

Caracterização Geocronológica como Ferramenta para Avaliação de Captura Fluvial Ocorrida no Rio Guaratuba, SP, Brasil

Geochronological Characterization as a Tool for the Evaluation of Fluvial Capture Occurred in Rio Guaratuba, SP, Brazil.

Natalia Nunes Patucci¹, Deborah de Oliveira², Jamille Santos Conceição³, Marina de Souza Faria⁴, Carlos Batista da Silva⁵ Andre Henrique Bezerra dos Santos⁶

¹ Universidade de São Paulo, natalia.oliver@usp.br

² Universidade de São Paulo, debolive@usp.br

³ Universidade de São Paulo, geo.jamilleesc@gmail.com

⁴ Universidade de São Paulo, marina.souza.faria@usp.br

⁵ Universidade de São Paulo, krlosbatist@gmail.com

⁶ Universidade de São Paulo, andrehsantos@gmail.com

Recebido (Received): 03/02/2018

Aceito (Accepted): 23/03/2018

Resumo: Esta pesquisa visa corroborar com o estudo de capturas fluviais ocorridas no sudeste brasileiro, especialmente quanto aos materiais de recobrimento superficiais formadores de feições morfológicas fluviais. Foram coletadas amostras das coberturas superficiais que recobrem o vale seco ou o antigo terraço do rio Guaratuba, região do divisor de bacias entre o alto Guaratuba e Rio Claro, para avaliação granulométrica, morfoscópica, mineralógica e palinológica. As amostras de material arenoso foram submetidas à datação absoluta através do método de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), enquanto as de material orgânico foram submetidas à datação absoluta de ¹⁴C via Espectrometria de Massa por Aceleradores (AMS). Os materiais de cobertura foram classificados na análise macromorfológica como Gleissolos, Espodossolos, Organossolos e Cambissolos os quais continham cascalheiras com mais de 1m de profundidade. Ocorre a predominância da fração arenosa em todos os horizontes descritos na análise granulométrica, assim como de quartzo e mica na análise mineralógica. Na análise morfoscópica da fração areia, observou-se o arredondamento dos grãos de quartzo em todos os horizontes, o que indica que esses grãos sofreram no passado erosão mecânica por fluxo de corrente. A avaliação de grãos de pólen fossilizados revelou um total de 6 táxons distintos preservados no vale seco, 1 Gimnosperma, 2 Pteridofitas e 3 Angiospermas, sendo os sedimentos correspondentes ao Pleistoceno Tardio e Holoceno, o que indica possibilidade de correlação da formação dessa feição com flutuações climáticas. Estudos sistêmicos tornam-se referências importantes ao elucidarem em seus resultados o papel dos materiais formadores de feições morfológicas fluviais decorrentes de capturas.

Palavras-Chave: Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), Espectrometria de Massa por Aceleradores (AMS), Palinologia, Quaternário, Rearranjos Fluviais.

Abstract: This research aims to corroborate with the study of fluvial captures occurring in southeastern Brazil, especially regarding the superficial covering materials that form fluvial morphological features. Samples were collected from the surface coverings the dry valley or the old Guaratuba river terrace, area of the basin divider between the upper Guaratuba and Rio Claro, for granulometric, morphoscopic, mineralogical and palynological evaluation. Samples of sandy material were submitted to absolute dating through the Optically Stimulated Luminescence (LOE) method, while those of organic material were submitted to absolute ¹⁴C dating by Accelerator Mass Spectrometry (AMS). The cover materials were classified in the macromorphological analysis as Gleysols, Podzols, Histosols and Cambisols which contained gravels with more than 1m depth. It occurs the predominance of the sandy fraction in all the horizons described in the granulometric analysis, as well as of quartz and mica in the mineralogical analysis. In the morphoscopic analysis of the sand fraction, the roundness of the quartz grains was observed in all the horizons, indicating that these grains suffered in the past mechanical erosion by current flow. The evaluation of fossilized pollen grains revealed a total of 6 distinct taxon preserved in the dry valley, 1 Gymnosperm, 2 Pteridofitas and 3 Angiosperms, being the sediments corresponding to the late Pleistocene and Holocene, which indicates the possibility of correlation of the formation of this feature with climatic fluctuations. Systemic studies become important references in elucidating in their results the role of materials that form fluvial morphological features resulting from captures.

Keywords: Optically Stimulated Luminescence (LOE), Accelerators Mass Spectrometry (AMS), Palynology, Quaternary, Fluvial Rearrangement.

1. Introdução

A captura fluvial (*river piracy, river capture ou stream piracy*) é o processo natural de desvio de águas, onde uma bacia hidrográfica captura drenagens de outra bacia (CHRISTOFOLETTI, 1975). O processo pode ocorrer de formas diferentes, como: “absorção” (integração das menores linhas de drenagem a partir de ravinas e voçorocas), “recoo de cabeceiras” (erosão regressiva das cabeceiras, onde predomina a diferença de altitude ou a resistência diferencial das rochas), aplainamento lateral (causado pela erosão lateral promovida por rios estáveis), transbordamento ou desvio subterrâneo (ocorre em regiões cársticas) (CHRISTOFOLETTI, 1981). O estudo de processos de rearranjos de drenagem, especialmente o caso das capturas, se justifica pelo seu papel na evolução das paisagens.

Alguns autores apresentam explicações processuais para as capturas fluviais tais como Douglass *et al.* (2009), que citam a captura como um processo no qual ocorre o deslocamento do curso de canais fluviais, resultando em drenagens capturadas. Mikesell *et al.* (2010) relacionam as capturas à expansão de bacias e ao reordenamento de novas rotas para os cursos d’água menos operantes e ativos. Bishop (1995) menciona que a diferenciação no embasamento lito-estrutural, a reorganização das linhas de drenagem, a alteração das áreas de escoamento subsuperficial e superficial e a distinção entre processos “*bottom – up*” (de cima para baixo) e “*top – down*” (de baixo para cima) são os principais mecanismos e fatores que auxiliam nas capturas. Nos processos “*bottom – up*” o rio se desloca para outra área de escoamento e no processo “*top – down*” o rio de cota altimétrica inferior intercepta e capta o canal pirateado, normalmente por recoo de cabeceiras. As principais evidências morfológicas desse prognóstico de acordo com Bishop (1995) são os vales secos e os cotovelos de captura. As capturas em conjunto com suas evidências, segundo o autor, podem também ser discutidas e explicadas pela movimentação tectônica e por mudanças climáticas.

No século XIX e no início do XX as capturas fluviais, tipo mais comum de reordenamento de drenagem exemplificado (Bishop, 1995), eram normalmente explanadas como fases de desenvolvimento da rede de canais em uma bacia hidrográfica. Dessa forma, eram mapeadas pela possibilidade de ocorrência vindoura (captura previsível, iminente, em execução, recente ou antiga). Um dos trabalhos mais conhecidos sobre o tema, o precursor acerca da explicação, conceituação, mapeamento e identificação de capturas, assim como o emprego de terminologias para feições morfológicas decorrentes do processo de rearranjos de drenagem, foi desenvolvido por Davis (1895) em estudos nos rios Sena, Mosa e Mosela. O autor cita que esses rios alteraram seus cursos d’água em detrimento de novas drenagens, ou seja, que sofreram a migração dos divisores. Davis (1896, 1909) compreendia as capturas fluviais como constante evolução de uma bacia de drenagem por intermédio de estágios de desenvolvimento relacionados à ação da erosão regressiva ocasionadas por diferenças de nível de base ou gradientes hipsométricos. Sobre o cotovelo, a feição é apresentada pelo autor como um brusco desvio sofrido pelo trecho superior de um rio interceptado por um canal capturador e o vale seco, como sendo o antigo leito do rio. Sobre o cotovelo, a feição é apresentada pelo autor como um brusco desvio sofrido pelo trecho superior de um rio interceptado por um canal capturador, a garganta como ambiente acima ou abaixo do cotovelo de captura, sendo ambos resultantes do entalhamento do canal fluvial e o vale seco, como sendo o antigo leito do rio.

O tectonismo pós – Cretáceo no Sudeste do Planalto Atlântico teria provocado uma inversão nos cursos de drenagens que iriam inicialmente para o interior do Estado de São Paulo através das “múltiplas capturas” como pontua Ab’Saber (1954). Com o recoo erosivo da Serra do Mar, alguns rios do planalto, como o Guaratuba, foram capturados por recoo da cabeceira (OLIVEIRA e QUEIROZ NETO, 2007) e tiveram seus leitos redirecionados e suas feições modificadas (NEVES, 2012), processo denominado “River Piracy” (DAVIS, 1896). A pesquisa desenvolvida por Oliveira e Queiroz Neto e Oliveira (2007; 2010) detectou a interferência da tectônica na morfologia do relevo e processos de erosão, 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, processo influenciado pelos fortes gradientes hipsométricos e consequentes diferenças dos níveis de base, que permitiram a mudança da direção original do rio. O rio Guaratuba tem 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.

Observou-se em estudos anteriores (ROSSI, 1999; OLIVEIRA e QUEIROZ NETO, 2007; NEVES, 2012) um vale seco pantanoso relativamente extenso entre as drenagens do rio Claro e do rio Guaratuba sendo considerado por eles o divisor de água das bacias, área analisada nesse projeto (**Figura 1**). Nessa região, também foram assinaladas 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. Rearranjos de drenagem, tais como as capturas fluviais são consideradas por Pederson (2001) um processo pedológico/geomorfológico significativo que produz alterações nos padrões de sedimentação, morfologia e

mineralogia dos sedimentos, assim como no escoamento e infiltração fluviais, o que justifica a importância de se estudarem os padrões sedimentológicos das feições morfológicas fluviais. Não ocorre com frequência na bibliografia do tema menções às pesquisas sobre a cronologia e o estudo dos sedimentos que compõem feições morfológicas provenientes dos rearranjos de drenagem. Tal fato ocorre segundo Mikesell *et al.* (2010), devido a menor dificuldade na interpretação das características de forma em comparação às incertezas no processo de datação e estudo de sedimentos.

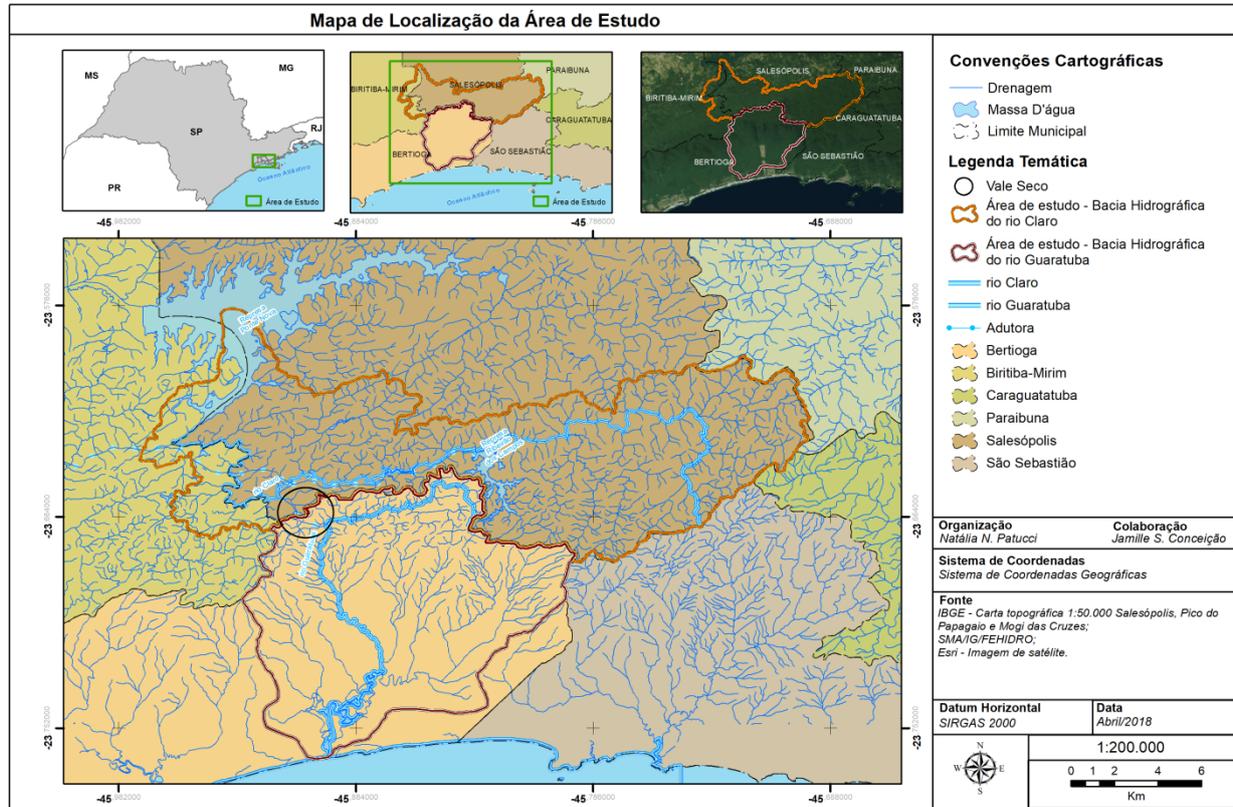


Figura 1: Localização da Área de Estudo.

Suguio e 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 (por exemplo, variações do clima e tectônica). De acordo com Bigarella e Becker (1975) e Suguio e Bigarella (1990) os movimentos tectônicos não seriam os únicos agentes ativos responsáveis pela evolução dos terraços e estrutura dos recobrimentos das feições morfológicas uma vez que, mesmo com os movimentos de orogênese e epirogênese, sem as oscilações climáticas e as alterações no regime hidrogeológico e na hidrodinâmica nos sistemas fluviais ocorridos no Quaternário, os terraços não teriam sido formados. Os autores também defendem que o escalonamento nos terraços poderia ocorrer independente da tectônica, o qual se sucederia por diversas alterações nas dinâmicas e intensidades de condições hidrológicas. As diferenças litológicas, por exemplo, exercem influência direta sobre a erodibilidade dos sedimentos; a taxa de expansão total da drenagem (MATHER, 2000a) (MATHER, 2000b); sobre o coeficiente *runoff*; taxas de infiltração no solo e sobre as propriedades mineralógicas de partículas fornecidas para os sistemas fluviais. Essa ingerência do embasamento pode ser observada na morfologia por meio de ajustes sofridos e pelo regime dos cursos d'água (SCHUMM, 2005).

No Brasil, pesquisas recém publicadas por Storani e Perez Filho (2014), Dias e Perez Filho (2015), Storani e Perez Filho (2015) e Santos (2017), a respeito da evolução de sistemas fluviais no Estado de São Paulo (SP), apresentam os resultados da datação absoluta do material de recobrimento superficial de terraços fluviais pelo método da Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). A geocronologia apresentada nos estudos remeteu os sedimentos ao período Quaternário (Holoceno – Pleistoceno), no qual ocorreu a modelação das paisagens tropicais e processos de rearranjos de drenagens, também por influência de oscilações climáticas. Esses estudos tornam-se referências importantes ao elucidarem em seus resultados o papel fundamental do material de origem dos solos em feições morfológicas de origem fluvial, citando também a relevância da análise granulométrica e pedológica, para corroborar com a geocronologia.

O estudo de restos de animais e plantas preservados junto aos sedimentos possibilita a análise de registros fósseis em pacotes bioestratigráficos que auxiliam na determinação de alterações na vegetação e no clima, ocorridos em outro tempo geológico. As plantas frequentemente lançam relevantes quantidades de grãos de pólen e de esporos no ar, podendo ser depositados em ambientes propícios à sedimentação, como lagos, lagoas, turfeiras, pântanos e terrenos alagadiços (PESSENDA *et al.*, 2015). O registro palinológico (pólen e/ou esporos preservados em sedimentos) auxilia na interpretação da dinâmica da vegetação uma vez que promove correlações com as oscilações climáticas ocorridas em dado recorte temporal (COLINVAUX *et al.*, 1999).

Os processos relacionados às capturas continuam pouco conhecidos e insuficientemente explicados, sobretudo os estudos que correlacionam às capturas com a geocronologia e os componentes pedológicos, sedimentológicos e palinológicos dos vales secos. Tendo em vista a carência de pesquisas e dados sobre a temática, o presente trabalho teve como finalidade determinar a idade desses antigos terraços, assim como analisar os componentes formadores dessa feição morfológica fluvial, objeto que não havia sido estudado anteriormente.

2. Materiais e Métodos

Este estudo, de caráter interdisciplinar, utilizará procedimentos metodológicos que visam responder aos objetivos propostos na pesquisa pautando-se na análise sistêmica de dados sedimentológicos, pedológicos, palinológicos e geocronológicos acerca dos depósitos sedimentares quaternários aluviais (antigos terraços fluviais), como justamente indicam Christofolletti (1981) e Suguio e Bigarella (1990). Os autores discorrem acerca da importância da análise sistêmica e indicam que diferentes critérios e procedimentos metodológicos devem ser empregados para a melhor compreensão dos mecanismos intermitentes ou alternados, que influenciaram a evolução de feições morfológicas no Quaternário. Por fim, recomendam o uso de técnicas da sedimentologia (como a granulometria, morfoscopia, mineralogia), a evolução pedogenética, a correlação dos resultados com a altimetria, a palinologia e a datação geocronológica absoluta dos materiais de recobrimento dos terraços, para melhor caracterizar a formação dessas feições. Também foram utilizadas abordagens de Geomorfologia Clássica. Ademais, teremos como base interpretativa a influências climáticas e tectônicas recorrentes no Pleistoceno e Holoceno do Sudeste Brasileiro, como fatores principais para o processo das capturas fluviais.

Foram selecionados 05 pontos de amostragem entre a drenagem capturada e a drenagem decapitada para posterior confrontação, conforme proposto por Zaprowski *et al.* (2002) no estudo de capturas fluviais. Os pontos localizam-se no divisor das bacias, sendo respectivamente 03 pontos na bacia do rio Guaratuba e 02 na bacia do Rio Claro (**Figura 2**). Nesses pontos, foram primeiramente realizados levantamentos pedológicos: um geral para verificação, análise macromorfológica e classificação da distribuição espacial das coberturas pedológicas e vegetacionais e outro para coleta de amostras da cobertura superficial para análises sedimentológicas, de parâmetros químicos, geocronológicas e palinológicas.

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 foram analisadas individualmente 100 partículas da fração modal da areia de todos os horizontes dos perfis descritos na análise 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 bemarredondada (> 0,80). 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.

A cronologia dos depósitos sedimentares quaternários é um elemento importante na compreensão de rearranjos fluviais ocorridos devido a mudanças relacionadas a fatores climáticos, tectônicos e antrópicos (JAIN *et al.*, 2004). Devido as diferentes qualidades das coberturas superficiais da área de estudo, ora bastante orgânicas, ora bastante arenosas, elegeram-se dois métodos diferentes de datação. Foi utilizada Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE) para sedimentos arenosos e ¹⁴C por Espectometria de Massa por Aceleradores (AMS), para materiais orgânicos. A datação via LOE fornece a idade da última vez em que materiais que contenham quartzo ou feldspato foram expostos à luz. Esses materiais armazenam em sua composição energia de radiação proveniente de seu

ambiente deposicional e a liberam em forma de diferentes intensidades de luz quando estimulados em laboratório, processo, o qual permite avaliar sua cronologia. Nesse método é utilizado por padrão internacionalmente reconhecido o protocolo SARs com 15 alíquotas, o que garante maior precisão aos resultados obtidos. Já a datação via ^{14}C mensura a quantidade de isótopos radioativos em materiais de origem orgânica, enquanto que a técnica “AMS” baseia-se na contagem de átomos presentes na amostra e de acordo com Broecker (2003) esse método apresenta menores taxas de erros.

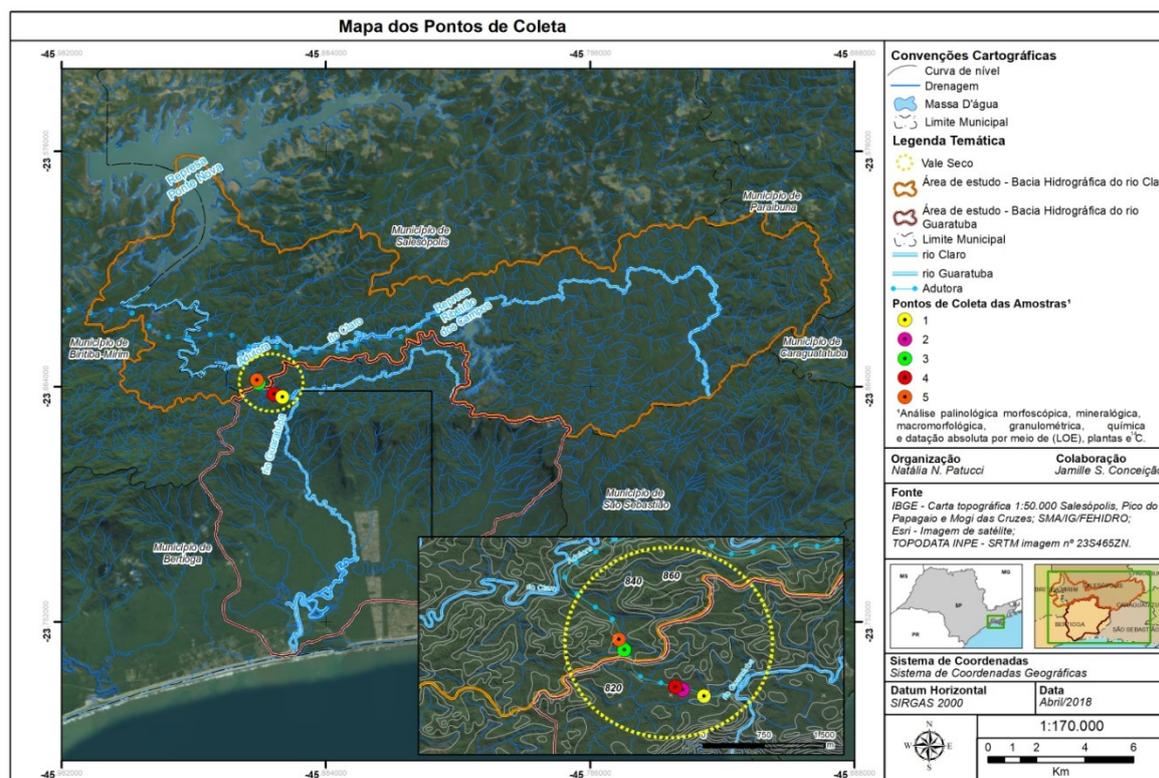


Figura 2: Localização dos Pontos de Coleta.

Para a coleta de datação via LOE foram utilizados tubos de PVC de aproximadamente 60 centímetros de comprimento e seis centímetros de diâmetro os quais foram enterrados horizontalmente, sempre próximos ao topo e a base dos perfis. Utilizou-se um martelo de borracha para bater na ponta exposta e assim enterrar completamente o tubo. Depois de preenchido, o tubo é fechado com uma tampa de PVC, evitando assim qualquer exposição do sedimento à luz. Após a sua total remoção do solo, a outra ponta também é vedada com a tampa e o tubo recebe o número do ponto de coleta e a direção de sua inserção no solo, seguindo recomendações do laboratório de análise. As amostras de solo foram submetidas à datação no laboratório Datação Comércio e Prestação de Serviços LTDA, em São Paulo, SP.

Na coleta de datação ^{14}C via AMS é necessária à utilização de luvas e instrumentos metálicos para remoção de amostras, uma vez que o contato direto das mãos poderá contamina-las e alterar os resultados das idades. É necessária segundo recomendação do laboratório de análise a coleta de 10 gramas de material orgânico (matéria orgânica e/ou plantas) que deve necessariamente ser armazenada em saco com fecho “ziplock” para evitar contaminação. Na coleta utilizaram-se ferramentas de jardinagem obrigatoriamente metálicas e luvas de PVC, sendo prescrito o manuseio de uma amostra por vez. Após coleta, escreve-se no saco a profundidade e nome da amostra. Também foram coletadas horizontalmente, respeitando o critério de serem retiradas sempre próximas ao topo e a base dos perfis, da mesma forma que no LOE, justamente para evitar erros metodológicos. As amostras de material orgânico foram submetidas à datação no laboratório Beta Analytic, em Miami/Flórida, USA.

Para análise de grãos de pólen fossilizados foi coletado um testemunho de Espodossolo contendo 50 cm de profundidade. O material testemunho foi coletado manualmente, utilizando-se ferramentas de jardinagem obrigatoriamente metálicas e luvas de PVC, sendo obrigatório o manuseio de uma amostra por vez. Foram coletadas amostras a cada 2 cm³ de profundidade, sendo estas devidamente armazenadas em saco com fecho “ziplock” para evitar contaminação. O levantamento polínico foi realizado nas amostras de profundidades 10-12 cm, 24-26 cm e 46-48 cm, a fim de se observar as características e especificidades morfológicas destes grãos. O tratamento polínico para as amostras de Espodossolo fundamentou-se em Colinvaux *et al.* (1999), utilizando a

dissolução de sílica com HF, remoção de matéria orgânica com KOH 5% e acetólise. O resíduo final desse processo foi montado com glicerina líquida em lâminas de microscopia de luz. A identificação dos pólenes ocorreu através da observação das lâminas em microscópio óptico no laboratório CENA-USP.

3. Resultados

Numa perspectiva geomorfológica, processos de transporte e erosivo-deposicionais são fundamentais para se discutir a dinâmica hídrica de canais fluviais presentes ou pretéritos. No caso da análise de canais pretéritos, como a pesquisa aqui exposta, avaliar a idade, a composição e forma dos sedimentos e os tipos de pólenes associados a estes, se tornam parâmetros essenciais. Esses fatores avaliados individualmente não poderiam responder com segurança questões sobre a formação e composição do antigo vale seco, entretanto, por meio de uma análise sistêmica e interdisciplinar, foi possível concluir observações interessantes. Os perfis pedológicos das coberturas superficiais do vale seco do Guaratuba apresentaram peculiaridades e semelhanças entre si. Foram encontradas no levantamento pedológico três classes principais de solo, sendo elas: Gleissolo Pouco Húmico, Cambissolo e Espodossolo (**Figura 3**), solos comumente encontrados em ambiente redutor e ácido.

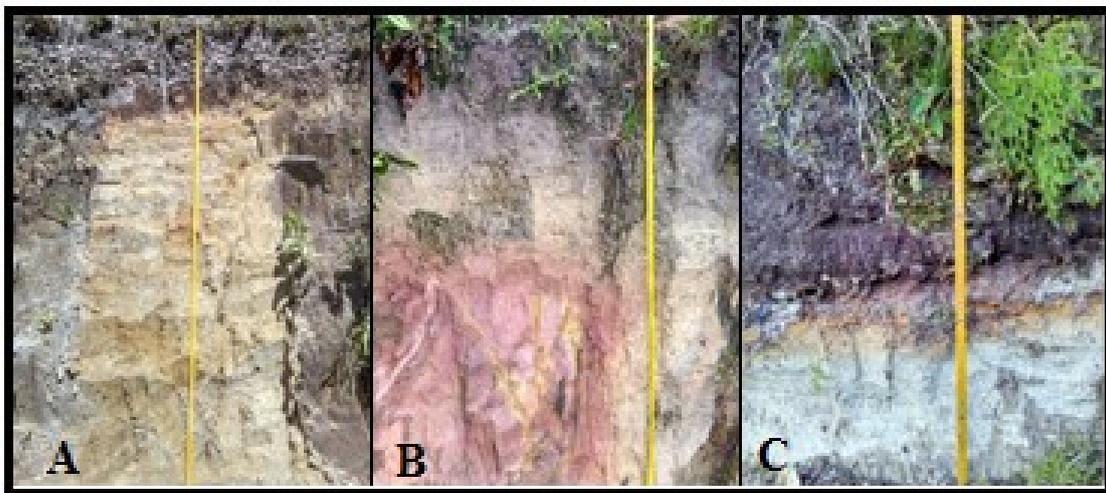


Figura 3: Classes de solos encontrados no vale seco. A representa Gleissolo Pouco Húmico, B representa Cambissolo e C representa Espodossolo.

Os Gleissolos Pouco Húmicos (Ponto de coleta 1, 2 e 3) são solos minerais hidromórficos, pouco profundos e com horizonte A proeminente subsequente de horizonte “gleizado” por influência de afloramento do lençol freático. No vale seco, estendendo-se entre o cotovelo de captura e o Rio Claro perfazem mais de dois quilômetros de extensão, 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) com fisionomia heterogênea e sem indivíduos emergentes, sendo a textura na análise de fotografia aérea fina. 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. Apresentaram nas análises químicas pH ácidos (pH inferior a 5,0), alitização (saturação por alumínio superior a 50%) e distrofimo (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, inclusive a própria saturação de bases e por alumínio. As cores no horizonte superficial variam de bruno acizentado muito escuro (5YR 3/2), bruno oliváceo escuro (10YR 3/4) à preto (5YR 2.5/1) e nos horizontes subpericiais, de oliva (2.5Y 4/4), amarelo oliváceo (2.5Y 6/6), oliva claro acizentado (2.5Y 6/3) à bruno oliváceo claro (10YR 5/8Y). Apresentaram em sua composição estrutura maciça e camada de cascalheiras com até 1 metro de largura compostas por seixos e calhaus arredondados de variados tamanhos sobrepostos a material fino siltoso e micáceo de alteração de gnaise, interpenetrado por matéria orgânica e ferro. 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. Ademais, que a camada onde estão localizadas as cascalheiras 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 desagava no mar e era tributário da bacia do rio Claro.

Os Cambissolos (Ponto de coleta 5) são solos minerais formados por uma heterogeneidade de materiais, apresentam horizonte B câmbico, contém 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 e ausência de indivíduos emergentes, apresentando textura média na análise de fotografia aérea. 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); soma de bases com quantidades baixas devido, maiormente, a 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. O Cambissolo, presente no fim do vale seco próximo ao rio claro, apresentou cascalheiras com até 2 cm de profundidade em alguns pontos, sendo estas compostas por seixos muito pequenos e menos arredondados. A análise dessas singularidades permite inferir que essa região não sofreu intensamente com o fluxo de correntes e que poderia ser a várzea do antigo leito do Guaratuba.

Os Espodosolos (Ponto de coleta 4) são constituídos por materiais minerais, extremamente arenosos, apresentam o horizonte diagnóstico B espódico (acúmulo de matéria orgânica) e clara distinção entre horizontes superficiais e subsuperficiais. Desenvolveram-se 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 à 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). Alguns milhares de anos na evolução dos Espodosolos são necessários para a cimentação do horizonte Bh e a formação do “ortstein”, e por isso, este pode ser considerado um indicador litoestratigráfico, e aquele um paleossolo (COELHO *et al.*, 2010). Nessa classe de solo, o húmus originariamente encontrado em camadas superiores passa a ser acumulado no horizonte B espódico devido a dinâmica da matéria orgânica e regime hídrico. Estão localizados na zona intermediária do vale seco, antiga várzea, hoje suspensa sobre sedimentos fluviais arenosos e seixosos sob vegetação de porte baixo (8 m de altura) que apresenta componentes rasteiros e arbustos, sendo a textura na análise de fotografia aérea fina. 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. 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 e saturação por bases 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.

Possivelmente o Espodosolo tenha se originado em condição climática mais seca e fria, que favorecia a sedimentação e morfopedogênese, pois além dele não ser encontrado em outras localidades, necessitaria da elevação do lençol freático para a acumulação de compostos organometálicos. As diversas camadas de acumulação de matéria orgânica e ferro mostram variados níveis de sedimentação de um canal fluvial pretérito da superfície para baixo, o que significa que esta era uma região alagadiça, explicando as cascalheiras encontradas nas camadas. Porém, esses materiais veem sendo destruídos com a migração vertical da matéria orgânica ácida proveniente da vegetação de cobertura associada às boas condições de drenagem (clima úmido atual). O aumento de umidade possibilitou a formação do Gleissolo (solo mais recente) e a destruição do Espodosolo (situação atual). Tem-se, portanto, que a evolução do Gleissolo depende de drenagem e a evolução do Espodosolo depende da disponibilidade de matéria orgânica proveniente de espécies vegetais arbóreas que produzem serapilheira ácida (migração e acúmulo). Dessa forma, os solos devem ter se desenvolvido em ambiente úmido, mas com estação seca no início (Espodosolo) seguida de estação úmida (Gleissolo) (ROSSI, 1999; ROSSI e QUEIROZ NETO, 2002).

Segue-se à exposição dos resultados da análise granulométrica e mineralógica com base na **Tabela 1 e Figura 4**. As análises de granulometria das amostras coletadas nos Gleissolos, Cambissolos e Espodosolos localizados no vale seco apresentaram homogeneidade quanto à predominância de suas frações arenosas em todos os perfis e horizontes avaliados, com preminência de areia fina e areia média. Os Cambissolos apresentaram em sua composição 34% de areia média, 33% de areia fina e 20% de areia muito fina, os Gleissolos 32% de areia média, 39% de areia fina e 12% de areia muito fina e os Espodosolos 32% de areia média, 42% de areia fina e 16% de areia muito fina. Em termos de percentuais totais, temos 16% para areia muito fina, 38% para areia fina, 33% para areia média, 10% para areia grossa e 3% para areia muito grossa. É possível observar que, tanto os Gleissolos como os Espodosolos, classes normalmente localizadas em planícies fluviais e frequentemente associadas a ambientes

úmidos possuem dados granulométricos muito semelhantes, o que pode indicar material originário também similar. Ambas classes apresentaram percentuais totais maiores de areia fina do que areia média, o que pode significar influência de erosão mecânica prolongada, intemperismo e abrasão no desgaste desses materiais em momento anterior à sua deposição. O fato de somente 3% das areias serem grossas demonstra que a maior parte dos materiais já passou por algum tipo de erosão mecânica, obviamente de intensidades diferentes; pode também demonstrar momento de deposição diferenciado.

A análise mineralógica da fração areia demonstra que o quartzo é a espécie mineral mais abundante nessas três classes de solo, com proporção máxima de 77% e mínima de 62%, perfazendo um total de 68,9 % dentre todos os minerais diagnosticados. A proporção de mica, segundo mineral mais presente foi 21% e mínimo de 12%, apresentando um total de 17,4% dos minerais analisados. Interessante ressaltar que o mineral se encontra abundante, especialmente nos Espodossolos, devido à alteração do gnaiss, material fonte. A proporção de muscovita também é significativa e corresponde a 7% e mínimo de 2% totalizando 4,0%, enquanto que a proporção de feldspato é de 6 % e mínimo 2%, representando um total de 3,4 %. Nódulos Ferruginosos e Compostos Poliminerálicos também são encontrados em baixa frequência. Indica-se também que, ocorre grande homogeneidade litológica em toda a região estudada, apresentando como embasamento granito e gnaisses, o que explica a fonte comum dos minerais. Nota-se, na avaliação da fração cascalho, uma participação ainda maior do quartzo na composição mineralógica dos sedimentos estudados, com 100%.

Tabela 1: Granulometria e Mineralogia do material superficial de recobrimento do vale seco

Coleta	Granul. da Areia (%)						Mineralogia Sumária (%)													
						Classe Textura	Quartzo		Mica		Feldspato		Muscovita		Turmalina		Nódulos Ferruginosos		Poliminerálicos	
	Muito Fina	Fina	Média	Grossa	Muito Grossa		N ¹	F ²	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
Cambissolo (Ponto 5)	20	33	34	11	2	Ar	70	7	7	5	2	2	2	1	1	3	2			
Gleissolo (Pontos 1,2 e 3)	12	40	32	13	3	Ar	62		20	6	7	3								3
Espodossolo (Ponto 4)	16	42	32	6	4	Ar	68		21	2	3	4	0							2

¹ Não Ferruginoso

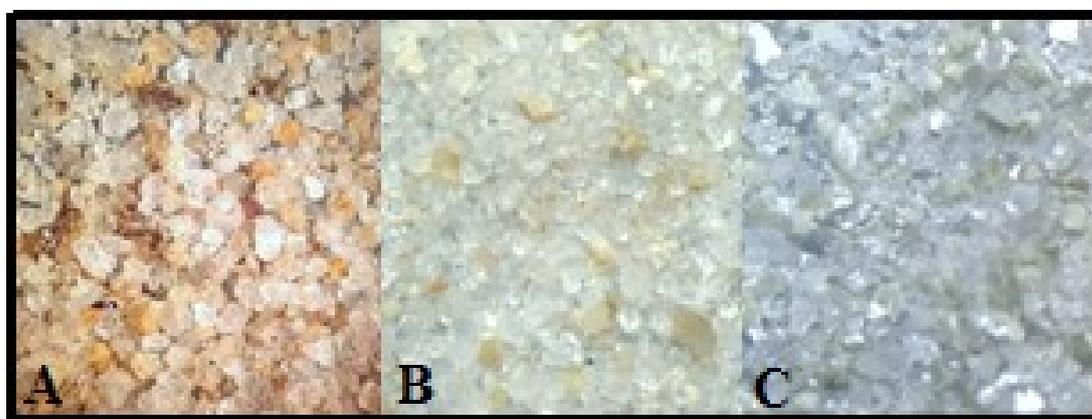
² Ferruginoso

Segue-se à exposição dos resultados da análise morfoscópica com base na **Tabela 2** e **Figura 4**. As análises morfoscópicas da fração areia coletada nos Gleissolos, Cambissolos e Espodossolos localizados no vale seco apresentaram homogeneidade quanto à predominância do grau de arredondamento e textura em todos os perfis e horizontes avaliados. Preminência de textura lisa e grãos polidos estabelecendo, respectivamente, 90% e 60% do total e grãos subarredondados e arredondados (classes 0,6 e 0,7) constituindo em conjunto, 52% do total. Os Cambissolos apresentaram em sua composição 34% nos grãos de classe 0,6%, 21% na classe 0,7, 15% na classe 0,8 e 10% nos grãos de classe 0,9%; em relação à textura 91% dos grãos são lisos, 81% dos grãos são polidos e 18% são foscas. Os Gleissolos revelam em sua composição 26% nos grãos de classe 0,6%, 25% na classe 0,7, 17% na classe 0,8 e 19% nos grãos na classe 0,9%; em relação à textura 88% dos grãos são lisos, 46% dos grãos são polidos e 39% são foscas. Os Espodossolos evidenciam 26% nos grãos de classe 0,6%, 24% na classe 0,7, 17% na classe 0,8 e 25% na classe 0,9%; em relação à textura 92% dos grãos são lisos, 54% dos grãos são polidos e 44% são foscas. Nota-se, na avaliação da fração cascalho, maior concentração de materiais foscas, de textura extremamente lisa e classes arredondadas 0,7%, 0,8% e 0,9%.

A tendência geral é de maior arredondamento das partículas nos horizontes mais profundos em relação aos mais superficiais, o fosqueamento é muito mais significativo nos horizontes inferiores, com exceção para o Espodossolo e a proporção entre partículas inteiras e fraturadas não apresenta grandes variações nos perfis, entretanto os grãos em sua maior parte estão inteiros ou fraturados, apresentando 58% e 32 % do total, respectivamente. A captura pode ter auxiliado na entrada de sedimentos procedentes de outras áreas deposicionais, que logicamente por sofrer maior desgaste, também seriam mais arredondados (PRINCE *et al.*, 2010). Porém, também é possível a interferência de alguma dinâmica climática ou fluvial local que nada tem a ver com a fonte dos materiais.

Tabela 2: Morfoscopia nos grãos de quartzo do material superficial de recobrimento do vale seco.

Coleta		Grau de arredondamento (%)									Textura superficial (%)				
Classe de solo	Tipo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Lisa	Ondulada	Rugosa	Polido	Fosco
Cambissolo (Ponto 5)	Inteiro				2	4	16	14	9	7					
	Fraturado			1	2	8	16	7	3	3	91	9	10	81	18
	Picotado			1	2	1	3	1	4	1					
Gleissolo (Pontos 1,2 e 3)	Inteiro				1	3	15	17	10	15					
	Fraturado	1	1	1	4	9	8	4	3	88	2	7	46	39	
	Picotado	1		1	2	3		4	2						
Espodossolo (Ponto 4)	Inteiro					1	14	17	12	20					
	Fraturado	1	1		4	11	6	4	4	92	7	5	54	44	
	Picotado					2	1	1	2	2					

**Figura 4:** Mineralogia e Morfoscopia em amostras dos materiais superficiais de recobrimento do vale seco. A apresenta Gleissolo Pouco Húmico, B representa Cambissolo e C representa Espodossolo.

A identificação de cascalheira com mais de 2 km de extensão nos limites direito e esquerdo do vale seco e a inobservância desta fração granulométrica nos horizontes superficiais pode representar maiores cargas fluviais e erosão mecânica mais intensa no ambiente pretérito em relação ao presente, também sugerindo uma modificação do estilo fluvial do rio (HANCOCK e ANDERSON, 2002), o que justificaria a drenagem indefinida na região do vale seco (OLIVEIRA, 2003). Estes fatos sugerem que o Rio Guaratuba, antes de alterar seu curso, existia sob condições climáticas diferentes das atuais, provavelmente mais seca, tópico a ser melhor discutido após a apresentação dos dados geocronológicos.

Foram datados materiais orgânicos e sedimentares (**Tabela 3**) em três classes de solos distintas por métodos diferentes LOE e ^{14}C – MAS utilizando também a proposição de que o tempo de residência médio (TRM) da matéria orgânica representa metade do intervalo desde que sua acumulação se iniciou (COELHO *et al.*, 2010). Os métodos deram respostas diferentes aos mesmos perfis de solo, o que pode ter ocorrido devido aos movimentos de pedoturbação intensos característicos da Mata Atlântica que promovem mistura e fluxo de materiais sedimentares e orgânicos entre superfície e profundidade, assim como por se tratarem se solos muito arenosos. Entretanto, é possível notar que não correu inversão entre as idades, uma vez que os horizontes superficiais apresentaram-se sempre como mais novos e os inferiores como mais antigos. As datações e a TRM remetem a momentos de deposição pertencentes ao Pleistoceno Tardio e Holoceno. A maior parte dos valores de TRM indica que a acumulação de matéria orgânica ocorreu após o último máximo glacial há aproximadamente 17.000 – 18.000 A.P e a maior parte das idades identificadas pelo LOE e ^{14}C , remetem à rápida alternância de eventos climáticos ora glaciais (clima seco e frio), ora interglaciais (clima quente e úmido), ocorridos dentro do mesmo ciclo zonal climático do Pleistoceno Tardio envolvendo principalmente os últimos 36.500 anos A.P. São também encontradas deposições ocorridas no Holoceno, especialmente nos Cambissolos.

Tabela 3: Geocronologia do material superficial de recobrimento do vale seco

Coleta	Altitude (m)	Formação Geomorfológica	Porte Vegetacional	LOE (Idade Anos)	¹⁴ C - AMS (Idade anos A.P) ¹	TRM do material orgânico
Ponto 1 (Topo) Gleissolo	850			14.650±860	5.850±30	11.700
Ponto 1 (Base)	850	Áreas aplainadas de várzea	Porte baixo e rasteiro (8 m de altura)	17.200±940	10.420±30	20.840
Ponto 1 (Base Inferior)	850			-	10.432±0.39	20.864
Ponto 2 (Topo) Gleissolo	850	Áreas aplainadas de várzea	Porte baixo e rasteiro (8 m de altura)	34.560±2370	-	-
Ponto 2 (Base)	850			36.500±2380	-	-
Ponto 3 (Topo) Gleissolo	850	Áreas aplainadas de várzea	Porte baixo e rasteiro (8 m de altura)	25.220±2050	-	-
Ponto 3 (Base)	850			33.080±2520	-	-
Ponta 4 (Topo) Espodossolo	850	Áreas aplainadas de várzea	Porte baixo e rasteiro (8 m de altura)	24.070±1660	220±30	440
Ponto 4 (Base)	850			26.660±1510	10.432±0.39	20.864
Ponto 4 (Subsuperfície)	850			-	10.471±0.39	20.942
Ponto 5 (Topo) Cambissolo	850	Planície Fluvial em substrato granítico	Porte médio (15 a 20 m de altura)	5.230±1220	1.140±30	2.280
Ponto 5 (Base)	850			6160±1570	-	-
Ponto 5 (Base inferior)	850			23.800±9140	10.524±0.39	21.048

¹ A.P : Antes do Presente

Pela disposição, tamanhos e formas dos seixos encontrados ao longo de mais de 2 Km, das localizações das classes de solo, dos tipos de vegetação e das feições morfológicas como a planície fluvial e o cotovelo de captura, foi possível traçar os limites da área que representaria o antigo leito fluvial do Guaratuba, no Pleistoceno em situação de pré-captura (**Figura 5**). Os dados geocronológicos não permitem apontar com exatidão quando ocorreu o evento, porém, é notório observando as idades e os outros parâmetros, que os materiais sedimentares e orgânicos assim como a hidrodinâmica dos canais fluviais, estão sendo trabalhados pela alternância de clima seco e úmido há pelo menos 36.500 A.P. O que significa inferir que a captura não foi um evento abrupto, mas sim gradual e que se relaciona totalmente à adaptação ao fluxo hídrico, não somente à erosão regressiva da Escarpa, o que explicaria as drenagens indefinidas na região diagnosticadas por Oliveira (2003). A mudança do nível de base entre os rios, fator que auxiliou a captura e a mudança de direção do rio de NE-SW para N-S, pode também ter sido influenciada pelos sucessivos ciclos de erosão/deposição que respondem às flutuações climáticas Pleistocênicas e por pulsos tectônicos ativos, que influenciariam no rebaixamento do nível de base e consequentemente na produção de incisão fluvial (STANGE *et al.*, 2013 ; SANTOS, 2017). As cascalheiras de 1m de profundidade compostas por seixos rolados estariam na região central do corredor de bacias, representando o talvegue do canal, e as várzeas estariam nas extremidades direita e esquerda, apresentando cascalheiras menores com seixos menos arredondados.

Por fim, a análise taxonômica dos pólenes fossilizados retirados do testemunho de Espodossolo revelou um total de 6 táxons distintos, sendo 2 pteridófitos, 3 angiospermas e 1 gimnosperma (**Figura 6**), preservadas ao longo do perfil por pelo menos 20.864 anos A.P. Os Esporos são das famílias Polypodiaceae (samambaia, podendo ser epífita ou terrestre, comumente encontrada em ambiente úmido) e Cyatheaceae (localizadas em florestas úmidas de terras baixas). As angiospermas monocotiledôneas são das famílias Poaceae (gramíneas aquáticas e terrestres) e Arecaceae (famílias das Palmeiras). A angiosperma eudicotiledônea é da família Myrtaceae (localizadas em florestas, podendo ser arbóreas ou arbustivas). A gimnosperma encontrada chama-se *Podocarpus sp.*, (Podocarpaceae), pólen considerado relativamente raro uma vez que não é transportado por longas distâncias e sua presença ou ausência tem significados precisos (LEDRU *et al.*, 2007). Ele é considerado um marcador paleoclimático indicativo de clima ou solo permanentemente úmidos (LEDRU *et al.*, 2007), o que indica que a zona onde se encontram os Espodossolos, era alagada no passado. O pólen de *podocarpos sp* e táxos associados e

adaptados à ambientes úmidos, são indicativos bastante importantes da presença de um antigo canal de drenagem na região do vale seco, corroborando diretamente com a hipótese da pesquisa, de que o vale seco é uma feição morfológica fluvial produzida pela captura fluvial do rio Guaratuba.

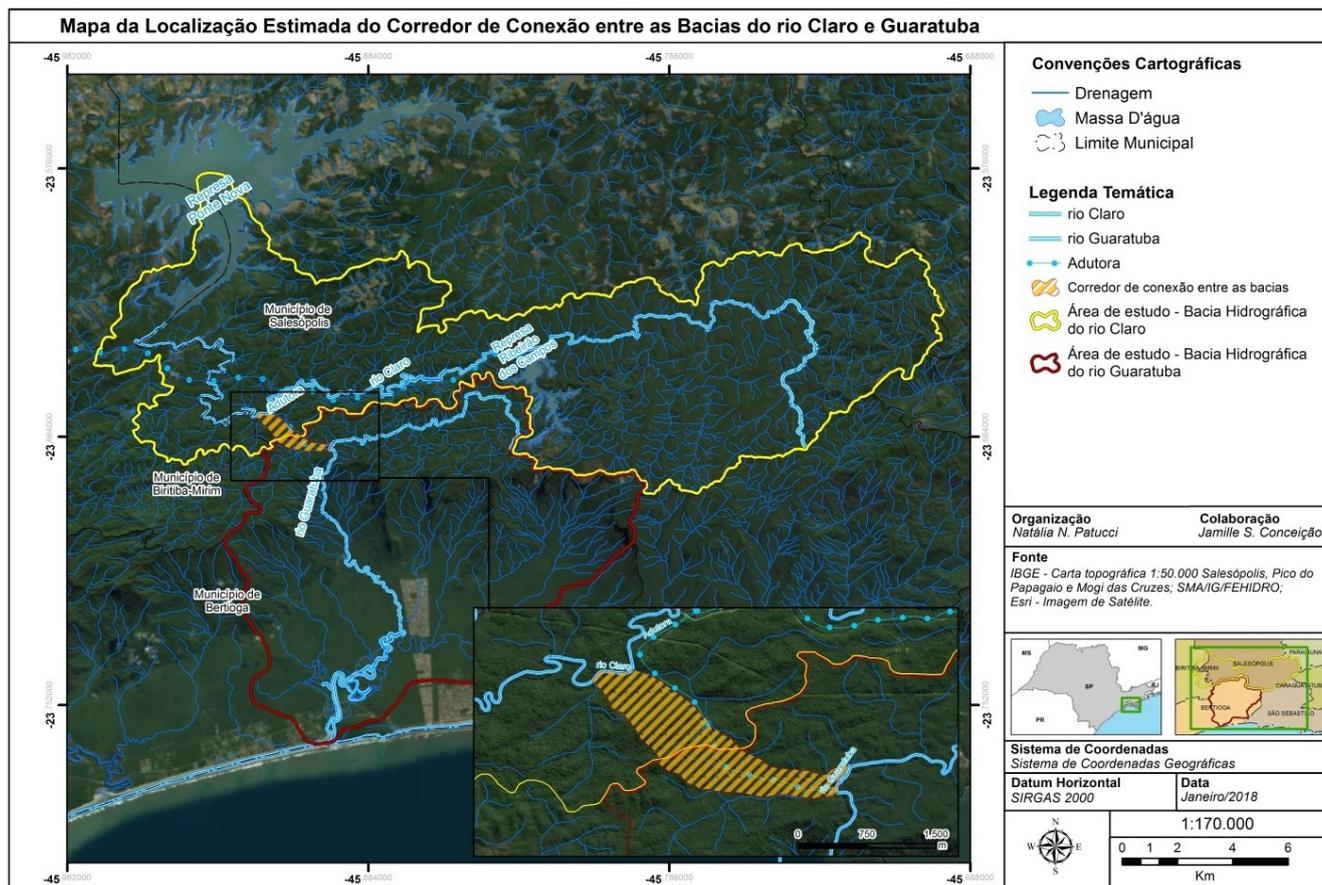


Figura 5: Leito pretérito do Guaratuba no Pleistoceno, em situação de pré-captura.

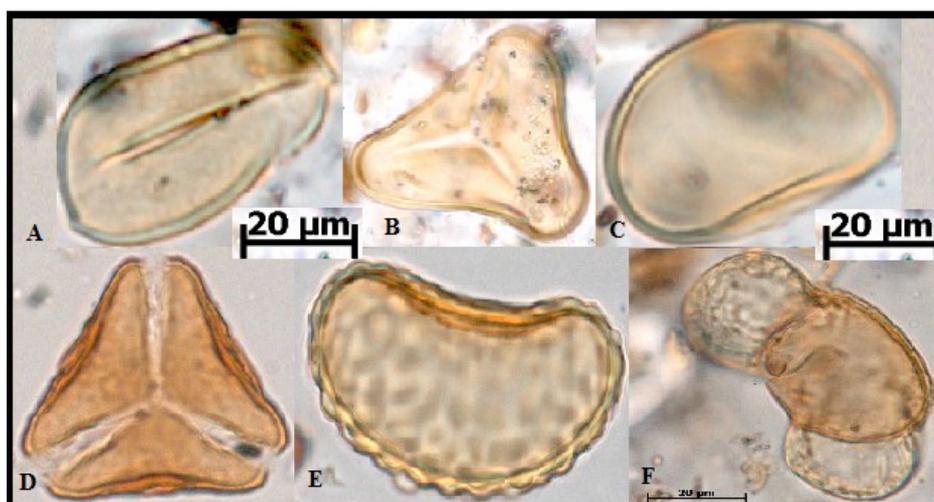


Figura 6: Pólenes fossilizados de Arecaceae (A), Cyatheaceae (B), Poaceae (C), Myrtaceae(D), Polypodiaceae (E), Podorcapaceae (F).

4. Considerações Finais

A classificação macromorfológica possibilitou a descrição das três classes principais de solos encontradas na região do vale seco, ou antigo leito do Guaratuba, que foram: Gleissolo Pouco Húmico, Cambissolo e Espodossolo, solos ácidos, de ambiente redutor e úmido, localizados em planícies fluviais e extremamente arenosos. Os solos se desenvolveram independentes às modificações de materiais (no caso seixos, granitos e gnaisse), mas mais dependentes da morfopedogênese, relacionada à alternância climática. A análise mineralógica indica que as principais espécies de minerais do vale seco são quartzos e micas. Nas avaliações de granulometria e morfoscopia é possível observar que grãos de quartzo e os seixos tornaram-se muito arredondados devido ao amplo desgaste proveniente da erosão mecânica, processo ocasionado por alterações na dinâmica fluvial, também relacionadas às oscilações do clima. Alguns indicadores para reconstituição paleoambiental dos vales secos mostraram-se bastante eficientes na pesquisa, como por exemplo: o “ortstein” que pode funcionar como indicador litoestratigráfico, o Espodossolo como um paleossolo e o pólen de *podocarpos sp* como indicador paleoclimático de clima ou solo permanentemente úmidos.

As respostas apresentadas na geocronologia, mesmo que os métodos tenham exibido respostas diferentes, comprovam que a acumulação de matéria orgânica ocorreu após o último máximo glacial e a maior parte das idades de sedimentos identificadas pelo LOE, remetem à rápida alternância de eventos climáticos ora glaciais (clima seco e frio), ora interglaciais (clima quente e úmido), ocorridos no Pleistoceno Tardio. Especificamente no Holoceno, ocorreram momentos de deposição específicos. Existe a hipótese de o leito pretérito do Guaratuba em situação de pré-captura, sofrer sucessivos aumentos e diminuições de vazão em decorrência das flutuações climáticas Pleistocênicas. Não é possível precisar com exatidão o momento em que ocorreu a captura, entretanto, pela observância da disposição, quantidade e tamanho dos seixos ao longo da extensão do vale seco, diminuindo de quantidade e tamanho próximo ao cotovelo de captura e próximo ao Rio Claro e aumentando na porção central entre ambos até o limite das várzeas, é provável que o processo tenha ocorrido de forma sucessiva e não abrupta. Naturalmente a captura iniciou-se em um momento climático de baixa demanda fluvial (período glacial) e finalizou-se em um momento de alta demanda fluvial (período interglacial), sendo também influenciada por pulsos tectônicos pleistocênicos e holocênicos.

As respostas do presente estudo sistêmico e interdisciplinar corroboram com a teoria da sucessão de ciclos pedogenéticos e morfogenéticos, discutida por Bigarella *et al.* (1994) que atribui a ora períodos mais secos (glaciais) ora mais úmidos (interglaciais) os estágios de erosão e deposição de sedimentos, os quais influenciaram a formação de solos, relevo e hidrodinâmica das redes de drenagem no Quaternário. Os indicadores dessas flutuações climáticas pretéritas permanecem no contexto pedológico e geomorfológico local atual, testificando a evolução dos sistemas fluviais do Estado de São Paulo no Holoceno e Pleistoceno em meio tropical, como também mencionam os resultados das pesquisas de Dias e Perez Filho (2015), Storani e Perez Filho (2015) e Santos (2017).

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.
- BIGARELLA, J. J & BECKER, R. D. International Symposium on the Quaternary. **Boletim Paranaense de Geociências**. v.33 p.1-370, 1975.
- BIGARELLA, J. J.; 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. I., Florianópolis: UFSC, 1994.
- 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.
- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1986. 94 p. (IAC –Boletim Técnico, 106).
- CHRISTOFOLETTI, A. Capturas fluviais. **Enciclopédia Murador Internacional**. São Paulo, v.5, p. 2049 – 2051, 1975.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. Vol I - O canal fluvial. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1981.

- COELHO-NETTO, A. L. Catastrophic landscape evolution in a humid tropic region (SEBrazil): inheritances from tectonic, climatic and land use induced changes. **Geografia Física e Dinâmica Quaternária**, v.3, n.3, p. 21– 48, 1999.
- 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. **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. 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.
- DAVIS, W. M. The Valleys of the Cotteswold Hills. **Geologists Association Proceedings**, v. 21, p. 150-152, 1909.
- DIAS, R. L.; PEREZ FILHO, A. Geocronologia de terraços fluviais na bacia hidrográfica do rio Corumbataí-SP a partir de Luminescência Opticamente Estimulada (LOE). *In: Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, p. 341-349, 2015.
- 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.
- 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.; 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.
- 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.
- 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.
- 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, D. Capturas fluviais como evidências da evolução do relevo: uma revisão bibliográfica. *In: Revista do Departamento de Geografia*, v. 20, p. 37-50, 2010.
- 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.
- 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.

PESSEDA, 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.

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.

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.

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.

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

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.

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

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.