IBGE, 2007. 316p.

LEONHARDT, A. LORSCHHEITTE, M. L. Palinomorfos do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Brasil. *Rev. Brasil. Bot.* V. 30 n.1, p.47-59, 2007.

LEONHARDT, A. LORSCHHEITTE, M. L. Pólen de gimnosperma e angiosperma do perfil sedimentar de uma turfeira em São Francisco de Paula, Planalto Leste do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. *Rev. Brasil. Bot.* V. 31 n.4, p.645-658, 2008. JORGE, J. A. Matéria orgânica. In: MONIZ, A. C. (Org.). Elementos de pedologia. São Paulo: Polígono, Ed. da Universidade de São Paulo, 1972. p.169-178.

KNECHT, T. Estudo preliminar sobre as ocorrências de turfa no Vale do Ribeira de Iguape, SP. *Rev. IG*, São Paulo, 3(1): 5-14, 1982.

LEPAFE – Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam. Disponível em : <http://www.fecilcam.br/lepafe/>

LEWIS, R. O. Use of opal phytoliths in paleoenvironmental reconstruction. *Journal of Ethnobiology*. (I): 175-181, 1981.

LIMA, A. G. *Controle geológico e hidráulico na morfologia do perfil longitudinal em rio sobre rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral no Estado do Paraná*. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2009. p.240.

MAACK, R. *Geografia física do Estado do Paraná*. Rio de Janeiro: Olympio, 350 p. 1968.

MACEDO, R. B.; CANCELLI, R. R.; BAUERMAN, S. G.; NEVES, P. C. P. das; BORDIGNON, S. A. de L. Palinologia de níveis do Holoceno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul (Localidade de Passinhos), Brasil. *Rev. Gaea Unisinos* 3(2): 68-74, 2007.

MADELLA, Q. M. Phytoliths: a terrestrial botanical dataset for paleoenvironmental reconstructions. *Geophysical Research Abstracts*, v. 9, 06057, 2007.

MADELLA, M.; ALEXANDRE, A.; BALL, T. International Code for Phytolith Nomenclature (ICPN 1.0). *Annals of Botany, Oxford*, v. 96, n.2, pp. 253–260, 2005.

MASCARELLO, L. V. *Estratigrafia e sedimentologia de cones de dejeção aplicadas à caracterização da dinâmica de processos erosivos em encosta: a encosta Guairacá - Guarapuava (PR)*. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2009.

MARTINELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S.; VICTÓRIA, R. L.; CAMARGO, P. B. de; MOREIRA, M. Z. Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 144p.

MELO, M. S. de.; MEDEIROS, C. V.; GIANNINI, P. C. F.; GARCIA, M. J.; PESSENDA, L. C. R. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, PR. *Geociências*, São Paulo, v. 22, n. 1, p.33-42, 2003.

MENDES, C.; DIAS, E. Ecologia e Vegetação das Turfeiras de Sphagnum spp. da ilha Terceira (Açores). *Cadernos de Botânica* nº 4. Herbário da Universidade dos Açores. 2ª edição. Angra do Heroísmo, 2008.

MONTEIRO, Mayara. *Paleoambientes Indicados Através Da Análise De Fitólitos e $\delta^{13}C$ Em Sedimentos Turfosos Nos Campos Gerais Do Estado Do Paraná*. 2012. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

MOURA, J. R. da S. de. Geomorfologia do Quaternário. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B da (Orgs.): *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 4ª edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.355-364, 1994.

MUNSELL SOIL COLLOR CHART. Baltimore, Munsell Collor Company, 2000.

NASCIMENTO, P. C. do; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. de S.; ZOFFOLI, H. J. de O.; PEIXOTO, H. T. M. Teores e características da matéria orgânica de solos Hidromórficos do Espírito Santo. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 34: 339-348, 2010.

NIMER E. Clima In: *Geografia do Brasil: Região Sul*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Rio de Janeiro, p.35-79, 1973.

PAROLIN, M.; MEDEANIC, S.; STEVAUX, J.C. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). *Revista Brasileira de paleontologia*. Porto Alegre, v.9, n.1, p.137-148, 2006.

PAROLIN, M.; RASBOLD, G. G.; PESSENDA, L. C. R. Reconstituição paleoambiental utilizando isótopos estáveis do CEN e fitólitos em turfeira na região de Campo Mourao-PR, Brasil. In: *XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. III Encontro do Quaternário Sulamericano. XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives*. 5p. 2011. Extraído em: www.abequa.org.br

PAROLIN, M.; RODRIGUES, L. P., GUERREIRO, R. L.; STEVAUX, J. C. Significado paleoambiental de fitólitos em sedimentos lacustres na região noroeste do Paraná. In: *XIX Reunião anual da sociedade brasileira de Paleontologia Paraná- Santa Catarina, 2012*. Disponível em: <https://sites.google.com/site/paleo2012prsc/about-us>

PESSENDA, L. C. R. ; [VALENCIA, E. P. E.](#) ; [CAMARGO, P. B.](#) ; [TELLES, E. C. C.](#) ; [MARTINELLI, L. A.](#) ; [CERRI, C. C.](#) ; [ARAVENA, R.](#) ; ROZANSKI, K. . Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils developed on basic rocks. *Radiocarbon*, Tucson, v. 38, n.2, p. 203-208, 1996.

PESSENDA, L.C.R.; LISI, C.S.; GOUVEIA, S.E.M. Datação por ^{14}C . IN: PESSENDA, L. C. R. Laboratório de C-14. *Técnicas e Aplicações Paleoambientais*. (Série Didática). 1. ed. Piracicaba: CPG/CENA, V.2.p. 5-7, 1998 (a).

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E, M.; LISI, C. S. isótopos estáveis do carbono da matéria orgânica do solo. uso como indicadores de trocas de vegetação e clima. In: PESSENDA, L. C. R. Laboratório de C-14. *Técnicas e Aplicações Paleoambientais*. (Série Didática). 1. ed. Piracicaba: CPG/CENA, V. 2. p. 8-12, 1998 (b).

PESSENDA, L. C. R. ; [BOULET, R](#) ; [ARAVENA, R](#) ; ROSOLEN, V. ; [GOUVEIA, S.e.m.](#) ; [RIBEIRO, A.s.](#) ; [LAMOTTE, M.](#) . Origin and dynamis of soil organic matter and vegetatio cnhages during the Holocene in a forest transition zone, Brazilian Amzon region. *The Holocene*, London, v. 11, n.2, p. 250-254, 2001.

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E, M.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; VALENCIA, E. P. E. Holocene fire and vegetation changes in southeastern Brazil as deduced from fossil charcoal and soil carbon isotopes. In: *The Journal of the International Union for Quaternary Research*, Amsterdam,114: 35–43, 2004.

PESSENDA, L C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; FREITAS, H. A. de; RIBEIRO, A. de S.; ARAVENA, R., BENDASSOLLI, J. A.; LEDRU, M. P.; SIEFEDDINE, A. F.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do carbono e suas aplicações em estudos paleoambientais. In: . In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S.; DE OLIVREIRA, P. E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p.75-93.

PESSENDA, C. R. Os isótopos estáveis do Carbono e os distintos tipos de vegetação. In: Stevaux, J.C. e Parolin, M. Síntese do Período Quaternário do Estado do Paraná (Box 2.3). . In: PAROLIN, M; VOLKMER-RIBEIRO; LEANDRINE, J.A. (Org.). *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão*. Editora da Fecilcam, p.53, 2010

PIPERNO, D. R. *Phytolith analysis: An archaeological and geological perspective*. Academic Press, San Diego, 1988.

PIPERNO, D. R. The occurrence of phytoliths in the reproductive structures of selected tropical angiosperms and their significance in tropical paleoecology, paleoethnobotany and systematics. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Amsterdam 61: 147-173, 1989.

PIPERNO, D. R. The Status of Phytolith Analysis in the American Tropics. *Journal of World Prehistory*. Vol. 5, No. 2, p.155-191, 1991.

RASBOLD, G. G.; MONTEIRO, M. R.; PAROLIN, M.; CAXAMBÚ, M. G.; PESSENDA, L. C. R. Caracterização dos tipos morfológicos de fitólitos presentes em *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L. H. Bailey (*Arecaceae*). *IHERINGIA*, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 66, n. 2, pp. 265-270, 2011.

REZENDE, A. B. *Espículas de esponjas em sedimentos de lagoa como indicador paleoambiental do NW do Estado do Paraná*. 65f. Dissertação (Mestrado em análise Geoambiental), CEPPE, Universidade Gurulhos, Guarulhos, 2010.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. ; KUNIYOSHI, Y. S.; SANTOS, É. P. dos. Caracterisation des unites phytogeographiques dans l'état du Paraná, Brasil, et leur etat de conservation. *Biogeographica*, Paris, n. 77, v.4, p. 129-140, dez. 2001.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. *Critérios e técnicas para o Quaternário*. São Paulo: Edgard Blucher, 2007. 404p.

SANT'ANNA NETO, J. L.; NERY, J. T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M.

dos S.; DE OLIVREIRA, P. E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p.28-51.

SANTOS, J.C.A. dos. *Paleogeografia e paleoambientes do baixo curso do rio Ivaí- PR*. 82f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia Mestrado – Doutorado, Universidade Estadual de Maringá.

SILVA, A. C.; TORRADO, P. V.; ABREU JUNIOR, J. de S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. *Rev. Um. Alfenas, Alfenas*, 5:21-26, 1999.

SILVA, D. W. da; PAROLIN, M.; CAMARGO FILHO, M. Análise preliminar da ocorrência de fitólitos em turfeira na região de Guarapuava - PR, terceiro planalto paranaense. In: *XIX Reunião anual da sociedade brasileira de Paleontologia Paraná-Santa Catarina, 2012*. Disponível em: <https://sites.google.com/site/paleo2012prsc/about-us>

STEVAUX, J. C.; PAROLIN, M. Síntese do Período Quaternário do Estado do Paraná. In: PAROLIN, M; VOLKMER-RIBEIRO; LEANDRINE, J.A. (Org.). *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão*. Editora da Fecilcam, p. 43-58, 2010.

SUGUIO, K. *Geologia do quaternário e mudanças ambientais*. São Paulo: Oficina de Textos, 1999. 408 p.

SUGUIO, K. Introdução (cap 1). In: SOUZA, C. R. de G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. dos S.; DE OLIVREIRA, P. E. *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005. p.21-27.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. Ambiente Fluvial. Florianópolis: Ed da UFSC, 1990. 130p.

SUGUIO, K; SALLUN, A. E. M.; SOARES, E. A. A. Período Quaternário: “Quo Vadis”? *Rev. Brasileira de Geociências*. 35 (3): 427-432, 2005.

THOMAS M.F., NOTT J., PRICE D.M. Late Quaternary sedimentation in the humid tropics: a review with new data from NE Queensland, Australia. *Geomorphology*, 39:53-68, 2001.

THOMAZ, E. L. & VESTENA, L. R. *Aspectos Climáticos de Guarapuava-PR*. Guarapuava: UNICENTRO, 2003.

TRATZ, E. B. *As rochas vulcânicas da província magmática do Paraná, suas características de relevo e sua utilização como recurso mineral no município de Guarapuava-PR*. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2009.

TWISS, C.; SUESS, E.; SMITH, R. M. 1969. Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.33, p.109–115, 1969.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS L. H. C. dos; EBELING, A. G. Caracterização de solos brasileiros com elevados teores de material orgânico. *Magistra*, Cruz das Almas-BA, v.20, n.1, p.95-104, 2008.

VERGAMINI, S. M.; VELENCIA-BARRERA, R. M.; SBERSI, F.; MAFFAZZIOLI, T. F. Palinologia do componente herbáceo na atmosfera de Caxias do Sul, RS, Brasil. *Acta bot. Bras.* 20(4): 937-941. 2006.

VIADANA, A.G. *A teoria dos refúgios florestais aplicada ao estado de São Paulo*. Edição do autor. Rio Claro, 2002. 71p.

VIDOTTO, E.; PESSEDA, L. C. R.; RIBEIRO, A. de S.; FREITAS, H. A. de; BENDASSOLLI, J. A. Dinâmica do ecótono floresta-campo no sul do estado do Amazonas no Holoceno, através de estudos isotópicos e fitossociológicos. *Acta Amazônica*. Vol. 37(3) 2007: 385-400.

8. ANEXOS

		FORMA	CONTAGEM	OBS.
BILOBATE	Ar.			
	Ba.			
	Ch.			
	Ehrh.			
	Pn.			
	Ou.			
	B			
SADDLE	Ba.			
	Ch.			
	Po.			
	Ar.			
	Phar.			
	Anom.			
	Aru.			
	Ou.			
	S			
RONDEL	Ba.			
	Po.			
	Ou.			
	R			

Anexo 02: tabela de contagem fitolítica

		FORMA	CONTAGEM	OBS.
BULLIFORM	Cn.			
	Cna			
	Pa.			
	BI			
CP				
CT				
Trap.	PI			
	Sn			
	Tr.			
Elongate	Ec.			
	Ep.			
	Ed.			
	EI.			
Hair	Ac.			
	Uc.			
	Sc.			
	H			
Globular	Ge.			
	Gg.			
	Gp.			
	G			
CR				
Pp.				
TOTAL				
Tc.				

Anexo 02: tabela de contagem fitolítica, continuação.