

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

MARINA DE SOUZA FARIA

CONTRIBUIÇÃO DA PALINOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE
CAPTURAS FLUVIAIS: APLICAÇÃO NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DO VALE
SECO DO GUARATUBA, SP.

São Paulo
2019

MARINA DE SOUZA FARIA

Contribuição da Palinologia para Avaliação dos Processos de Capturas Fluviais: Aplicação nos Sedimentos Superficiais do Vale Secos do Guaratuba, SP.

Trabalho de Graduação Individual
apresentado ao Departamento de
Geografia da Universidade de São
Paulo como parte dos requisitos
para obtenção do título de
bacharela em Geografia.

Área de Concentração: Geografia Física e Aplicada

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Déborah de Oliveira

São Paulo
2019

*“A biodiversidade sustenta a vida na
Terra. Se não cuidarmos desta
biodiversidade; se não a protegemos, se
realmente não a aproveitarmos de forma
correta; estaremos ameaçando nosso
próprio sustento neste planeta.
Plantas humildes ocultam segredos
surpreendentes”.*

Ameenah Gurib-Fakim

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida pelo dom da sabedoria e a fé que sustenta a mim e a minha família nos momentos de alegria e de superação.

Dedico este trabalho e sou muito grata aos meus pais, Marcelina e Nivaldo por sempre me apoiar em todas as minhas decisões: desde a escolha do meu curso, até os meus caminhos futuros.

À minha irmã e cunhado, Camila e Vitor e a minha tia e madrinha, Marcia por todos os momentos especiais e de alegria que quando estamos juntos fazemos acontecer. E também nesses três últimos anos que veio abrilhantar minha vida, à minha sobrinha e afilhada, Laura, por me lembrar de que o amor é o mais simples e gratificante sentimento que podemos demonstrar.

Nesse período de graduação diversas pessoas me ajudaram. Ao meu primeiro estágio na Cátedra Jaime Cortesão. Agradeço imensamente a professora Dra. Vera Lucia Amaral Ferlini, pela oportunidade em conquistar experiência em projetos de pesquisa interdisciplinar, algo que levarei por toda minha carreira acadêmica. À Dra Tathianni e a Patrícia pelo apoio e por tornar o dia a dia mais leve, vocês foram essenciais no meu processo de crescimento e amadurecimento, bem como todos os colegas de trabalho.

Ao professor Dr. Jurandyr Sanches Ross que foi meu primeiro orientador e presenciou meus primeiros pensamentos científicos e também me apoiou antes, durante e após o meu intercâmbio.

Às funcionárias da CCINT, Marcia e Vivian que me deram muito mais que os suportes necessários para a viagem e tiveram muita empatia.

Agradeço à minha orientadora Dra. Déborah de Oliveira, pelo acolhimento quando trouxe as ideias do que gostaria de pesquisar. À Natália Patucci pela parceria e confiança na pesquisa e co-orientação. Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) pelo treinamento, agradeço a ajuda do Dr. Flávio Lorente, e ao professor Dr. Luiz Pessenda.

Ao Laboratório Setembrino Petri pela parceria, auxílio e por ceder espaço para que eu pudesse utilizar os computadores e microscópios. Ao professor Dr. Paulo de Oliveira e à Dra. Vanda Brito de Medeiros pela atenção e ajuda.

Aos amigos que a faculdade me deu Ana Clara, Maiara, Anna, Maria, Raquel, Luísa, Igor, vocês foram essenciais e inesquecíveis, obrigada por compartilharem comigo esse momento da minha vida que é a graduação. Agradeço muito a Jamille, que além da amizade, é uma profissional de excelente qualidade.

Aos meus amigos de Guarulhos, em especial Aline, Lucas, Larissa, Letícia e Luma pela lealdade e respeito, a amizade de vocês conforta o meu coração.

E também agradeço ao meu amor, Zdeněk que acredita muito em mim e demonstra isso sempre e de diversas formas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPESP) que financiou o trabalho (Processo N° 2018/05390-5).

RESUMO

FARIA, Marina de Souza. **Contribuição da Palinologia para Avaliação dos Processos de Capturas Fluviais: Aplicação nos Sedimentos Superficiais dos Vales Secos do Guaratuba, SP.** 2019. 95 f. Trabalho de Graduação Individual – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

A captura fluvial ocorrida na bacia do rio Guaratuba formou-se um vale seco a qual foram retiradas amostras de testemunhos de três classes de solo: Gleissolos, Espodossolos, Organossolos e Cambissolos. Esses materiais de cobertura foram classificados a partir da descrição macromorfológica que também se identificou cascalheiras com mais de 1m de profundidade. O objetivo do trabalho é utilizar a técnica da palinologia no Espodossolo afim de reconhecer os palinomorfos quanto à família e gênero, e com isso relacionar os dados da datação por LOE e Carbono-14. Análises palinológicas de depósitos do quaternário são utilizadas para elucidar questões paleoclimáticas, paleovegetacionais e paleoambientais, dessa forma a técnica da palinologia produzirá material complementar para estudos concluídos e futuros sobre os rearranjos de drenagem e mais especificamente sobre a área de estudo (Salesópolis). Por meio de parcerias firmadas com CENA-USP e o Laboratório Setembrino Petri IGC-USP, foi realizado o treinamento para o tratamento polínico e também local e auxílio para trabalhar com as amostras. O resultado dessas amostras totalizou 39 palinomorfos, sendo 28 angiospermas, 1 gimnospermas, 9 esporos e 1 alga. Os grãos de pólen encontrados foram uma assembleia de taxos que correlacionando com o resultado da datação confirmam que a paisagem pretérita era de clima frio e úmido. A datação apresentou resultados complexos, porém coesos que refletem ao Último Máximo Glacial (~20.000 A.P). Portanto, a utilização de diferentes técnicas utilizando metodologia geosistêmica e integrada é capaz de enriquecer a quantidade de dados para o estudo de captura fluvial no sudeste do Brasil e também aumentar a gama de possibilidades para a pesquisa em geografia aplicada.

Palavras-chave: Palinologia, Indicadores Paleoambientais, Reconstituição Paleoambiental.

ABSTRACT

FARIA, Marina de Souza. *Palynology Contribution for the Evaluation of Fluvial Capture Processes: Application in the Surface Sediments of the Dry Valleys of Guaratuba, SP.* 2019. 95 p. Bachelor Thesis – College of Philosophy, Literature and Human Sciences. University of São Paulo, São Paulo, 2019.

The fluvial capture occurred in Rio Guaratuba, Southeastern Brazil located in a dry valley and taken from samples of three soil classes: Gleysols, Spodosols, Histosols and Cambisols. Covering materials were classified based on the macromorphological analysis that also identified gravels with more than 1m depth. The objective of this research it is use the palynology technique to recognition of family and gender data of the Spodosols sample and compare with another results, from OSL and Carbon-14 dating. Palynological analyzes of quaternary deposits are used to elucidate paleoclimatic, paleoenvironmental and palaeoenvironmental issues, which constitute a palynology technique to complement the concluded and later studies about fluvial rearrangement at Southeastern, Brazil.. Through partnerships established with CENA-USP and the Setembrino Petri IGC-USP Laboratory, it was also possible to obtain training for the pollen analyse by Faegri and Iversen (1989) and Coliviaux et al. (1999). The results of the samples totaled 39 palynomorphs, being 28 Angiosperms, 1 Gymnosperms, 9 spores and 1 algae. The pollen grains found were a set of taxa that correlate with the confirmed dating result that the past landscape was cold and moist, similar a bog. A dating has complex but cohesive results reflecting the Last Glacial Maximum (~ 20,000 yr. BP) Late Pleistocene and Holocene. Therefore, the use of a vary techeniques together with graography data, make it possible to integration and shows how is able to enrich a quantity of data for the study of Fluvial Capture in the Southeastern of Brazil and also to increase a range of possibilities of research in applied geography.

Key-words: Palynology; Paleoenvironmental Indicators; Paleoenvironmental Reconstruction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Captura Fluvial Mosa-Mosele (<i>Meuse-Moselle</i>).....	13
Figura 2: Mapa de localização	21
Figura 3: Mapa de pluviosidade – período de 1941 a 1971	24
Figura 4: Mapa Geológico	25
Figura 5: Mapa Clinográfico.....	27
Figura 6: Mapa Hipsométrico	27
Figura 7: Mapa de Drenagem e Curvas de Nível.....	29
Figura 8: Classes de solos encontrados no vale seco.	30
Figura 9: Perfil de Espodossolo com cascalheiras e vegetação.	33
Figura 10: Mapa de Vegetação	34
Figura 11: Perfil esquemático de Floresta Ombrófila Densa.....	36
Figura 12: Coleta com manuseio de pá metálica e Espodossolo após coletas.....	45
Figura 13: Armazenagem dos testemunhos	46
Figura 14: A: Misturando o HF com a amostra. B: Aparelho para banho maria.....	47
Figura 15: Amostra com HF e aparelho de centrífuga.....	48
Figura 16: mistura de H ₂ SO ₄ + HF	49
Figura 17: Amostra para análise em recipiente de vidro	49
Figura 18: lâmina profundidade 24-26m	51
Figura 18: Materiais utilizados para fazer novas lâminas.....	53
Figura 19: Grau de arredondamentos dos seixos e respectivos locais de coleta.....	57
Figura 20: A. Estrutura da exina detalhando a parte superior que contém a escultura. B. Tipos de esculturas.....	66
Figura 21: Esquemas dos principais tipos de aberturas para visualização dos poros e/ou colpos	67
Figura 22: Mapa do local onde ocorreu a captura.....	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	AS CAPTURAS FLUVIAIS E OS REARRANJOS DE DRENAGEM	12
2.1	CAPTURAS EM AMBIENTES TROPICAIS.....	14
3	OS TERRAÇOS FLUVIAIS.....	18
4	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS NATURAIS DA ÁREA DE ESTUDO	21
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - VALE SECO	21
4.1.1	Clima	23
4.1.2	Geologia	25
4.1.3	Geomorfologia e Evolução do Relevo.....	26
4.1.4	Rede de Drenagem.....	28
4.1.5	Solos	30
4.1.6	Vegetação	32
5	OBJETIVOS.....	38
5.1	OBJETIVO GERAL	38
5.2	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	38
6	MATERIAIS, MÉTODO E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E OPERACIONAIS.	39
6.1	MATERIAIS	39
6.2	MÉTODO DE ABORDAGEM.....	40
6.3	MÉTODO DE PROCEDIMENTOS	41
6.4	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS-OPERACIONAIS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DOS TERRAÇOS FLUVIAIS.....	42
6.4.1	Granulometria, mineralogia e morfoscopia;	42
6.4.2	Parâmetros Químicos	43
6.4.3	Datação C-14 e LOE	43
6.4.4	Palinologia.....	44
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
7.2	GRANULOMETRIA, MINERALOGIA E MORFOSCOPIA	54
7.2	PARÂMETROS QUÍMICOS	58
7.3	GEOCRONOLOGIA (CARBONO-14 E LOE)	59
7.4	PALINOLOGIA.....	64
8	CONCLUSÕES	82
	REFERÊNCIAS	83
	ANEXOS	89

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa é uma continuação dos estudos sobre a captura da bacia do Alto Guaratuba iniciado por Oliveira (2003), Patucci (2011) e Neves (2012), bem como auxílio e parceria junto à pesquisa de doutorado (FAPESP N° 2016/06654 - 0) da aluna Natália Nunes Patucci. Utilizando a aplicação da técnica da palinologia nos vales secos da captura fluvial entre a bacia do Alto Guaratuba e a Bacia do Rio Claro, o trabalho visa, por meio dessa técnica, a contribuição nas pesquisas sobre a reconstituição da paisagem quaternária, principalmente da vegetação pretérita da área de estudo.

A análise palinológica por meio de microscopia óptica das lâminas contendo testemunho dos solos do Vale Seco, região entre os divisores de bacias do Alto Guaratuba e baixo Rio Claro, provavelmente evidenciam que haveria conexão entre as drenagens. A diferença entre a vegetação do vale seco e o entorno é perceptível atualmente ao observador durante o campo e também pela avaliação de fotografia aérea.

A metodologia geossistêmica visa colaborar com possíveis pesquisas futuras para a reconstituição paleoambiental favorecendo a convergência de outras áreas como a Palinologia, Biologia, Arqueologia, História e Geografia. A pesquisa poderá servir como referência laboratorial para reconstituir os processos dinâmicos de formação e transformação das coberturas superficiais dos vales secos. Nesta escala de análise além da Pedologia, estão inscritas outras vertentes da Geografia Física, como a: Geomorfologia, Climatologia, Sedimentologia e Biogeografia.

A Estação Biológica de Boraceia (EBB) está localizada em uma reserva de matas primárias que só é acessível para pesquisadores, logo, é de inteira responsabilidade dos estudantes a conscientização da importância das reservas e que para conservar da melhor maneira possível, é necessário o conhecimento remanescente da área. Investigar a geocronologia, os processos pelo qual ela passou e, dessa maneira indicar o melhor manejo e fornecer subsídios para posteriores pesquisas de diferentes áreas do conhecimento.

A conservação desses ambientes naturais ou pouco alterados é tarefa árdua e requer, antes de tudo, um conhecimento básico dos elementos que o compõem, para que qualquer atitude no sentido de manejar e planejar o uso da área seja efetuada através do embasamento técnico e científico (ROSSI, 1999, p. 1).

Dessa forma, a pesquisa está organizada na sistematização dos resultados das pesquisas anteriores que abordam os estudos em capturas fluviais através de uma metodologia interdisciplinar e geossistêmica utilizando também a técnica palinológica. Demonstrando a importância da pesquisa para a legitimidade das unidades de conservação, como o EBB, e fornecendo materiais para trabalhos futuros, já que os processos relacionados aos rearranjos de drenagem continuam escassamente explanados, especialmente aqueles que discutem o papel dos solos e dados de palinologia em feições morfológicas.

2 AS CAPTURAS FLUVIAIS E OS REARRANJOS DE DRENAGEM

De acordo com Paul Bishop (1995), os rearranjos de drenagem consistem na transferência de parte ou de todo o fluxo de um rio e sua área de contribuição a outro rio, dependendo de como essa transferência ocorreu. Para o autor, a captura fluvial é um tipo de rearranjo de drenagem, além da captura fluvial temos também o desvio e a decapitação.

Antes de explicar detalhadamente os processos é importante pontuar os critérios fundamentais de classificação que está na distinção entre rearranjo das áreas de escoamento superficial pertencentes às bacias envolvidas e o rearranjo dos rios. Outro critério adotado consiste na distinção entre processos os *top-down* (de cima para baixo) e *bottom-up* (de baixo para cima). Enquanto nos primeiros ocorre o deslocamento de um rio ativamente para outra área, no último ocorre seu deslocamento passivo, executado por outro rio que o intercepta e o abstrai, localizado em nível altimétrico mais rebaixado (BISHOP, 1995).

A decapitação, ou rearranjo das áreas drenadas sem participação das linhas de drenagem, consiste no processo em que o divisor de drenagem penetra progressivamente em uma das bacias hidrográficas adjacentes por processos de vertente, resultando na transferência de áreas de drenagem, sem que haja uma redistribuição das linhas de drenagem. Seria um processo com grande interferência geomorfológica. Como afirma Bishop (1995), os processos responsáveis pela decapitação são abrangidos pelo termo “retração de escarpa”, uma vez que é por este mecanismo que o escarpamento em retração destrói as áreas de drenagem do planalto.

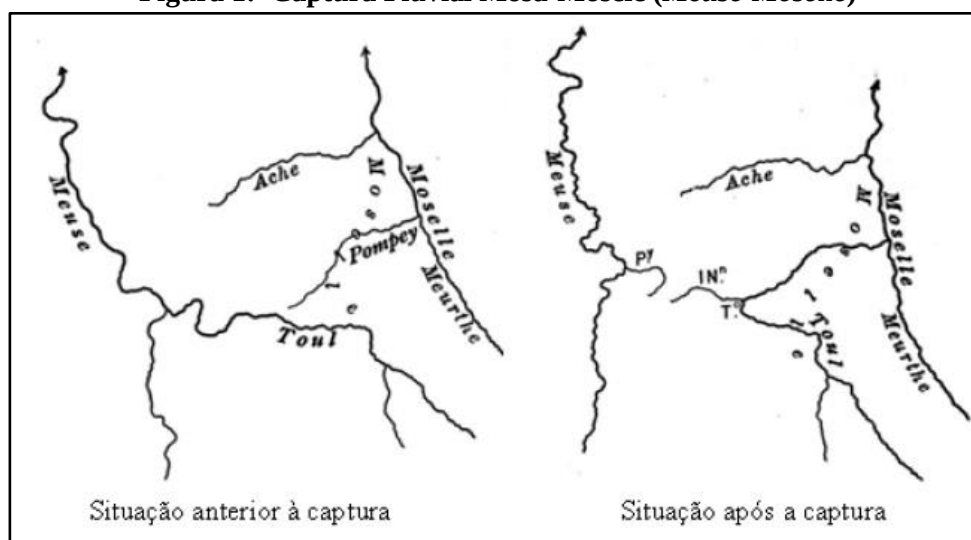
No desvio fluvial temos que corresponde ao rearranjo das linhas de drenagem por processos *top-down*, no qual um rio converge a si mesmo para outra bacia hidrográfica de modo que o rio desviado se envolve ativamente no rearranjo de drenagem, em vez de ser vítima passiva como no caso da captura fluvial que será abordado posteriormente (BISHOP, 1995).

Nas capturas fluviais, nas quais ocorre modificação *bottom-up* das linhas de drenagem, há interceptação ativa por parte do rio “capturante” e abstração de um sistema capturado adjacente (BISHOP, 1995). Captura ou “pirataria” define-se como processo no qual parte do curso de um canal fluvial desloca-se para integrar outro sistema fluvial, resultando em uma “drenagem transversa pirateada” (MILLER, 1915; DOUGLAS *et al.*, 2009).

As capturas tiveram seus estudos iniciados no final do século XIX, durante esse período destaca-se o estudo de caso da captura do rio Mosa pelo rio Mosela, ocorrido na região da Lorena, França, desenvolvida por Davis (1895). Esse estudo foi o precursor acerca das primeiras explicações que, segundo Bishop (1915) “eram normalmente explanadas como fases de desenvolvimento da rede de canais em uma bacia hidrográfica” (PATUCCI *et al*, 2018), os primeiros conceitos, mapeamento e identificação de capturas foram resultado do estudo desse fenômeno também ilustrado na **figura 1**:

“Próximo ao rio Mosela corria por um vale sinuoso passando pelas cidadezinhas de Pagny-sur-Meuse, até que um dos seus afluentes desviou o rio Mosa em seu proveito. Entre Toul e Pagny-sur-Meuse formou-se um vale seco, abandonado ou morto. A forma do vale sugere que o curso d’água que o ocupava tinha um volume considerável. Nas redondezas de Toul observa-se um cotovelo de captura bem característico e, no vale abandonado, uma massa de detritos relativamente considerável que desceu do topo das vertentes até o fundo da depressão, obstruiu a passagem dos cursos d’água no vale morto.” (OLIVEIRA, 2010, p.37).

Figura 1: Captura Fluvial Mosa-Moselle (Meuse-Moselle)



Fonte: Davis (1909) Retirado de Oliveira, 2010.

Atualmente, após revisões nesses estudos, o caso é compreendido como desvio, pois os rios foram promovidos ativamente seus rearranjos. Outras revisões sobre o tema feitas por Bishop (1995) e Oliveira (2010) descrevem casos de desvio que foram confundidos pelo de captura (DURY, 1964; OLIVEIRA, 2010).

É necessária avaliação cuidadosa para identificar se o rearranjo de drenagem é promovido por captura ou desvio, no entanto, mesmo com o equívoco encontrado é de extrema importância esses estudos iniciais, além da sua revisão e aplicação em ambientes com

diferentes características geográficas. Segundo o artigo de Oliveira (2010) os estudos iniciados no século XIX forneceram posteriormente, no início do século XX, uma classificação para as capturas, são elas: captura previsível, captura iminente, captura em vias de execução, captura recente, captura antiga. Sistematizados de acordo com qual forma ocorreu sua existência, entretanto há casos onde a erosão regressiva não é determinante, como nos rios de mesma altitude, sendo, na maioria das vezes, o rio mais ativo que se desvia espontaneamente para o rio vizinho. Nesses casos eles são classificados como transbordamento segundo Oliveira, 2010 e desvio de acordo com Santos, 2017.

Em meados do século XX foi elaborado outra classificação de acordo com as capturas fluviais ocorridas até aquele período, são elas: 1) por erosão regressiva de uma das cabeceiras (*headward*) 2) por aplanamento lateral geral (*planation capture*) 3) por erosão subterrânea (*by underground methods*) (CROSBY, 1937).

A primeira (1) ocorre quando dois rios adjacentes estão em níveis topográficos diferentes, a segunda (2) acontece quando um rio corta o divisor de águas lateralmente na direção de outro rio, a última (3) acontece em regiões onde predominam rochas solúveis, onde um rio erode sua cabeceira subsuperficialmente (OLIVEIRA, 2010).

A informação principal de ocorrência de captura em que muitos estudiosos no tema concordam e que Pederson (2001, *apud* Oliveira, 2010, p.38), é de que a “a água é o maior acelerador e o elemento chave das capturas fluviais e que são resultado de uma sucessão de respostas a eventos climáticos”.

As evidências morfológicas desse prognóstico de acordo com Bishop (1995) são os vales secos e os cotovelos de captura. Segundo Christofolletti (1981) a sucessão de eventos interferindo na morfogênese fluvial, na escala temporal podem ser responsáveis pela formação de terraços e pelo estabelecimento de vales fluviais. As capturas em conjunto com suas evidências, segundo os autores, podem também ser discutidas e explicadas pela movimentação tectônica e por mudanças climáticas. Cada ambiente reflete não só a ação fluvial como também a interferência de condicionamento exercido por outros fatores, como o marinho, o lacustre, o topográfico e outros. (PATUCCI *et al*, 2018).

2.1 CAPTURAS EM AMBIENTES TROPICAIS

O local que se tornou um Geossítio denominado “Captura Fluvial de Guararema” é hoje uma importante área de ensino, pesquisa, cultura e extensão.

O geossítio Captura Fluvial de Guararema se constitui num destes pontos, localizado exatamente no local onde ocorreu a captura fluvial das cabeceiras do Rio Tietê pelo Rio Paraíba do Sul, no município de Guararema, em São Paulo. Conhecido também como Cotovelo de Guararema, o local registra eventos decorrentes da evolução tectônica da Bacia de Taubaté, que são representativos do ponto de vista científico. No mais, o geossítio apresenta ainda potenciais turístico e educativo que podem ser explorados no ensino e divulgação das geociências para os mais variados tipos de público. (REVERTE, *et al* 2018, p.1).

O cotovelo do rio Paraíba do Sul seria uma importante evidência de captura fluvial, pois este rio poderia ser um afluente do rio Tietê, antes da possível captura (AB'SABER, 1954) o seu contexto geológico regional destaca-se o Rifte Continental do Sudeste do Brasil (RCSB) “corresponde a uma feição tectônica de idade cenozoica que ocorre entre as cidades de Curitiba, no Paraná, e Barra de São João, no Rio de Janeiro” (RICCOMINI, 1989 *apud* REVERTE, *et al* 2018).

Para AB'SABER (1957) enquanto o rio Paraíba do Sul ficou organizado por braços diversos, o Tietê continuou sua marcha para o oeste, superimpondo-se localmente à bacia sedimentar flúvio-lacustre, oriunda da barragem tectônica temporária na região de suas cabeceiras. O encaixamento do Paraíba, após a captura, foi da ordem de 350-400 m, enquanto o Tietê aprofundou seu leito muito menos, tendo sofrido interferências tectônicas que barraram sua saída para oeste e afundaram seu assoalho cristalino (OLIVEIRA, 2010, p. 45).

Esta captura representa uma das evidências do processo de soerguimento do alto estrutural de Arujá, que separou as bacias dos rios Tietê e Paraíba do Sul, outrora interligadas. Ab'Saber (1957) afirma que o rio Paraíba do Sul, por estar posicionado em uma depressão tectônica, capturou parte das cabeceiras do rio Tietê, o qual teve as águas de seus antigos afluentes desviados em direção ao mar.

Para Riccomini et. al. (2010), o soerguimento do alto estrutural de Arujá, formado pela compressão NE-SW decorrente da reativação tectônica do Rifte Continental do Sudeste do Brasil, teve papel fundamental tanto no processo de inflexão do curso do rio como na separação das bacias sedimentares de São Paulo e Taubaté (REVERTE, 2018).

A bacia do rio Capivari, em Engenheiro Marsilac que está situada no reverso da Serra do Mar, em São Paulo-SP foi área de estudo da tese de doutorado de André Santos (2017), o autor parte da hipótese de que esses fenômenos seriam responsáveis por inúmeras anomalias de drenagem observadas, como: inflexões em ângulos retos, padrões de drenagem anômalos,

colos, rupturas em perfis longitudinais e subdimensionamento de cursos d'água em relação aos vales.

Nesse caso, os rearranjos de drenagem ocorridos na área seriam atribuídos a diversos fatores, tais como o forte gradiente hipsométrico oferecido pela escarpa da Serra do Mar, as influências dos lineamentos estruturais atribuídos à complexa trama de foliações e fraturas, as movimentações tectônicas recentes e as oscilações paleoclimáticas do Quaternário Tardio. Há uma inflexão no alto Rio Capivari, localizada na confluência com o Ribeirão Embura, possível remanescente de uma captura fluvial, o qual melhor preserva as evidências de um rearranjo em toda a bacia. (SANTOS, 2017)

Outra captura fluvial importante característica de ambiente tropical é a área de estudo do presente projeto. A captura fluvial do alto rio Guaratuba foi resultado da erosão regressiva da escarpa da Serra do Mar em Bertiooga, que capturou o rio Guaratuba, cujo curso pretérito dirigia-se para a bacia do rio Claro, afluente do rio Tietê e, atualmente, deságua no Oceano Atlântico (OLIVEIRA, 2010).

Evidências em pesquisas taxonômicas também corroboraram para a confirmação do fenômeno; espécies de peixes encontradas no alto rio Guaratuba não foram encontradas no seu baixo curso, mas na bacia do alto Tietê, para onde o rio Guaratuba corria antes da sua captura (RIBEIRO *et al.*, 2006). Observa-se então a utilização de metodologia interdisciplinar para interpretar os fenômenos de capturas, esses trabalhos serviram de referência para a continuação dos estudos sobre o Guaratuba e na aplicação da técnica de palinologia nunca antes testada em pesquisas que conectam essas áreas de conhecimentos (capturas fluviais, solos e palinologia).

Outras evidências geomorfológicas e geológicas foram estudadas anteriormente por Oliveira (2003) e Queiroz Neto, (2007), são elas: a mudança brusca de direção do rio Guaratuba, que passa de NE-SW para N-S, cortando os alinhamentos, no cotovelo de captura, próximo à escarpa; o vale em V fechado no cotovelo de captura; um vale abandonado pantanoso e cascalhento próximo ao cotovelo de captura e o nível de base local do rio Guaratuba mais baixo do que o do rio Claro no Planalto.

Esse vale seco, entre a bacia do rio Guaratuba e do rio Claro, é considerado o divisor de água das bacias (próximo ao cotovelo de captura) e é nessa área que foram coletadas as amostras de solos para datação e palinologia, uma vez que nessa mesma região encontra-se as

cascalheiras mencionadas pelos autores, as quais são de extrema importância e intrigantes. Para, tanto também foram utilizados a análise de granulometria, parâmetros químicos, mineralogia e morfometria, todas essas ricas informações e evidências estão situadas em um terraço fluvial que evoluiu para tal morfoescultura, mas sua paisagem pretérita era outra: o antigo leito do Guaratuba.

Esse processo que forma a captura fluvial por recuo das cabeceiras ocorreu também nas três seguintes: Captura de São Vicente de Paula; Captura de Carandaí e de Vilas-Boas localizadas entre as quatro mais importantes bacias hidrográficas do sudeste do Brasil: São Francisco, Doce, Paraná e Paraíba do Sul (CHEREM *et al.*, 2013). Nesse artigo é possível observar diferentes estágios de evolução em cada uma delas. A morfologia entre ambas as capturas estudadas por CHEREM *et al.*, 2013 e o presente trabalho apresentam semelhanças quanto às heranças pelas feições morfológicas, por exemplo: terraços fluviais, vales secos e cotovelos de capturas.

Os estágios de evolução nos mostra características distintas em cada uma das capturas. Em um estágio inicial têm-se a Captura de Vilas-Boas, na qual as alterações se limitam à 1 km do ponto de captura; a Captura de Carandaí, está em estágio intermediário, onde o ponto de captura foi rebaixado de 100 m e a crista da escarpa recuou de 2,5 km; e, a Captura de São Vicente de Paula em um estágio de amadurecimento, onde o ponto de captura foi rebaixado de 250 m e já se encontra no planalto inferior; sendo o recuo da escarpa de 3,5 km. (CHEREM *et al.*, 2013).

Uma das metodologias utilizadas no estudo nas três capturas foi a análise cartográfica descrevendo a atual geometria da rede de drenagem por meio da interpretação de perfis longitudinais e transversais dos canais fluviais em conjunto com as observações do campo que se concentrou na descrição dos vales fluviais e dos pontos de captura, conforme metodologia proposta por Oliveira e Queiroz Neto (2007) feita para a bacia do alto rio Guaratuba.

3 OS TERRAÇOS FLUVIAIS

Os terraços, primeiramente de modo mais abrangente, são áreas planas e horizontais, de largura variada, limitadas de um lado por um terreno mais elevado e do outro por uma escarpa em direção ao curso de água. Leopold, Wolman & Miller (1964) e Christofolletti (1980) consideram o terraço como uma planície de inundação que foram abandonadas. Os terraços são basicamente os produtos da erosão fluvial e do encaixamento do talvegue (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

Essa erosão fluvial é realizada através dos processos de corrosão (reações químicas existentes entre a água e as rochas), corrasão (desgaste pelo atrito mecânico) e a cavitação (variação de pressão e alta velocidade nas paredes dos canais fluviais que facilitam a fragmentação das rochas) (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

O talvegue encaixado é a linha de maior profundidade no leito fluvial, resultante da intersecção dos planos das vertentes com dois sistemas de declives convergentes. Os estudos desses talvegues também denotam grande importância para a morfologia e nesses casos, deve ser traçado com o máximo de exatidão, mesmo que nas planícies esse traçado seja mais complexo, pois as calhas são muito longas e muitas vezes é difícil distinguir das vertentes (GUERRA *et al.*, 2008).

A dissecação feita pela erosão fluvial está em função do nível de base, do comprimento do perfil longitudinal, da natureza das rochas, do clima etc. Uma variação no nível de base ou uma mudança climática pode originar um tipo de paisagem completamente diferente (GUERRA *et al.*, 2008).

A erosão dos rios pode gerar feições que denominam um tipo de terraço específico e que leva o nome deste capítulo: os terraços fluviais; eles se originam quando o rio corta os sedimentos previamente depositados em sua planície de inundação. Há também outras morfologias de terraço, são eles: os terraços rochosos (*strath terrace*), onde os terraços podem igualmente, ser esculpidos sobre o embasamento rochoso; os terraços estruturais, que são patamares ao longo das vertentes, mantidos pela existência de camadas de rochas mais resistentes; os terraços embutidos, aqueles a qual tanto o terraço como a planície localizam-se sobre a mesma calha rochosa; e os terraços encaixados, quando a planície de inundação apresenta nível mais baixo e acompanha nova face erosiva (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

A interpretação dos terraços fluviais no Brasil segue duas linhas básicas e distintas de conceituação: tectônica (Freitas, *et al.*, 1951), e climática (Bigarella & Mousinho *et al.*, 1965). De acordo com Leopold, Wolman & Miller (1964) as forças tectônicas provocam mudanças no gradiente, colocando os divisores de água em meio climático diferente, bem como modificam as formas das vertentes e o fornecimento de sedimentos para o rio. Porém para Bigarella & Mousinho (1990) os movimentos tectônicos são extremamente lentos e um longo período de tempo seria necessário para causar uma notável mudança de altitude do relevo e das condições hidrológicas dentro das bacias brasileiras. Sendo os terraços de idade relativamente recente, é pouco provável que os movimentos epirogênicos positivos sejam os únicos responsáveis pelo seu desenvolvimento.

Podemos destacar que todos os diferentes processos que formam cada tipo de terraços não aconteceram devidos apenas uma única causa (tectônica e/ou variações climáticas, etc), mas um conjunto e uma associação entre elas. Dessa forma para verificar e analisar a formação de um terraço é recomendável a utilização de diferentes técnicas. De acordo com Christofolletti (1980, p.87) “vários critérios devem ser empregados a fim de melhor correlacionar e precisar a sucessão dos terraços. Entre os mais importantes lembrar da sedimentologia (natureza, granulometria, estratigrafia, etc), da evolução pedogenética, da correlação altimétrica e das datações geocronológicas absolutas”.

Na área de estudo do projeto, onde está localizada na região do cotovelo de captura fluvial e o vale seco entre as bacias do rio Guaratuba e rio Claro foram encontradas cascalheiras, especificamente à NW do cotovelo, que pressupõem o testemunho de um terraço fluvial abandonado referente ao antigo leito do Guaratuba, que se dirigia para o Rio Claro, anteriormente à sua captura, logo esse terraço fluvial é denominado vale seco por ser testemunho do antigo leito do rio e a área de estudo em si que sofreu o rearranjo de drenagem. (ROSSI, 1999).

As cascalheiras constituem em grande parte a estrutura fundamental de muitos terraços fluviais. Os plainos aluviais, também de caráter climático, representam o preenchimento mais recente dos vales com sedimentos. Alguns terraços possuem apenas delgados cascalheiros, enquanto que outros são constituídos por espessas sequências de sedimentos (SUGUIO & BIGARELLA, 1990 p. 74).

Logo, mesmo com movimentos de orogênese e epirogênese, sem as oscilações climáticas e as alterações no regime hidrológico e na hidrodinâmica nos sistemas fluviais

ocorridos no Quaternário, os terraços não teriam sido formados. Por isso o terraço fluvial da área de estudo está sendo estudado através de técnicas interdisciplinares: datação por LOE e Carbono 14 dos materiais, respectivamente, arenosos e orgânicos, palinologia, mineralogia, granulometria, morfoscopia, macromorfologia, tipo de cobertura vegetal, fotografia aérea e mapeamento digitais. Para obter êxito em conseguir colocar em prática todas essas técnicas, a iniciação científica é realizada em conjunto com projeto de doutorado (FAPESP N° 2016/06654 - 0) de Natália Nunes Patucci.

A proposta de Zaprowski *et al.*, (2002) defende que para estudar as capturas fluviais deve-se avaliar também os terraços, utilizando testemunhos entre a drenagem capturada e a drenagem decapitada para posterior confrontação. Com a mesma ideia Suguio & Bigarella (1990) e Stange *et al.*, (2013) mencionam que os terraços fluviais são componentes estratégicos para a compreensão da evolução de paisagens fluviais e de suas relações causais com forças externas, eles sofrem as variações do clima e tectônica e acumulam material e sedimentos de modo estratigráfico que favorecem os estudos de geocronologia e reconstituição paleoambiental .

Diante do que foi exposto tem-se muito entusiasmo para coletar os testemunhos no terraço fluvial, analisar as amostras em laboratório e comparar os resultados, entretanto surgem os próximos desafios: onde coletar? E após determinar o local, surgem novas questões: por que coletar nesta região? Quais os indicadores utilizados?

4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ASPECTOS NATURAIS DA ÁREA DE ESTUDO

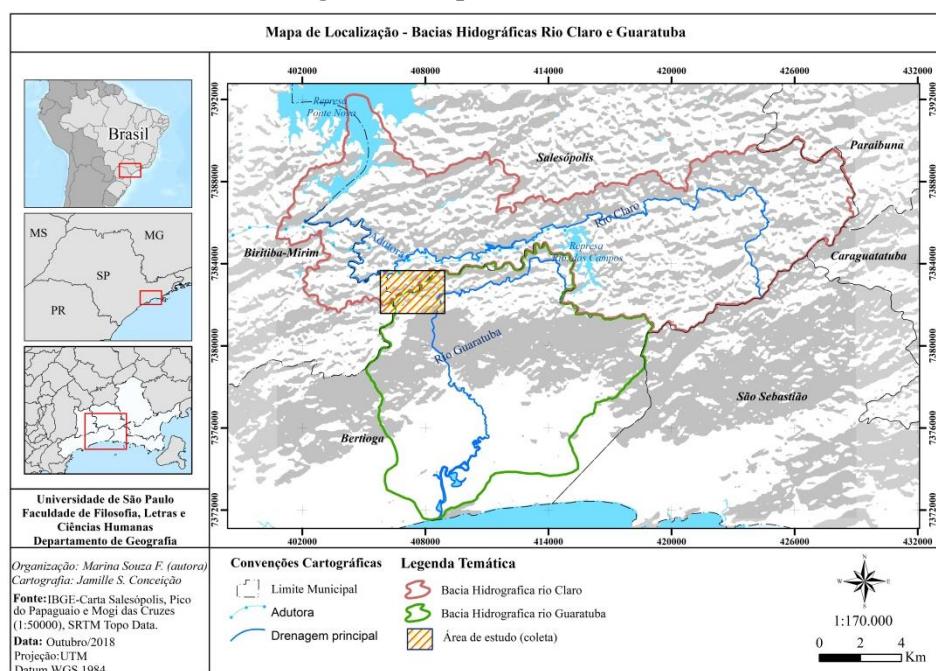
Delimitar e conhecer os aspectos geográficos da área de estudo bem como o seu entorno é essencial para embasar as justificativas dos locais de coleta e abrangem também descrições essenciais que serão retomadas nas discussões após a divulgação dos resultados. Por exemplo; o clima atual e a vegetação que hoje ali se destaca, são conhecimentos necessários uma vez que servirão de comparação paleoclimática e paleovegetacional respectivamente.

Para se estudar o paleoambiente tem-se que conhecer as características naturais do presente. Como afirma Salgado-Labouriau (1994) o princípio do Atualismo pode ser resumido na frase: “o presente é a chave do passado”.

4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - VALE SECO

A área hachurada, em amarelo, (**figura 2**) delimita a área de estudo da pesquisa. Nele se localiza a região do Vale Seco onde as amostras foram coletadas. A bacia hidrográfica do rio Claro abrange os municípios de Salesópolis e Biririba-Mirim e a do rio Guaratuba, em Bertiooga, na Serra do Mar, no Estado de São Paulo, Brasil.

Figura 2: Mapa de localização



Em 45°56' e 45°52' de longitude oeste e 23°38' e 23°42' de latitude sul, localiza-se também a Estação Biológica de Boracéia (EBB). A EBB está em uma área de planalto que se originou da antiga Estação Experimental do Instituto Agrônomo Quina (utilizada no

combate à malária), hoje administrada pelo Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo (USP) e a Reserva Florestal de Casa Grande, administrada pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) que capta água para a cidade de São Paulo e protege os mananciais.

Ao se analisarem fotos-aéreas e sensoriamento remoto na área, Rossi (1999), Oliveira (2003), Neves (2012) e Patucci (2016) notaram que o vale seco, região entre a antiga bacia do rio Claro e a antiga bacia do Guaratuba, é uma zona de rebaixamento e a vegetação torna-se muito distinta comparada com o entorno. Após aplicada a técnica de análise dos solos, constatou-se que a macromorfologia também é diferente, além disso, as redes de drenagem ficam indefinidas.

Próximo ao vale seco está o cotovelo de captura do Guaratuba, na região encontra-se *knick point*, quedas abruptas de topografia. Essas feições deixadas no relevo são consequência da curva abrupta de 90° descendo a serra do mar chegando até a planície litorânea, pois antigamente o rio dirigia-se para o Rio Claro.

De forma dinâmica, enquanto há os processos de erosão fluvial, algumas partes das águas que não são infiltradas no solo não é evaporada para a atmosfera e sofre escoamento declive abaixo formando os córregos e riachos até chegar em dimensões maiores, como os rios. (SUGUI & BIGARELLA, 1990).

Através de erosão remontante, alguns canais fluviais sofrem alargamento e este pode ocorrer de várias maneiras e pode se processar por corração lateral contra as paredes durante as enchentes, ou quando a migração de meandros age contra os lados do canal (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

Frequentemente ocorre o alargamento dos vales como resultado do intemperismo e movimentos de massa nas vertentes do vale, a medida que o rio aprofunda o seu leito. Alguns vales têm seção transversal em “V”, enquanto que outros têm paredes mais abruptas com seção em “U”. Essas formas demonstram o estágio de erosão (os vales em “U” são mais antigos que os em “V”, pois já foram mais alargados) e, além disso, como destacam Suguió & Bigarella (1990, p. 71 e 72) “as formas dos vales resultam da interação do clima, relevo, tipo de rocha e estrutura geológica”.

Em um vale, às vezes, podemos ter mais de um talvegue, como os que acontecem nos vales em “U”, porém nos vales em “V” só se observa a existência de um talvegue,

provavelmente pelo motivo exposto acima, com o passar o tempo ele vai ficando mais velho, sofrendo erosão e recebendo sedimentos (GUERRA, *et al.*, 2008)

Conforme MILLER (1915 *apud* Oliveira 2003), na maioria dos casos, o vale seco (*wind gap*) é apenas um colo no topo do interflúvio cortado pelo recuo das nascentes de dois rios em posição oposta uma à outra. A captura pode também resultar de aplanamento lateral por erosão lateral, onde o rio principal pode cortar o interflúvio que o separa do tributário e desviar a parte montante do mesmo, deixando seco o vale localizado na parte jusante do curso decapitado.

Quanto à vegetação, ela controla parcialmente o volume do escoamento, bem como tem o papel de cobertura de proteção. De fato, em regiões de climas temperados e úmidos, os solos das paredes dos vales sofrem rastejo constante, atribuindo a forma típica de “V”. Por outro lado, em regiões áridas, os vales possuem paredes abruptas de fundo plano resultando na forma em “U” (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

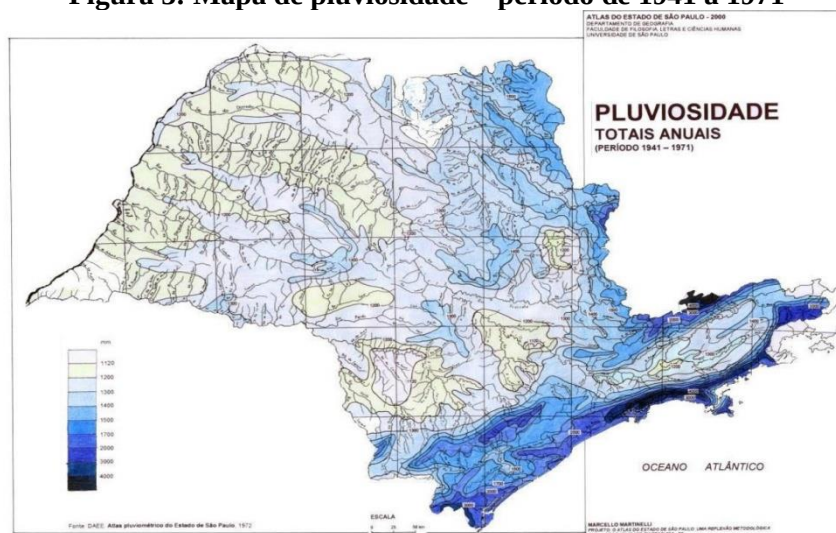
O relevo e a geologia existentes também determinam informações importantes como: as taxas de aprofundamento e alargamento de um vale fluvial, já a geologia, uma vez que se tem o conhecimento do tipo de rocha podemos notar a sua influência na forma do vale e do canal, pois ele determina parcialmente o volume de escoamento e a resistência da superfície de erosão (SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

Delimitar o vale seco como área de estudo e coleta dos testemunhos, promove a discussão entre variadas abordagens que devem ser estudadas de modo mais sistemático, como visto nos parágrafos anteriores conhecendo a vegetação, geologia, geomorfologia, entre outros aspectos naturais dos vales conseguimos criar algumas hipóteses. Por essa razão, a seguir iremos caracterizar os aspectos geográficos da área de acordo com as pesquisas feitas:

4.1.1 Clima

Por estar inserida em uma região de clima tropical úmido, possui temperaturas médias elevadas e em consonância com a Floresta Tropical, a Mata Atlântica, temos na bacia do Guaratuba um dos mais elevados índices pluviométricos de todo o estado de São Paulo, como pode ser observado na **figura 3**.

Figura 3: Mapa de pluviosidade – período de 1941 a 1971



Fonte: Elaborado por Marcello Martinelli. Créditos: [confins.revues.org](http://confins.revues.org/docannexe/image/6348/img-1). Disponível em: <http://confins.revues.org/docannexe/image/6348/img-1>.

As precipitações anuais médias elevadas, superiores a 2.000 mm, distribuem-se ao longo do ano, com maior concentração nos meses de dezembro a maio e com período menos chuvoso de junho a agosto. A temperatura média nos vinte últimos anos foi de 21,0°C, com médias das máximas de 30,7°C e das mínimas de 7,3°C. Os meses mais quentes vão de outubro a março e os mais frios de junho a agosto, estação menos chuvosa (ROSSI, 1999, p.2).

Em decorrência também do relevo escarpado, o fenômeno da chuva orográfica é bastante recorrente. De acordo com Nunes (2009) quanto maior a acentuação da escarpa, maiores são os índices pluviométricos, pois, quando as nuvens carregadas se elevam para transpor o obstáculo geográfico, seus fluxos atmosféricos úmidos sofrem um resfriamento adiabático e acabam precipitando abundantemente na área barlavento da escarpa.

O relevo funciona como uma barreira à passagem das massas de ar e aumenta a umidade, ela auxilia para suavizar a temperatura e deve influenciar diretamente a vegetação, a atividade biológica e o intemperismo, entretanto a amplitude térmica diária é acentuada. O geógrafo e climatologista brasileiro MONTEIRO (1973 e 1976) caracterizou a zona costeira como zona de transição de sistemas atmosféricos, sujeita a grandes oscilações ao longo dos anos, com predominância de ventos de sudeste.

Esses ventos de sudeste caracterizam outro fator geográfico que não podemos deixar de considerar: a maritimidade. Ela é também responsável por contribuir constantemente para

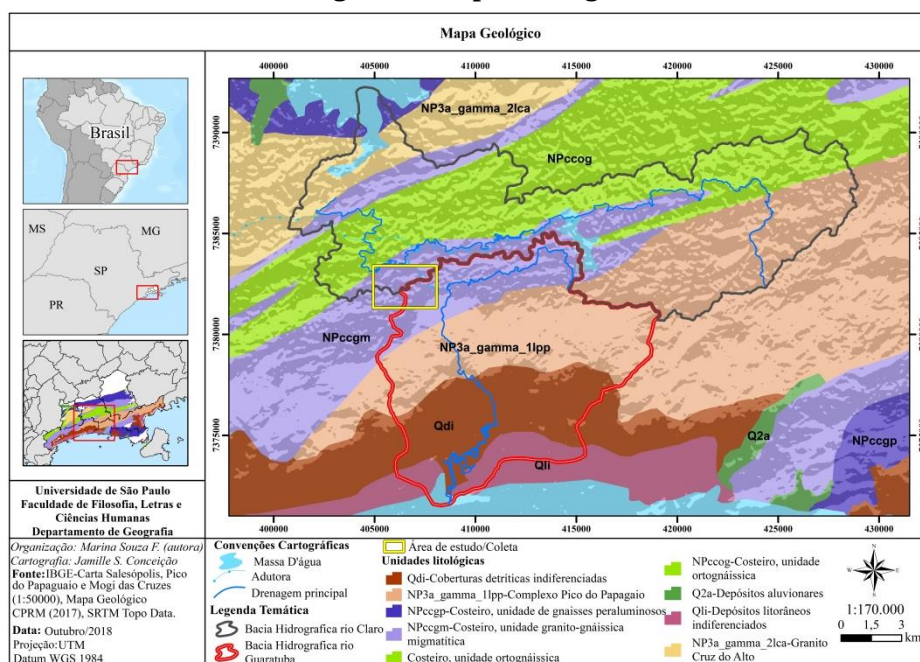
o aumento da umidade atmosférica da região. Essas massas de ar também podem ocasionar precipitações pelo efeito das chuvas convectivas, que abrangem uma menor área, são de curta duração e apresentarem um considerável volume de água.

4.1.2 Geologia

As bacias são representadas por formações geológicas do Complexo Migmatítico do Pré-Cambriano e Arqueano, composto por gnaisses bandados predominantemente tonalíticos, migmatíticos.

De acordo com o mapa geológico (**figura 4**) a área de estudo é caracterizada por granitos com áreas restritas migmatíticas, além de depósitos sedimentares do Quaternário (sedimentos fluviais, marinhos, depósitos de tálus, colúvios e cascalheiras). RADAMBRASIL (1983) e HASUI & SADOWSKI (1976) *apud* ROSSI (1999) apontam ainda, a presença de paleossoma xistoso, com quartzo e mica, ou gnássico (quartzo, mica e feldspato).

Figura 4: Mapa Geológico



Através do mapa (**figura 4**) é possível perceber no planalto que se destaca o complexo gnaissico de diferentes texturas, porém compostos basicamente pelos mesmos minerais, que correspondem ao Complexo Paraíba do Sul do Arqueano.

A unidade ACg é representada por gnaisses bandados que, segundo HASUI & SADOWISK (1976), IPT (1981a) e RADAMBRASIL (1983), são tonalíticos e com migmatitos estromáticos com foliação, compostos basicamente por quartzo, mica e feldspato. A unidade ACgg inclui também

migmatitos homogêneos granitóides. São encontradas também, zonas de rochas encaixantes ACp, quartzosas, como o pegmatito próximo à represa do Ribeirão dos Campos. (ROSSI, 1999. p.6)

Especificamente, a bacia do alto Guaratuba apresenta um embasamento cristalino cuja composição pouco varia e é constituído sobretudo por gnaisses de grão fino a médio, porfiroblásticos ou não, de composição granítica, mais ou menos milonitizados, com ou sem segregados quartzosilicáticos (veios, lentes e bolsões quartzosos ou pegmatóides) associados, e apresentando foliações miloníticas bem a muito bem desenvolvidas, concordantes com a direção geral NE-SW, mergulhos a SE, em parte com lineações minerais impressas em seus respectivos planos (ROSSI, 1999; OLIVEIRA & QUEIROZ NETO, 2007)

4.1.3 Geomorfologia e Evolução do Relevo

Os cinturões orogênicos existentes no território brasileiro são muito antigos, diversos períodos e épocas do Pré-Cambriano, eles podem ser classificados como: do Atlântico, o de Brasília e o Paraguai-Araguaia segundo ROSS (2011). Essas três antigas cadeias montanhosas encontram-se atualmente muito desgastadas pelas várias fases erosivas ocorridas, mas ainda guardam aspecto serrano em grandes extensões. Algumas dessas áreas orogênicas, como é o caso do cinturão do Atlântico, passaram por até três fases de dobramentos, acompanhados de metamorfismo e intrusões alternados por longas fases erosivas. (ROSS, 2011)

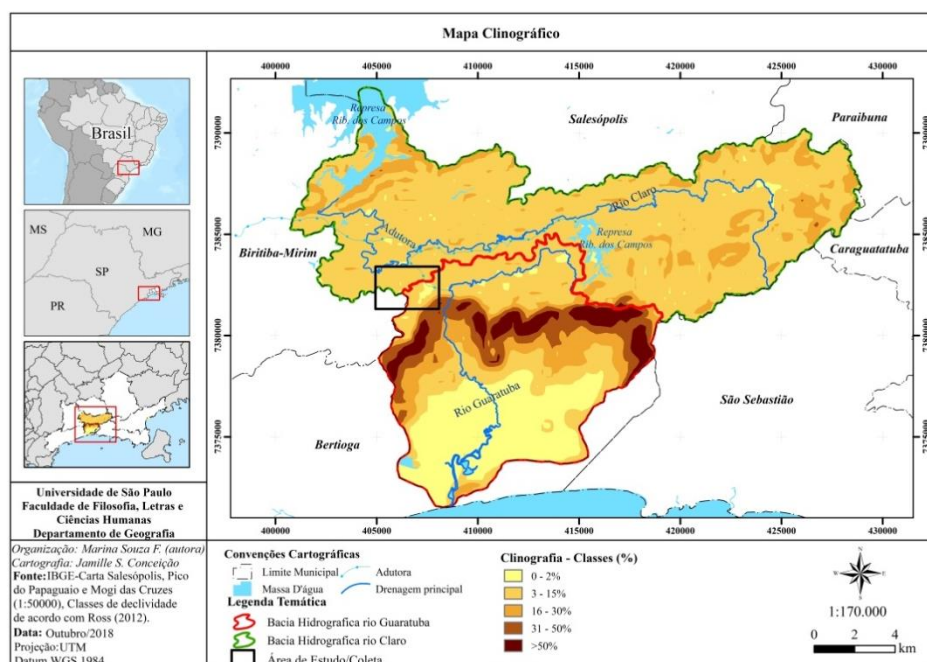
A área de estudo insere-se na categoria de “planaltos e serras do atlântico leste-sudeste”, do cinturão orogênico do Atlântico. Para Ross (2011) são as de maior complexidade, pois sua gênese está vinculada a diversos ciclos de dobramentos de metamorfismo regionais, falhamentos e extensas intrusões, o autor também cita as consequências de cada fase: orogenéticas e epirogenéticas:

As diversas fases orogenéticas do Pré-Cambriano foram sucedidas por ciclos de erosão. O processo epirogenético pós-cretáceo, que perdurou pelo menos até o Terciário Médio, gerou o soerguimento da plataforma sul-americana, reativou os falhamentos antigos e produziu escarpas acentuadas, como as das serras Mantiqueira e do Mar, e fossas tectônicas, como as do médio vale do Paraíba do Sul. (ROSS, 2012 p. 58)

A Escarpa é caracterizada por relevo de denudação, com grande desnível altimétrico e paredões inclinados caindo abruptamente (**figura 5**) alcançando as maiores classes de declividade conforme pode-se observar no mapa (31-50% e >50%). O alto Guaratuba insere-

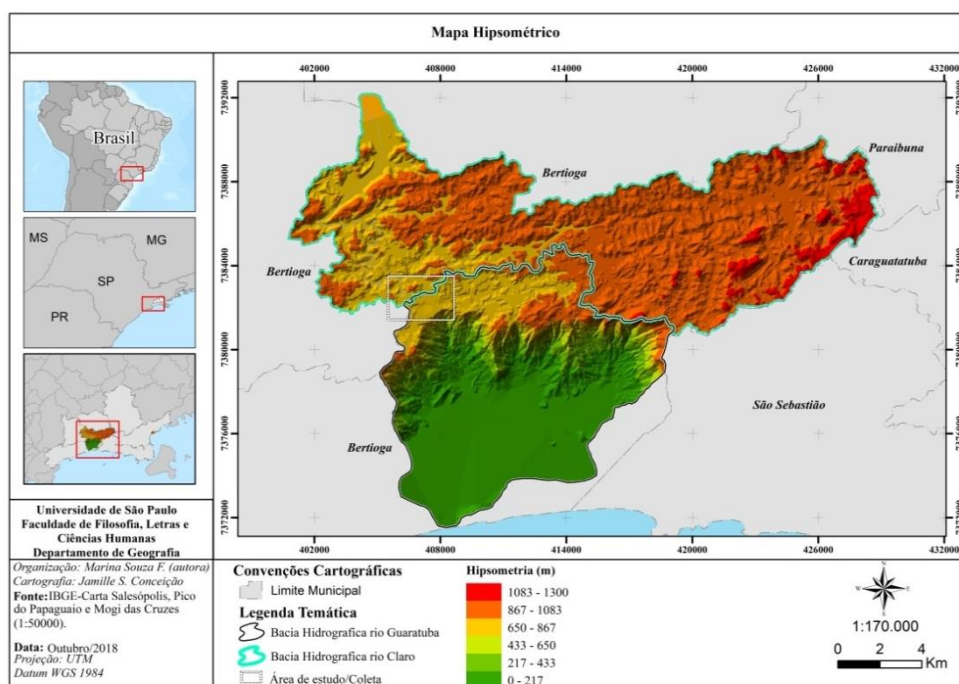
se no Complexo Costeiro, de acordo com ROSSI (1999), que corresponde ao reverso da Serra do Mar ou Planalto. Esse compartimento está no contato com a Escarpa.

Figura 5: Mapa Clinográfico



No Planalto (área de estudo/coleta) que é uma zona com morros e desníveis altimétricos de até 300m (**figura 6**), as declividades são variadas, abrangendo desde pequenas planícies ao longo dos principais cursos d'água, onde predominam declividades de 0-2%, até vertentes com declividades maiores de 31-50%.

Figura 6: Mapa Hipsométrico



Ao norte da bacia do Guaratuba próximo a bacia do rio Claro (área de estudo/coleta) temos um declividade menor de 0-2% e 3-15% e os dados hipsométricos em torno de 650-867m, uma variação bem grande devido à complexidade da área como dito anteriormente e também aos diversos rebaixamento devido à erosão e a alta pluviosidade na área.

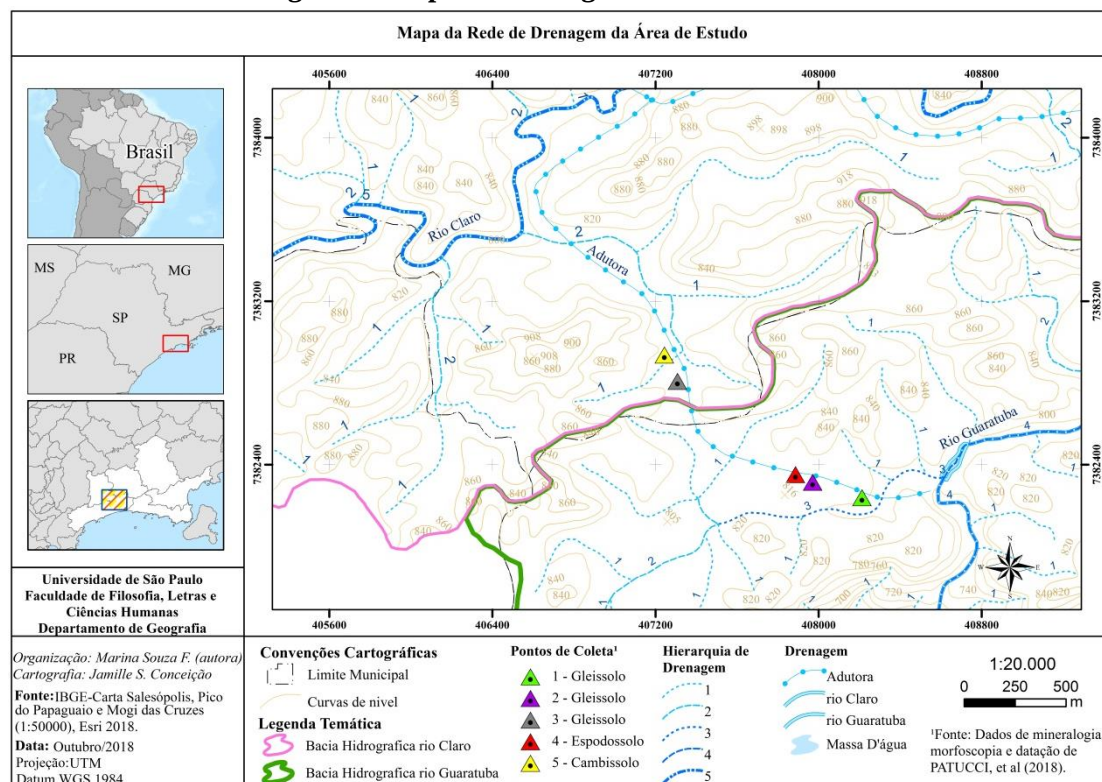
Diante disso e de acordo com pesquisas desenvolvidas por Oliveira e Queiroz Neto e Oliveira (2007; 2010) existe, entre outras variáveis, a interferência da tectônica na morfologia do relevo (**figura 4**) e processos de erosão, dentre eles erosão pluvial (**figura 3**), o que explicaria a área deprimida onde se encontram as bacias do rio Guaratuba e do rio Claro. O estudo pontua ainda que o rio Guaratuba foi capturado pela erosão regressiva da Escarpa da Serra do Mar, influenciado pelos fortes gradientes hipsométricos (**figura 6**) e consequentes diferenças dos níveis de base, que permitiram a mudança da direção original do rio.

A captura fluvial teria sido consequência do tectonismo pós – Cretáceo no Sudeste do Planalto Atlântico, de acordo com Ab'Saber (1954) a qual houve uma inversão nos cursos de drenagens que iriam inicialmente para o interior do Estado de São Paulo através das “múltiplas capturas”.

4.1.4 Rede de Drenagem

“A análise da rede hidrográfica pode levar à compreensão e à elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos de água constituem processos morfogenéticos dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestres” (CHRISTOFOLETTI, 1980 p. 102). As declividades e a hipsometria exemplificados no tópico acima para abordar acerca da geomorfologia das bacias são vistos em consonância com os cursos de água. Dessa forma o mapa de rede de drenagem (**figura 7**) apresenta, além da hierarquia das drenagens, as curvas de nível na área de estudo onde foram efetuadas as coletas.

Figura 7: Mapa de Drenagem e Curvas de Nível



As bacias de drenagem podem ser classificadas, de acordo com o escoamento global, por exemplo, a bacia do Guaratuba é exorreica, ou seja, “quando o escoamento das águas se faz de modo contínuo até o mar ou oceano, isto é, quando as bacias desembocam diretamente no nível marinho” (CHRISTOFOLETTI, 1980 p. 102). O rio Guaratuba possui suas nascentes no planalto interno da Serra do Mar próximo à represa Ribeirão do Campo. Seus canais têm direção NE – SW até a escarpa da serra, onde apresenta vale seco com 800 m de extensão e cotovelo de captura que se estende por uma porção de 300 m e deságua na planície litorânea. (PATUCCI, *et al.*, 2018).

A hierarquia de drenagens que pode ser observada no mapa (**figura 7**) foi confeccionada pelo sistema de Strahler, (1952). Para ele os menores canais, sem tributários são considerados como de primeira ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens. E assim sucessivamente. “A ordenação proposta por Strahler elimina o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão e a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência” (CHRISTOFOLETTI, 1980. p.107).

A área de estudo onde foi realizada a coleta dos testemunhos localiza-se no planalto onde se destacam dois rios, o Claro e o Guaratuba. Segundo Oliveira (2010) o rio Guaratuba posiciona-se a NE-SW no Planalto, mudando de direção para N-S na borda da Escarpa, em seu cotovelo de captura, formando uma garganta antes de descer para o litoral, podemos observar também no mapa (**figura 7**) que no local onde estão os pontos de coleta a drenagem é indefinida, seria o corredor de conexão entre as bacias, ou seja, o leito pretérito do Guaratuba no Quaternário.

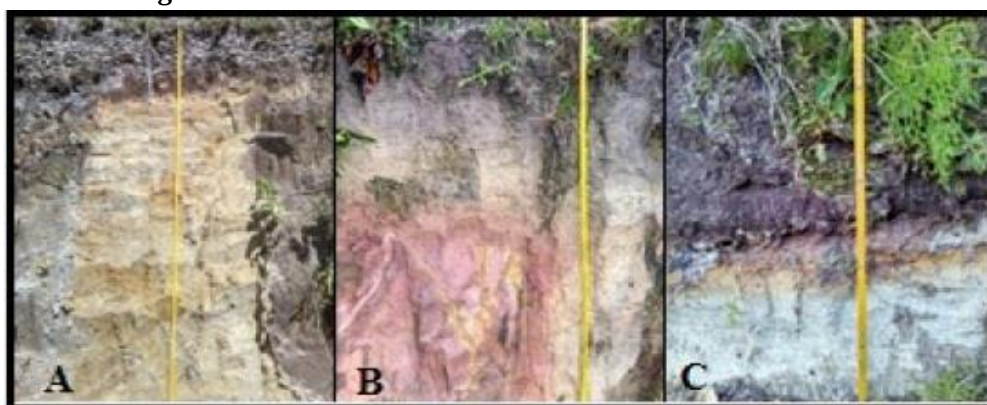
Ambas as bacias possuem padrões de drenagem dendríticos. Vale ressaltar que os padrões de drenagem referem-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais, que podem ser influenciados em sua atividade morfogenética pela natureza e disposição das camadas rochosas, pela resistência litológica variável, pelas diferenças de declividade e pela evolução geomorfológica da região (CHRISTOFOLETTI, 1980). A drenagem dendrítica assemelha-se à configuração de uma árvore. As correntes tributárias distribuem-se em todas as direções sobre a superfície do terreno, e se unem formando ângulos agudos de graduações variadas, mas sem chegar nunca ao ângulo reto.

4.1.5 Solos

Como foi visto nos itens anteriores a alta pluviosidade da área afeta os solos que influenciam diretamente na perenidade florestal, como também na atividade biológica, química, e física de desagregação e transformação da matéria orgânica e de outros elementos do solo.

Os solos encontrados no vale seco (**figura 8**) se caracterizam em três diferentes classes: Gleissolo Pouco Húmico (A), Cambissolo (B) e Espodossolo (C).

Figura 8: Classes de solos encontrados no vale seco.



Fonte: Patucci, 2018.

O termo Gleissolo vem do russo “*gley*” significa massa do solo pastosa; conotativo de excesso de água. Basicamente eles são solos que apresentam hidromorfia por forte gleização, que são resultantes de processos de intensa redução de compostos de ferro, em presença de matéria orgânica, com ou sem alternância de oxidação, por efeito de flutuação de nível do lençol freático, em condições de regime de excesso de umidade permanente ou periódico (SiBCS, 2018). No vale seco eles estão dispostos ao longo do rio Guaratuba e também do rio Claro, junto à faixa de cascalheiras que possuem até 1 metro de largura.

Os Cambissolos derivam o nome do latim *cambiare*, “trocar”, “mudar”; conotativo de solos em formação e transformação. Em geral eles são solos pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente. A pedogênese pouco avançada evidenciada pelo desenvolvimento da estrutura do solo, na maioria das vezes possui alteração do material de origem que é expressa pela quase ausência da estrutura da rocha ou da estratificação dos sedimentos (SiBCS, 2018). Estão dispostos no fim do vale seco, próximo ao rio Claro.

Os Espodossolos vêm do grego *spodos*, “cinza vegetal”; conotativo de solos com horizonte de acumulação iluvial de matéria orgânica associada à presença de alumínio. Antigamente eram denominados como *podzols*, pois sofrem o processo de podzolização com eluviação de materiais compostos principalmente por uma mistura de matéria orgânica humificada e alumínio, podendo ou não conter ferro, e consequente acumulação iluvial desses constituintes (SiBCS, 2018). Na área de estudo estão dispostos na zona intermediária do vale seco.

A coleta ocorreu nas três classes de solos (**figura 7**) para posterior análise de granulometria, mineralogia, morfoscopia, análises químicas e datação por Carbono 14 e LOE. A palinologia está sendo analisada nos testemunhos do Espodossolo, uma vez que ele se classifica também como um paleossolo, que irá ser discutido posteriormente.

Os horizontes de qualquer classe de solos constitui uma camada, a qual se dispõe aproximadamente paralela à superfície do terreno, sendo caracterizada por propriedades físicas, químicas, biológicas e morfológicas, que diferem daquelas dos horizontes adjacentes, dessa forma, Bigarella *et al.*, (2007) afirma que consequentemente a paleopedologia constitui uma parte intrínseca da Pedologia, ao referir-se aos perfis desenvolvidos abaixo de uma paleo-superfície no passado geológico.

Para Bigarella *et al.*, (2007 p. 555) “A interpretação da características dos paleossolos (Hunt & Sokoloff, 1950) é importante no que se concerne à elucidação dos aspectos paleográficos da paisagem além de permitir a reconstituição das condições paleoambientais dos eventos pretéritos.”. Para tanto, na pedostratigrafia dos paleossolos é dada ênfase apenas a uma camada, a qual é característica dos materiais formados numa época cronológica particular (desenvolvidos em diferentes condições climáticas, ou não). Essa camada representativa do paleossolo refere-se a um horizonte principal de acumulação, típico de sua formação, e facilmente identificável no terreno, embora outros horizontes possam ou não ocorrer (FIRMAN, 1979 *apud* BIGARELLA, 2007).

Logo, de acordo com a morfologia os Espodossolos são caracterizados por um perfil “A”- E - “B” - “C” sob a serapilheira encontra-se um horizonte mais ou menos húmifero (A1), seguido por um horizonte esbranquiçado eluvial (E). Abaixo ocorre um horizonte iluvial (B) que pode ser ferruginoso, húmico ou ferro-úmico, designado como B1, B2, B3, etc, e por último o material de origem que, geralmente, é denominado como horizonte C (SIBCS,2018).

“Quando o horizonte iluvial ferruginoso é de consistência rochosa, ele é frequentemente designado *Ortstein*; quando friável é referido como *Orterde*” (BIGARELLA *et al.*, 2007, p. 554) no caso do Espodossolo coletado, o *ortstein* é uma camada endurecida dentro do horizonte. No Brasil, a presença de *Orstein* foi empiricamente utilizada por alguns geólogos quaternaristas como indicativo de sedimentos pleistocênicos costeiros (Martin & Suguio , 1978). Embora os Espodossolos estejam presentes em depósitos marinhos tanto pleistocênicos quanto holocênicos, o *orstein* ocorre apenas nos pleistocênicos (COELHO, *et al.*, 2010).

Nas planícies costeiras paulistas, as condições climáticas, progressivamente mais úmidas desde o final do Pleistoceno (Shell-Ybert *et al.*, 2003), associadas à instalação da vegetação de floresta, contribuíram para a formação dos antigos Espodossolos com horizontes *orstein*. É provável que a origem e a preservação do *orstein* decorram da atuação e maior estabilidade do lençol freático na posição em que se formaram e dessa forma esses horizontes tornam-se um indicador litoestratigráfico (COELHO *et al.*, 2010)

4.1.6 Vegetação

De acordo com os domínios morfoclimáticos brasileiros de Aziz Ab’Saber (1965) a área que abrange as bacias do rio Claro e Guaratuba encontra-se no domínio mares e morros:

áreas mamelonares tropical-atlânticas florestadas, o autor afirma que “no vasto conjunto do território intertropical e subtropical brasileiro destaca-se o contínuo norte-sul das matas atlânticas, na categoria de segundo grande complexo de florestas tropicais biodiversas brasileiras” (AB’SABER, 2003 p.43)

Na descrição da obra o autor descreve que à altura do Estado de São Paulo as matas atlânticas penetram por todos os planaltos interiores, com fortes irregularidades na depressão periférica central do território, onde ocorre um espaçado mosaico de cerrados, matas em faixas de calcário e terras roxas oriundas da decomposição de basalto. Para Aziz Ab’saber (1980 p. 47) “não são os climas tropicais mesotérmicos dos planaltos que garantem a presença de florestas biodiversas, mas sim a riqueza de algumas grandes manchas de solos ricos e influência orográfica na Serra do Mar”.

Bigarella *et al.*, 2007 cita que o tipo climático é responsável pelo recobrimento florístico da paisagem. A vegetação afeta diretamente a infiltração e o escoamento. Os climas com boa distribuição anual das chuvas favorecem o recobrimento florestal, porém muitos enclaves de vegetação aberta (campo natural, cerrado ou caatinga) são encontrados em regiões de chuva bem distribuídas. Contudo, neles representam formas relíquias de paleoclimas severos.

Figura 9: Perfil de Espodossolo com cascalheiras e vegetação.

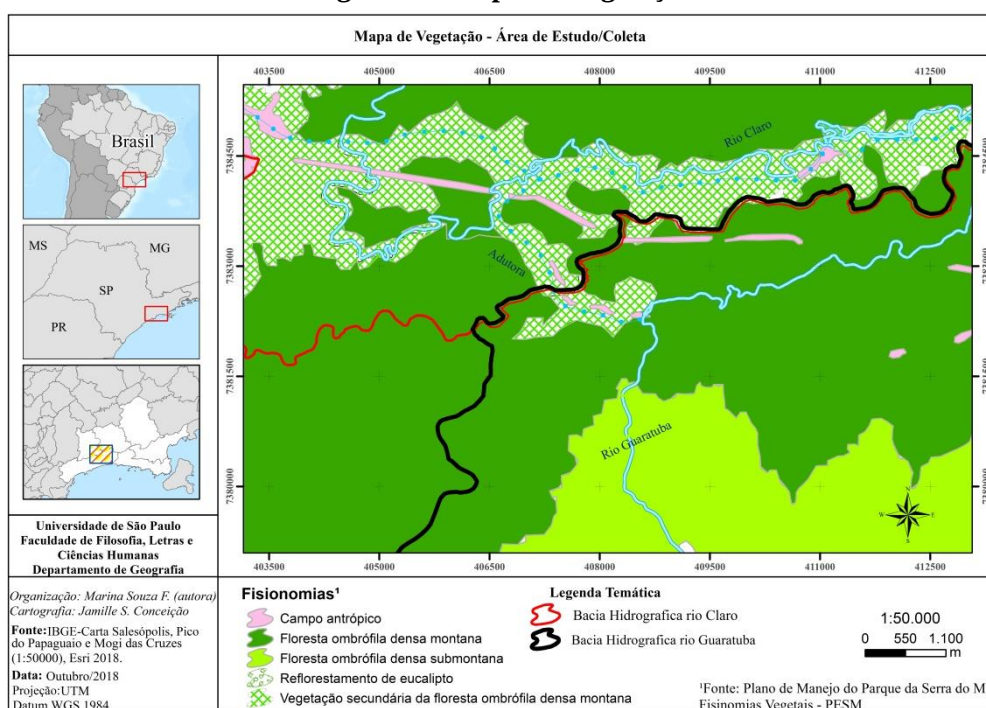


Foto por: Patucci, outubro/2017

Pode-se citar como exemplo desse fato descrito no parágrafo anterior a região das cascalheiras do vale seco (**figura 9**). Na imagem é possível observar ao fundo uma vegetação de porte médio e alto, porém acima das cascalheiras e do perfil de solo uma vegetação mais rasteira/gramínea com uma turfeira (horizonte orgânico) e logo abaixo os cascalhos (mineral). Essa taxonomia é semelhante ao cerrado, e como descrito por Rossi (1999) é campo de porte herbáceo: formado principalmente por gramíneas e arbustos esparsos baixos, de vegetação rasteira, ocorre em topos convexizados e aplainados sobre substrato pegmatítico, em áreas de solos rasos situados principalmente em relevo de pequenos morros alongados. Provavelmente são “manchas de cerrado” que ocorrem com certa frequência na mata atlântica.

Ao todo existem 82% de florestas tropicais de planalto (AB’SABER, 1980), o Manual Técnico da Vegetação Brasileira do IBGE (2012) classifica os diferentes tipos de vegetação ao longo da escarpa da Serra do Mar e com a sistematização das informações e aprimorando no mapa de Fisionomias do PESM no Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar, foi possível georreferenciar os dados no *software* ArcGis 10.5 especificamente para a área de estudo do projeto na **figura 10**.

Figura 10: Mapa de Vegetação



No mapa destacam-se 4 principais fisionomias; a floresta ombrófila densa submontana na Serra; na região de transição das bacias percebe-se uma faixa mais contínua de vegetação secundária da floresta ombrófila densa montana sobrepondo uma majoritária área de floresta ombrófila densa montana e algumas faixas estreitas de campos antrópicos (**figura 10**). Vale

ressaltar que essa faixa de vegetação secundária entre as bacias obtém as “manchas de cerrado” (**figura 9**) em áreas de depressão.

Essa vegetação secundária ocorre na região do planalto, pois antigamente do que se conhece hoje pela Estação Ecológica de Boracéia, em meados de 1938 até 1952, produzia-se plantação de Quina, na época era um serviço de saúde público e também para exportação da planta *Chinchana Ledgeriana* fonte de quinino, que é usado no tratamento de malária. Em 1954 foi extinto o cultivo e transferida para a secretaria da Agricultura, logo a área conseguiu se auto recuperar.

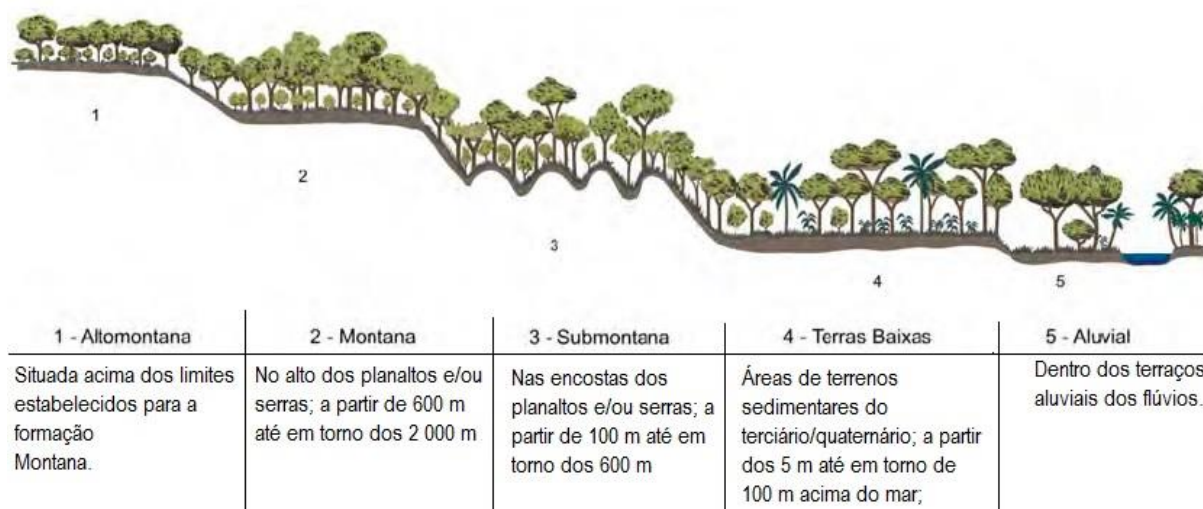
A vegetação secundária são aquelas áreas onde houve intervenção humana para o uso da terra, seja com finalidade mineradora, agrícola ou pecuária, descaracterizando a vegetação primária. Assim sendo, essas áreas, quando abandonadas, reagem diferentemente de acordo com o tempo e a forma de uso da terra. Porém, a Vegetação Secundária que surge reflete sempre, e de maneira bastante uniforme, os parâmetros ecológicos do ambiente. A sucessão vegetal obedece ao ritmo de recuperação do solo degradado pela ação predatória do homem. A perda da matéria orgânica pelas queimadas e da parte química pelas culturas ou lixiviada pelas águas da chuva empobrece rapidamente os solos tropicais álicos ou distróficos e excepcionalmente eutróficos, que levam anos para se recuperarem naturalmente (MANUAL TÉCNICO DA VEGETAÇÃO BRASILEIRA, 2012 p.149)

As poucas faixas de campo antrópico que podemos observar sejam, talvez, das áreas da SABESP e estradas para a captação de água e acesso. As duas outras fisionomias caracterizam as áreas muito bem preservadas; a floresta ombrófila densa submontana, em geral, possui solos medianamente profundos ocupadas por uma formação florestal que apresenta fanerófitos com altura aproximadamente uniforme, a submata é integrada por plântulas de regeneração natural, poucos nanofanerófitos e caméfitos, além da presença de palmeiras de pequeno porte e lianas herbáceas em maior quantidade (MANUAL TÉCNICO DA VEGETAÇÃO BRASILEIRA, 2012).

As florestas ombrófilas densas montanas se situam de 400 a 1 000 m, onde a estrutura é mantida até próximo ao cume dos relevos dissecados, quando os solos delgados ou litólicos influenciam o tamanho dos fanerófitos, que se apresentam menores. A estrutura florestal de dossel uniforme (em torno de 20 m) é representada por ecótipos relativamente finos com casca grossa e rugosa, folhas miúdas e de consistência coriácea (MANUAL TÉCNICO DA VEGETAÇÃO BRASILEIRA, 2012).

Conforme o Manual Técnico de Vegetação Brasileira, as observações realizadas, durante os levantamentos executados pelo Projeto RadamBrasil, nas décadas de 1970 e 1980, e os estudos fitogeográficos mundiais, iniciados por Humboldt, em 1806, na ilha de Tenerife e contidos em vasta bibliografia, permitiram o estabelecimento de faixas altimétricas variáveis, conforme as latitudes, na **Figura 11** pode-se observar as diversas ocorrências de floresta ombrófila densa em diferentes altitudes.

Figura 11: Perfil esquemático de Floresta Ombrófila Densa



Fonte: MANUAL TÉCNICO DA VEGETAÇÃO BRASILEIRA, 2012 *apud* Veloso, Rangel Filho e Lima, 1991. Organização e adaptação: Marina Souza

Neste quesito, na qual se aborda a questão da vegetação, outra justificativa plausível e mais específica que também podemos expor é o problema referente à origem e história biogeográfica dos elementos que formam a Mata Atlântica. Esses dados, quando existentes, não são elucidados de forma satisfatória, pois os tipos de vegetação que compõe o seu Domínio estão entre os mais ameaçados do mundo, principalmente porque suas áreas de ocorrência coincidem com as áreas mais populosas do Brasil (Viana & Tabanez, 1996; SOS Mata Atlântica, 1998 *apud* MICHELLI NETTO, 2007).

Os remanescentes destes tipos de vegetação estão localizados principalmente em terrenos íngremes de pouco interesse para a agricultura, muitos dos quais nas porções da Serra do Mar no estado de São Paulo (Câmara, 1990; Scudeller e colaboradores, 2001 *apud* MICHELLI NETTO, 2007). Também são encontradas como no caso da nossa área de estudo, em regiões litorâneas situadas no interior de Unidades de Conservação ou que ainda não foram desmatadas para o crescimento e urbanização das cidades costeiras, reiterando, dessa

forma, a importância da pesquisa. Uma vez que nas áreas protegidas, como no caso da Estação Biológica de Boraceia (EBB), necessitam apoio e incentivo para explorar as sucessões ecológicas existentes nas Matas Atlânticas, ainda mais pesquisas associadas com solo, relevo e processos de captura fluvial, pois estas favorecem uma análise das drenagens existentes (pretérito e presente) no local.

5 OBJETIVOS

Este capítulo visa explicitar o objetivo da pesquisa de maneira sucinta e clara. Estes objetivos serão desenvolvidos durante a discussão acerca dos resultados encontrados, bem como as problematizações e indagações que irão ocorrer durante o processo de investigação.

5.1 OBJETIVO GERAL

A utilização da técnica de palinologia para corroborar nos estudos sobre captura fluvial e na datação dos eventos ocorridos durante o Quaternário.

5.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Relacionar a cronologia e a composição do testemunho com eventos ocorridos no Quaternário que auxiliaram as capturas fluviais;
- b) Detalhar e caracterizar o conteúdo palinológico dos testemunhos do Espodossolo localizado no vale seco;
- c) Identificar o conteúdo do testemunho quanto à família e, quando possível, ao gênero.

6 MATERIAIS, MÉTODO E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E OPERACIONAIS.

A divisão deste capítulo foi organizada para que ficasse sucinto, entretanto explicativo com detalhes de cada processo de construção do trabalho; desde os materiais utilizados, a linha de pensamento seguindo um método de abordagem, até as coletas para análise laboratorial.

6.1 MATERIAIS

Para a elaboração dos produtos cartográficos digitais e confecção de ilustrações referentes ao vale seco do Guaratuba foram utilizadas as seguintes cartas: a folha topográfica do IBGE na escala de 1:50.000 (1984) (articulação Salesópolis SF-23-Y-D-V-1/3) e cartas topográficas do Instituto IGC 1:10.000 (1971;1988) (articulação Fazenda Florestal do Rio Grande SF-23-Y-D-V-1-SO-B ; Represa Ribeirão do Campo SF-23-Y-D-V-1-SE-A, Serra Guaratuba SF-23-Y-D-V-1-SO-D e Ribeirão da Fornoalha SF-23-Y-D-V-1-SF-C).

Para a caracterização dos aspectos físicos do vale seco do Guaratuba foram utilizados: os trabalhos de ROSSI (1999); OLIVEIRA (2003); OLIVEIRA (2010); dados das normais climatológicas do INMET; cartas geológicas publicadas pelo DAEE (1984) e DNPM (1977); carta geológica do Estado de São Paulo, escala 1:50.000, publicação IPT (1983); carta do Serviço Geológico do Brasil – Base Geológica do Estado de São Paulo – Escala de 1:500.000, publicada pelo CPRM; carta geomorfológica do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000, publicação IPT (1983).

A realização da fotointerpretação geomorfológica teve auxílio do Esteroscópio de Espelho. Para identificação do vale seco e de feições relacionadas às drenagens da bacia do Guaratuba, tanto a montante como a jusante da área, foram utilizadas as seguintes faixas do levantamento aerofotográfico pancromático na escala aproximada de 1:25.000 realizado pela Aerofoto Natividade em 1962: nº 7 9367, nº 7 9368 e nº 7 9369 e da BASE Aerofotogrametria e Projetos S/A em 1973: nº 40.765, nº 40.766, nº 40.767, nº 40.780, nº 40.781, nº 40.782 .

Foram coletadas em ambas as áreas, amostras de solo para análise de parâmetros físicos e químicos, posteriormente analisadas no Laboratório de Solos da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz - ESALQ/USP. Os instrumentos para retirada, armazenamento e identificação das amostras foram: trado, trena, faca, pá francesa, cavadeira reta, cavadeira

articulada, machadinha, sacos plásticos de 500g, etiquetas, bandejas e caneta. Também diretamente relacionado às atividades de campo cita-se a importância do Sistema de Posicionamento Global – GPS, pois os pontos obtidos geram matrizes digitais e consequentemente ilustrações e mapeamentos. Todas as informações foram retiradas de PATUCCI *et al.*, (2018) e do projeto de doutorado PATUCCI (2016) Número 2016/06654-0.

6.2 MÉTODO DE ABORDAGEM

O método de abordagem envolve técnicas e leituras interdisciplinares, e funciona como um alicerce da justificativa do trabalho visto à necessidade de enaltecer a importância da pesquisa científica no Brasil e o seu crescimento de preferência nas ciências naturais e de conscientização para preservação do meio ambiente.

Geografia física não constitui uma super-síntese, nem mesmo de uma parte das ciências geográficas que estudam a natureza; engloba apenas alguns setores selecionados das ciências geográficas. Isto soluciona um complexo problema geográfico. Tais funções especializadas da Geografia Física possuem particular significação nos dias presentes, em conexão com a prognose de geossistemas do futuro e com as pesquisas dirigidas do ambiente (SOTCHAVA, 1977 p. 5).

O trabalho irá produzir e exaltar a relevância na produção de resultados que podem auxiliar na continuação da pesquisa, seja na área de estudo, como na aplicação dos métodos e procedimentos em outras áreas, sem esquecer os discursos acerca da conservação do meio ambiente sendo de extrema importância a abordagem teórico–metodológica geossistêmica.

Segundo Sotchava (1977) a transição de geossistema, de um estágio temporal para outro, significa sua evolução. Sendo um dos pilares da pesquisa pautada na geocronologia da captura fluvial ocorrida no rio Guaratuba, tem-se a evolução como contribuinte para a elaboração de uma classificação dos fenômenos geográficos com o registro de seus desenvolvimentos passados para assim auxiliar no melhor manejo para conservação da paisagem no futuro.

Autores como Christofolletti (1981) e Bigarella *et al.*, (1990) acreditam na análise geossistêmica que diferentes critérios e procedimentos devem ser utilizados quando estudamos evolução da paisagem. Conforme Sotchava (1978) também considera essencial “nenhuma classificação é absoluta; é necessário modificá-la, aperfeiçoá-la. Especialmente no que se refere à fixação de geomorfos e aos seus subordinados da dimensão topológica dos geomorfos, exigindo, para a absorção no estudo da estrutura do geossistema, inúmeros métodos.”

Os geomos constituem-se em sistemas fechados, como seriam cada uma das técnicas que estão sendo aplicadas para a geocronologia e auxílio na reconstituição paleoambiental, ou também os tópicos separados e ordenados acima (no tópico 4) das caracterizações dos aspectos naturais da área de estudo, aquele tipo de ordenação e sequência pode, ou não, ser alterado (ou até abordados em conjunto) conforme as pesquisas indicam maior conexão entre os fenômenos que encaminharão a pesquisa.

A cientista Salgado Laboriau (1994) também afirma a importância da paleoecologia correlacionar-se mais com outras ciências. A geografia então tem a capacidade de integrá-las, quando possível, utilizando diferentes técnicas separadamente, e correlacionando-as para um manejo integrado mais sustentável e em harmonia entre o homem e o meio ambiente.

A paleoecologia tem então que lançar mão de informações de outros campos da ciência, além das que fornecem os fósseis, para reconstruir, até onde for possível, o ambiente físico. Efetivamente, a paleoecologia necessita das informações não somente das ciências biológicas e geológicas, mas também da climatologia e da geografia para integrar e interpretar o paleoambiente. E todas estas informações juntas têm que fazer sentido (SALGADO LABORIAU, 1994 p. 3).

Logo, o conhecimento mais profundo da vegetação do passado, bem como das sucessões e mudanças ocasionadas por modificações no meio físico, é importante para a compreensão dos mecanismos responsáveis pela origem e manutenção da biodiversidade, fornecendo modelos mais adequados de conservação e manejo equilibrado dos ecossistemas atuais (SALGADO-LABORIAU, 1984).

Pesquisas sobre a captura fluvial de Guararema de Fernanda Reverte *et al.*, (2018) demonstram que a área atualmente é um geossítio que auxilia na educação ambiental para educação básica (visando a interdisciplinaridade que as disciplinas podem ser abordadas no local) e por apresentarem características geológicas e geográficas excepcionais, geodiversidade, possuem relevância científica também para as atividades acadêmicas do ensino superior.

6.3 MÉTODO DE PROCEDIMENTOS

Os procedimentos metodológicos utilizados visam responder aos objetivos propostos na pesquisa, pautando-se na análise integrada de dados sedimentológicos, pedológicos e morfológicos acerca dos depósitos sedimentares quaternários aluviais (antigos terraços fluviais), como justamente indicam Christofolletti (1981) e Suguio & Bigarella (1990).

Os autores discorrem acerca da importância da análise integrada e sistêmica, a qual indica que diferentes critérios e procedimentos que devem ser empregados para a melhor compreensão dos mecanismos intermitentes ou alternados que influenciaram a evolução dos terraços no Quaternário. Por fim, assinala o uso de técnicas da sedimentologia (granulometria, estratigrafia, morfoscopia), a evolução pedogenética, o estudo de paleossolos, o estudo dos grãos de pólen e esporos, a correlação dos resultados com a altimetria e a datação geocronológica absoluta dos materiais de recobrimento dos terraços, a fim de caracterizar a evolução dessas feições.

Também foram utilizadas abordagens de Geomorfologia Clássica, artigos nacionais e internacionais acerca da base interpretativa como as influências climáticas e tectônicas recorrentes no Pleistoceno e Holoceno do Sudeste Brasileiro, como fatores principais para o processo das capturas fluviais. Todas essas informações foram retiradas de PATUCCI *et al.*, (2018) e do projeto de doutorado PATUCCI (2016) Número 2016/06654-0.

6.4 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS-OPERACIONAIS UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DOS TERRAÇOS FLUVIAIS

As técnicas empregadas no trabalho serão abordadas com explicações quanto à coleta, os procedimentos e as metodologias utilizados. Para cada técnica, um subcapítulo; com essa sistematização será mais organizado para posteriormente expor os resultados em conjunto com sua respectiva discussão.

6.4.1 Granulometria, mineralogia e morfoscopia;

Nos três perfis de solos do Vale Seco (**figura 8**), descreveram-se os atributos morfológicos dos solos e as formas de relevo, de acordo com EMBRAPA (2013) e o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2018).

As amostras coletadas em campo com enxada e faca retiradas de cada horizonte e armazenadas em sacos plásticos foram levadas ao laboratório da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós (ESALQ/USP). A análise macromorfológica foi descrita de acordo com Santos *et al.*, (2013), através de perfis de solo em cada ponto de coleta, como: espessura dos horizontes, cor, textura, estrutura, porosidade, consistência, cerosidade e outras observações que se julgaram necessárias.

A análise granulométrica seguiu o protocolo do Instituto Agrônomo de Campinas (CAMARGO *et al.*, 1986) estabelecendo a seguinte classe de diâmetros (mm): areia muito grossa (MG) = 2 a 1; areia grossa (G) = 1 a 0,5; areia média (M) = 0,5 a 0,25; areia fina (F) =

0,25 a 0,10; areia muito fina (MF) = 0,10 a 0,05; silte = 0,05 a 0,002; argila total < 0,002; argila água < 0,002.

A análise mineralógica se baseou na identificação da quantidade de partículas de cada classe de mineral, conforme descrito em Pereira *et al.* (2005).

Para a análise morfoscópica Patucci *et al.* (2018) analisou individualmente 100 partículas da fração modal da areia de todos os horizontes dos perfis descritos na macromorfológica com uso de lupa binocular a fim de se avaliar a textura superficial (SUGUIO, 2003; SUGUIO, 2010) e grau de arredondamento (KRUMBEIN, 1941) dividido nas seguintes classes: angular(< 0,20); subangular(0,21-0,40); subarredondada(0,41-0,60); arredondada(0,61-0,80) e bem arredondada (> 0,80).

6.4.2 Parâmetros Químicos

Na mesma forma de coleta em campo com pá, enxada e faca retiradas de cada horizonte e armazenadas em sacos plásticas, as amostras foram levadas ao laboratório da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós (ESALQ/USP).

As análises químicas foram realizadas segundo procedimentos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2013). Os parâmetros analisados foram: pH (H₂O), pH (KCL), P, K, Ca, Mg, Al, H+Al (acidez potencial), SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca catiônica), V% (saturação por bases), m% (saturação por Al) e matéria orgânica (PATUCCI, *et al.*, 2018).

6.4.3 Datação C-14 e LOE

Devido à complexidade da área de estudo quanto aos solos, relevo, cobertura vegetal, entre outros, existem materiais orgânicos e outros arenosos, devido a estes aspectos optou-se por dois métodos diferentes de datação o Carbono 14 por Espectrometria de Massa por Aceleradores (AMS) para os materiais orgânicos e a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) para sedimentos arenosos. (PATUCCI, *et al.*, 2018). Cada método obedece a regras diferentes para a coleta e analisam informações distintas.

No livro de Salgado Laboriau (1994) conta que na década de 50 W. Libby criou o método de datação por radiocarbono. Pelo processo de fotossíntese as plantas removem gás carbônico da atmosfera. Como C-12, C-13 e C-14 estão em equilíbrio, a atmosfera, o mar, as plantas e os animais vivos têm estes isótopos em equilíbrio dinâmico. Quando um organismo morre, ele para de absorver CO₂ e lentamente a proporção de C-14 diminui no corpo por decaimento radioativo. O método de datação criado por Libby, não mede a quantidade de

isótopos estáveis produzidos pelo decaimento radioativo, como nas técnicas com isótopos de longa vida. O que se mede é a quantidade de C-14 que restou na matéria orgânica morta. Com a “AMS” é uma técnica que se baseia na contagem dos átomos presentes na amostra de acordo com Broecker (2003) e de acordo com Patucci *et al.*, (2018) esse método apresenta menores taxas de erros.

O método de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) é capaz de identificar desde amostras muito jovens até centenas de milhares de anos com excelente precisão (VOLPON, 2012 *apud*. CUNHA, 2010). As datações por LOE baseiam-se na avaliação do tempo decorrido desde que os grãos de quartzo e feldspato foram expostos à luz solar pela última vez (VOLPON, 2012 *apud* MARTINS & CUNHA, 2006).

Para as datações de Carbono-14 via AMS é recomendado utilização de luvas e instrumentos metálicos (ferramentas de jardinagem) para retirada das amostras, uma vez que o contato direto com as mãos, por exemplo, pode contaminar as amostras. Também é necessária, segundo recomendações dos laboratórios, a coleta de 10 gramas de material orgânico que deve ser armazenado em saco com fecho de precisão.

As amostras de material orgânico para datação de C14 - AMS foram submetidas à datação no laboratório Beta Analytic, em Miami/Flórida, USA . E para a sua coleta foram necessários tubos de PVC, com aproximadamente 60 cm de comprimento e 6 de diâmetro. Com um martelo de borracha para bater a ponta e enterrar o tubo horizontalmente no perfil e fechar com a tampa do respectivo tubo, evitando, dessa forma, à exposição à luz.

Os procedimentos para a coleta do LOE seguiram recomendações do laboratório de análise Datação Comércio e Prestação de Serviços LTDA, em São Paulo, SP.

Após coleta, escreve-se no saco a profundidade e nome da amostra no caso do C-14 e para o LOE a identificação (número do ponto de coleta e a direção de sua inserção no solo) é escrita no tubo. Ambos foram coletadas horizontalmente, respeitando o critério de serem retiradas sempre próximas ao topo e a base dos perfis, para evitar erros metodológicos.

6.4.4 Palinologia

A palinologia é uma ciência que estuda os palinomorfos (pólen de Angiosperma e Gimnospermas, esporos de Pteridófitas e fungos, cistos de algas, dinoflagelados, foraminíferos, acritarcas, além de partículas de carvão, entre outros) fósseis e atuais (frescos

ou de herbários), podendo ser aplicado à vários outros campos do conhecimento, como à Paleoecologia. (SALGADO-LABORIAU, 2001).

Quando aplicada à Paleoecologia, a ciência se coloca como uma técnica através da análise de sedimentos depositados em camadas sucessivas, ao longo do tempo geológico, e da comparação entre os palinomorfos fósseis e os táxons atuais, reconstruindo assim a vegetação do passado e, conseqüentemente, inferindo as variações climáticas ocorridas no período de deposição do sedimento (SALGADO-LABORIAU, 2001).

Para a aplicação da técnica na área de estudo a coleta no perfil do Espodossolo contendo 90 cm de profundidade ocorreu segundo a metodologia de Colinvaux et al. (1999) e auxílio do Professor Pessenda¹ que nos recomendou que a turfeira fosse coletada de 2 em 2cm, pois já que o local permite a averiguação em trincheira, não era necessário o uso de aparelhos como o pistão, dessa forma o trabalho foi mais adequado às situações de campo.

O material testemunho foi coletado manualmente, utilizando-se ferramentas de jardinagem obrigatoriamente metálicas e luvas de PVC (**figura 12**), sendo obrigatório o manuseio de uma amostra por vez. Foram coletadas amostras a cada 2 cm 3 de profundidade, sendo estas devidamente armazenadas em saco com fecho “ziplock” para evitar contaminação (**figura 13**) (PATUCCI, *et al.*, 2018).

Figura 12: Coleta com manuseio de pá metálica e Espodossolo após coletas



¹ Informação concedida via email no dia 9 de outubro de 2018.

Figura 13: Armazenagem dos testemunhos



De acordo com Colinvaux (1999) é necessário manter os testemunhos, preferencialmente, em salas frias com temperatura de 4°C, para evitar o crescimento de fungos e bactérias nos sedimentos, pois esses organismos podem interferir nas análises laboratoriais. Dessa forma, logo após a retirada dos testemunhos cada pacote (**figura 21**) foi colocados em caixas de isopor e deixados armazenados dentro do freezer e posteriormente no refrigerador do laboratório.

Após alguns dias deste procedimento, a autora foi fazer o treinamento de três dias no Centro Nuclear na Agricultura (CENA) localizado na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP) em Piracicaba, SP. O treinamento para preparação do material polínico contou com a parceria junto ao responsável pelo laboratório C14, o Professor Doutor Luiz Carlos Ruiz Pessenda.

De acordo com reuniões e troca de e-mails com o Professor Pessenda (CENA/USP) foi deliberado que o tratamento fosse realizado nas amostras de profundidades 10-12 cm, 24-26 cm e 46-48 cm, para primeira verificação se há ou não grãos de pólen e esporo. Serão descritas as etapas para o manuseio do material polínico, que consiste da retirada dos testemunhos do refrigerador até as lâminas serem observadas através de microscópio.

É importante ressaltar que esse procedimento foi utilizado no projeto para averiguação da existência de grãos de pólen na área de estudo do projeto, pois os artigos e *papers* na área de palinologia possuem a contagem dos grãos de pólen. Entretanto este trabalho focou na introdução da técnica em estudos de pedologia e geomorfologia, e na verificação se a amostra estaria fértil ou não para os palinomorfos, como os grãos de pólen.

A seguir, tem-se a descrição dos procedimentos, bem como os materiais utilizados ao longo da sequência:

- 1º dia:

Preparativos: Durante o primeiro dia no laboratório iniciamos os procedimentos separando os primeiros materiais (tubos de ensaio e palitos de madeira), a qual foi nomeada com as devidas profundidades: 10-12m; 24-26m e 46-48m.

Após nomear os palitos, cada tubo de ensaio e sua respectiva tampa, começamos o procedimento separando 1 cm³ de testemunho com o instrumento de medidor e auxílio das espátulas aço inox para despejar dentro de cada tubo de ensaio, quando a etapa é concluída os instrumentos são lavados com água destilada.

Ácido Fluorídrico (HF): A próxima etapa consiste no momento que necessita maior segurança, cuidado e atenção, pois iremos ter contato com HF (ácido fluorídrico) 40%. Coloca-se as máscaras e as luvas extras. Para pegar a garrafa que contém HF utilizam um balde para evitar ao máximo o contato, além disso, uma observação importante é que ele reage com sílica, logo não pode ser despejado em recipientes de vidro, necessita ser utilizado recipientes de plástico.

Após os procedimentos de segurança estarem completos foi despejado, aproximadamente 24 ml de HF em um béquer de plástico para depois distribuir em cada tubo de ensaio com a amostra até completar 8ml, mistura com o devido palito de madeira (**figura 14-A**), e vai para o banho maria que estava em 88°C (**figura14-B**), precisa manter aproximadamente a 100°C por 30 minutos.

Figura 14: A: Misturando o HF com a amostra. B: Aparelho para banho maria.

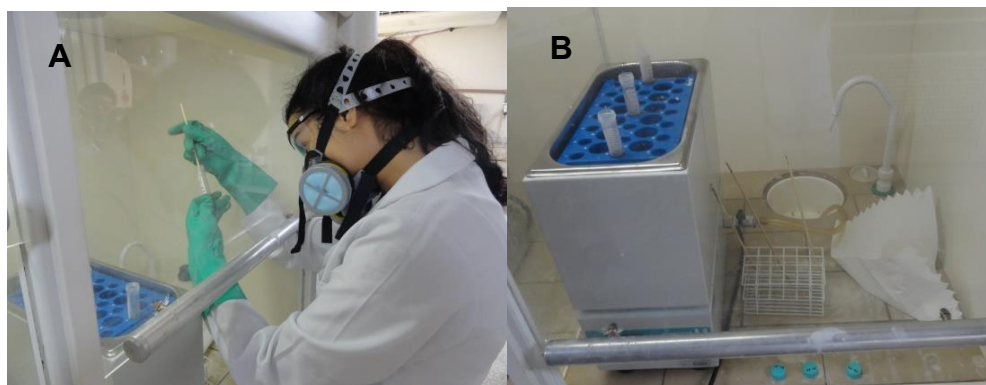


Foto por: Marina Souza, abril/2018

Os tubos foram fechados com as respectivas tampas nomeadas de acordo com a profundidade coletada do testemunho e foram para a centrífuga por 3 minutos, sendo essa ação repetida três vezes (**Figura 15**).

Figura 15: Amostra com HF e aparelho de centrífuga



Foto por: Marina Souza, abril/2018

Quando retirado da centrífuga o líquido (HF + resíduos da amostra) foi despejado em um recipiente de descarte e adicionamos H₂O desionizada para preparar a amostra para as seguintes etapas.

Hidróxido de Potássio (KOH) e Acetólise: Prepara-se a solução de KOH 5%, ou seja, 5 g de KOH para 100 ml de água. Essa solução preparada vai ser despejada em cada tubo, colocamos até 14 ml e mistura bem com os palitos de madeira, e nessa hora percebe-se que ainda tem muita areia nas amostras. A amostra precisa ser acidificada para assim poder sofrer a acetólise, que por ser uma reação exotérmica não pode reagir com restos de água que pode conter nos tubos juntos à amostra.

A técnica de preparação polínica mais utilizada nos estudos dos grãos de pólen é a acetólise de Erdtman 1952 (modificada em Melhem *et al.* 2003), que consiste na hidrólise ácida aplicada aos grãos de pólen através de uma mistura de anidrido acético e ácido sulfúrico com proporção de 9:1, buscando a eliminação do conteúdo celular, facilitando a visualização e o reconhecimento dos caracteres morfológicos (GASPARINO *et al.*, 2006, p.7).

No nosso caso foram adicionados: 45 ml de Anidrido Acético (H₂SO₄) e 5ml de Ácido Sulfúrico (HF), quando está ocorrendo a mistura dos dois reagentes a cor muda para alaranjado conforme pode-se observar na **figura 16**.

Figura 16: mistura de H_2SO_4 + HF



Foto por: Marina Souza, abril/2018.

Coloca-se essa solução no tubo com as amostras, devidamente desidratadas, que vai para o banho maria em torno de 10 minutos à aproximadamente 80°C . Esse procedimento tem como função parar a reação da acetólise. Após esse processo foi adiciona água destilada, levada para a centrífuga novamente e fomos para a finalização.

Finalização: Para finalizarmos foi adicionado etanol absoluto, misturado e centrifugado. Após a centrifugação, é despejado cada líquido restando só a amostra decantada. E essa pequena quantidade é retirada e alocada em potinhos de vidro (**Figura 17**), devidamente etiquetados, para serem levados à estufa. Antes de fechar em cada potinho contendo a sua amostra foram adicionados seis gotas de glicerina em cada potinho. Alocadas em uma placa de Petri e foram colocadas na estufa para secar. (estufa com circulação e renovação de ar, aproximadamente 50°C).

Figura 17: Amostra para análise em recipiente de vidro



Foto por: Marina Souza, abril/2018

- 2º dia:

Preparação da lâmina I: Pela manhã do dia seguinte verificamos que as amostras que foram deixadas na estufa estavam ainda com uma camada subsuperficial de etanol muito grande, foi sugerido que fosse retirado um pouco do etanol com a pipeta para acelerar o processo de secagem desse álcool e, dessa forma, conseguirmos, após algum tempo iniciar os procedimentos de preparação das lâminas, que segue as seguintes etapas:

- a) Colocar a parafina na chapa aquecedora;
- b) Círculo de parafina na lâmina;
- c) Gota de glicerina no meio do círculo delimitado;
- d) Com um palito de dente pega a amostra no potinho de vidro e mistura com a glicerina depositada no meio do círculo feito de parafina;
- e) Coloca com muito cuidado a lamínula por cima;
- f) Levar para a chapa aquecedora (nesse momento a parafina derrete e fixa lamínula na lâmina);
- g) Quando derreter tudo, pressionar com o palito de dente a lamínula na lâmina, como se a parafina fosse a cola;
- h) Por fim, limpar a parafina que ficará em excesso nas bordas com a lâmina descartável de barbear.

A resposta: A primeira lâmina executada foi referente a profundidade 24-26m e logo observada no microscópio, podendo nos fornecer a resposta positiva para a existência de grãos de pólen e palinomorfos no testemunho.

Foi utilizado microscópio com câmera *AxioVision* acoplada no computador. O pesquisador que estiver no manuseio consegue transpor para a tela aquilo que foi centralizado no campo de visão de quem está no microscópio, e no próprio *software* é possível tirar fotos (*screenshots/snap*).

Primeiras Observações: O dia se estendeu treinando a visão em localizar os grãos de pólen, aprender diferenciá-los dos fungos, demais sujeiras, bolhas de glicerina, parafina e também onde era possível observar que a lâmina não foi bem executada na montagem.

Aprendizados também sobre as regras do laboratório como, por exemplo, a adaptação ao uso do microscópio que possui detalhes importantes para conservação do instrumento: ao desligar o aparelho é necessário diminuir a

intensidade da luz para que da próxima vez que alguém for utilizar não correr o risco de queimar.

Para os iniciantes há alguns detalhes que facilitam na adequação das observações em microscópio. Durante as trocas das lentes, sempre se inicia pelas lentes de menor aumento (20x; 40x; 63x) e depois com algumas gotas de óleo de imersão pode trocar para a lente de maior aumento (100x).

- 3º dia

Preparação de lâminas II: No dia seguinte pela manhã as amostras estavam bem mais secas favorecendo o procedimento como ele deve ser feito. Foram adicionadas três gotas de glicerina em cada potinho para diluir e ficar mais claras as amostras quando fizer a lâmina.

Esse dia foi utilizado para rever os procedimentos de preparação da lâmina sem ajuda dos monitores, saber executá-la da maneira mais correta é importante para a melhor observação no microscópio.

Na **figura 18**, tem-se uma lâmina que foi má executada, pois excede pelas laterais o material que será analisado, talvez a quantidade de parafina não fosse o suficiente para delimitar o espaço que o material deve ficar.

Figura 18: lâmina profundidade 24-26m

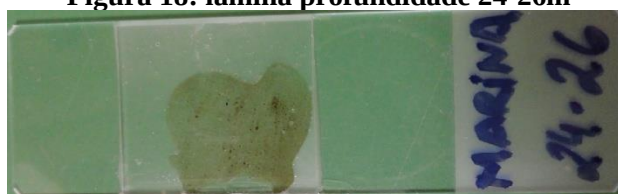


Foto por: Marina Souza, abril/2018

Nesses casos consegue-se “salvar” a lâmina colocando base (esmalte) nas laterais, logo em seguida do processo, porém sabe-se que será uma lâmina que não terá tanta durabilidade como as outras.

Algumas últimas considerações importantes com o término do treinamento foram determinar as próximas etapas do projeto. Uma vez que já possui o conhecimento de como manusear a técnica, era necessário um local para praticar as observações das outras lâminas, fazer mais algumas, se necessário e também contar com apoio para caracterizar os grãos de pólen quanto à família, e quando possível, ao gênero.

Dessa forma inicia-se a segunda parte metodológica para finalizar os resultados, auxiliar na discussão e buscar atingir os objetivos propostos. Em parceria com o professor Dr.

Paulo Eduardo de Oliveira o local de pesquisa nesta etapa foi o Laboratório Setembrino Petri localizado no Instituto de Geociências (IGC) da Universidade de São Paulo (USP).

As primeiras atividades constaram em leitura, revisão bibliográfica em palinologia, os conceitos básicos e a história sobre essa ciência. A leitura sobre morfologia polínica auxiliou nas identificações dos grãos de pólen de outros palinomorfos que poderiam ser observados na lâmina, por exemplos fungos ou outras sujeiras, além disso, também foram essenciais para saber quais partes do grão de pólen teriam que estar focadas pela câmera para sua identificação, por exemplo, a parede do grão de pólen, os poros, golpes, tamanho (escala) entre outros.

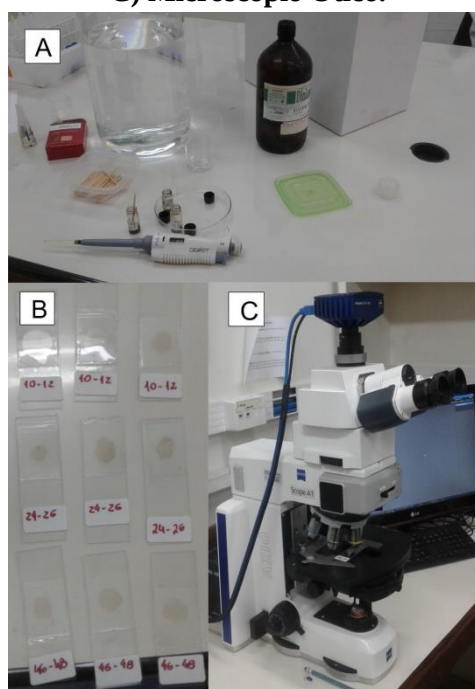
Para a montagem das novas lâminas utilizamos os seguintes materiais: placa de petri; estufa; parafina; pipeta de alta precisão; lâminas; lamínulas; palito de dente; glicerina; chapa aquecedora, base de esmalte e gilete (**Figura 18-A**). O procedimento realizado, bem como a ordem deles seguiu o mesmo feito no CENA descrito anteriormente, no entanto agora tivemos mais tempo para deixar as amostras na estufa.

Geralmente as amostras ficam nos potinhos de vidro (**Figura 17**) sem a tampa na estufa entre 2 e 3 dias, até a amostra não conter mais cheiro de álcool (evaporação). Quando finalizamos o tratamento polínico no CENA as amostras ficaram na estufa apenas uma noite, pois o treinamento durou o total de três dias e ainda precisaríamos constatar se o testemunho era fértil para material polínico. Porém, dessa vez a amostra ficou 3 dias na estufa e estava em melhores condições para montagem das lâminas.

Após os três dias das amostras na estufa, eles foram retirados e misturados com palito de dente para verificar se ainda não constava o cheiro de álcool, e o resultado foi muito bom, o material estava mais seco e propício para ir para as lâminas.

Com as novas lâminas prontas (**Figura 18-B**) iniciou as análises no microscópio (**Figura 18-C**). Foi utilizado o microscópio ótico ZEISS SCOPE A1 e LAB A1 com lentes de aumento: 10x; 20x; 40x; 63x até 100x. Ele possui câmera (AxioCam 503 color) acoplada ao computador que possui o software “Live.czi - ZEN 2.3 lite”.

Figura 18: A) Materiais utilizados para fazer novas lâminas; B) Lâminas bem executadas; C) Microscópio Ótico.



A prática ao se utilizar o microscópio vem com o tempo, teve-se muita facilidade em saber o que se fotografar (o que era grão de pólen no meio de tantos indivíduos), no entanto a utilização da câmera como no: controle de luz, saturação de cores e foco foram mais difíceis, porém foram corrigidos muitas vezes para obter a melhor qualidade possível nos resultados.

Por exemplo, quando encontrado algum pólen busca-se características morfológicas para saber diagnosticá-lo com o auxílio de materiais de apoio como o Atlas Palinológico (FEALQ), o livro tem como autores Flávio Lima Lorete, Antonio Alvaro Buso Junior, Paulo Eduardo de Oliveira e Luiz Carlos Ruiz Pessenda e também algumas outras obras disponíveis no laboratório. Em casos que há muita dúvida alguns pesquisadores utilizam o site Rede de Catálogos Polínicos Online (RC-Pol).

Quando as fotos estão prontas é recomendável (de acordo com pesquisas em diferentes trabalhos de palinologia) preparar tabelas que sistematizam todas as famílias encontradas e que podem ser correlacionados com alguns outros dados da pesquisa, e também, as pranchas contendo as fotos tiradas dos palinomorfs que foram encontradas. A ordem a qual essas pranchas serão colocadas e o modo que estão organizadas entre si ficam a critério do(a) autor(a) do trabalho, dessa forma, estarão explicitados no capítulo de resultado e discussões.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na mesma ordem que foi sistematizada as técnicas no capítulo 6.4: “Procedimentos técnicos-operacionais utilizados na avaliação dos terraços fluviais”, este capítulo irá explorar cada resultado após as respectivas análises laboratoriais e também discuti-los a fim de discorrer na tentativa de responder os objetivos da pesquisa.

A linha de raciocínio seguirá os conceitos-base da Pedologia, iniciando pelos cinco fatores de formação do solo que sofrem intemperismo físico e químico. Diante dessas características físicas, consegue-se abordar qual o tipo de erosão mecânica os seixos sofreram. Já os dados sobre os parâmetros químicos dos materiais, muitas vezes utilizadas na agronomia, nos demonstra a acidez do solo, seu pH, entre outros, com isso podemos supor à qual clima aquele solo precisaria estar exposto para ter essas propriedades. Além disso, armazenam importantes informações atuais e paleoambientais que podem ser datados através de LOE e C-14.

Esse conjunto de técnicas pode ser enriquecido com uma abordagem inovadora e interdisciplinar. Com a técnica palinológica é possível segregar indivíduos (grãos de pólen, *esporos*, algas, etc, denominados palinomorfos) e pesquisando a ecologia à qual são adaptados consegue-se correlacionar as informações e fornecer uma interpretação plausível sobre a paleovegetação. Essas suposições contribuem com as hipóteses sobre o paleoclima, as idades geológicas e, dessa forma, tentam chegar o mais próximo possível de uma paisagem que se refere à época que ocorreu a captura fluvial.

7.2 GRANULOMETRIA, MINERALOGIA E MORFOSCOPIA

Uma das premissas referente à pesquisa na área da ciência do solo é fazer uma descrição macromorfológica dos perfis. Dessa forma, inicialmente com a descrição dos horizontes, cor, textura, estrutura, porosidade, consistência, cerosidade é possível diagnosticar a classificação daquele solo, por exemplo, neste trabalho após as descrições tivemos os resultado que os solos são: Gleissolo Pouco Húmico; Cambissolo; Espodossolo (**Figura 8**).

Além disso, existem também as considerações de acordo com as observações em campo, cartas topográficas e fotografias aéreas. Logo, todos os resultados dessas informações estão sistematizados em tabelas (ANEXOS-tabela1;2;3;4;5;6) e alguns dados serão interpretados e expostos adiante neste subcapítulo.

As propriedades físicas (descrição; granulometria; mineralogia; morfoscopia) e as propriedades químicas (parâmetros químicos - subcapítulo 7.2) são correlacionadas ao

processo de pedogênese e, conseqüentemente, aos cinco fatores de formação dos solos, que são: material de origem, clima, relevo, organismos vivos e tempo. Essas informações são a base para o entendimento, pois estarão ao longo das discussões nas abordagens dos resultados das outras técnicas, dessa forma foram detalhadas a seguir:

O material de origem é um elemento passivo, sobre o qual atuarão outros fatores que o transformarão. Entretanto, considerando o dinamismo dos processos formadores, um mesmo tipo de rocha, sob diferentes condições climáticas, formam solos distintos, da mesma forma que diferentes tipos de rochas, sob condições climáticas análogas, podem originar solos semelhantes (GUERRA, 1996). Alguns perfis de solo ainda podem conter a rocha que sofreu pedogênese como nos perfis observados no vale seco, essa situação nos fornece informações geológicas, climáticas e referentes à dinâmica ambiental.

O clima é um fator extremamente importante para o entendimento paleoclimático que será discutido nos resultados da datação (7.3) e palinologia (7.4). Sendo um fator ativo de formação do solo através da energia solar, umidade e, principalmente, precipitação. O teor de matéria orgânica é baixo em regiões desérticas e mais alto em regiões tropicais, devido ao processo de humificação mais acelerado nestas regiões (GUERRA, 1996). O Espodossolo, por exemplo, que possui o húmus originariamente encontrado em camadas superiores passa a ser acumulado no horizonte B espódico devido à dinâmica da matéria orgânica e regime hídrico (PATUCCI, *et al.*, 2018).

Importantes aspectos sobre o relevo, neste caso, a captura fluvial e os terraços, é a redistribuição de massa e energia (transporte iluvial e aluvial) a qual possibilita para o pesquisador diferenciar se a paisagem apresenta característica de erosão e/ou deposição. Outro aspecto é a compreensão da evolução das formas de relevo e dos solos que nelas se desenvolvem, suposições muitas discutidas a partir das comparações da paisagem pretérita à captura fluvial e a paisagem atual.

A atividade dos organismos é essencial para a formação e conservação do solo, principalmente em ambientes tropicais como a área de estudo. Nele podemos incluir a fauna do solo, bactérias, vegetação (cobertura vegetal no solo) e microflora (algas, fungos e actinomicetos). Entretanto, uma atividade intensa e variada pode afetar a estrutura do solo, denomina-se pedoturbação que será discutido com mais detalhes nos resultados do subcapítulo datação (7.3).

O tempo, que também estará sendo discutido em detalhes junto aos resultados da datação, é analisado na sua forma absoluta, à idade cronológica. Todos os demais fatores de formação dependem dele para oferecer características ao solo e a pedogênese em si é um

processo que, de acordo com o tempo, origina uma classe de solo diferente. A seguir estarão descritos cada classe de solo encontrado no vale seco, destacando os seus resultados mais pertinentes a partir das análises das propriedades físicas:

Os Gleissolos Pouco Húmicos ocupam a região entre o cotovelo de captura e o Rio Claro e são a classe de solo que mais se destaca no vale seco. Encontrando-se na planície aluvial formada por substrato de sedimentos fluviais e seixosos. Estão recobertos por vegetação de porte baixo (8 a 10 m de altura). São formados por sedimentos recentes não consolidados, sendo proeminentemente arenosos com textura arenosa (2 a 14% de argila) a média (20 a 26% de argila) nos horizontes superficiais e alternando média a arenosa nos subsuperficiais. As cores no horizonte superficial variam de bruno acinzentado muito escuro (5YR 3/2), bruno oliváceo escuro (10YR 3/4) à preto (5YR 2.5/1) e nos horizontes superficiais, de oliva (2.5Y 4/4), amarelo oliváceo (2.5Y 6/6), oliva claro acinzentado (2.5Y 6/3) à bruno oliváceo claro (10YR 5/8Y). Ao avaliar essa classe de solo, suas características, localização e extensão acredita-se que essa região sofre ou sofreu influência de inundações de canais principais (PATUCCI *et al.*, 2018).

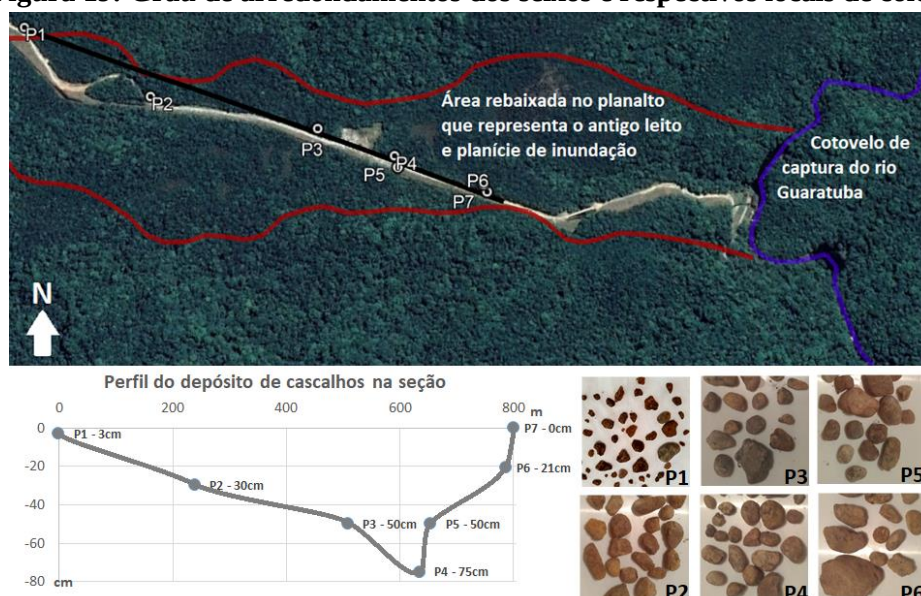
Os Cambissolos do vale seco contêm minerais primários em seus horizontes e não são hidromórficos. Estão localizados no final do vale seco em substrato granítico, sob vegetação de porte médio (15 a 20 de altura) apresentando epífitas e bromélias. São moderadamente drenados e pouco profundos, encontrados principalmente nas planícies fluviais de cursos de água localizadas próximas ao rio Claro. Apresentaram estrutura em blocos subarredondados; textura média a argilosa (argila entre 20 e 30%); cores variando entre bruno escuro (5YR 3/2) amarelo oliváceo (10YR 6/6), vermelho amarelado (2.5YR 5/6) e vermelho (10YR 4/6) (PATUCCI *et al.*, 2018).

O Espodossolo apresenta horizontes que se desenvolveram sobre camadas justapostas de areias com matéria orgânica sobre camadas descontínuas de seixos e cascalhos assentada por material siltoso e micáceo da alteração de gnaiss, por vezes interpenetrado por matéria orgânica e ferro. Em sequência ao horizonte A, observa-se o horizonte E albeo (horizonte esbranquiçado sem estruturação), horizonte Bh subsuperficial (horizonte com acúmulo iluvial de matéria orgânica associada a compostos de húmus-alumínio ou sílica-alumínio, podendo conter ferro) e sob o Bh um horizonte denominado “*ortstein*” (camada enrijecida composta por matéria orgânica e ferro). Apresentaram baixos teores de silte e argila; as estruturas nos horizontes superiores são granulares, o horizonte E não apresenta estrutura e próximo ao Bh a estrutura é maciça; cores variando entre preto (2.5Y 2.5/1) cinzento (2.5Y 6/1), cinzento

muito escuro (2.5Y 3/1), cinzento claro (2.5Y 7/2) no horizonte superior e Bh e cores pálidas como cinza claro (2.5Y 7/2) a branco (2.5Y 9.5/1) nos horizontes E (PATUCCI *et al.*, 2019).

Comparando os dados obtidos podem-se observar semelhanças nas três análises (granulometria, mineralogia e morfoscopia). Na granulometria as três classes de solo apresentam homogeneidade quanto à predominância de suas frações arenosas (areia fina e areia grossa), na mineralogia ambos demonstram que o quartzo é a espécie de minerais mais abundantes, e em segundo lugar o mineral mica. E na morfoscopia, de areias e cascalhos, as três classes apresentaram a predominância no grau de arredondamento e textura em todos os perfis e horizontes avaliados conforme sistematizados na **Figura 19**.

Figura 19: Grau de arredondamentos dos seixos e respectivos locais de coleta



Fonte: Patucci, 2019

A cascalheira, que se encontra em todas as classes de solo, possui mais de 2 km e é um importante indicativo fluvial e também de erosão mecânica mais intensa no ambiente pretérito em relação ao presente, também sugerindo uma modificação do estilo fluvial do rio (PATUCCI, *et al.*, 2018 *apud* HANCOCK e ANDERSON, 2002). Como podemos observar na **figura 19**, todas as áreas possuem seixos arredondados, em destaque, pois também é um indicador, o Espodossolo (Ponto 4) possui os seixos mais arredondados, ou seja, sofreram mais o retrabalho em água corrente constante e também mais erosão mecânica.

Os Gleissolos (Ponto 1; 2 e 3) possuem cascalheiras compostas por seixos e calhaus arredondados de variados tamanhos sobrepostos, o material é fino siltoso e micáceo de alteração de gnaiss, interpenetrado por matéria orgânica e ferro. Segundo Patucci *et al.*, (2018) teria sido o talvegue do antigo leito do rio Guaratuba, região que sofreu com fluxo

intenso de corrente em um momento onde o rio não desaguava no mar e era tributário da bacia do rio Claro.

As cascalheiras do Cambissolo (Ponto 5) podem ser interpretadas como a planície fluvial do antigo leito do Guaratuba. De acordo com PATUCCI *et al.*, (2018) e observando a **figura 19** pode-se perceber que o local apresenta seixos pequenos/médios e menos arredondados em comparação com os demais, além disso são localizados no fim do vale seco próximo ao rio claro, logo não sofreu intensamente com o fluxo de correntes.

7.2 PARÂMETROS QUÍMICOS

As propriedades químicas do solo de acordo com o que foi abordado no subcapítulo anterior (7.2) são consequências das propriedades físicas. Por exemplo, o material de origem da rocha já possui uma característica química, mas ao longo do tempo sofre com a umidade, radiação solar, trocas com o meio, entre outros, que podem modificar suas propriedades. Alterações como lixiviação e erosão química também tem a possibilidade de transformar as fórmulas moleculares dos materiais.

As informações tabeladas dos parâmetros químicos das classes de solo (Anexos-tabela 2;4;6) foram organizadas nas tabelas de maneira comparativa com a granulometria e morfoscopia. Alguns dados merecem destaque e estarão descritos a seguir:

Os Gleissolos Pouco Húmicos apresentaram nas análises químicas pH ácidos (pH inferior a 5,0), alitização (saturação por alumínio superior a 50%) e distrofismo (saturação por bases inferior a 50%) e pelo fato de ser um solo que passou por diversos momentos de deposição de materiais, os valores de alumínio trocável, soma de bases e carbono orgânico se tornam muito variáveis (PATUCCI *et al.*, 2018).

Os Cambissolos demonstraram soma de bases com quantidades baixas devido a grande quantidade de micas e minerais primários existentes no solo que disponibilizam elementos pela sua alteração e pH, que raramente ultrapassou 5,0, em consequência de elevados teores de carbono orgânico (PATUCCI *et al.*, 2018).

Nos Espodossolos os resultados das análises laboratoriais apresentaram que o pH raramente ultrapassou 4,0 em consequência de elevados teores de carbono orgânico especialmente na superfície e subsuperfície, o que influencia as baixas nos valores da soma de bases (S) e saturação por bases (V) e o aumento de alumínio trocável, o que ocorre devido a movimentação da matéria orgânica em conjunto com o alumínio e o ferro, dinâmica específica dessa classe de solo (PATUCCI *et al.*, 2018). Logo, de acordo com essas informações temos que a fórmula da CTC (capacidade de trocas catiônicas) é:

$$S + Al + H = CTC$$

Sendo *Al* (alumínio 3+) a acidez titulável e o *H+* a acidez trocável. Os solos tropicais tem menor capacidade de trocas catiônicas (CTC) que solos temperados, pois a decomposição da matéria orgânica é mais rápida e a absorção da água das plantas é maior daqueles que apresentam menor CTC. Esse resultado, quando o valor CTC é alto, representa alta fertilidade, pois absorve íons positivos como cálcio, magnésio, potássio, nutrientes essenciais para as plantas. Dessa forma, no caso do Espodossolo é distrófico, pois a CTC é baixa, bem como a saturação por bases (V%), um solo mais arenoso conforme foi descrito no subcapítulo “4.1.5 Solos”, correspondente à caracterização da área de estudo.

Esse tipo específico de solo necessita de condições climáticas mais secas e frias, que são favoráveis a sedimentação e morfopedogênese. Outra observação importante acerca dessa classe de solo é que devido à densa mata não a encontramos em outras localidades, sendo possível sua coleta e manuseio para análises apenas nesse ponto.

Por apresentar essas características específicas escolheu-se fazer a palinologia em seus testemunhos e diante da complexidade do material do Espodossolo, mas também das outras duas classes (Gleissolo e Cambissolo) que, contém areia e matéria orgânica, optou-se pela utilização de duas técnicas diferentes de datação.

7.3 GEOCRONOLOGIA (CARBONO-14 E LOE)

Os resultados das datações referentes aos testemunhos coletados no vale seco foram organizados nas tabelas a seguir:

Tabela 1: Geocronologia do material superficial de recobrimento do vale seco por LOE

Classe de Solo	Coleta	Profundidade (cm)	Formação Geomorfológica	Porte Vegetacional	Dose Anual (mGy/ano)	Paleodose media (Gy)	LOE (Idade A.P)*
Gleissolo	Ponto 1	69	Áreas apainadas de várzea em substrato gnaissico	Porte baixo e rasteiro (até 10m de altura)	8.500±415	124,6	14.650+860
	Ponto 1	1,60			17.200±940	144,5	17.200+940
Gleissolo	Ponto 2	87	Áreas apainadas de várzea em substrato gnaissico	Porte baixo e rasteiro (até 10m de altura)	5.700±315	196,7	34.560±2370
	Ponto 2	1.47			5.615±330	204,6	36.500±2.380
Gleissolo	Ponto 3	60	Áreas apainadas de várzea em substrato gnaissico	Porte baixo e rasteiro (até 10m de altura)	3.650±250	92,1	25.220±2050
	Ponto 3	1.50			5.400±370	178,6	33.080±2.520
Espodossolo	Ponto 4	60	Áreas apainadas de várzea em substrato gnaissico	Porte baixo e rasteiro (até 10m de altura)	6.730±290	161,9	24.070±1660
	Ponto 4	90			6.550±310	174,5	26.660±1510
Cambissolo	Ponto 5	60	Planície Fluvial em substrato gnaissico	Porte médio (de 15 a 20 cm de altura)	3175±215	16,6	5.230±1220
	Ponto 5	80			3.060±190	18,8	6.160±1.570
	Ponto 5	1.10			4.480±240	106,6	23.800±9.140

* A.P: Antes do Presente

Dados fornecidos: Datação S.A

Fonte: Patucci, 2019

Tabela 2: Geocronologia do material superficial de recobrimento do vale seco por C-14

Classe de Solo	Coleta	Profundidade (cm)	Formação Geomorfológica	Porte Vegetacional	C14 - MAS (idade Anos A.P)*	TRM do material orgânico
Gleissolo	Ponto 1	4 - 6	Áreas aplainadas de várzea em substrato gnaissico	Porte baixo e rasteiro (até 10m de altura)	5850±30	—
	Ponto 1	26 - 48			10.420±30	—
	Ponto 1	1.38 - 1.40			10.432±0.39	—
Gleissolo	Ponto 2	35 - 37	Áreas aplainadas de várzea em substrato gnaissico	Porte baixo e rasteiro (até 10m de altura)	—	—
	Ponto 2	52 - 54			—	—
Gleissolo	Ponto 3	7 - 9	Áreas aplainadas de várzea em substrato gnaissico	Porte baixo e rasteiro (até 10m de altura)	—	—
	Ponto 3	45 - 47			—	—
Espodossolo	Ponto 4	14 - 16	Áreas aplainadas de várzea em substrato gnaissico	Porte baixo e rasteiro (até 10m de altura)	220±30	440
	Ponto 4	40 - 42			10.471±0.39	20.942
Cambissolo	Ponto 5	3 - 5	Planície Fluvial em substrato gnaissico	Porte médio (de 15 a 20 cm de altura)	1.140±30	—
	Ponto 5	80			—	—
	Ponto 5	90 - 100			10.524±0.39	—

* A.P: Antes do Presente

Dados fornecidos: Beta Analytic

Fonte: Patucci, 2019

De acordo com a **tabela 2**, a datação corresponde ao período Quaternário, mais especificamente ao Pleistoceno Tardio/Holoceno. Há importantes estudos palinológicos durante esse período que podem servir de referência e comparação nos estudos introdutórios para a área de estudo e a geografia física, junto à pedologia, geomorfologia e climatologia possuem muito destaque nesses artigos e contribuem para um panorama mais completo da interpretação.

Durante o Pleistoceno Tardio/Holoceno aconteceram as flutuações climáticas, que se caracterizam por variações de temperatura e umidade (PESSENDA *et al.*, 2012). Segundo Ledru (1993) em torno de 30.000 A.P o clima seria mais quente e úmido comparando com os nossos parâmetros atuais, já entre 17.000 até 14.000 A.P o clima foi ficando mais seco, entretanto a partir de elementos polínicos pode-se afirmar que a temperatura foi esfriando. E no começo do Holoceno o clima tornou-se frio e úmido.

Aproximadamente entre os 20.000 A.P, ocorreu o Último Máximo Glacial (UMG) que foi o evento marcado pelas maiores extensões de mantos de gelo e, conseqüentemente, houve uma redução mundial do nível do mar. A costa sul brasileira estava quase que totalmente exposta, mais que 100 km do que se encontra hoje (PESSENDA *et al.*, 2012) e, talvez, algo similar também ocorreu no sudeste como indicado pelos geógrafos Conti e Furtado (2006).

Esses dados foram atribuídos após diversos estudos em diferentes regiões do Brasil e exterior. Algumas regiões muito similares com a área de estudo da pesquisa (bacia do rio Guaratuba, entre Bertioga e Salesópolis) no sudeste, mas também coletaram dados importantes no sul do país, na Amazônia e regiões andinas da América do Sul (Chile e Peru).

O estudo feito na Ilha do Cardoso, sudeste do Brasil, por *Pessenda et al.*, (2012) constatou também consequências na vegetação. Durante o UMG a vegetação ficou adaptada às temperaturas frias e úmidas não sendo encontradas influências de água marítima nas amostras. O que se pode inferir é que a principal influência foi climática, pela circulação atmosférica, que controla as chuvas monsonicas durante o verão (*Cruz et al.*, 2007). Essas chuvas (SAMS – *Summer Monsoon over South America*) possui duas principais causas: alta radiação solar e/ou frente fria do Atlântico advinda do hemisfério Norte favorecendo o transporte de umidade da Amazônia para o sudeste brasileiro. Correlacionando com os dados de *Cruz et al.*, (2006) em espeleotemas na região subtropical do Brasil, temos que esse período foi o mais abundante em chuvas e que coincidiu com altas radiações solares segundo a escala de Milankovith. No hemisfério norte, que apresentava baixas temperaturas, denominado “evento Herich” contribuiu para o transporte de umidade da Amazônia para o sudeste (*CRUZ et al.*, 2017).

No artigo de Ledru (1993) ela aborda um panorama que abrange a região centro-oeste e sudeste do Brasil. Ela inicia pontuando interpretações que também auxilia na discussão dessas datações para a nossa área. Assim como citado no capítulo 3. Terraços Fluviais, a autora também reitera a importância na vanguarda dos estudos sobre a evolução da paisagem iniciados por Bigarella e Andrade-Lima, 1982; Ab’Saber, 1982, a qual eles afirmam que, pelo menos, tiveram no passado dois períodos secos: um muito severo durante o Pleistoceno e outro menos intenso durante o Holoceno. Entretanto, após os resultados do estudo feito em Salitre, Minas Gerais, foi comprovado que a proporção de florestas arbóreas foi menor (diminuindo gradativamente) entre 17.000 e 13.000 A.P e desenvolveu uma vegetação propícia de clima frio e relativamente seco, mas não tão seca conforme indicava os geomorfólogos. Essa pesquisa também possui uma ampla discussão que compara outras regiões e estudos feitos em Carajás, Pará e no Panamá. Diante disso, esses resultados tendem a afirmar a hipótese que massas de ar frias advindo do equador (Amazônia) atingiram o centro-oeste e sudeste durante o início do Holoceno.

Logo, podemos afirmar que as flutuações climáticas realmente foram responsáveis pela evolução da paisagem. Cada período deixou “marcas” que denominamos hoje como indicadores paleoambientais, e em cada fase houve alterações na vegetação, nas propriedades

químicas e físicas do solo e, conseqüentemente, do relevo. A maior parte das idades durante o Pleistoceno responde à climas úmidos, já durante o Holoceno houve algumas fases breves de clima mais seco.

Agora é possível destrinchar os resultados da **tabela 2** e comparar ambas. A idade geocronológica através de Carbono-14 (C14) é muito mais jovem que àquela apresentada através do LOE, todavia o LOE também possui algumas problematizações (idades estratigráficas invertidas) que devem ser avaliadas nessa discussão em destaque, pois se referir à uma atividade muito intensa e variada em solos tropicais, os organismos.

Resultados como do Espodossolo (ponto 4) na profundidade de 14 – 16 cm que resultou em 220 A.P, indaga algumas questões acerca dessa discrepância quando comparada com a idade em LOE, ~24.000 A.P. Situação semelhante pode ser observada na tese de Buso Junior (2015) e o autor atenta para o fato que “ essa diferença reflete os materiais e as técnicas utilizadas, os quais datam eventos distintos: a datação LOE data o momento de sedimentação dos grãos de quartzo, enquanto que a datação 14C data a dinâmica da matéria-orgânica presente no solo, que se infiltra a partir da superfície” (BUSO JUNIOR, 2015 p. 81).

Por essa matéria-orgânica ser dinâmica, o solo sempre está se modificando e sendo produto dessas alterações internas e externas à ele. Ainda mais por se localizar em um ambiente tropical com altas médias pluviométricas, ocorre muita percolação da água que transporta com ela material orgânico e sedimento. Esses processos podem alterar os dados durante a análise de C14 nas amostras e isso pode ser observado através do dado de Tempo de Residência Médio (TRM). De acordo Coelho *et al*, (2010) o valor da TRM indica, aproximadamente, à metade do intervalo desde que sua acumulação iniciou. Ou seja, o valor da TRM da profundidade 40 – 42 (cm) corresponde à 20.942 A.P, que coincide com o Último Máximo Glacial (UMG), já a TRM da profundidade 14 – 16 (cm) ficou em 440 A.P, pois, eventualmente teve seu material transportado para os horizontes subsequentes e/ou também, é resultado do processo de formação do Espodossolo .

Este processo de formação está diretamente ligado ao movimento da água de percolação. Quando a água percola entre os horizontes, o movimento descendente traz com ela minerais e matéria orgânica, conseqüentemente, empobrece o solo na área interna-central “intensificando a eluviação de matéria-orgânica e metais dessa região” (BUSO JUNIOR, 2015 p.105).

Muito provavelmente o Espodossolo do vale seco do rio Guaratuba sofreu esse processo semelhante ao ocorrido no Nativo da Caingá explorado por Buso Junior (2015).

(...)Ele [O Espodossolo no Nativo Caingá] deve ter sido resultado do relevo plano existente em Linhares, bem como de um clima passado provavelmente mais úmido que o atual. Deve ter envolvido, inicialmente, e, posteriormente, a destruição do horizonte hístico da região central do campo nativo. Assim, a acumulação da matéria-orgânica no horizonte hístico deve ter se iniciado há pelo menos 31000 anos cal. AP, em um provável ambiente de maior umidade, propício à acumulação de matéria-orgânica e colonizado por plantas C3, tal como evidenciado nas idades 14C e no $\delta^{13}C$ do perfil P2. (BUSO JUNIOR, 2015 p. 106).

A percolação pode também contaminar a própria amostra ao dissolver as matérias orgânicas entre os horizontes. Em um artigo publicado na revista do museu de arqueologia (1999) há uma explicação que pode se encaixar ao caso da pesquisa: denomina-se o “efeito de rejuvenescimento” por matéria orgânica, que é mais frequente em amostras de níveis superficiais e/ou quando a quantidade de matéria fornecida para o laboratório foi muito pequena, pois nesse caso os elementos contaminantes não conseguem ser completamente eliminados pelo tratamento químico feito.

As últimas explicações que serão expostas abrangem ambas as datações: a pedogênese e a pedoturbação. Primeiramente sabemos que os solos tropicais possuem uma rica fauna do solo e os organismos são essenciais para a formação e conservação deste. Entretanto “essa atividade pode atuar em superfície e em profundidade, triturando e misturando materiais do solo, o que contribui para a sua estruturação, permeabilidade e aeração, sendo capaz de destruir horizontes, através da perda de suas características” (GUERRA *et al.*, 1996 p. 96).

Essa mistura que pode ocorrer pode trazer grãos de quartzo para a subsuperfície (entre 25 cm) e expor à luz solar, dessa forma, reduz sua dose acumulada. O inverso também pode ocorrer: grãos com menores doses acumuladas podem ser levados à horizontes mais internos, misturando-os. “Portanto, a movimentação vertical causada pelos processos biológicos pode levar a obtenção de menores idades LOE em amostras mais superficiais” (BUSO JUNIOR, 2015 *apud.*, STOCKMANN *et al.*, 2013 p. 82).

Já a pedogênese pode trazer consequências de acordo com a intensidade do intemperismo, pois “a iluviação e concentração de elementos radioativos em horizontes mais profundos dos perfis estudados pode resultar em maiores taxas de dose de irradiação nesses horizontes e maiores doses acumuladas nas amostras analisadas” (BUSO JUNIOR, 2015 *apud* JEONG *et al.*, 2007; STOCKMANN *et al.*, 2013).

Essas inversões foram mais observadas nos Gleissolos do que nos Espodossolos, isso acontece, novamente, devido ao processo de formação do Espodossolo que necessita da diminuição da atividade biológica (Coelho *et al.*, 2010). Isso não quer dizer que ele não a

tenha, a pedofauna está ali, entretanto não é o fator responsável pelas características químicas que foram observadas nas datações. A percolação da água e, em geral, todo o seu processo de formação que exige diversos requisitos ocasionados em períodos climáticos específicos é prioritária para essas condições.

No geral, as datações são complexas, mas estão coesas. A maior parte dos anos responde aos ciclos úmidos. E de certa forma, como as primeiras camadas foram datadas logo abaixo da cascalheira, a maior parte remete ao Último Máximo Glacial (UMC). Para conseguir ter mais materiais que nos levam à essa confirmação, é possível relacionar as informações das datações com o material polínico encontrado nas amostras.

7.4 PALINOLOGIA

Na **tabela 3** estão os resultados quantitativos da análise polínica através de observação das lâminas em microscópio óptico. Eles resultaram em 29 grãos de pólen; 28 tipos polínicos de Angiospermas contendo 20 famílias e 1 de Gimnosperma (*Podocarpus*). Foram destacados também 9 esporos e 1 alga, sendo um total 39 palinomorfos que serão expostos e discutidos posteriormente. Na tabela podemos comparar o porte e o substrato que as vegetações podem aparecer e também à qual ecologia elas requisitam para sobreviver e se desenvolver da melhor maneira possível.

Tabela 3: Resultados dos palinomorfos encontrados nos testemunhos do Espodossolo

Tipos		Porte	Substrato	Família	Gênero	Profundidade (cm)		
						10-12	24-26	46-48
Algas 1		Aquática		Zygnemateceae	<i>Pseudoschizaea sp</i>			x
Gimnosperma 1		Arbóreo	Terrícola	Podocarpaceae	<i>Podocarpus sp</i>	x	x	x
Angiosperma								
1 2		Erva/Subarbusto/Arbusto/Arbóreo	Aquático/Rupícola/Terrícola	Ochnaceae	<i>Ouratea sp</i>			x
				Rubiaceae	<i>Borreria sp</i>	x	x	x
3		Erva/Subarbusto/Arbusto/Arbóreo/ Bambu/		Poaceae		x	x	
4		Subarbusto/Arbusto/Arbóreo/	Terrícola	Aquifoliaceae	<i>Ilex sp</i>	x		x
5 6		Arbusto/Arbóreo/Erva/	Aquático/Epífita/	Araliaceae	<i>Didymopanax sp</i> tipo 1		x	x
			Rupícola/Terrícola	Araliaceae	<i>Didymopanax sp</i> tipo 2		x	x
7		Erva/Liana/Palmeira/	Rupícola/Saprófita/Terrícola	Areaceae		x	x	x
8		Erva/Subarbusto/Arbusto/Arbóreo/ Liana/	Aquático/Epífita/	Asteraceae	tipo 1	x		x
9			Rupícola/Terrícola	Asteraceae	<i>Vernonia sp</i>		x	
10		Erva	Aquático	Bignoniaceae	<i>Tabebuia sp</i>			x
11		Erva/Arbusto/Arbóreo	Aquático/Rupícola/Terrícola	Boraginaceae	<i>Cordia sp</i>	x		
12		Erva/Arbusto/Arbóreo	Terrícola	Celastraceae	<i>Maytenus sp</i>			x
13		Arbusto/Arbóreo/		Chloranthaceae	<i>Hedyosmum sp</i>	x	x	
14				Cunoniaceae	<i>Weinmannia sp</i>			x
15		Erva/Arbóreo/Liana	Aquático/Rupícola/Terrícola	Euphorbiaceae	<i>Alchornea sp</i> tipo 1			x
16				Euphorbiaceae	<i>Alchornea sp</i> tipo 2		x	
17				Euphorbiaceae	<i>Alchornea sp</i> tipo 3			x
18		Arbusto/Arbóreo/	Terrícola	Meliaceae	<i>Trichilia sp</i>		x	
19				Meliaceae	<i>Cabralea sp</i>			x
20		Arbusto/Arbóreo/Liana	Epífita/Rupícola/Terrícola	Moraceae/Urticaceae				x
21		Erva/Subarbusto/Arbusto/Arbóreo/	Aquático/Terrícola	Myrsinaceae	<i>Myrsine sp</i> tipo 1			x
22				Myrsinaceae	<i>Myrsine sp</i> tipo 2			x
23				Myrsinaceae	<i>Myrsine sp</i> tipo 3	x		
24		Erva/Arbusto/Arbóreo/Liana	Aquático/Rupícola/Saprófita	Myrtaceae		x	x	
25		Erva/Subarbusto/Arbusto/Arbóreo/	Aquático/Rupícola/Terrícola	Solanaceae	<i>Solanum sp</i>			x
26		Subarbusto/Arbusto/Arbóreo/	Rupícola/Terrícola	Symplocaceae	<i>Symplocos sp</i> tipo 1	x		
27				Symplocaceae	<i>Symplocos sp</i> tipo 2			
28		Arbusto/Arbóreo/Liana	Terrícola	Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis sp</i>		x	
Pteridofita (Esporos)								
1 2		Erva/Arbóreo/	Rupícola/Terrícola	Cyatheaceae	<i>Cyathea sp</i> tipo 1		x	x
				Cyatheaceae	<i>Cyathea sp</i> tipo 2	x	x	x
3 4				Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium sp</i>	x		
				Dennstaedtiaceae	Esporo Trilete	x		
5 6 7 8 9		Erva	Epífita	Polypodiaceae	<i>Polypodium sp</i>	x	x	
				Polypodiaceae	Monolete psilado	x	x	
				Polypodiaceae	Monolete verrucado tipo 1	x	x	
				Polypodiaceae	Monolete verrucado tipo 2		x	
				Aquática/Rupícola	Pteridaceae	<i>Acrostichum sp</i>	x	
TOTAL: 39								

Fonte: Patucci, 2019

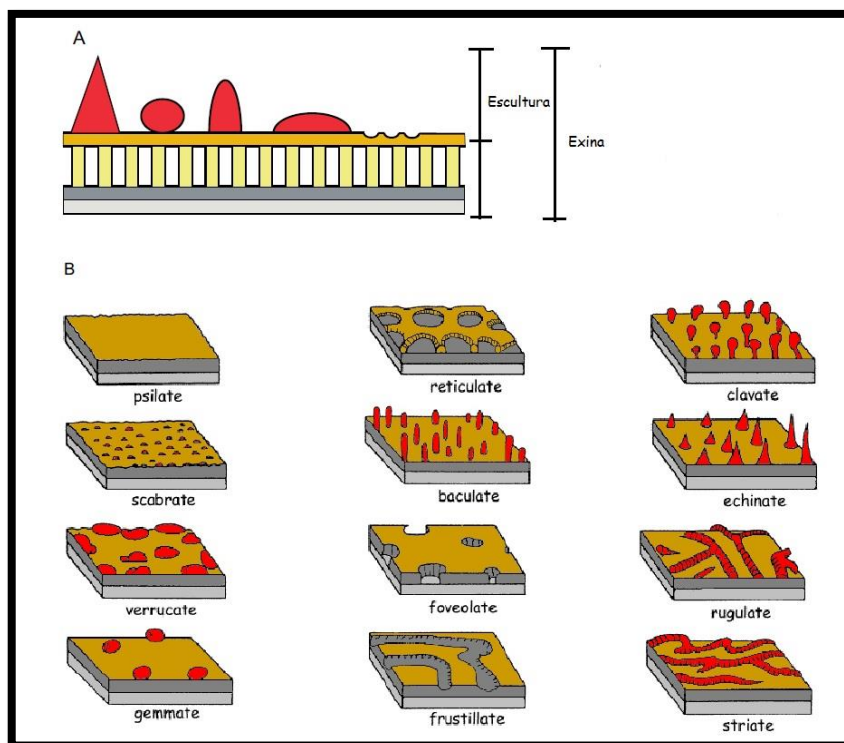
Para se iniciar as discussões dos resultados encontrados foram necessárias leituras acerca da técnica, conforme descrito no capítulo de procedimentos metodológicos (6.4.4). Entre os conhecimentos adquiridos, a morfologia polínica teria que estar junto às fotos das pranchas, pois faz parte da discussão. Uma vez que se encontra o grão no microscópio, é necessário saber capturar características morfológicas específicas, pois elas serão essenciais para diagnosticar à qual família e gênero ele pertence.

É recomendável que fotografe pelo menos três vezes o mesmo grão, uma das fotos com o foco na parede (exina), outra nos poros e se convir, a última em algum detalhe que o diferenciem em geral.

As paredes (exinas) possuem diferentes tipos esculturais (**figura 20**) alguns grupos que possuem a mesma escultura da exina podem pertencer ao mesmo grupo taxonômico. Todavia, enquanto está estudando os palinomorfos é necessário notar além da escultura observada na exina; o tamanho, forma (polaridade, simetria), quantidade de aberturas e a

ornamentação. Quanto maior o grau de detalhamento das fotos do grão, maior as chances de caracterizá-lo quanto à família sem cometer equívocos. Esse trabalho requer muita atenção e certo nível de prática, pois dependendo da posição que se observa o grão, o pesquisador necessita “virar” para capturar a imagem em vista polar ou equatorial para obter imagens dos poros ou colpos.

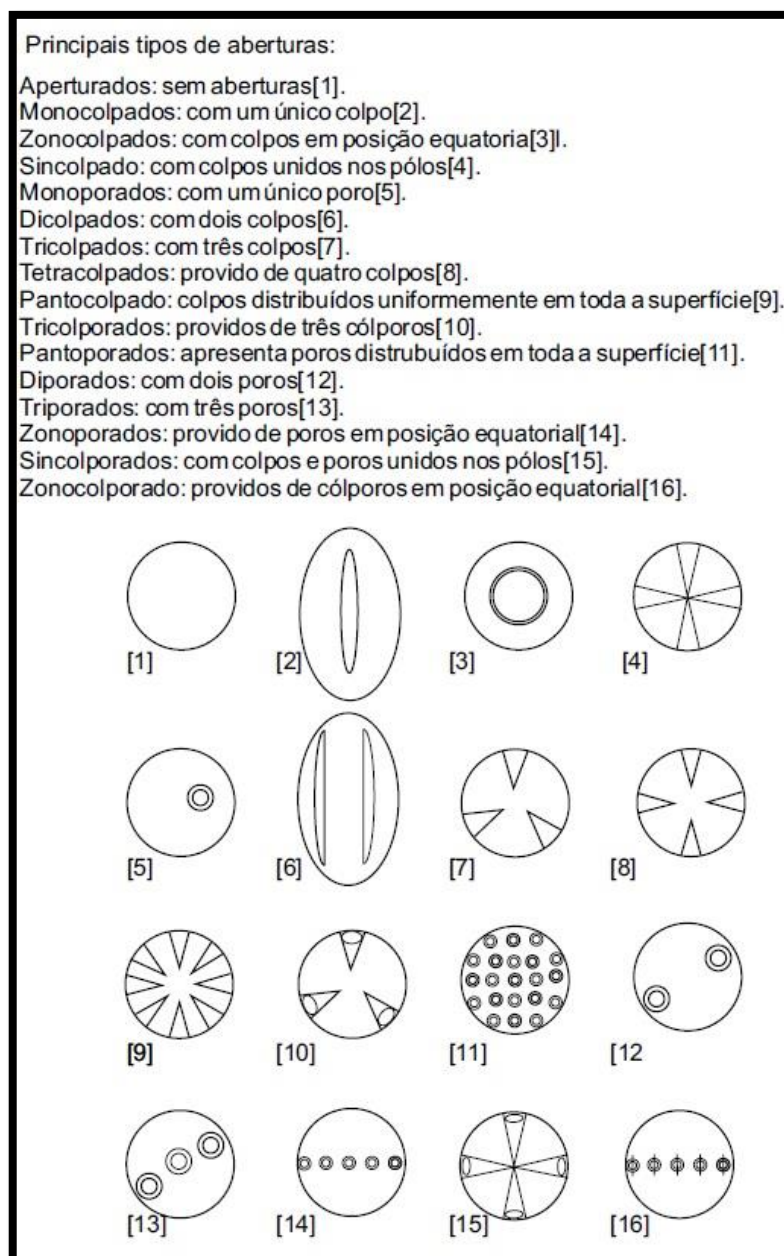
Figura 20: A. Estrutura da exina detalhando a parte superior que contém a escultura. B. Tipos de esculturas.



Fonte: (PLÁ JUNIOR, 2016) Org. Marina Souza.

Por exemplo, o *Ilex sp* da Prancha I-E possui báculas, já o *Didymopanax sp* (Prancha I-F) têm clavas, o outro grão (Prancha I-G) que possuem fotos em diferentes posições (equatorial e polar), foi necessário para mostrar as localidades dos poros e colpos e comprovar o diagnóstico, na **figura 21** estarão expostos os principais tipos de abertura. Dessa forma alguns grãos terão mais de uma foto, pois dessa maneira é possível focar em diferentes detalhes da sua morfologia que foram importantes para caracterizá-los em família e gênero.

Figura 21: Esquemas dos principais tipos de aberturas para visualização dos poros e/ou colpos

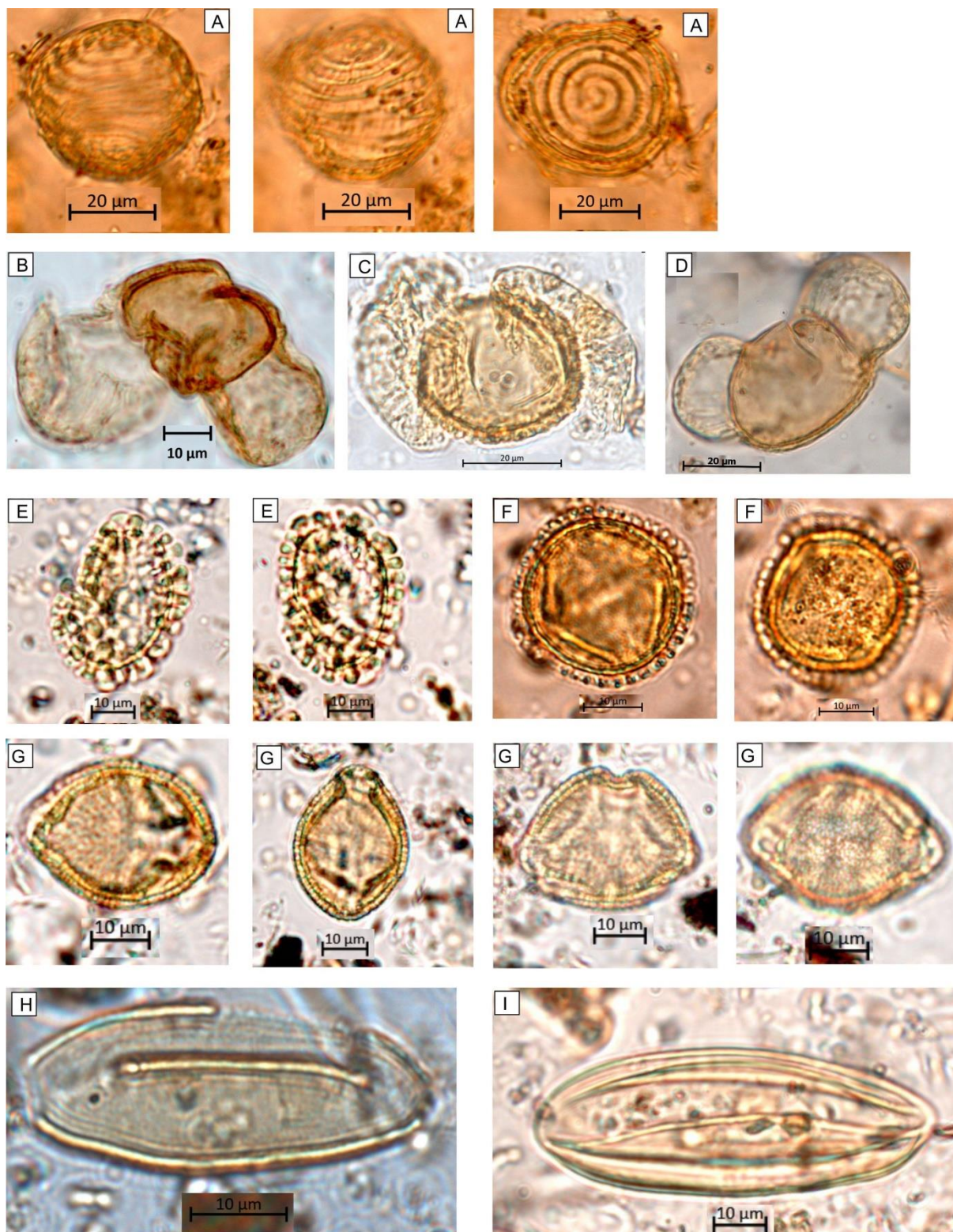


Fonte: (PLÁ JUNIOR, 2016 p.13)

Alguns possuem características morfológicas tão específicas que são rapidamente fáceis de reconhecer. Os *podocarpus sp* (Prancha I-B;C;D) possuem os sacos aéreos, já nas família das Myrtaceae (Prancha III-E;F) é sempre possível observar os colpos que unem no centro do pólen.

Na Prancha III-B o gênero *Myrsine sp* possui foto na visão equatorial e polar, sendo possível ver seus quatro colpos, se assemelham à dobras, e devido essa morfologia é caracterizada como, tricolporada, como demonstra o esquema no item 8 da **figura 21**.

Prancha I



Prancha I: **ALGA** - *Zygnemateceae* *Pseudoschizaea* sp (A)

Gymnosperma - *Podocarpaceae* *Podocarpus* sp (B;C;D)

Angiospermas - *Aquifoliaceae* *Ilex* sp (E) **Araliaceae** *Didymopanax* sp tipo 1 (F) ;

Didymopanax sp tipo 2 (G) **Areaceae** (H,I).

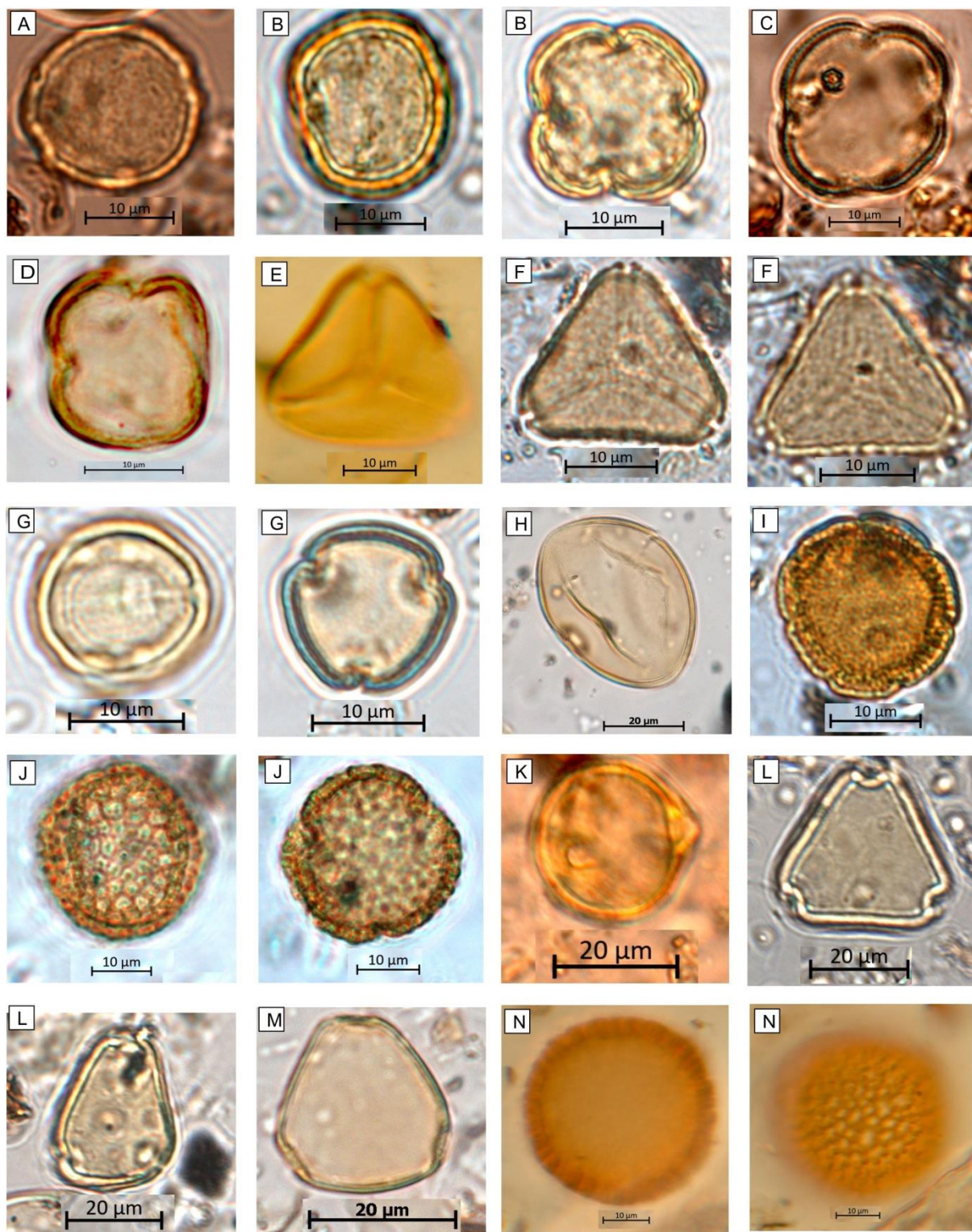
Fotos e Organização: Marina Souza, maio/2019.

Prancha II



Prancha II: **Asteraceae** tipo 1 (A) *Vernonia* sp (B;C) **Bignoniaceae** tipo 1 (D) *Tabebuia* sp (E) **Boraginaceae** *Cordia* sp (F) **Celastraceae** *Maytenus* sp (G) **Chloranthaceae** *Hedyosmum* sp (H) **Cunoniaceae** *Weinmannia* sp (I) **Euphorbiaceae** *Alchornea* sp tipo 1 (J) *Alchornea* sp tipo 2 (K) *Alchornea* sp tipo 3 (L) **Meliaceae** *Trichilia* sp (M) *Cabralea* sp (N).
Fotos e Organização: Marina Souza, maio/2019.

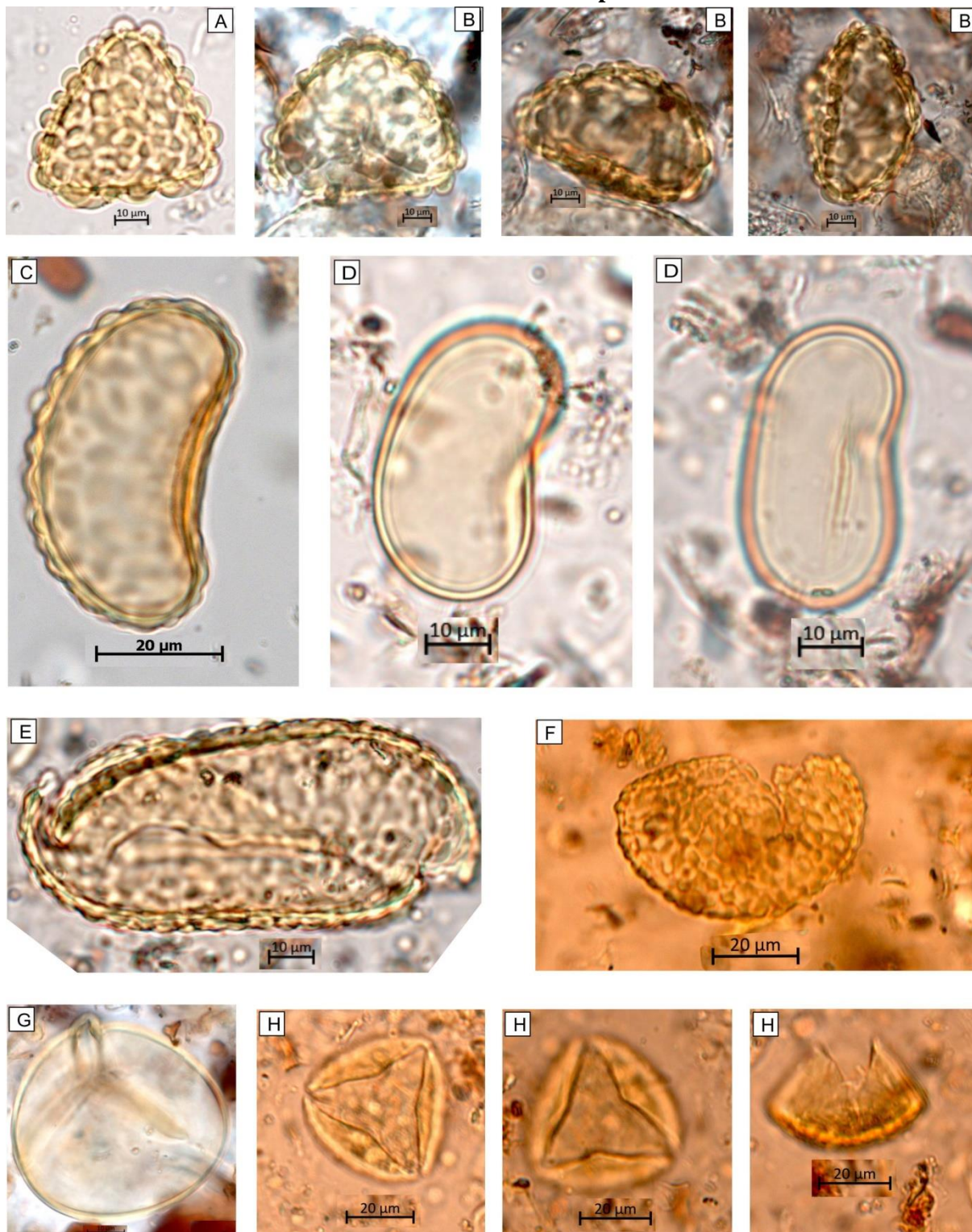
Prancha III



Prancha III: **Moraceae/Urticaceae** (A) **Myrsinaceae** *Myrsine* sp tipo 1 (B) *Myrsine* sp tipo 2 (C) *Myrsine* sp tipo 3 (D) **Myrtaceae** (E;F) **Ochnaceae** *Ouratea* sp (G) **Poaceae** (H) **Rubiaceae** *Borreria* sp (I) tipo 1 (J) **Solanaceae** *Solanum* sp (K) **Symplocaceae** *Symplocos* sp tipo 1 (L) *Symplocos* sp tipo 2 (M) **Thymelaeaceae** *Daphnopsis* sp (N)

Fotos e Organização: Marina Souza, maio/2019.

Prancha IV – Esporos



Prancha IV: **Cyatheaceae** *Cyathea* sp tipo 1 (A) **Cyatheaceae** *Cyathea* sp tipo 2 (B)

Polypodiaceae *Polypodium* sp (C)

Monolete psilado (D) Monolete verrucado tipo 1 (E) Monolete verrucado tipo 2(F)

Dennstaedtiaceae *Pteridium* sp (G) **Pteridaceae** *Acrostichum* sp (H) Esporo Trilete (I).

Fotos e Organização: Marina Souza, maio/2019.

Após esse panorama acerca da morfologia polínica o foco será na descrição ecológica desses resultados encontrados. As quatro pranchas foram organizadas por ordem alfabética de família, sendo que seu nome estará sempre em negrito. O gênero terá seu nome em itálico, de acordo com a convenção internacional e as descrições de todos os palinomorfos seguirão na ordem a qual aparecerem nas pranchas para facilitar a consulta.

A seguir a descrição de ecologia e habitat das respectivas famílias e gêneros:

ALGA: Zygnemateceae *Pseudoschizaea* sp

[Prancha I-A]. Profundidade: 46-48 cm

As algas são importantes e essenciais indicadores de umidade. O cisto de alga encontrado nas amostras pertence a família Zygnemateceae. Ela possui esporos elípticos, médios, hialinos, com estrias finas e concêntricas dispostas paralelamente em sua superfície.

Ocorre em solos úmidos e pantanosos (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Podocarpaceae - *Podocarpus* sp

[Prancha I-B,C,D] - Profundidade: 10-12 cm ;24-26 cm ;46-48 cm

A única gimnosperma captada nas amostras foi a conífera *podocarpus* sp. São árvores ou arbustos característica de matas de altitude. Apresenta dispersão descontínua e irregular, ocorrendo em determinados pontos em agrupamentos quase puros e faltando completamente em outros. Produz anualmente moderada quantidade de sementes viáveis, que são disseminados por pássaros, já os seus grãos de pólen são dispersos pelo vento (SOUZA, C. *et al.*, 2005). Ocorrência: Minas Gerais, Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul, na floresta semidecídua de altitude e mata de pinhais (SOUZA, C. *et al.*, 2005).

Conforme está exposto na Prancha I-B um dos sacos aéreos do pólen está quebrado. Essa situação aconteceu diversas vezes durante a análise das amostras, alguns grãos estavam com partes quebradas, outros em pedaços e muitos completamente dobrados, esse quadro geralmente é causado pelos ciclos de clima seco e úmido. Um experimento feito por Ian D. CAMPBELL (2010) mostrou que essa flutuação de climática que foi discutida nas datações é muito eficaz para a degradação do pólen.

O experimento quer demonstrar que os danos mecânicos de colisões entre os grãos durante o transporte não são tão agravantes quanto aqueles grãos provenientes de horizontes de sedimentos subaquosos expostos a intemperismo subaerial (CAMPBELL, 2010).

Aquifoliaceae *Ilex* sp

[Prancha I-E] - Profundidade: 10-12 cm

São plantas perenifólia, esciófita, seletiva higrófitas, característica e preferente das matas de pinhais. Geralmente chega formar capões homogêneos. É naturalmente disseminada por pássaros que consomem aviamente seus frutos.

Ocorrência: Mato Grosso do Sul, São Paulo até o Rio Grande do Sul nas matas de altitude (400-800 m). É particularmente frequente na mata dos pinhais dos 3 estados sulinos (SOUZA, C. et al., 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Araliaceae *Didymopanax* sp

[Prancha I- F;G] - Profundidade: 46-48 cm ;24-26 cm

Planta perenifólia, heliófita ou de luz difusa, indiferente às condições físicas de solo, apresenta larga dispersão em quase todas as formações florestais. Sua ocorrência é bastante esparsa, porém contínua. Desenvolve-se preferencialmente em matas poucos densas e em formações secundárias, como capoeiras e capoeirões.

Ocorrência: Região Amazônica até o Rio Grande do Sul, em várias formações florestais (SOUZA, C. et al., 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Arecaceae

[Prancha I-H;I] - Profundidade: 24-26 cm ;10-12 cm

Conhecida antigamente como família Palmae, as Arecaceae são espécies de palmeiras. Portanto a gama de espécies é extremamente vasta e diversa. Em geral possuem entre 6 a 20m. São plantas perenifólias, heliófitas podendo ser também levemente higrófitas, característica da mata pluvial atlântica, onde ocorre de maneira expressiva. Apresenta distribuição bastante regular em toda a floresta, tanto nas planícies aluviais, vales e encostas. Nas planícies quaternárias espécies como a *Euterpe* sp chega a ocorrer como planta pioneira, onde representa uma das primeiras espécies mesófilas a se instalar. Sua ocorrência na floresta semidecídua do Paraná é menor, porém ainda expressiva, principalmente em beira de rios e fundo de vales. Já na região amazônica essa espécie ocorre até a Bahia, na floresta pluvial de lugares úmidos. Devido à essas características podemos supor que o grão de pólen seja, talvez, desse gênero. No entanto conseguimos caracterizá-lo até o táxon família, bem como em outros casos que também não foi possível chegar à algum gênero (SOUZA, C. et al., 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005)

Asteraceae *Vernonia* sp

[Prancha II-A;B;C] - Profundidade: 10-12 cm ;24-26 cm ;24-26 cm

A família Asteraceae podem ser ervas, subarbustos ou pequenas árvores. São particularmente comuns nas formações abertas do Brasil, principalmente no cerrado. Nos campos são frequentes espécies como a *Vernonia* sp, e podem ser relativamente comuns, especialmente espécies arbustivas ou arbóreas de *Vernonia* sp, como assa-peixe (SOUZA, C. et al., 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005)

Bignoniaceae *Tabebuia* sp

[Prancha II-D;E] - Profundidade: 46-48 cm ; 46-48 cm

As árvores podem atingir de 5 a 30m e possui distribuição pantropical. Destacam-se as plantas nativas do gênero *Tabebuia* sp que pode formar grandes agrupamentos em áreas alagáveis litorâneas.

Entre as três espécies de *Tabebuia* sp temos: *Tabebuia elliptica* (ipê-branco-da-restinga) ocorre nas restingas tanto em vegetação arbórea como em formações abertas da transição entre as dunas e restingas, frequente na costa da Bahia. *Tabebuia gemmiflora* (ipê-vermelho) planta caducifólia, exclusiva da caatinga região do Vale do Jequitinhonha, situada em terrenos pedregosos de solos secos e bem drenados. *Tabebuia ipe* (piúva-roxa) espécie característica e exclusiva das florestas ripárias da região do Pantanal Mato-grossense, ela possui grande capacidade de regeneração em áreas abertas (SOUZA, C. et al., 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005)

Boraginaceae *Cordia* sp

[Prancha II-F] - Profundidade: 10-12 cm

Distribui-se em regiões temperada e tropicais, no Brasil temos 14 gêneros, com destaque para *Cordia*, o maior gênero da família.

Este gênero inclui plantas de pequeno porte, seletivas higrófilas, são características da mata pluvial da vertente Atlântica e da submontana decídua, situados em solos úmidos. Mas também podem ocorrer em florestas úmidas da costa do Atlântico do Sudeste (SOUZA, C. et al., 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005)

Celastraceae *Maytenus* sp

[Prancha II-G] - Profundidade 46-48 cm

Família de árvores, ervas e arbustos em vários ecossistemas brasileiros. Em estudos do Quaternário destaca-se a presença de *Maytenus* sp em vários diagramas polínicos, indicadores de condições florestais. Uma das características marcantes de seus pequenos grãos de pólen

tricolporados é o forte adensamento de microbáculas em condições simpli-baculada, que muito ajuda na identificação (LORENTE *et al.*, 2017).

Segundo SOUZA, C (2005) o gênero *Maytenus sp* é relativamente comum, podendo aparecer em diversos tipos de vegetação; *Plenckia populnea* é uma árvore comum dos cerrados, com folhas longo-pecioladas pendentes; *Hippocratea volubilis* é uma liana lenhosa com grandes frutos tripartidos, presente em diversas formações florestais.

Chloranthaceae *Hedyosmum sp*

[Prancha II-H] - Profundidade: 24-26 cm

O gênero *Hedyosmum* da família Chloranthaceae possui duas espécies no Brasil. A mais comum é o *Hedyosmum brasiliense*, endêmica no Brasil, ocorre em áreas alagáveis de altitude, por quase todo o território, exceto pela Amazônia e o Nordeste. Trata-se de uma planta sublenhosa, geralmente de pequeno porte (máximo 3 m) com folhas carnosas. A outra espécie é *Hedyosmum racemosum*, mais rara que a anterior, ocorrendo apenas no extremo norte do Amazonas e, ainda, na Região Andina (SOUZA, C. *et al.*, 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Cunoniaceae *Weinmannia sp*

[Prancha II-I] - Profundidade: 46-48 cm

Árvores ou arbustos de 8-14m dotada de copa irregular e de tronco um tanto quanto tortuoso, as folhas são pinadas e os frutos do tipo cápsula com um pouco mais de 3mm.

A família inclui cerca de 25 gêneros e 300 espécies (a maioria pertence ao gênero *Weinmannia*), concentradas na Ásia e Oceania.

No Brasil ocorrem principalmente em florestas de altitude, principalmente do Sul e Sudeste. Por outro lado, ocorrem também em outras formações florestais, inclusive em restingas (SOUZA, C. *et al.*, 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005)

Euphorbiaceae *Alchornea sp*

[Prancha II-J;K;L] - Profundidade: 46-48 cm ; 24-26 cm ; 46-48 cm

Árvores ou arbustos de 3-20 m. Dentre os gêneros da família Euphorbiaceae, as *Alchornea* é a mais conhecida e mais amplamente distribuída na Amazônia. Aparentemente sem afinidade pronunciada por propriedades físicas especiais de solo. (SOUZA, C. *et al.*, 2005)

Meliaceae *Trichilia sp* ; *Cabralea sp*

[Prancha II-M;N] - Profundidade: 24-26 cm ; 46-48 cm

As árvores do gênero *Trichilia* possuem de 6-14m com tronco oco de 20-30cm de diâmetro. Planta semidecídua algumas espécies ocorrem preferencialmente no interior da

floresta primária, situada em solos úmidos de planícies aluviais e início de encosta, bem como em solos pedregosos do topo de morro, onde pode chegar a representar a espécie dominante. As árvores do gênero *Cabralea* possuem 20-30 m com tronco de 70-120cm de diâmetro. Apesar de ser mais comum na floresta primária, pode também ser encontrada como planta pioneira e secundária nas capoeiras e capoeirões. Parece mostrar nítida preferência por solos argilosos e úmidos de encostas (SOUZA, C. *et al.*, 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Moraceae/Urticaceae

[Prancha III-A] - Profundidade: 46-48 cm

Os grãos de pólen dessas duas famílias são muito semelhantes e pode-se analisar a ecologia e ocorrência de ambas para a interpretação dos resultados. As plantas dessas famílias, geralmente apresentam distribuição predominantemente tropical e subtropical, com algumas espécies das regiões temperadas (LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Myrsinaceae *Myrsine* sp

[Prancha III-B;C;D] - Profundidade: 46-48 cm ;46-48 cm ;10-12 cm

Árvores de 4-12m, plantas seletivas higrófitas, característica de formações secundárias. Prefere encostas e beiras de córregos, ocorrendo até em altitudes acima de 2000m. Pode ser encontrada tanto em terrenos pedregosos onde o lençol freático aflora, como em várzeas muito úmidas. É rara no interior da mata primária densa (SOUZA, C. *et al.*, 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Myrtaceae

[Prancha III-E;F] - Profundidade: 24-26 cm ;24-26 cm

Árvores ou arbustos. Essa família possui distribuição predominantemente pantropical e subtropical, concentrada na região neotropical e na Austrália. No Brasil possui 23 gêneros e aproximadamente 1000 espécies. Esta é uma das mais complexas famílias do ponto de vista taxonômico, tanto pelo número de espécies e pela escassez de estudos. Na flora brasileira, as Myrtaceae aparecem entre as famílias mais comuns na maioria das formações vegetais, com destaque para a Floresta Atlântica e para a Floresta de Restinga (SOUZA, C. *et al.*, 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Ochnaceae *Ouratea* sp

[Prancha III-G] - Profundidade: 46-48 cm

Ervas, arbustos ou árvores. A família possui distribuição pantropical. No Brasil ocorrem 11 gêneros e cerca de 120 espécies. No Brasil as Ochnaceae são particularmente comuns nos cerrados, especialmente *Ouratea spectabilis* e *Ouratea castanaefolia*, esta última

mais comum na parte ocidental desta formação e ocorre preferencialmente em terrenos altos e bem drenados, tanto em formações primárias como secundárias (SOUZA, C. *et al.*, 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Poaceae

[Prancha III-H] - Profundidade: 24-26 cm

Erva geralmente rizomatosas, às vezes lenhosas (bambus). Possui distribuição cosmopolita, incluindo cerca de 650 gêneros e 9000 espécies, sendo que no Brasil ocorrem cerca de 180 gêneros e 1500 espécies. As Poaceae representam o principal componente das formações campestres em todo o mundo e possui extrema importância econômica (arroz, trigo, milho, centeio, cana-de-açúcar, etc) (SOUZA, C. *et al.*, 2005)

Família das gramíneas de grande importância em estudos do Quaternário e com um só tipo morfológico (monoporado, psilado e escabrado, raramente microrreticulado) que engloba espécies terrestres, aquáticas, bambus de pequeno e grande porte, que vivem tanto em florestas como em vegetação aberta, além de incluir os cereais (arroz, milho, etc) de grande valor nos estudos arqueológicos e arqueobotânicos. Uma das grandes dificuldades nos estudos do Quaternário tem sido a interpretação, por alguns autores, da Poaceae apenas de vegetação seca e de formações apenas abertas. O palinólogo do Quaternário deve sempre lembrar que muitas gramíneas são aquáticas e muitas vivem no estrato herbáceo de florestas fechadas (Bambusa, Chusquea, Merostachys) (LORENTE *et al.*, 2017)

Rubiaceae *Borreria sp*

[Prancha III-I;J] - Profundidade: 24-26 cm;10-12 cm

Arbustos ou ervas aquáticas que podem ocorrer também em mata úmida, nebulosa latifoliada ou em mata de araucária (NEPOMUCENO *et al.*, 2013).

Solanaceae *Solanum sp*

[Prancha III-K] - Profundidade 46-48 cm

Uma grande família de ervas, arbustos, pequenas árvores, com distribuição cosmopolita, concentrada na região neotropical. Ao total são cerca de 150 gêneros e 3000 espécies. O maior gênero, *Solanum sp*, e possui grande interesse econômico (tomate, batata, berinjela e jiló) (SOUZA, C. *et al.*, 2005)

Symplocaceae *Symplocos sp*

[Prancha III-L;M] - Profundidade: 10-12 cm ;10-12 cm

Possui distribuição tropical e subtropical, incluindo gênero, *Symplocos*, com cerca de 250 espécies das quais de 40 ocorrem no Brasil. As espécies nativas concentram-se nas regiões sul e sudeste. Ocorre preferencialmente em áreas abertas de solos bem drenados,

muitas vezes preferindo terrenos úmidos de beira de córregos (SOUZA, C. *et al.*, 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

Thymelaeaceae *Daphnopsis* sp

[Prancha III-N] - Profundidade: 24-26 cm

Árvores ou arbustos, planta perenifolia e seletiva higrófito, característica da floresta pluvial da encosta Atlântica; é muito abundante nas planícies e várzeas quaternárias brejosas ao longo de rios e córregos (SOUZA, C. *et al.*, 2005; LORENZI, H 1992; LORENZI, H 2005).

ESPOROS

Cyatheaceae *Cyathea* sp

[Prancha IV-A;B] - Profundidade: 24-26 cm ;24-26 cm

Terrestre, robusto, alto e raramente muito pequena, raramente apresentam gemas adventícias, com escamas, com um tapete denso (esteira) de raízes fibrosas, especialmente nas bases. Geralmente entre 2-6m (TRYON, R.M *et al.*, 1981).

A *Cyathea* é preferencialmente um gênero da floresta montana, floresta de altitude ou floresta ombrófila densa altomontana e raramente podem ocorrer nas florestas de mata atlântica (*low rain forests*), principalmente na América Central (TRYON, R.M *et al.*, 1981).

Ela cresce com facilidade em encostas íngremes, em ravinas, ao longo de córregos e, no Brasil em florestas de galeria (*C. Delgadii*) que são florestas que formam corredores ao longo dos rios e áreas úmidas e se projetam na paisagem, tornando-se esparsas em áreas de savanas, pradarias e desertos (TRYON, R.M *et al.*, 1981).

Os esporos são geralmente verrucados (Prancha IV-A;B) com um perisporo bem desenvolvido de filamentos mais ou menos conectados de material particulado como no *C.Delgadii* e *C.pallescens* (TRYON, R.M *et al.*, 1981).

Família com troncos arborescentes que podem atingir até 20 metros de altura, com coroas foliares que podem chegar a seis metros de diâmetro. *Cyathea* ocorre preferencialmente em florestas montanas e nebulares, mas é também conhecida em florestas úmidas de terras baixas. Seus esporos triletes podem ser verrucados ou psilados, escabridos (LORENTE *et al.*, 2017)

Polypodiaceae *Polypodium* sp

[Prancha IV-C] - Profundidade: 24-26 cm

Terrestre, rupestre ou epifítico, moderadamente forte a esbelto, possui de poucas a muitas escamas, geralmente longas raízes fibrosas.

O gênero possui muitas espécies e poucos estudos taxonômicos. A revisão bibliográfica empregando novos caracteres, é necessário não apenas para uma avaliação moderna da espécie, mas também para evidências sobre as relações de grupos de espécies. Este gênero apresenta grandes diferenciações dependendo de sua localização, tropical ou subtropical.

Ocorre em árvores geralmente como epífitas baixas, pedras, ou madeira apodrecida. Na maioria das vezes é terrestre ou rupestre nas partes norte e sul de seu alcance e em seus limites altitudinais, no trópico é mais frequentemente epifítico.

Na América tropical, o *Polypodium* costuma ser encontrado em florestas tropicais de baixa altitude, em florestas montanhosas ou floresta ombrófila densa altomontana, também em florestas de pinheiros e carvalhos e, às vezes, em florestas sazonalmente secas. Ocorre também em florestas de galeria, em savanas arbustivas, em pastos irregulares e em terrenos parcialmente recortados e como epífitas em palmeiras oleaginosas (TRYON, R.M *et al.*, 1981).

Pteridaceae *Acrostichum* sp

[Prancha IV-H] Profundidade 10-12 cm

Esta família é grande e diversa, com distribuição cosmopolita com 35 gêneros, 22 dos quais são encontrados na América, dividida em seis tribos que refletem diversidade morfológica. Esta inclui esporos triletes com os mais variados tipos de ornamentação. O *Acrostichum* sp é de especial interesse em estudos do Quaternários, ocorre entre rochas, florestas, secundárias e campos abandonados até 800m de altitude (LORENTE *et al.*, 2017).

Dennstaedtiaceae *Pteridium* sp

[Prancha IV-C] - Profundidade: 10-12 cm

É sub-cosmopolita, estando apenas ausente em zonas áridas e sub-áridas. Por exemplo, a espécie *Pteridium. aquilinum*, na qual podemos supor que seja o esporo encontrado, segundo TRYON, R.M *et al.*, ocorre em todas as regiões temperadas e subtropicais do Hemisfério Norte e em vastas regiões temperadas e subtropicais do Hemisfério Sul.

Sendo uma planta extremamente adaptável, coloniza rapidamente áreas perturbadas, razão pela qual integra numerosas sucessões ecológicas nas etapas de degradação, em especial após incêndios florestais e queimadas de vegetação, sendo extremamente resistente aos incêndios florestais (TRYON, R.M *et al.*, 1981).

Ocorre desde o nível do mar até aos 2000 metros de altitude, variando o limite altitudinal máximo em função da latitude. Prefere solos profundos e bem drenados, em

especial solos arenosos em zonas frescas com substratos acidificados por serem pobres em bases ou ligeiramente siliciosos (TRYON, R.M *et al.*, 1981).

O gênero *Pteridium* contém samambaias terrestres com tecidos vasculares verdadeiros nos seus ramos, uma condição atípica nas pteridófitas que habitam uma variedade de habitats tais como florestas e formações abertas, bordas de florestas, mas ocorrem preferencialmente em ambientes perturbados, campos abandonados ou queimadas (LORENTE *et al.*, 2017). É, portanto indicador de sucessão ecológica e por isso pode ter grande importância em estudos do Quaternário no âmbito de questões arqueológicas e ecológicas.

Após a descrição de todos os elementos encontrados, as famílias e gêneros entre as quatro pranchas apresentadas que se destacam como indicadores são: *Podocarpus sp*, *Ilex sp*, *Symplocos sp*, *Weinmannia sp* e a família Myrtaceae. Essa assembleia de táxons nos confirma a presença de clima úmido e frio durante o Último Máximo Glacial conforme os dados de datação. Além disso, há diversos indicadores de umidade: a alga *Pseudoschizaea sp* é uma delas.

Contudo, após as discussões dos resultados dos subcapítulos anteriores percebe-se que os dados geocronologia estão diretamente relacionados à palinologia e podemos citar novamente os *papers* que foram utilizados para explicar as datas, porém agora, voltados à palinologia.

Os estudos de Pessenda *et al.*, (2012) nos manguezais da Ilha do Cardoso indicaram a presença de *Ilex*, *Alchornea*, *Weinmannia*, *Myrsine*, *Symplocos*, *Drimys* e *Podocarpus*, diante disso, os autores afirmam que no passado prevaleceu um clima mais frio e mais úmido. Entre os grãos encontrados o único não observado no resultado da pesquisa foi o *Drimys*. Entretanto vale ressaltar que esse trabalho é introdutório voltado ao entendimento geomorfológico e pedológico da área que ocorreu a captura fluvial do Guaratuba (**figura 22**), logo, com mais prática da técnica e em um trabalho mais específico, mais palinóforos possam ser encontrados e identificados.

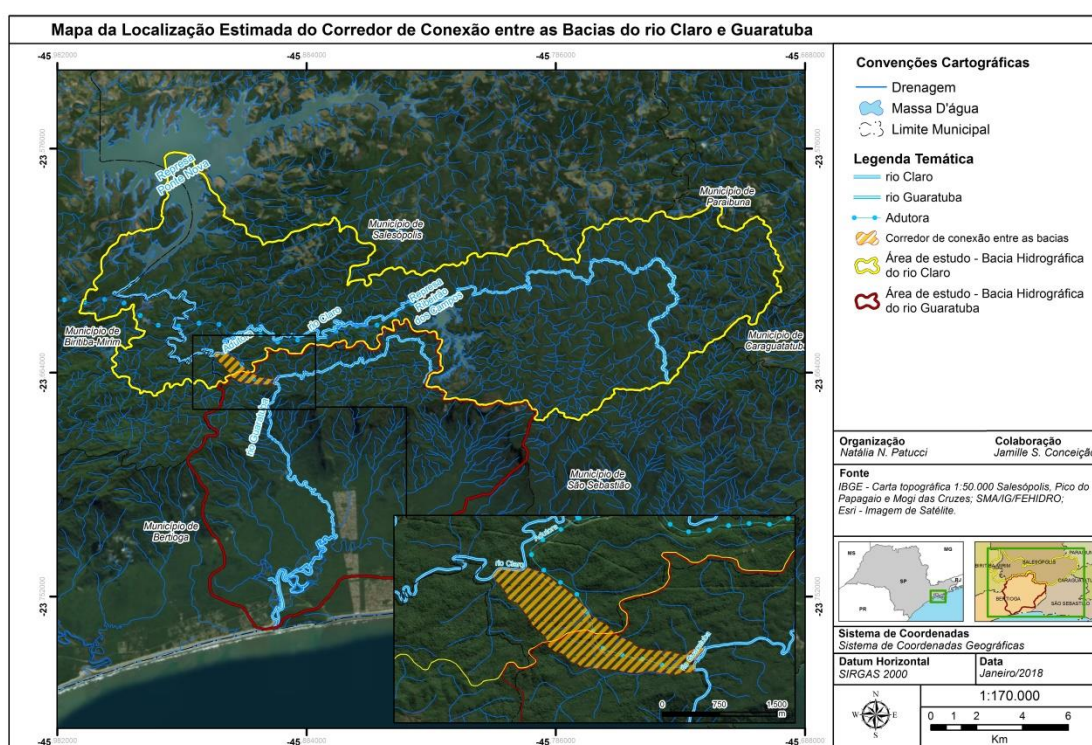
A família podocarpaceae aparece nas três profundidades e foi o grão mais fácil de encontrar durante as análises em microscópio. Ele, quando associado em uma assembleia de específica de pólen (assembleia polínica) pode nos fornecer a informação de clima frio e úmido, muito provavelmente, alagadiço.

Na análise polínica da discussão de Pessenda *et al.*, (2009) eles comparam a quantidade presente de grãos na floresta de Araucária em Santo Antonio do Pinhal, São Paulo com testemunhos pretéritos do Curucutu, e as quantidades foram muito próximas. Dessa

maneira eles puderam inferir que juntamente com a presença de *Myrsine*, *Symplocos*, *Weinmannia*, Ericaceae, Melastomataceae e Myrtaceae sugerem uma floresta de clima frio e úmido. Além disso, eles ainda completam a discussão acerca da família Poaceae, que são ervas aquáticas e alas, e podem sugerir pequenos lagos ou pântanos no que hoje é uma turfeira.

Os nossos resultados indicam que no corredor de conexão de bacias (**Figura 22**) havia áreas alagadiças onde passava o rio que Guaratuba fluindo em direção à Serra do Mar, vegetação característica do entorno de rios e adaptadas à região úmida e mais fria do que temos hoje.

Figura 22: Mapa do local onde ocorreu a captura



Fonte: Patucci (2019)

8 CONCLUSÕES

Após as descrições dos perfis delimitados pelas trincheiras e obtenção dos dados da granulometria, mineralogia e morfoscopia foram possíveis separar três classes de solo: Gleissolo Pouco Húmico, Cambissolo e Espodossolo, localizados no vale seco da bacia do rio Guaratuba. Para serem formados, passaram por processos de alteração físicos e químicos, entretanto as alterações climáticas foram as principais, pela formação do solo, e consequentemente do relevo. Pelas análises de granulometria e morfoscopia dos seixos e areias e dando mais ênfase à cascalheira que aparece nas três classes de solos, podemos observar o grau de arredondamento dos grãos devido à erosão fluvial ocasionada pelas flutuações climáticas.

A geocronologia que se apresentou complexa devido às diferenças nos seus resultados, foi coesa uma vez que se compara com outros estudos na mesma classe de solo ou em regiões com características geográficas semelhantes. Em geral, as acumulações ocorrem durante o Último Máximo Glacial, segundo os valores de TRM. Quanto ao LOE remete à rápida alternância de eventos climáticos (clima frio/quente úmido/seco), ocorridos no Pleistoceno Tardio e Holoceno, neste também se observa algumas poucas acumulações no Cambissolo.

A palinologia respondeu na pesquisa como técnica para agregar sobretudo os estudos geomorfológicos, pedológicos e geocronológicos. Ainda mais que são poucas vezes utilizados, porém contribuem muito para estudos de vegetação e clima.

Foi possível encontrar, desde o primeiro treinamento no CENA, o gênero *podocarpus* sp, ele sozinho não pode afirmar que na área houve um clima frio e úmido, porém já trazia indícios que a análise polínica merecia uma atenção especial. Ao longo das análises no microscópio foram identificadas mais famílias e gêneros (*Myrsine*, *Symplocos*, *Weinmannia*, *Melastomataceae*, *Myrtaceae*, *Ilix*, *Alchornea*, *Didimoponex* sp, entre outras) que em conjunto com a conífera podem comprovar que em um determinado momento no passado o clima foi frio e úmido.

Outros indicadores como a litoestratigrafia do Espodossolo mostraram-se bastante eficaz na pesquisa. A camada “ortstein” que o caracteriza como um paleossolo facilitou as pesquisas quando se encontrou uma possível explicação do seu processo de formação, a qual prevê muitos requisitos e é um solo impossível se de formar nos parâmetros climáticos de hoje.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Aspectos geográficos da Terra Bandeirante**. In: Revista do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Serviço Gráfico do IBGE, Rio de Janeiro, p.1 - 97, 1954.
- _____. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê Editorial, São Paulo, 2003.
- BIGARELLA, J. J & BECKER, R. D. *International Symposium on the Quaternary*. Boletim Paranaense de Geociências. v.33 p.1-370, 1975.
- BIGARELLA, J. J.; BECKER, R.D; PASSOS, E. Contribuições: DOS SANTOS, G. F.; DE PAULA HERRMANN, M. L.; DE CARVALHO, S. M. C.; MENDONÇA, M. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Vol. II., 2ªed. Florianópolis: UFSC, 2007.
- BISHOP, P. *Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion*. Progress in Physical Geography, v. 19, p. 449-473, 1995.
- BROECKER, W. S. Radiocarbon. In: TUKERIAN, K. K; HOLLAND, H.D. (Org.). **Treatise on geochemistry**. Elsevier, v.4, p. 245 -260, 2003.
- BUSO JUNIOR, A.A. **Dinâmica dos Espodossolos, da vegetação e do clima durante o Quaternário tardio na região nordeste do estado do Espírito Santo**. 2015. 162p. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94 p. (IAC –Boletim Técnico, 106).
- CAMPBELL, I.D. *Experimental Mechanical Destruction of Pollen Grains. in Palynology*. vol 5, Department of Botany, University of Toronto e Department of Botany, Royal Ontario Museum Toronto, Ontario, Canada , 1991.
- CARVALHO, Ismar de Souza. **Microfósseis, Paleoinvertebrados e Paleontologia** in capítulo 9 - Palinologia p. 181-197 3ªed. V. 3 São Paulo, 2011.
- CHEREM, L. F. S.; VARAJÃO, C. A. C.; JÚNIOR, A. P. M.; CHICARINO, A. F. D.; SALGADO, A. A. R.; OLIVEIRA, L. A. F.; BERTOLINI, W. Z. **O papel das capturas fluviais na morfodinâmica das bordas interplanáticas do sudeste do Brasil**. in Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 14, n.4, p.299-308, 2013

CHRISTOFOLETTI, A. **Capturas fluviais**. Enciclopédia Murador Internacional. São Paulo, v.5, p. 2049 – 2051, 1975.

_____. **Geomorfologia fluvial**. Vol I - O canal fluvial. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1981.

_____. **Geomorfologia**. Cap 3 - Geomorfologia Fluvial. São Paulo: Blucher., 1980

COELHO, R. M.; MARTINS, M. V.; TORRADO, P. V.; SOUZA, C. R. G.; PEREZ, X. L. O.; VÁSQUEZ, F. M. **Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do Estado de São Paulo**. in Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p. 833-849, 2010.

COLINVAUX, P.; DE OLIVEIRA, P. E.; PATIÑO, J. E. M. **Amazon pollen manual and atlas. Manual e atlas palinológico da Amazônia**. Amsterdam: Harwood Academic Publications. 332p, 1999.

DAVIS, W.M. **La Seine, la Meuse, et la Moselle. Annales de Géographie**. Paris. Armand Colin et Cie, Editeurs. p. 25-48. 1895. Traduzido por: Déborah de Oliveira. **O Sena, o Mosa e o Mosela**. Revista Confins, no 4, 2008.

DAVIS, W. M. **The Seine, the Meuse and the Moselle**. National Geographic, v. 7, n. 6-7, p. 189-238, 1896.

DOUGLASS, J.; MEEK, N.; DORN, R. I.; SCHMEECKLE, M. W. **A criteria-based methodology for determining the mechanism of transverse drainage development, with application to the southwestern United States**. Geological Society of America Bulletin, v. 121, p. 586–598, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013.

GASPARINO, E.C. BARROS, M.A.V.C. PALINOLOGIA, Programa de Pós Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente Curso de Capacitação de monitores e educadores. INSTITUTO DE BOTÂNICA – IBt Eduardo, São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Palinologia_Eduardo_Gasparino.pdf>.

GUERRA, A. J. T. BOTELHO, R.G.M. **Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos**. Anuário do Instituto de Geociência, v.19, São Paulo, 1996.

JAIN, M.; MURRAY, A.S.; BOTTER-JENSEN, L. *Optically stimulated luminescence dating: how significant is incomplete light exposure in fluvial environments?* *Quaternaire*, v. 15, p. 143-157, 2004.

LEDRU, P.M. *Late Quaternary Enviromental and Climatic Changes in Central Brazil*. In *Qauternary Research*, v. 39. P 90-98, 1993

LEDRU, P. M.; SALATINO, M. L. F.; CECCANTINI, G.; SALATINO, A.; PINHEIRO, F.; PINTAUD, J. C. *Regional assessment of the impact of climatic change on the distribution of a tropical conifer in the lowlands of South America*. *Diversity and Distribution*, v.13, p 761-771, 2007.

LORENZI, Harri. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas no Brasil**. 1.ed. vol 3 Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2009

LORENZI, Harri. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas no Brasil**. 1.ed. vol 3. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992

MARTIN, L. & SUGUIO, K. **Ilha Comprida: Um exemplo de ilha-barreira ligado às flutuações do nível marinho durante o Quaternário**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. Anais...Recife, 1978. v.2. p.905-912.

MATHER, A. E. *Adjustment of a drainage network to capture induced base-level change: an example from the Sorbas Basin, SE Spain*. In: *Geomorphology*, v. 34, p. 271-289, 2000a.

MATHER, A. E. *Impact of headwater river capture on alluvial system development*. In: *Journal of the Geological Society* (London), v. 157, p. 957–966, 2000b.

MIKESELL, L. R.; WEISSMANN, G. S.; KARACHEWSKI, J. A. *Stream capture and piracy recorded by provenance in fluvial fan strata*. *Geomorphology*, v. 115, p. 267–277, 2010.

NASCIMENTO, T.C. *et al.*, **Palinomorfos Não Polínicos Quaternários de Sedimentos dos Lagos Juparanã e Durão, Espírito Santo, Brasil**. in *Revista UnG - Geociências*, Vol.12, pag. 12-25, N.1, Guarulhos, São Paulo, 2013.

NEPOMUCENO, F.A.A *et al.*, **O gênero Borreria (Spermacoceae, Rubiaceae) no estado do Ceará, Brasil**. in *Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. vol 69. 2ed: pag 715-731. Rio de Janeiro, 2018.

NEVES, F. V. **Análise morfológica da evolução da captura do rio Guaratuba (Bertioga – SP) através da técnica de datação por fotoluminescência opticamente estimulada (LOE)**. São Paulo, 2012, 96f. Dissertação de mestrado - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

NUNES, H. L. et al. **Clima da Região Sudeste do Brasil**. In CAVALCANTI, I. F. A., FERREIRA, Nelson J, DIAS, M. A. F. S, SILVA, M. G. A. J. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

OLIVEIRA, D. **A captura do Alto Rio Guaratuba: uma proposta metodológica para o estudo da evolução do relevo na Serra do Mar, Boracéia – SP**. São Paulo, 2003, 105 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Déborah. QUEIROZ NETO, José Pereira. **Modelo de Evolução Recente do Relevo da Serra do Mar pela Rede de Drenagem**. V Simpósio Nacional de Geomorfologia I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. UFSM (Universidade Federal de Santa Maria), Rio Grande do Sul, 2004

OLIVEIRA, D & QUEIROZ NETO, J. P. **Estudo da evolução do relevo na Serra do Mar no Estado de São Paulo a partir de um caso de captura fluvial**. Geosp, v. 22, p. 73-88, 2007.

OLIVEIRA, D. **Capturas fluviais como evidências da evolução do relevo: uma revisão bibliográfica**. In: Revista do Departamento de Geografia, v. 20, p. 37-50, 2010.

PATUCCI, N.N, OLIVEIRA, D. CONCEIÇÃO, J.S. FARIA, Marina Souza, SILVA, C.B. SANTOS, A.H.B. **Caracterização Geocronológica como Ferramenta para Avaliação de Captura Fluvial Ocorrida no Rio Guaratuba, SP, Brasil**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, 2018. Disponível em:< <http://www.revistas.usp.br/rdg>>.

PATUCCI, N.N. **Indicadores Paleoambientais para Avaliação dos Processos de Capturas Fluviais em Meio Tropical Úmido**. São Paulo, 2019, 216 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

PEDERSON, D. T. **Stream piracy revisited: a groundwater sapping solution**. GSA Today, v.11, n. 9, p. 4-10, 2001.

PEREIRA, R. M.; ÁVILA, C. A.; LIMA, P. R. A. S. **Minerais em Grãos: técnicas de coleta, preparação e identificação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

PRINCE, P. S.; SPOTILA, J. A.; HENIKA, W. S. **New physical evidence of the role of stream capture in active retreat of the Blue Ridge Escarpment, southern Appalachians**. Geomorphology, v. 123, p. 305–319, 2010.

PESSENDA L.C.R; De OLIVEIRA, P.E; MOFATTO, M.; MEDEIROS, V. B.; GARCIA; R.J.F.; ARAVENA, R.; BENDASSOLI, J. A; LEITE, A.Z.; SAAD, A. R.; ETCHEBEHERE, L. **The evolution of a tropical rainforest/grassland mosaic in southeastern Brazil since**

28.000 C14 yr. BP based on carbono isotopes and pollen records. In Quaternary Research, Elsevier v. 71 p. 437-452, 2009

PESSENDA, L.C. R.; VIDOTTO, E.; DE OLIVEIRA, P. E.; BUSO JUNIOR, A. A.; COHEN, M.C.L.; ROSSETTI D. F.; RICARDI-BRANCO, F.; BENDASSOLLI, J.A. **Late Quaternary vegetation and costal enrironmental changes at Ilha do Cardoso mangrove, southeastern Brazil.** In 3 PALEO – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. Elsevier. V363-364 p. 57-68. 2012

PESSENDA, L. C. R.; JÚNIOR, A. A. B.; GOUVEIA, S. E. M.; LORENTE, F. L.; FRANCISQUINI, M. I. **Estudos Interdisciplinares na reconstrução milenar da dinâmica climática, da vegetação e da marinha do Brasil.** 2.ed.rev. Piracicaba:CENA/USP (Serie Didática, v.2). 153p, 2015.

QUEIROZ NETO, J. P. **O estudo de formações superficiais no Brasil.** Revista do Instituto Geológico, São Paulo, v. 22, n. 1/2 p. 65-78, 2001.

PLÁ JUNIOR M. A. ET AL., **Grãos de pólen: usos e aplicações.** Canoas: ULBRA, 2006

REVERTE, F.C. GARCIA, M.G. **Captura Fluvial de Guararema - SP: Geossítio Interdisciplinar da Bacia de Taubaté, Rifte Continental do Sudeste do Brasil.** VIII Simpósio Nacional de Ensino e História de Ciências da Terra / EnsinoGEO. Campinas, São Paulo, 2018.

ROSS, Jurandyr L. Sanches (org). **Geografia no Brasil.** Edusp, São Paulo, 2011.

ROSSI, M. **Fatores formadores da paisagem litorânea: a Bacia do Guaratuba, São Paulo Brasil.** 1999. 168 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1999.

ROSSI, M & QUEIROZ NETO, J. P. **Evolução de espodossolo ferrocárbico em gleissolo háplico no planalto da Serra do Mar, Rio Guaratuba (SP).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, p. 407-415, 2010.

SALGADO-LABORIAU, M.L **Reconstrucion de los ambientes atraves de los granos de polen.** Investogacion y Ciencia. Madrid, v. 3, p. 6-17. 1984.

_____. **História ecológica da Terra.** São Paulo: E. Blucher, 1994.

_____. **Reconstruindo comunidades vegetais e o clima no passado.** Humanidades, Brasília, v.48, n.1, p. 24-40, 2001.

SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. & SHIMIZU, S. **H. Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa, MG, SBCS/EMBRAPA, 100p, 2013

SANTOS, André Henrique Bezerra dos. **Rearranjos de drenagem na bacia do Rio Capivari e morfogênese da Serra do Mar em São Paulo (SP): uma contribuição ao estudo de capturas fluviais em meio tropical úmido**. São Paulo, 2017, 376 f. Tese de Doutorado – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

SCHUMM, S. A. *River Variability and Complexity*. Cambridge: Cambridge University Press, 234p, 2005.

SANTOS, Humberto Gonçalves *et al.*, **SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS**. Embrapa Solos, 5ªed. Brasília, DF, 2018.

STANGE, K. M.; BALEN, R. V.; VANDENBERGHE, J.; PEÑA, J. L.; SANCHO, C. *External controls on Quaternary fluvial incision and terrace formation at the Segre River, Southern Pyrenees*. *Tectonophysics*, v. 602, p.316–331, 2013

SOUZA, C. Vinicius, LORENZI, Harri. **Botânica Sistemática Guia Ilustrado para identificação das famílias Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005

STORANI, D. L.; PEREZ FILHO, A. **Novas informações sobre geocronologia em níveis de baixo terraço fluvial do rio Mogi Guaçu, SP, Brasil**. In: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, n. 2, p. 191-199, 2015.

SUGUIO, K. & BIGARELLA, J. J. **Ambiente Fluvial**. 2a ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 183p, 1990.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

_____. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

TRYON Rolla M, TRYON, Alice F., **Ferns and Allied Plants With Special References of Tropical America**. Havard University. Springer- Verlang. New York Heidelberg Berlin , 1982.

ZAPROWSKI, B. J.; EVERSON, E. B.; EPSTEIN, J. B. *Stream piracy in the Black Hills: a geomorphology lab exercise*. *Journal of Geoscience Education*, v. 50, n. 4, p. 380-388, 2002.

ANEXOS

Tabela 1 - Classes de solo, localização e características macromorfológicas do material de recobrimento das coberturas superficiais do vale seco do Rio Guaratuba

Classe de solo e Localização nas bacias hidrográficas	Foto	Perfil	Horizontes	Prof.	Cor	Textura	Estrutura			Porosidade		Tipo	Cerosidade		Consistência			
				cm	solo úmido		Tipo	Tamanho	Grau	Tamanho	Quantidade		Grau	Quantidade	Solo Seco	Friabilidade	Plasticidade	Pegajosidade
Gleissolo Pouco Húmico Bacia do Rio Claro		P7 C	O	0 - 4	Bruno Acinz. Mt.	Arenosa	Granular	Médio	Fraca	Pequeno	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
			A	4 - 9	Bruno Oliváceo Claro (2.5Y 5/3)	Arenosa com Calhaus	Bl. Subangul.	Médio	Moderada	Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Dura	Friável	Não Plástica	Lig.Pegajosa
			Cg1	9 - 18	Amarelo Claro Acinz. (5Y	Arenosa com Cascvalho	Bl. Subangul.	Médio	Fraca	Muito Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Lig.Plástica	Lig.Pegajosa
			Cg2	18 - 25	Preto (5Y 2.5/1)	Arenosa	Bl. Subangul.	Grande	Fraca	Muito Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Mt. Dura	Muito Firme	Não Plástica	Não Pegajosa
			2Cg	25 - 35	Cinzentos (2.5Y 6/1)	Arenosa	Bl. Angul.	Médio	Fraca	Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Moderada	Comum	Macia	Muito Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
			2Cg1	35 - 55	Cinzentos (2.5Y 6/1)	Arenosa com Calhaus	Bl. Angul.	Médio	Fraca	Sem Poros Visíveis	-	-	Moderada	Comum	Macia	Muito Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
			3Cg1	55 - 62	Bruno Mt. Claro Acinz.	Arenosa	Bl. Angul.	Médio	Fraca	Muito Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Muito Friável	Plástica	Pegajosa
			3Cg2	62 -180 +	Amarelo (2.5Y 7/6)	Média Arenosa	Bl. Subangul.	Médio	Fraca	Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Muito Friável	Plástica	Pegajosa

Tabela 3 - Classes de solo, localização e características macromorfológicas do material de recobrimento das coberturas superficiais do vale seco do Rio Guaratuba

Classe de solo e Localização nas bacias	Foto	Perfil	Horizontes	Prof.	Cor	Textura	Estrutura			Porosidade		Tipo	Cerosidade		Consistência			
				cm	solo úmido		Tipo	Tamanho	Grau	Tamanho	Quantidade		Grau	Quantidade	Solo Seco	Friabilidade	Plasticidade	Pegajosidade
Espodossolo Hidromórfico - Bacia do Rio Claro		P8 C	O	0 - 5	Preto (2.5Y)	Arenosa	Grumosa	Médio	Fraca	Pequeno	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
			A	5 - 35	Cinza (2.5Y 6/1)	Arenosa com cascalhos	Bl. Subangul.	Médio	Fraca	Muito Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Lig.Dura	Muito Friável	Não Plástica	Lig. Pegajosa
			Eg	35 - 60 +	Cinza (2.5Y 5/1)	Arenosa	Bl. Subangul.	Médio	Fraca	Muito Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Lig.Dura	Muito Friável	Lig.Plástica	Lig. Pegajosa
Espodossolo Hidromórfico - Bacia do Rio Claro		P9 C	O	0 - 5	Cinza Muito	Arenosa	Grumosa	Médio	Fraca	Pequeno	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
			A	5 - 30	Cinza Escuro	Arenosa	Bl. Subangul.	Grande	Moderada	Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Muito Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
			E1	30 - 40	Cinza Claro (2.5Y 7/2)	Silto - Arenosa	Bl. Subangul.	Médio	Moderada	Muito Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Mt. Dura	Muito Firme	Lig.Plástica	Lig. Pegajosa
			Bhsg	40 - 50	Bruno Claro	Arenosa	Bl. Subangul.	Médio	Moderada	Muito Pequenos	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Lig.Dura	Solta	Não Plástica	Lig. Pegajosa
			E2	50 - 80 +	Branco (2.5Y 9.5/1)	Arenosa	Bl. Subangul.	Médio	Moderada	Sem Poros Visíveis	-	-	Fraca	Pouco	Macia	Solta	Não Plástica	Pegajosa

Tabela 5 - Classes de solo, localização e características macromorfológicas do material de recobrimento das coberturas superficiais do vale seco do Rio Guaratuba

Classe de solo e Localização nas bacias hidrográficas	Foto	Perfil	Hori zontes	Prof.	Cor	Textura	Estrutura			Porosidade			Cerosidade		Consistência			
				cm	solo úmido		Tipo	Tama nho	Grau	Tamanho	Quant i-dade	Tipo	Grau	Quanti dade	Solo Seco	Friabili-da de	Plasti-cidade	Pegajo-sidade
Cambissolo -Terraço Fluvial - Cotovelo -Bacia do Alto Guaratuba		P4 B	O	0 - 3	Bruno Acinzent	Arenosa	Grumosa	Médio	Fraca	Pequeno	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
			A	3 - 23	Bruno Claro	Arenosa	Granular	Médio	Fraca	Muito Pequeno	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Solta	Não Plástica	Lig.Pegajosa
			Bi	23 - 56	Bruno Amarela	Arenosa	Granular	Médio	Fraca	Muito Pequeno	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Muito Friável	Não Plástica	Não Pegajosa
			Bc	56 - 86 +	Amarelo Oliváceo	Arenosa	Granular	Médio	Fraca	Muito Pequeno	Poucos Poros	Biológica	Fraca	Pouco	Macia	Friável	Não Plástica	Lig.Pegajosa

