

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JOÃO CLÁUDIO ALCANTARA DOS SANTOS

**PALEOGEOGRAFIA E PALEOAMBIENTES DO BAIXO CURSO DO RIO IVAÍ- PR**

MARINGÁ-PR  
2013

JOÃO CLÁUDIO ALCANTARA DOS SANTOS

**PALEOGEOGRAFIA E PALEOAMBIENTES DO BAIXO CURSO DO RIO IVAÍ- PR**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração Análise Ambiental, do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto  
Coorientador: Prof. Dr. Mauro Parolin

MARINGÁ-PR  
2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

S237p Santos, João Cláudio Alcantara dos  
Paleogeografia e Paleoambientes do baixo curso do  
rio Ivai-PR / João Cláudio Alcantara dos Santos. --  
Maringá, 2013.  
81 f. : il. col., figs., tabs. + Apêndice

Orientador: Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto  
Gasparetto.  
Coorientador: Prof. Dr. Mauro Parolin.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes,  
Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2013.

1. Paleoambientes - Paraná, Noroeste. 2.  
Pleistoceno - Quaternário. 3. Fitólitos. 4. Arenito  
Caiuá. 5. Fragmentos de carvão. 6. Datação por  
carbono - 14. I. Gasparetto, Nelson Vicente  
Lovatto, orient. II. Parolin, Mauro, coorient III.  
Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências  
Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação  
em Geografia. IV. Título.

CDD 21.ed. 560.98162

MN-0001082

PALEOGEOGRAFIA E PALEOAMBIENTES DO BAIXO CURSO DO RIO IVAÍ-PR

Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Geografia, área de concentração: Análise Regional e Ambiental, linha de pesquisa Produção Análise Ambiental

Aprovada em **22 de março de 2013**.

BANCA EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Nelson Vicente Lovatto Gasparetto  
Orientador - UEM  
Universidade Estadual de Maringá

  
Prof. Dr. Sergio Luiz Thomaz  
Membro convidado  
Universidade Estadual de Maringá

  
Prof. Dr. Heloisa Helena Gomes Coe  
(membro convidado)  
UERJ

*Dedico este trabalho a todos que  
acreditaram e confiaram em mim e  
colaboraram no seu  
desenvolvimento.*

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não dependeu somente do meu esforço e dedicação durante esses dois anos, mas também de muitas pessoas que diretamente e indiretamente estiveram ligadas a ele. Por isso gostaria de adiantar meu pedido desculpas caso eu me esqueça de alguém.

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, e por ele me ter colocado pessoas tão especiais no meu caminho que puderam me ajudar.

Agradeço aos meus pais Cláudio Alcantara dos Santos (*in memoriam*) por ter desde criança me incentivado a estudar Geografia o que resultou na minha paixão por essa área e a minha mãe Clênia Meira Alcantara Barbosa pelo apoio, força, conselhos e por não ter medido esforços para me ajudar quando mais precisei de algo durante o mestrado.

Agradeço a minha irmã Mariana Pereira Alcantara dos Santos, também por todo apoio, força de quando mais precisei.

A minha namorada Michelli Alvares Oliveira pelo carinho, compreensão e companheirismo em todos os momentos nesses dois anos que se passaram, nunca deixando de estar ao meu lado independente se o momento era bom ou ruim. Você foi fundamental para que eu conseguisse chegar aqui.

As minhas avós Perolina Garcia da Silva e Augusta Alcantara dos Santos, pelas orações feitas por mim para que Deus estivesse sempre me guiando e protegendo.

Não poderia me esquecer dos meus tios Marcos Antônio dos Santos e Max Willan dos Santos, porque se não fosse pela “forcinha” de vocês, é bem provável que eu não teria realizado este trabalho. Agradeço a vocês por sempre acreditarem em mim.

Ao meu primo João Batista Sarmiento dos Santos Neto, pela companhia nas viagens para Maringá.

Agradeço ao meu orientador o Professor Dr. Nelson Vicenti Lovatto Gasparetto, pela confiança, amizade, os ensinamentos passados durante o mestrado e por sempre se dispor em me ajudar naquilo que fosse necessário.

O meu muitíssimo obrigado ao meu co-orientador Professor Dr. Mauro Parolin pela oportunidade de estar trabalhando com você, confiança, paciência, ajuda, amizade, todos os ensinamentos passados e os “puxões de orelha”. Todos seus ensinamentos foram fundamentais para eu ter essa conquista e serão ainda em minha carreira profissional.

Aos meus amigos e companheiros de Lepafe Renato Lada Guerreiro, pelos aprendizados e conselhos, Giliane Gêssica Rasbold e Mayara dos Reis Monteiro por terem me ajudado com os fitólitos, Deyves Silva companheiro de microscópio, Bruno Augusto Candelari, Dandara, Leandro Domingues Luz, Anderson Souza, Cristiane Grella, Natália Koch, Ligia Priscila Rodrigues, Elaine Kalinoski e Janaina Silva Rossi pela companhia do dia-dia de trabalho e por sempre me ajudarem quando precisei. Muito obrigado.

Agradeço aos meus colegas do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente da UEM: Bruno Aurélio Camolezi, Everton Hafemann, Fabio Alves, Thalita Dal Santo, Marta Gaspar Sala, Alma Isbel Ariza Ramirez, Diego Turolo e Marcel Fumya pela companhia e ajuda.

Um agradecimento especial também ao Vanderlei Magalhães e minha colega Valquíria Brilhador da Silva por terem me ajudado na realização das análises granulométricas.

Agradeço aos professores Edison Fortes, José Candido Stevaux, Edvard Elias de Souza Filho, Paulo Nakashima, pelos ensinamentos e conhecimentos passados durante o cumprimento dos créditos do mestrado.

Aos professores do departamento de Geografia da FECILCAM: Jefferson de Queiroz Crispin, José Antônio da Rocha e Fabio Rodrigues da Costa, pela amizade e ensinamentos.

Ao professor Marcelo Galeazzi Caxambu e toda equipe do Herbário da UTFPR-campus Campo Mourão pela ajuda em campanha, na identificação das espécies coletadas na área de estudo e ajuda prestada.

Ao professor Sérgio Luiz Thomaz pelas considerações feitas no meu exame de qualificação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/ Processo 473023/2010-5, 552980/2011-0 e 472496/2011-5).

## RESUMO

Os estudos paleoambientais constituem um desafio à capacidade investigativa do homem, pois buscam reconstituir o ambiente passado. Para tanto, usam principalmente os dados *proxy* e.g. os fitólitos e os sinais isotópicos deixados no solo pelas plantas. Nessa perspectiva, a pesquisa teve como foco a recuperação, identificação e a quantificação de fitólitos, além de espículas de esponja e frústulas de diatomáceas, visando a reconstituição paleogeográfica e paleoambiental. O estudo teve como foco um perfil de solo da Formação Caiuá denominado de Trincheira Reserva (TR), e, sedimentos do Terraço Ivaí (TI), ambos na região de Douradina - PR. Juntamente com essa identificação/quantificação, foram determinados na TR: a) valores de  $\delta^{13}\text{C}$  do solo, média de  $-25,2\text{‰}$  (plantas  $\text{C}_3$ ) em todo perfil; b) dois intervalos datados por  $^{14}\text{C}$  AMS (na *University of Georgia/USA*) em 10.195 anos Cal. AP  $2\sigma$  (210-220 cm) e 5.963 anos Cal. AP  $2\sigma$  (140-150 cm). O método utilizado para recuperação dos fitólitos, baseou-se no tratamento com HCL e suspensão com  $\text{ZnCl}_2$  (densidade  $2,35\text{g/cm}^3$ ). Os resultados das análises no TI permitiram reconstituir o ambiente em três fases, sendo: i) presença de canal ativo; ii) abandono de canal e formação de planície aluvial; iii) formação do Terraço. No ponto da TR, o ambiente foi reconstituído em duas fases: i) condições ambientais ligeiramente mais secas que as atuais, sob o domínio de floresta em 10.195 anos Cal AP; ii) condições mais úmidas há pelo menos 5.963 anos Cal AP. As interpretações no TI apresentam concordância com outros trabalhos realizados próximos a área de estudo constatando mudanças no curso do deste rio no Pleistoceno. Na TR a ocorrência de floresta nessa área levantam hipóteses sobre a presença de refúgios florestais no baixo vale do rio Ivaí na transição do Pleistoceno para o Holoceno, e durante todo Holoceno.

Palavras- chave: Quaternário. Pleistoceno. Holoceno. fitólitos. terraço aluvial. solo.  $\delta^{13}\text{C}$ .

## ABSTRACT

The paleoenvironmental studies constitute a challenge to the investigative capacity of man, as they seek to reconstruct the past environment. For this purpose, they primarily use proxies like phytoliths and isotopic signals left in the soil by plants. From this perspective, the research focused on the recovery, identification and quantification of phytoliths, and sponge spicules and diatoms, aiming to paleogeographic and paleoenvironmental reconstruction. The study focused on a soil profile in Formação Caiuá called Trench Reserve (TR), and sediments of Ivaí Terrace (TI), both in the region of Douradina - PR. Along with this identification / quantification, were determined in TR: a)  $\delta^{13}\text{C}$  of soil, averaging  $-25.2\text{‰}$  (C3 plants) across profile, b) two intervals dated by  $^{14}\text{C}$  AMS (at the University of Georgia / USA ) in 10,195 years Cal. AP  $2\sigma$  (210-220cm) and 5963 years Cal. AP  $2\sigma$  (140-150cm). The method used to recover the phytoliths was based on treatment with HCl and suspension  $\text{ZnCl}_2$  (density  $2.35\text{ g/cm}^3$ ). The analysis results in IT enabled reconstruct the environment in three phases, as follows: i) the presence of active channel, ii) abandonment of channel and floodplain formation, iii) formation of Terrace. In the point of TR, the environment was reconstructed in two phases: i) environmental conditions slightly drier than today, under the control of forest in 10,195 years AP Cal; ii) wetter conditions to at least 5963 years AP Cal. The interpretations in IT correlate with other studies conducted near the study area noting changes in the course of this river in the Pleistocene. In TR, the occurrence of forest in this area generate hypotheses about the presence of forest refuges in the lower Ivaí river valley in the transition from the Pleistocene to the Holocene, and throughout the Holocene.

Keywords: Quaternary. Pleistocene. Holocene. Phytoliths. Alluvial terrace. Soil.  $\Delta^{13}\text{C}$

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Fotografias exibindo morfologias de fitólitos (*bilobate*) presentes na epiderme de folhas da gramínea *Andropogon bicornis* L. Poaceae. Fonte: Trabalho do autor em desenvolvimento no Laboratório de Estudos Paleambientais da Fecilcam, junto com Mayara dos Reis Monteiro e Mauro Parolin.....24
- Figura 2: Fotomicrográficas das principais tipos de fitólitos encontrados em solo/sedimento.....26
- Figura 3: Continuação das fotomicrográficas das principais tipos de fitólitos encontrados em solo/sedimento.....27
- Figura 4: Valores Isotópicos do carbono característico dos diferentes ciclos fotossintéticos (C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, CAM). As barras apontam a abundancia de espécies na natureza que realizam cada ciclo (BOUTTON, 1991).....29
- Figura 5: Mapa de localização da área de estudo e pontos de sondagens. O mapa representa um segmento do baixo curso do rio Ivaí localizado próximo a cidade de Douradina- PR. Fonte: Imagem de Satélite CNES/SPOT (2012).....33
- Figura 6: Visão parcial da área de estudos. Na imagem observa-se a área de terraço e na parte superior solos desenvolvidos sobre a Formação Caiuá. (Fotografia, 2012).....34
- Figura 7: Mapa Climático da região do baixo curso do rio Ivaí. Fonte: ITCG (2012).....35
- Figura 8: Mapa de Vegetação da Bacia Hidrográfica do Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: (ITCG, 2012).....36
- Figura 9: Mapa geológico da Bacia Hidrográfica do Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: (ITCG, 2012).....38
- Figura 10: Mapa geológico-geomorfológico da planície aluvial do rio Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: Adaptado de SANTOS et al., (2008).....39
- Figura 11: Mapa geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: (FUJITA, 2009).....40
- Figura 12: Tipos de solo existentes nos pontos de coleta da área de estudos no município de Douradina-PR. A) Latossolo-vermelho existente no ponto em meio a uma reserva legal. B) Neossolo Flúvico com grande quantidade de matéria orgânica existente no ponto do Terraço Ivaí.....42

Figura 13: Mapa pedológico da Bacia Hidrográfica do Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: ITCG (2012).....	42
Figura 14: Fotografias exibindo etapas do trabalho de campo onde realizou a sondagem no terraço Ivaí para a retirada de testemunho de amostra.....	43
Figura 16: Fotografias mostrando as diferentes etapas necessárias para a extração dos fitólitos. a) peneiramento da amostra b) preparação para queima de matéria orgânica c) inserção de ácido clorídrico (HCL) nas amostras d) preparação de lâminas de microscopia e) análise das lâminas em microscópio óptico.....	46
Figura 17: Resultados da análise granulométrica do testemunho retirado no Terraço Ivaí.....	48
Figura 18: Dados das análises granulométricas do perfil de solo da trincheira Reserva.....	50
Figura 19: Imagem de satélite CNES/SPOT (2012) com destaque para o trajeto percorrido juntamente com o perfil topográfico. Observa-se um traço representando a divisão entre o material sedimentar depositado no terraço e o material oriundo dos Arenitos da Formação Caiuá.....	51
Figura 20: Morfotipos de fitólitos e espícula de esponja continental extraídos do material sedimentar do terraço Ivaí: a) <i>Bulliform Cuniform</i> ; b) <i>Bulliform Parallelepipedal</i> ; c) <i>Elongate psilate</i> ; d) <i>Globular psilate</i> ; e) <i>Globular echinate</i> ; f) <i>Trapeziform</i> ; g) <i>Tracheid</i> ; h) <i>Saddle</i> ; i e j) <i>Bilobate short cell</i> , l) <i>Hair</i> ; m) espícula de esponja. Todas as fotografias estão na mesma escala.....	53
Figura 21: Foto do perfil e gráficos exibindo os resultados da quantificação das morfologias de fitólitos, frústulas de diatomáceas e espículas de esponja recuperados do material sedimentar do terraço Ivaí junto com a densidade de concentração fitolítica.....	54
Figura 22: Gráfico do mostrando o percentual das principais morfologias recuperados do material sedimentar do terraço Ivaí.....	55
Figura 23: Principais morfologias de fitólitos recuperados do solo da Trincheira Reserva.a) <i>Bulliform Parallelepipedal</i> , b) <i>Bulliform Cuniform</i> , c) <i>Elongate psilate</i> d) <i>Trapeziform</i> , e) <i>globular echinate</i> f) <i>globular granulate</i> g) <i>globular psilate</i> h) <i>Polilobate</i> i) <i>Bilobate short cell</i> j) <i>Rondel</i> , l) <i>Saddle</i> m) <i>Papillae</i> . Todas as fotografias estão na mesma escala.....	56
Figura 24: Gráficos exibindo os resultados da quantificação das morfologias de fitólitos e frústulas de diatomáceas recuperadas do solo da trincheira Reserva junto com a densidade de concentração fitolítica e as datações absolutas por <sup>14</sup> C.....	58
Figura 25: Gráficos mostrando o percentual das principais morfologias recuperados do solo da Trincheira Reserva.....	59

Figura 26: Imagem de satélite CNES/SPOT (2012) exibindo marcas de paleocanais com destaque para os pontos de sondagem realizadas.....62

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Principais trabalhos desenvolvidos com fitólitos em território brasileiro.....	18
<b>Tabela 2:</b> Trabalhos desenvolvidos na bacia hidrográfica do rio Ivaí.....	21
<b>Tabela 3:</b> Propriedades morfológicas do perfil de solo da Trincheira Reservam.....	49
<b>Tabela 4:</b> Resultados das análises de $\delta^{13}\text{C}$ e Datações Absolutas por $^{14}\text{C}$ (AMS).....	52

## LISTA DE SIGLAS

**CAIS**- *Center for Applied Isotope Studies*

**CNPq** - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

**EMBRAPA** - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**HCF/UTFR**- Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**IAPAR** – Instituto Agrônômico do Paraná

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**ITCG** - Instituto de Terras, Cartografia e Geociências.

**Lepafe** – Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam.

**LOE** – Luminescência Opticamente Estimulada

**OSL** - *Optically Stimulated Luminescence*.

**TL** – *Thermoluminescence*.

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	14
2 PALEOCLIMAS E PALEOAMBIENTES.....	15
3 ESTUDOS REALIZADOS NO RIO IVAÍ .....	20
4 FITÓLITOS .....	23
5 OS ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO CARBONO NOS ESTUDOS DE RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL .....	28
6 ESPONJAS CONTINENTAIS .....	29
7 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA.....	31
7.1 Localização .....	31
7.2 Clima .....	34
7.3 Vegetação e Uso da Terra .....	35
7.4 Geologia .....	37
7.5 Geomorfologia .....	38
7.6 Pedologia .....	40
8 MATERIAIS E MÉTODOS .....	43
9 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
9.1 Análises Granulométricas, Coleta de plantas e Topografia.....	47
9.2 Dados Isotópicos e Datações Absolutas .....	51
9.3 Os Microfósseis .....	52
9.4 Paleoambientes Terraço Ivaí.....	60
9.4.1 Análise Geral do Terraço Ivaí .....	62
9.5 Paleoambientes Trincheira Reserva.....	63
9.5.1 Análise Geral da Trincheira Reserva.....	65
10 CONCLUSÃO.....	66
11 REFERÊNCIAS.....	67
APENDICE I .....	81

## INTRODUÇÃO

O entendimento das condições paleoambientais do planeta tem se tornado cada vez mais urgente na atualidade, sendo importantíssimo para o melhor entendimento das mudanças climáticas.

Os estudos paleoambientais constituem um desafio à capacidade investigativa do homem, pois buscam reconstituir o ambiente passado, utilizando os dados *proxy*. Os dados *proxy* podem ser entendidos como qualquer sinal físico, químico ou orgânico que possa dar informações sobre o ambiente pretérito como por exemplo, os microfósseis e os sinais isotópicos deixados no solo pelas plantas.

Nessa perspectiva, a pesquisa tem como foco a recuperação, a identificação e a quantificação de fitólitos, entendidos aqui como corpos de opala silicosa precipitada ao longo da vida nos tecidos de plantas (MEDEANIC et al., 2008). Esses corpos silicosos estão preservados nos solos oriundos da Formação Caiuá e na Planície/Terraço do baixo rio Ivaí na região de Douradina- PR. Juntamente com esta identificação/quantificação, foram avaliados e determinados os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  do solo, datações absolutas por  $^{14}\text{C}$ , realizadas a partir da extração de fragmentos de carvão do solo, além de análises granulométricas.

As informações resultantes dessa pesquisa são importantes para um melhor entendimento dos processos formadores das paisagens do Paraná, durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno, bem como aglutinarão mais informações sobre a potencialidade dos fitólitos em responder à dinâmica ambiental.

Diante do exposto, a pesquisa tem por objetivo analisar as condições ambientais responsáveis pela formação da paisagem, no baixo curso do rio Ivaí, no final do Pleistoceno e durante o Holoceno. Para tanto, determinou-se: i) o tipo e a quantidade dos fitólitos encontrados nos solos/sedimentos da área de estudo; ii) os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  presentes no solo, correlacionando com os fitólitos recuperados; iii) datação da matéria orgânica presente no solo (fragmentos de carvões) pelo método do  $^{14}\text{C}$  e via LOE o sedimento arenoso material oriundo dos terraços; iv) as condições paleoambientais do baixo rio Ivaí, correlacionando com outras áreas estudadas.

O trabalho foi desenvolvido em parceria com o Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam (Lepafe), conforme recursos financeiros advindos do

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/ Processo 473023/2010-5, 552980/2011-0 e 472496/2011-5).

A dissertação apresenta em seu escopo detalhes sobre, as revisões de literatura realizadas, caracterização ambiental da área de estudo, atividades de campo e os protocolos laboratoriais executados, além dos resultados de dados isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$ , datação por  $^{14}\text{C}$  (inéditas para os solos da região) o desenvolvimento e adaptação de uma nova técnica de recuperação de fitólitos em sedimento/solo (SANTOS et. al, 2011) e os resultados e discussão das análises dos microfósseis recuperados das sondagens realizadas na região.

## **2 PALEOCLIMAS E PALEOAMBIENTES**

As mudanças paleoclimáticas e paleoambientais são fundamentais no gerenciamento regional, uma vez que fornecem dados para estabelecer, com maior segurança, a previsão do comportamento climático a médio (década) e longo (séculos) prazos. A região estudada carece desse tipo de estudos, que se encontram relativamente desenvolvidos no estado de Mato Grosso do Sul e na planície aluvial do rio Paraná (STEVAUX e PAROLIN, 2010). Assim, a realização dessa pesquisa forneceu subsídios para a correlação e integração dos dados paleoclimáticos de uma área chave para os estudos de previsão climática. O vale do rio Paraná há muito tempo vem sendo mencionado como um importante corredor para o deslocamento de frentes frias e de umidade a partir da instalação das condições climáticas atuais no início do Holoceno (LEDRU et al.,1996). Além disso, a área estudada situa-se próxima ao Trópico de Capricórnio, que demarca a transição entre diferentes características climáticas do Brasil.

Desde o final do século XX os estudos de previsão de mudanças paleoclimática incluem dados “*proxy*”, cuja abrangência temporal ultrapassa a das séries de dados instrumentais. Dados *proxy* são dados que indiretamente fornecem informações sobre antigos climas ou ambientes. Constituem esse tipo de dados, as informações históricas (e.g. antigos mapas de navegação), paleontológicos (e.g. grãos de pólen, fitólitos, entre outros), geológicos (e.g. mineralogia de argila e fácies sedimentares), geomorfológicos (terraços, paleocanais), entre outros. A determinação das variáveis paleoclimática e paleoambiental é, dessa forma, produto

de uma concepção multidisciplinar e exigem uma equipe formada por pesquisadores de diferentes especialidades. Os ambientes lacustres, dadas suas condições de ativa sedimentação e de raros eventos erosivos, são os ambientes continentais mais propícios aos estudos paleoambientais (SUGUIO, 1999). No entanto, áreas de topo e até mesmo planícies de inundação, podem guardar registros de ambientes pretéritos. Os dados *proxy* de preferência devem vir acompanhados de informações cronológicas. Dentre os métodos cronológicos mais utilizados no Brasil em estudos dessa natureza estão os denominados de datação absoluta, que incluem o  $^{14}\text{C}$ ,  $^{210}\text{Pb}$  e os luminescentes (OSL e TL), entre outros.

Apesar de ser relativamente grande o número de publicações a respeito do tema, pouco se sabe (*in strictu sensu*) sobre o clima nos últimos 20.000 anos no Brasil, e, menos ainda, no estado do Paraná (STEVAUX e PAROLIN, 2010). Esse intervalo de tempo é de grande importância, uma vez que abrange desde o final do Último Máximo Glacial (18.000 anos) e o início do Holoceno (10.000 anos), quando se estabeleceu o regime climático atual (ABSY et al., 1993).

A sequência e a natureza dos processos superficiais passados, em grande parte controlada pelas condições paleoclimáticas, encontram-se registradas nos depósitos sedimentares dos últimos milênios (TURCQ et al., 1993). Trabalhos sobre as diferenças existentes entre o tipo de vegetação reinante em determinada área e a questão geomorfológica têm sido publicados no centro sul do Brasil, desde a década de 1950: Ab'Saber (1957), Tricart (1958; 1977), Bigarella e Ab'Sáber (1964), Bigarella et al. (1975), Haffer (1969 e 1992) e Vanzolini (1992).

Observações sobre as variações climáticas durante o Quaternário no Brasil, feitas em sedimentos lacustres, na serra de Carajás forneceram registros interessantes sobre períodos secos que teriam ocorrido por volta de 60.000 e 45.000 mil e entre 23.000 e 11.000 mil anos AP (antes do presente) (TURCQ et al., 1993) .

A ocorrência de um curto período mais seco no Holoceno foi identificada por vários autores em diferentes localidades do Centro Sul do Brasil: (Bigarella, (1971); Tucq et al., (1987); Servant et al. (1989); Van der Hammen, (1991); Suguio et al., (1992); Thomas e Thorp, (1995); Ledru, (1993); Ledru et al., (1996); Behling, (1997) e (2001), entre outros).

No nordeste da Argentina, períodos de maior aridez foram identificados por Iriondo e Garcia (1993). Na região do alto rio Paraná esse período de recrudescência climática foi constatado por Jabur (1992), Stevaux (1993, 1994a,

1994b e 2000). Estudos mais detalhados desse período foram desenvolvidos no Município de Taquarussu/MS, na divisa com o estado do Paraná onde foram identificados quatro eventos climáticos, sendo dois períodos secos e dois períodos úmidos intercalados com idades de 20.000, 8.000, 3.500 e 1.500 anos AP, respectivamente (Stevaux et al., (1997); Stevaux (2000); Kramer et al. (2000); Parolin e Stevaux ,(2001; 2006); Parolin et al.(2006, 2007, 2008).

Diante do exposto, essa pesquisa busca correlacionar dados paleoclimáticos, com o uso de fitólitos, entendidos aqui com corpos micrométricos de opala silicosa precipitada ao longo da vida nos tecidos de plantas, cuja principal função é criar estruturas de sustentação, principalmente em gramíneas (BARBONI et al. 1999; MEDEANIC et al., 2008). Os fitólitos têm sido referenciados na literatura científica como um dos registros fósseis terrestres mais duráveis e uma importante ferramenta de interpretação nos estudos paleoambientais e arqueológicos. Estas estruturas têm apresentado capacidade limitada de transporte para longas distâncias o que indica que se depositam “*in situ*” após a decomposição das plantas de origem (FEARN, 1998; MEDEANIC et al. 2008).

Recentes análises têm mostrado que é possível reconhecer e diferenciar gramíneas desenvolvidas em florestas (C<sub>3</sub>) das gramíneas que se formaram em campo (C<sub>4</sub>), revelando o grande potencial de interpretação botânica destas estruturas (LU e LIU, 2003a). Diante da resistência e potencial de preservação o uso de fitólitos tem fornecido respostas positivas nas reconstruções paleoambientais (MEDEANIC et al., 2008), podendo confirmar informações polínicas ou até mesmo fornecer dados botânicos adicionais não acessíveis apenas com dados palinomórficos (ROVNER, 1971). O uso de fitólitos como indicador *proxy* tem apresentado sucesso em estudos de reconstruções paleoambientais e paleobotânicas por várias partes do mundo, como pode ser constatado nos trabalhos de Delhon et al., (2003); Bremond (2003) (na França); Barboni et al., (1999; 2007); Bremond et al., (2005); Telfer et al., (2009) (no continente Africano); Lu et al., (2003ab e 2007) (na China); Shulmeister, (2001) (na Nova Zelândia); Masud Alam et al., (2009) (em Bangladesh); Wallis, (2001) (na Austrália); Rovner, (1971); Fredlund, (1997); Fearn, (1998); Blinnikov et al., (2002); Blinnikov, (2005); (nos Estados Unidos); Osterrith et al., (2009) (na Argentina).

A produção de conhecimento sobre os fitólitos no Brasil quando comparada a outros países ainda é baixa, sendo que na última década alguns estudos

importantes foram desenvolvidos. Na tabela 1 estão descritos alguns dos principais trabalhos realizados no Brasil a partir da década de 1960.

Tabela 1: Principais trabalhos desenvolvidos com fitólitos em território brasileiro

<b>Trabalho Realizado</b>	<b>Autor/Ano</b>	<b>Principais Resultados</b>
Contribuição ao Estudos de Corpos Silicosos das Gramíneas Amazônicas	CAVALCANTE (1968)	Foram analisadas as morfologias de corpos silicosos de 25 espécies das tribos: <i>Melinideae</i> , <i>Tripsaceae</i> e <i>Andropogoneae</i> , com propósito de estabelecer um grupo taxonômico.
Corpos Silicosos de Gramíneas dos Cerrados	CAMPOS e LABORIAU (1969)	Estudaram as formas de corpos silicosos de dez espécies de gramíneas dos Cerrados, os quais contribuíram para problemas de separação e identificação de fitólitos de solo e para morfologia foliar das gramíneas.
História da vegetação local na Bacia Central Amazônica Derivado de Fitólitos e Registros de Carvão natural nos solos	PIPERNO e BECKER (1996)	Foi realizada uma análise de fitólitos e carvão vegetal microscópico de solos naturais perto de Manaus, Brasil. Os resultados mostram que a Amazônia central não foi estável durante o Holoceno. A composição taxonômica de fitólitos e idades de radiocarbono na região há pelo menos 4600 anos AP., mas que a composição da floresta e abundância de espécies mudou significativamente em algum momento durante o Holoceno. A distribuição e as datas do carvão vegetal nos solos indicam a ocorrência de incêndios florestais entre 1795 e 550 anos AP. As mudanças vegetacionais e incêndios parecem ser resultado de clima seco nos últimos 5000-7000 anos.
Fitólitos como indicadores de pedogênese e mudanças paleoambientais no Cerrado brasileiro	BORBA-ROSCHEL et al. (2006)	Apresentam os resultados de análises fitólitos de uma turfa localizadas no município de Uberaba, Minas Gerais, Brasil. A sequência do solo é discutida em relação aos conjuntos de fitólitos extraídos de plantas dominantes ( <i>Cyperaceae</i> e <i>Poaceae</i> ). Constataram o aumento da idade média das assembléias de fitólitos conforme a profundidade ou um estresse hídrico sofrido pelas gramíneas.
Palinomorfos nos sedimentos de Fundo da Laguna dos Patos- RS: Aplicação para Reconstrução Paleoambiental.	MEDEANIC et al. (2007)	Foi realizado utilizando os palinomorfos nos sedimentos superficiais do fundo das lagoas dos Patos, constatando que os grãos de pólen possuem diferentes capacidades de transporte. Neste contexto, os fitólitos encontrados nesses sedimentos foram considerados importantes na identificação da cobertura vegetal com presença de <i>Poaceae</i> e <i>Cyperaceae</i> .

Ocorrência e significado paleoambiental em Horizonte A húmico em Latossolos.	CALEGARI (2008)	A análise de fitólitos se mostrou eficaz para complementar os resultados das análises de $\delta^{13}\text{C}$ , da matéria orgânica e possibilitar possíveis inferências sobre variações de umidade nas áreas de estudo. Foram utilizados índices fitolíticos em áreas tropicais e subtropicais, que demonstraram tendências válidas a pequenas variações na cobertura vegetal das áreas estudadas.
Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas no Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras.	MEDEANIC et. al (2008)	Os resultados obtidos apresentam a primeira tentativa de reconhecer os fitólitos das plantas atuais de gramíneas distribuídas nas dunas do extremo sul da planície costeira do Rio Grande do Sul. É apresentada a morfologia de fitólitos de sete espécies consideradas principais da região.
Notas sobre fitólitos em <i>Androtrichum trigynum</i> (Spr.) Pfeiffer no Extremo Sul do Brasil: Tipos morfológicos e uso nas Paleoreconstruções Costeiras.	MEDEANIC et. al (2009)	A espécie estudada é amplamente distribuída no extremo sul do Rio Grande do Sul, visto que o intuito do trabalho foi reconhecer os fitólitos desta planta em sedimentos quaternários, contribuindo para reconstruções paleoambientais.
Fitólitos como Indicadores de Mudanças na Vegetação Xeromórfica da Região de Búzios / Cabo Frio, RJ, durante o Quaternário.	COE (2009)	Os fitólitos identificaram mudanças na densidade arbórea, através do estudo morfológico de assembleias fitolíticas extraídas de horizontes de quatro perfis de solo, cujas amostras foram submetidas a análises pedológicas e micromorfológicas. Embora limitadas pela baixa resolução temporal, inerente às reconstruções a partir de solos, e pela falta de calibrações com datações de outros marcadores, as análises fitolíticas permitiram o início de uma reconstituição da história das florestas xeromórficas de Cabo Frio durante o Holoceno.
Método para aumentar a recuperação de fitólitos em solo.	SANTOS et al. (2011)	Foi elaborado um novo método por meio da adaptação de diversas técnicas comumente utilizadas para extração de fitólitos preservados em solo.
Caracterização dos tipos morfológicos de fitólitos presentes em <i>Butia paraguayensis</i> (Barb. Rodr.) L. H. Bailey (Arecaceae)	RASBOLD et. al (2011)	O estudo mostra as formas de fitólitos da espécie <i>Butia paraguayensis</i> (Barb. Rodr.) L. H. Bailey (Arecaceae), típica da vegetação do cerrado, em perigo de extinção, bem como seu sinal isotópico ( $\delta^{13}\text{C}$ ). Formas " <i>Globular echinate</i> " foram predominantes. O resultado de $\delta^{13}\text{C}$ foi de $-29,1\%$ , caracterizando a planta como do tipo $\text{C}_3$ .
Reconstituições da Vegetação e Inferências de	COE et. al (2012)	Este trabalho apresenta dois estudos realizados em áreas do Estado do Rio de

Paleoclimas através da Utilização dos Indicadores Fitólitos e Isótopos de Carbono – exemplos de estudos no Brasil.		Janeiro e um em Minas Gerais. Na Região de Cabo Frio, os resultados contribuem para a reconstrução paleoambiental na região, pois os fitólitos permitiram identificar, ao nível de detalhe, mudanças na densidade de cobertura arbórea. A razão entre os isótopos estáveis de carbono pode indicar que tipo de vegetal deu origem ao material estudado, complementando de maneira eficaz os resultados das análises fitolíticas.
Coleção de Referência de Silicofitólitos da Flora do Sudoeste do Paraná: Súbsídios para Estudos Paleoambientais.	RAITZ (2012)	Neste trabalho foi feita uma coleção de referências de fitólitos das fitofisionomias Floresta Ombrófila Mista e do Campo, ambas localizadas no Sudoeste do Estado do Paraná. Esta coleção é composta por 30 famílias, 57 gêneros e 75 espécies.
Avaliação e quantificação dos fitólitos presentes em <i>Chloris elata</i> Desv., <i>Chloris gayana</i> Kunth e <i>Tripogon spicatus</i> (Ness) Ekman (Chloridoideae)	RASBOLD et. al (2012)	Realizaram a descrição das morfologias de fitólitos presentes em duas espécies da subfamília Chlorioideae da família Poaceae ( <i>Chloris elata</i> Desv., <i>Chloris gayana</i> Kunth e <i>Tripogon spicatus</i> (Ness) Ekman).

Vale ressaltar que a análise fitolítica não possibilita a identificação das espécies que estavam presentes no ambiente estudado, mas, sim, grupos taxonômicos (ex.: floresta/campo). Nesse sentido, os fitólitos estabelecem se houve ou não mudança na cobertura vegetal (COE, 2009). No caso em questão, a análise será refinada, com a utilização de isótopos estáveis do Carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ), presentes na matéria orgânica do solo. Tal análise está entre as ferramentas mais utilizadas nos estudos que versam sobre reconstruções paleoambientais (PESSENDA et al., 1996a, 1996b, 1998a, 1998b, 1998c, 2008).

### 3 ESTUDOS REALIZADOS NO RIO IVAÍ

Para o rio Ivaí, os estudos sobre a geologia, geomorfologia, hidrologia, clima e sobre as mudanças da paisagem no Quaternário são poucos, podendo destacar os estudos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Trabalhos desenvolvidos na bacia hidrográfica do rio Ivaí.

<b>Trabalho Realizado</b>	<b>Autor/ Ano</b>	<b>Principais Resultados</b>
Variabilidade da precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí PR.	ANDRADE (2002)	Foi elaborado um gráfico do comportamento médio mensal da precipitação pluviométrica. Foi determinado que o meses mais chuvoso atingem média acima dos 1400mm e os mais seco média inferior a 140mm.
Característica Sedimentar e Hidrológica do rio Ivaí em sua foz com o rio Paraná, Icaraíma-PR.	BIAZIN (2005)	Determinou nos levantamentos batimétricos no trecho do baixo curso devem ser classificados como dunas; As maiores velocidades médias do fluxo foram encontradas onde a profundidade era menor, ou seja, na margem esquerda do rio; A velocidade do rio Ivaí próxima a foz é fortemente influenciada pela dinâmica do rio Paraná, que barra o seu fluxo.
Regime hidrológico do rio Ivaí.	DESTEFANI (2005)	Permitiu caracterizar o rio Ivaí como de baixa periodicidade, sem um período sazonal definido de cheia e estiagem. Ou seja, a bacia de drenagem do Ivaí não possui grande capacidade de armazenamento.
Dinâmica sedimentar e hidrológica na confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, município de Icaraíma – PR.	BARROS (2006)	O tipo de fluxo verificado é turbulento; A cota d'água no mês de outubro de 2004 se apresentou maior no rio Ivaí do que no rio Paraná. Isso evidencia que quando o rio Ivaí apresenta maiores vazões, suas águas “barram” as águas do canal secundário do rio Paraná. A ocorrência de barras arenosas laterais na parte mais a montante do canal obstrui o fluxo do rio Paraná. Na confluência existe uma barra de desembocadura representando os depósitos de seixos trazidos pelo rio Paraná.

Variação longitudinal das características sedimentares e hidrológicas do rio Ivaí-PR em seu curso inferior.	KUERTEN (2006)	O rio Ivaí em seu baixo curso apresentou grande dinâmica em todas as variáveis estudadas. As análises hidrológicas apresentaram homogeneidade ao longo das seções estudadas. O fluxo foi classificado como turbulento não uniforme e instável. O escoamento do baixo curso do rio Ivaí foi classificado como um escoamento lento. As maiores energias do baixo curso do rio Ivaí encontram-se nas seções de Herculândia e Porto Taquara.
Ocorrência de metais pesados no curso inferior do rio Ivaí.	SANTOS et al. (2005)	Foram encontrados Pb, Zn, Cu, e Fe na água do rio Ivaí, relacionados à atividade agrícola. Já a elevada concentração de Fe deve-se principalmente a sua ocorrência natural nos solos e rochas do Terceiro Planalto drenados pelo rio. A contribuição antrópica para a ocorrência deste metal nas águas do rio deve-se ao intenso manejo do solo, que facilita o carreamento dos óxidos de ferro e dos sedimentos para as drenagens da bacia hidrográfica do Ivaí.
Geologia e Geomorfologia da Planície Aluvial do rio Ivaí em Curso Inferior	SANTOS et al (2008)	A planície aluvial do rio Ivaí mostra por intermédio de suas diferentes unidades morfoestratigráficas e associações faciológicas a complexa evolução da arquitetura aluvial. A tectônica está muito evidenciada pelas mudanças abruptas na direção geral do rio Ivaí e de seus meandros. O controle climático está demonstrado na associação vertical das fácies. Na base da sequência, há ocorrência de cascalhos maciços altamente limonitizados tendo sua formação a partir dos climas secos do Pleistoceno.
Evolução da Planície de Inundação e Confluência do rio Ivaí e rio Paraná na região do Pontal do Tigre, Icaraíma-PR: uma abordagem geomorfológica.	MORAIS (2010)	Os resultados encontrados atestam uma diversidade de ambientes na construção da Planície Paraná-Ivaí e uma dinâmica espacial da confluência durante o Pleistoceno. Portanto, a área da planície estaria ativa há pelo menos 23.400 A. P. Isso também implica no funcionamento de uma confluência dos sistemas fluviais Ivaí e Paraná distante 6 km da confluência atual durante esse período.

---

Considerações sobre o ambiente no Pleistoceno Tardio e Holoceno na região do baixo curso do rio Ivaí.	BERBET (2012)	A presença de fitólitos, espículas de esponjas e datações absolutas auxiliou na reconstrução paleoambiental. Com base em fitólitos e espículas de esponjas ( <i>O. navicella</i> ) foi possível caracterizar fases distintas. As datações consistiram em $22.090 \pm 25$ , ambiente em transição de seco para úmido e fase mais úmida que a anterior, datada em $850 \pm 30$ anos AP.
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

#### 4 FITÓLITOS

Os fitólitos se formam por meio de um processo de biomineralização com controle biológico, ou seja, por intermédio da matriz orgânica: as plantas constroem uma estrutura onde se introduzem os íons e ali são induzidos a se precipitar e cristalizar (OSTERRIETH, 2008, apud COE, 2009). Assim, a forma dos fitólitos recorda a célula em que foi formado.

As plantas absorvem a sílica na forma de ácido monossilícico  $\text{Si(OH)}_4$ , quando o pH do solo se encontra entre 2 e 9. Quando a pressão no interior da planta é negativa, ela absorve a água circulante do solo. Quanto maior a evapotranspiração, maior é a pressão negativa e maior a absorção de sílica. A sílica procede diretamente daquela dissolvida na solução do solo, em geral na forma de ácido monossilícico  $\text{Si(OH)}_4$ , o qual é bombeado pelas raízes e, desta forma, entra na composição da seiva bruta (MADELLA, 2008, apud COE, 2009).

Segundo Coe (2009) os fitólitos são produzidos: i) Nas folhas de gramíneas ou de plantas lenhosas, principalmente na epiderme (Fig. 1); ii) No tronco de árvores ou de arbustos; iii) Nas raízes de gramíneas ou de plantas lenhosas, onde se têm uma informação de tipo taxonômico ou ecológico muito baixa ou nula.

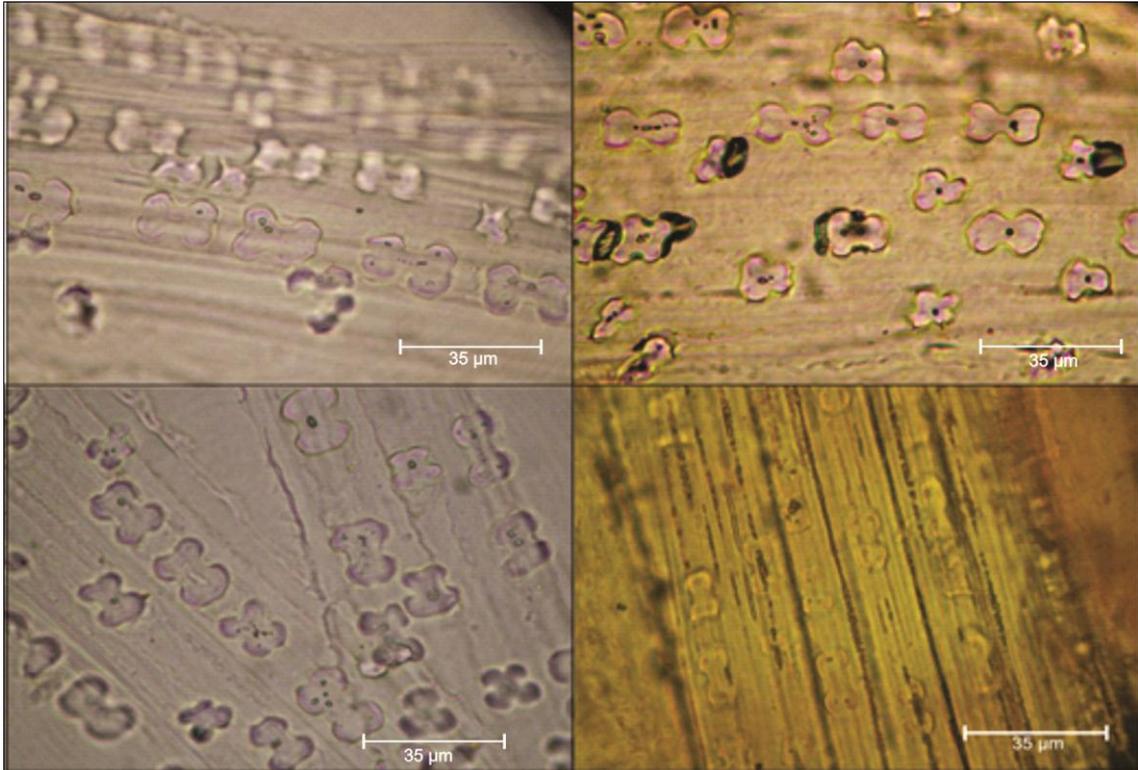


Figura 1: Fotografias exibindo morfologias de fitólitos (*bilobate*) presentes na epiderme de folhas da gramínea *Andropogon bicornis* L. Poaceae. Fonte: Trabalho do autor em desenvolvimento no Laboratório de Estudos Paleambientais da Fecilcam, junto com Mayara dos Reis Monteiro e Mauro Parolin.

A produção de fitólitos nos tecidos das plantas é influenciada por fatores genéticos e ambientais. Os fitólitos depositados nas células das plantas contribuem como: i) suporte mecânico para as células; ii)- resistência aos órgãos e estruturas das plantas; iii) proteção contra herbívoros e parasitas; iv)-neutralização dos ânions e cátions prejudiciais para as plantas (COE, 2009).

Cabe salientar, que a produção de Si pelas plantas ocorre de forma heterogênea. Alguns grupos de plantas produzem mais e outros menos. Os maiores níveis de produção fitolítica são das Poaceae (gramíneas), 20 vezes superior ao das dicotiledôneas lenhosas. Nas gramíneas os fitólitos são individualmente abundantes, atingindo de 1 a 5% de Si do peso seco (WEBB e LONGSTAFFE, 2000).

Nas folhas das Poaceae a silicificação ocorre de forma típica e atípica. A silicificação típica geralmente acontece em áreas costais (*short cells* como: *bilobate*, *cross*, etc.); a atípica é comumente observada em plantas mais velhas podendo ter ligação com fatores ambientais como abundâncias em sílcio na solução do solo ou na transpiração (MADELLA, 2008 apud COE, 2009).

As Cyperaceae, e outras famílias de monocotiledôneas também acumulam grande quantidade de sílica. Diversas espécies de famílias de dicotiledôneas tropicais também são produtoras de fitólitos, como, e. g. Acanthaceae, Annonaceae, Bignoniaceae, Burseraceae, Chrysobalanaceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Magnoliaceae, Moraceae, Malvaceae (PIPERNO, 1988; RUNGE, 1999).

Coe (2009) classifica os fitólitos seguindo três abordagens gerais: i) Taxonômica- consiste na relação direta entre um tipo de fitólito e um táxon de planta; ii) Tipológica- : não há ligação direta entre um tipo de fitólito e uma planta. As morfologias são descritas de acordo com suas características visuais e; iii) Taxonômico-tipológica, utiliza-se informação taxonômica, quando conhecida, devido a sua utilidade.

Devido à abundância da produção de fitólitos pelas plantas, é difícil atribuir valor taxonômico a um único fitólito. Porém, é possível identificar grupos de morfologias com valor taxonômico ao nível de tipo de vegetação. Estes grupos são chamados assembleias fitolíticas. Uma assembleia fitolítica é constituída de um número estatisticamente válido de tipologias fitolíticas e representa a produção média de fitólitos de uma vegetação em particular (COE, 2009).

Sendo assim, os estudos de fitólitos na reconstituição paleoambiental não buscam estabelecer quais espécies constituíam o ambiente em questão, mas se houve mudanças no tipo de cobertura vegetal, e.g: floresta /campo.

Do mesmo modo, os valores de  $\delta^{13}\text{C}$  da matéria orgânica do solo registram variações entre plantas C3 e C4, mas como as plantas C3 incluem vários táxons, bem como os das dicotiledôneas lenhosas, os valores  $\delta^{13}\text{C}$  não expressam precisamente a densidade arbórea (ALEXANDRE et al., 1999). Já os fitólitos permitem apontar entre gramíneas C3 e C4, podendo-se interpretar os valores  $\delta^{13}\text{C}$  como predominância de floresta ou campo C3.

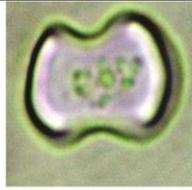
Os tipos de fitólitos apresentados nas figuras 2 e 3 são compostos de um consenso quanto a seu valor taxonômico, sendo consideradas as principais formas de fitólitos encontradas em solo/sedimento.



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Bilobate short cell

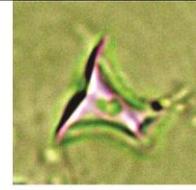
**Táxon:** POACEAE  
Panicoideae alta C4,  
Panicoideae C3;  
Chloridoideae, Arundinoideae  
Bambusoideae.



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Saddle

**Táxon:** POACEAE  
Chloridoideae baixas C4,  
Bambusoideae C3,  
Arundinoideae C3.



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Rondel

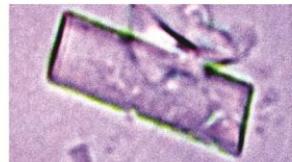
**Táxon:** POACEAE  
Pooideae C3 e  
Bambusoideae



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Elongate echinate long cell  
(elongate spiny)

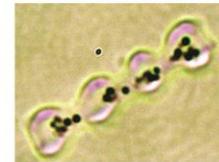
**Táxon:** POACEAE  
long cells de todas  
as gramíneas.



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Elongate psilate  
(elongate smooth)

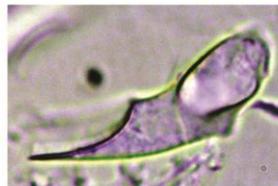
**Táxon:** POACEAE  
long cells de todas as gramíneas



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Cylindrical polylobate

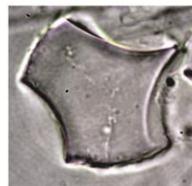
**Táxon:** POACEAE  
predominamnas Panicoideae  
(C4 e C3)



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Hair cell

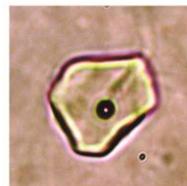
**Táxon:** POACEAE  
(micro-hair ou prickel s de todas as  
epidermes); Arecaceae,  
sementes de outras plantas



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Bulliform cell

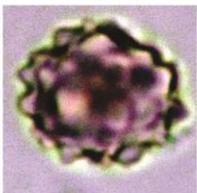
**Táxon:** POACEAE  
(células buliformes de todas as  
epidermes)



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Papillae

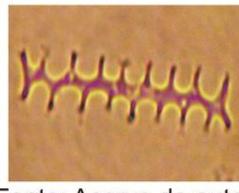
**Táxon:** CYPERACEAE



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Globular echinate

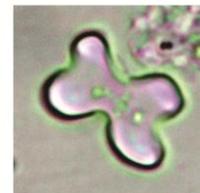
**Táxon:** ARECACEAE



Fonte: Acervo do autor

**Tipo:** Dentritic

**Táxon:** POACEAE  
Panicoideae C4



Fonte: RALBOLD, G.G.(2012)

**Tipo:** Cross

**Táxon:** POACEAE  
Panicoideae

Figura 2: Fotomicrográficas das principais tipos de fitólitos encontrados em solo/sedimento.

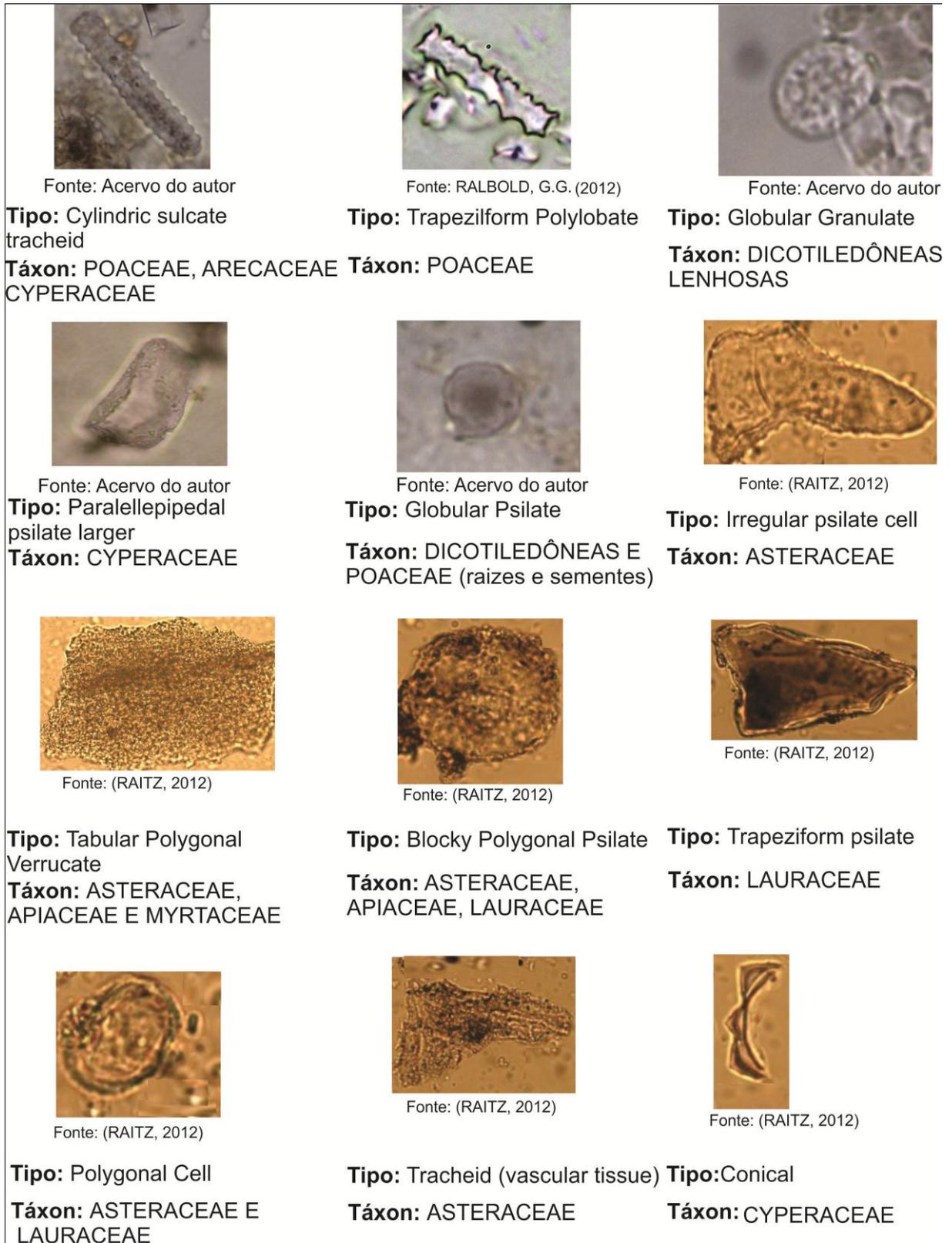


Figura 3: Continuação das fotomicrográficas das principais tipos de fitólitos encontrados em solo/sedimento.

## 5 OS ISÓTOPOS ESTÁVEIS DO CARBONO NOS ESTUDOS DE RECONSTITUIÇÃO PALEOAMBIENTAL

Os isótopos estáveis do carbono ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) ocorrem na natureza em proporções muito distintas. O  $^{12}\text{C}$  representa 98,89% do carbono encontrado na natureza, enquanto do  $^{13}\text{C}$  apenas 1,11%. Na superfície terrestre o carbono pode apresentar-se na forma de compostos orgânicos e inorgânicos, visto que durante os processos físicos, químicos e biológicos na sua formação pode ocorrer a razão isotópica ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) do produto final, sendo diferente da fonte que lhe deu origem (PESSENDA et al., 2001a).

Assim, o carbono inorgânico é enriquecido em  $^{13}\text{C}$ , enquanto o orgânico é empobrecido. A variação dos isótopos de carbono nas plantas e na matéria orgânica do solo é pequena, em torno de 2%. (BOUTON, 1991).

Nas últimas décadas, foram desenvolvidos diversos estudos utilizando os isótopos estáveis do carbono da matéria orgânica dos solos visando avaliar a dinâmica da vegetação e relacionar com possíveis mudanças paleoclimáticas. Dos trabalhos realizados utilizando essas ferramentas destacam-se: a) Datação de  $^{14}\text{C}$  e isótopos estáveis de carbono da matéria orgânica do solo em áreas de transição floresta-cerrado na região sul amazônica brasileira (PESSENDA et al., 1998a); b): Origem e dinâmica da matéria orgânica do solo e mudanças de vegetação durante o Holoceno em uma zona de transição floresta-savana brasileira Amazônia (PESSENDA, 2001); c) Mudanças na vegetação e incêndios holocênicos no sudeste o Brasil a partir de fósil de carvão e isótopos de carbono (PESSENDA et al., 2004b); d) Mudanças ambientais e inferências climáticas na região de Floresta Atlântica do sudeste do Brasil no último milênio (PESSENDA et. al, 2010), entre outros. Para tanto, utiliza-se o fracionamento isotópico de plantas que apresentam distintos ciclos fotossintéticos ( $\text{C}_3$ ,  $\text{C}_4$  e CAM), sendo que a matéria orgânica resultada destes tipos de plantas apresentam diferentes fracionamentos.

Vale salientar que os ciclos  $\text{C}_3$  e  $\text{C}_4$  apresentam valores de composição isotópica de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) diferentes, em aproximadamente 14‰ (Fig. 4). Assim, é possível determinar a origem da matéria orgânica do solo em diferentes profundidades possibilitando reconstituir a dinâmica da vegetação ao longo do tempo.

Segundo Boutton (1991) as plantas do ciclo fotossintético  $C_3$  geralmente são representadas por vegetação arbórea e consistem em cerca de 85% das espécies de plantas, com valores de  $\delta^{13}C$  entre  $-22\text{‰}$  a  $-31\text{‰}$ , média de  $-27\text{‰}$ . As  $C_4$  são representadas por gramíneas de origem tropical e subtropical, compreendendo somente 5% de todas as espécies de plantas, são correlacionadas a ambientes com altas temperaturas e luminosidade, os valores de  $\delta^{13}C$  dessas variam entre  $-17\text{‰}$  e  $-9\text{‰}$ , média de  $-13\text{‰}$ . As CAM compreendem aproximadamente 10% das espécies de plantas e.g: Cactaceae, Euphorbiaceae e Bromeliaceae. Apresentam valores  $\delta^{13}C$  que variam de  $-28\text{‰}$  a  $-10\text{‰}$  (Fig. 4).

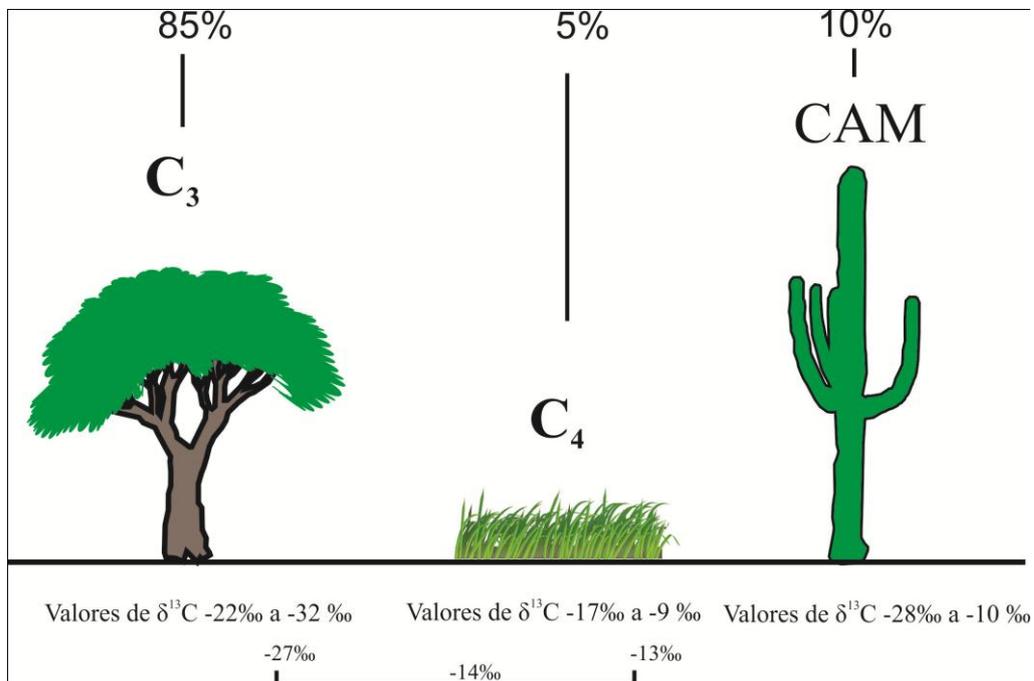


Figura 4: Valores Isotópicos do carbono característico dos diferentes ciclos fotossintéticos ( $C_3$ ,  $C_4$ , CAM). As barras apontam a abundância de espécies na natureza que realizam cada ciclo (BOUTTON, 1991).

## 6 ESPONJAS CONTINENTAIS

As esponjas, como diversos grupos de animais aquáticos, que tiveram sua origem nos oceanos (crustáceos, moluscos, peixes etc.), mas que, com o passar das eras geológicas, invadiram as águas doces dos continentes, dando origem a inúmeros grupos taxonômicos continentais, algumas esponjas marinhas também mostraram potencialidade para ocupar as águas doces dos continentes, dando origem assim a novas espécies, gêneros e famílias (VOLKMER-RIBEIRO;

PAROLIN, 2010). Os mesmos autores consideram que apenas as esponjas marinhas com espículas silicosas parecem ter tido sucesso nessa adaptação aos ambientes de águas continentais, pois todas as esponjas de água doce conhecidas têm espículas silicosas, ou seja, de opala. Essas espículas são os elementos fundamentais para proceder-se às identificações das espécies.

Outra característica importante das esponjas continentais é a da produção de corpos de resistência à seca ou ao congelamento, quando a água de que necessitam para viver deixa de estar disponível para a filtração. Nos períodos que antecedem os processos climáticos de secas estacionais ou acidentais ou de congelamento, as diversas populações de células dessas esponjas regridem ao estado totipotente ou embrionário, quando passam a ser denominadas de arqueócitos, os quais agrupam-se formando grande quantidade de pequenas esferas, as gêmulas, a seguir revestidas de capas de espongina, onde se implantam espículas diminutas, as gemoscleras, constituindo uma parede externa praticamente vitrificada. Assim, as gêmulas garantem que os arqueócitos no seu interior permaneçam com toda a potencialidade para gerarem novas esponjas na próxima estação de águas favoráveis para cada espécie. Esses novos indivíduos, que se originaram dos arqueócitos contidos nas gêmulas, vem a serem clones das esponjas que lhes deram origem.

Além disso, como essas gêmulas têm a capacidade de se desprenderem do corpo da esponja mãe e flutuarem, contribuem também para dispersão das espécies. Nesse processo não existe troca de gametos. Essa ocorre com a reprodução sexuada, que esses animais realizam nos períodos em que o ambiente aquático lhes é favorável (VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN, 2010).

Segundo Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010) as esponjas continentais só conseguem viver em ambientes de águas bem oxigenadas, ricas em sílica e isentas de alterações ambientais recorrentes, aí compreendido: poluição por efluentes de esgotos domésticos ou industriais ou carga de sedimentos oriundos de movimentações de solos na bacia e que podem impedir a ação filtradora desses animais como, por exemplo, a retirada da vegetação ripária, terraplanagem, mau uso do solo e agricultura mecanizada. Nesse sentido, as esponjas continentais constituem excelentes indicadores biológicos que apontam para águas em condições naturais ou bastante próximas dessas (BATISTA et al., 2003; VOLKMER-RIBEIRO; MACHADO, 2007).

No Estado do Paraná o estudo da ocorrência desses animais é muito recente, tendo início em 1999 sobre materiais encontrados no conteúdo estomacal de peixes raspadores de fundo (e.g. cascudo chita” *Hipostomus regania* e o “cascudo abacaxi” *Megalancistrus aculeatus*) no lago de Itaipu (VOLKMER-RIBEIRO, 1999). Em 2005 realizaram-se incursões na bacia do rio Piquiri (VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN, 2005) com a detecção das espécies *Sterrastrolepis brasiliensis*, *Oncosclera navicella*, *Oncosclera tonolli*. No trabalho seguinte foi identificada por Volkmer-Ribeiro et al. (2010) uma espécie nova no lago de Itaipu, município de Guaíra, a *Potamophloios guairensis*, o mesmo trabalho detectou e mapeou a ocorrência das espécies *Corvospongilla seckti*, *Radiospongilla amazonensis*, *Trochospongilla repens*. Ainda em 2010, Volkmer-Ribeiro e Parolin fizeram uma busca mais detalhada por esponjas continentais: nos rios do litoral paranaense e nas bacias dos rios Ivaí, Paraná (I, II e III), Ribeira e Tibagi. Em que pese o extenso levantamento foram detectadas espécies apenas na bacia do rio Ivaí (*O. navicella* e *Oncosclera jewelli*) (VOLKMER-RIBEIRO; PAROLIN, 2010).

## **7 CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA**

Neste item será feita uma descrição das principais características ambientais da área de estudo: Localização, clima, vegetação e uso da terra, geologia, geomorfologia e pedologia.

### **7.1 Localização**

A área de estudo localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense, na porção noroeste do Estado do Paraná, região do baixo curso do rio Ivaí, na parte oriental da bacia sedimentar do Paraná. Os limites deste planalto se verificam desde a Serra do Cadeado até ao rio Paraná, no sentido Leste-Oeste. O Terceiro Planalto caracteriza-se em sua hipsometria por áreas que vão desde aproximadamente 800m até 200 m, às margens do rio Paraná (MAACK, 1981). A sua principal feição geológica é a Formação Serra Geral, uma desconstituição basáltica que data do Juro-Cretácico juntamente com a Formação Caiuá, esta compostas por arenitos.

Esse trabalho analisou parte do segmento do baixo curso do rio Ivaí localizado aproximadamente a 18 km ao norte da cidade de Douradina- PR (Fig. 5). Na figura 5 é possível visualizar os locais onde foram realizadas as sondagens. Nas porções mais altas da área estudada é possível identificar materiais da Formação Caiuá, além de terraços associados à planície do rio Ivaí (Fig. 6).

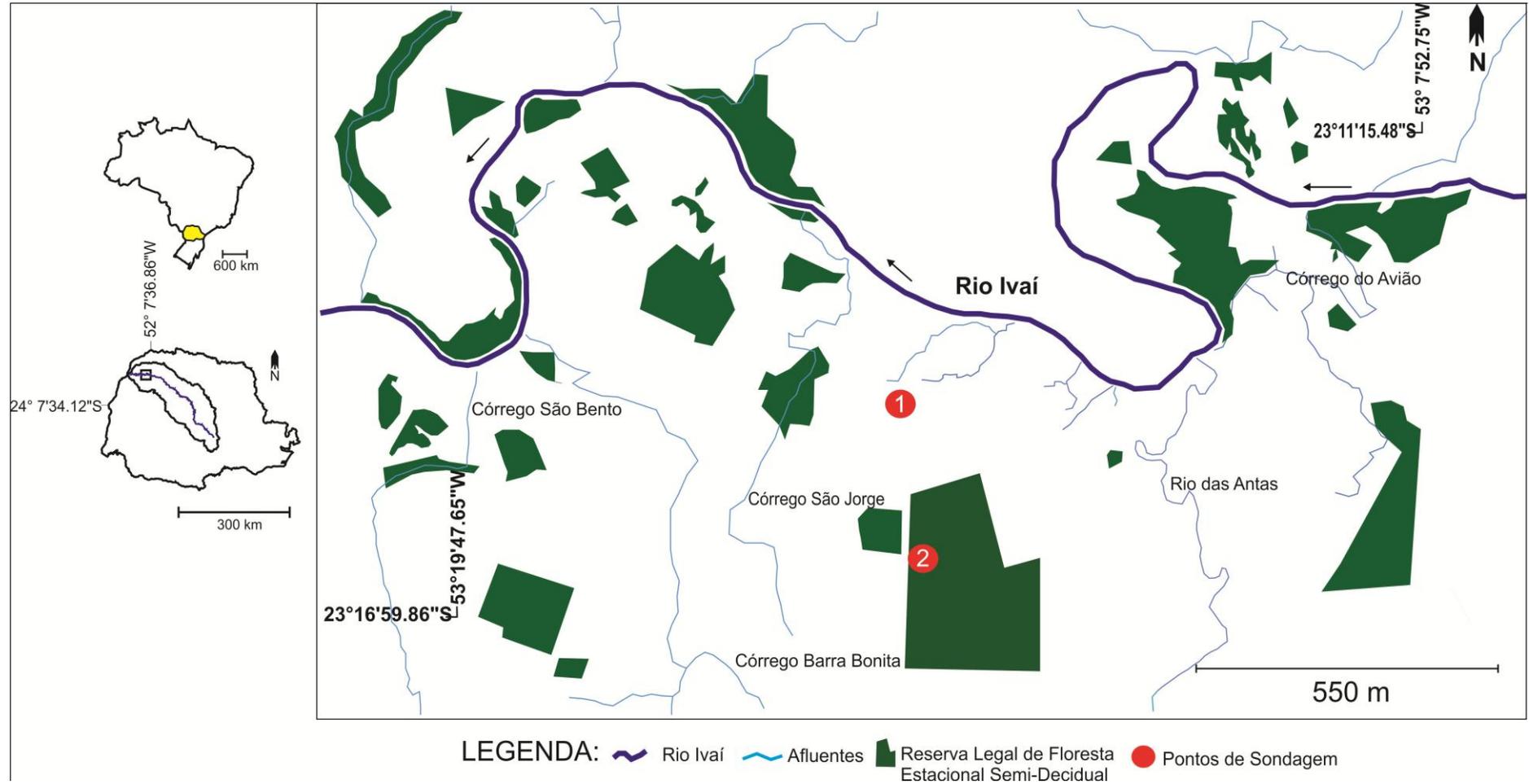


Figura 5: Mapa de localização da área de estudo e pontos de sondagens. O mapa representa um segmento do baixo curso do rio Ivaí localizado próximo à cidade de Douradina- PR. Fonte: Imagem de Satélite CNES/SPOT (2012).



Figura 6: Visão parcial da área de estudos. Na imagem observa-se a área de terraço e na parte superior solos desenvolvidos sobre a Formação Caiuá. Foto: PAROLIN, Mauro, 2012.

## 7.2 Clima

Segundo o Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG, 2012) a área de estudo localiza-se em uma região de transição climática do tipo Cfa (Tropical) e algumas áreas do tipo Cfb (Subtropical) e Cwa/Cfa (subtropical/tropical de altitude) (Classificação de KOEPPEN e GEIGER, 1928) (Fig. 7), com verões quentes e geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, diminuindo no inverno.

As médias de temperaturas no mês de janeiro apresentam valores entre 19,8°C e 30,2°C, e no mês de julho, o mais frio entre 11°C a 24°C. A pluviosidade média é maior em dezembro (159 mm) e menor em julho (52 mm), com média anual de 1600 mm (IAPAR, 2012).

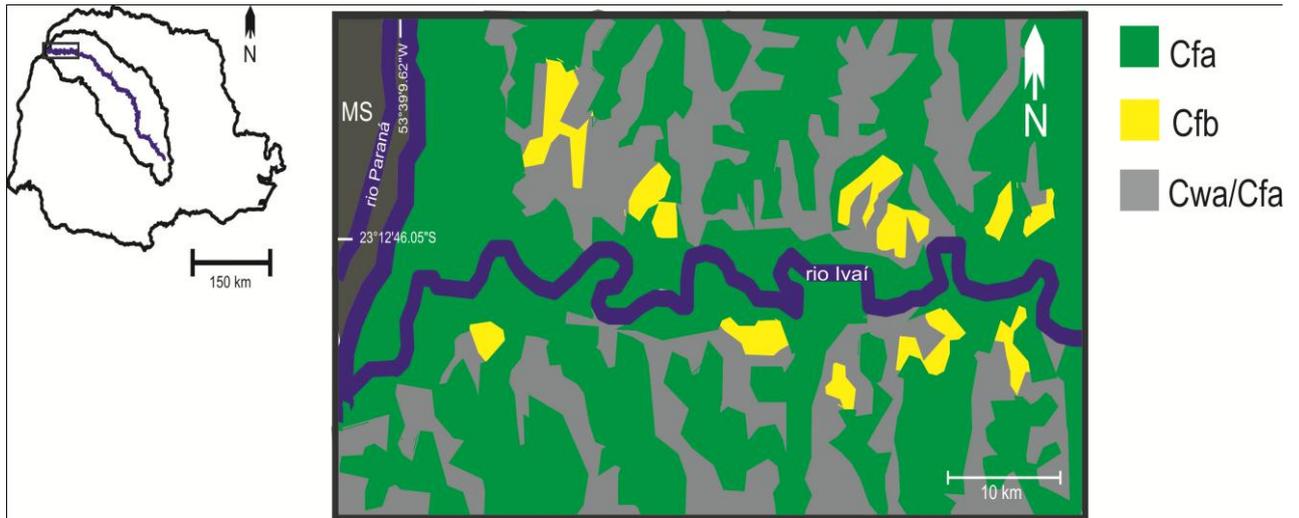


Figura 7: Mapa Climático da região do baixo curso do rio Ivaí. Fonte: ITCG (2012).

### 7.3 Vegetação e Uso da Terra

A vegetação nativa da bacia hidrográfica do rio Ivaí já foi muito alterada restando hoje poucos remanescentes pertencentes à Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, vegetação aluvial e Cerrado (PAROLIN et al., 2010).

Na região do baixo curso do rio Ivaí a Floresta Estacional Semidecidual apresenta características tropicais com aparência menos exuberante por se desenvolver em solos mais arenosos na área de ocorrência da Formação Caiuá (IBGE, 2012). Vale ainda ressaltar, que a vegetação natural desta região sofreu uma grande devastação desde meados do Século XIX, com a ocupação dos imigrantes europeus desenvolvendo um processo de exploração madeireira e o aumento do número de serrarias. Esta exploração da vegetação primária gerou o desaparecimento de florestas promovendo grandes áreas abertas, visto que passaram a ser ocupadas pela cultura cafeeira até o início da década de 1970 (CAMPOS, 1999).

Posteriormente, com o declínio da atividade cafeeira, as culturas associada, ao plantio de grãos (soja e milho) e as pastagens para a pecuária passaram a predominar na região juntamente com o processo de modernização da agricultura paranaense (FUJITA, 2009). Ainda com todo esse processo de exploração é possível encontrar discretamente alguns remanescentes da vegetação natural.

Esses remanescentes estão em áreas onde a aptidão agrícola ou pastagem fica mais difícil e.g. próximo a várzeas inundáveis com as cheias fluviais.

Na área de estudo a vegetação pode ser classificada com Floresta Estacional Semidecidual. No entanto, a mesma está muito degradada, podendo ser encontrada apenas em áreas de Reserva Legal (Fig. 8). Em campanha, realizada com o Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambu (Curador do Herbário da UTFPR/Campo Mourão), constatou-se a existência de algumas espécies exóticas invasoras, por exemplo: *Leucaena leucocephala* (Lam.) R. de Wit.(México) e *Melia azedarach* L. (Índia), bem como em pequenas porções havia a presença de *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. (peroba rosa), espécie nativa da região. Na área correspondente ao terraço Ivaí, tem-se o predomínio de áreas de pastagem com pequenas porções de cultivo de espécies do gênero *Eucalyptus* Sp., próximo ao canal do rio Ivaí, há a presença de vegetação ripária até aproximadamente 70m da margem.

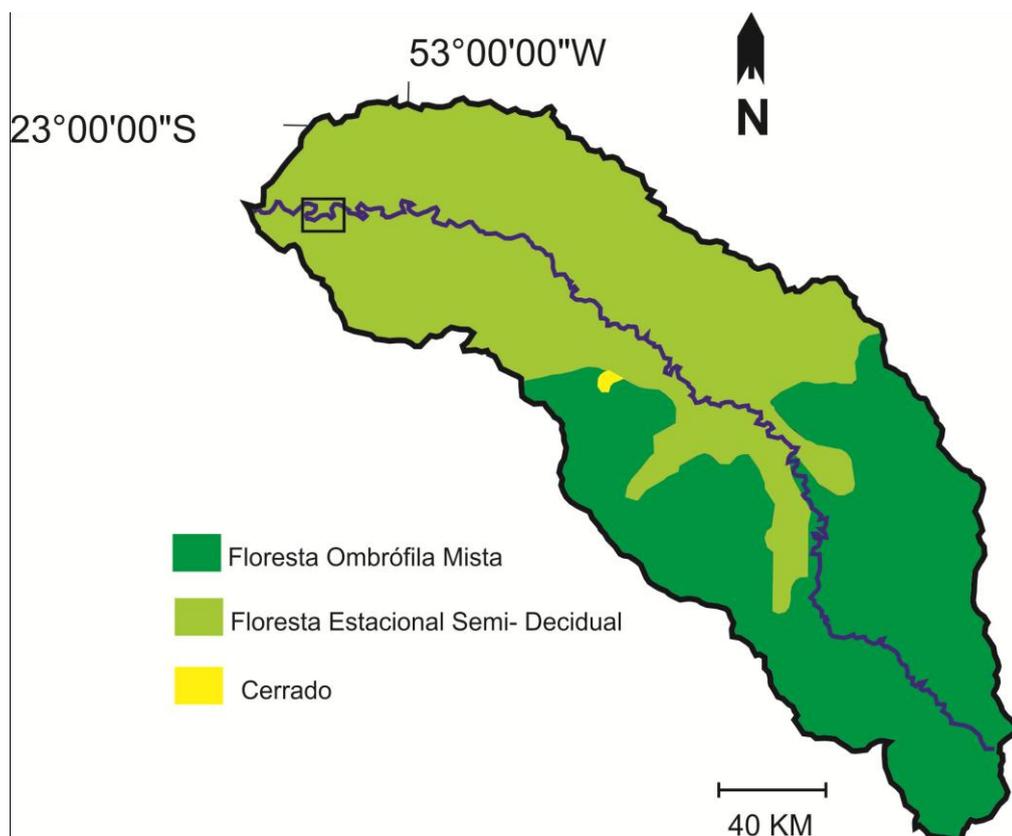


Figura 8: Mapa de Vegetação da Bacia Hidrográfica do Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: (ITCG, 2012)

## 7.4 Geologia

A bacia do rio Ivaí apresenta três grupos litoestratigráficos distintos: a) Rochas paleozóicas do Grupo Passa Dois – na parte superior da bacia; b) Rochas vulcânicas juro-cretáceas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) na parte intermediária e c) Arenitos cretáceos da Formação Caiuá (Grupo Bauru) na parte inferior (Fig. 9).

Na região centro-sul brasileira os grandes alinhamentos tectônicos de direção NW, NE e EW, desenvolvidos desde o final do mesozóico, são bastante reconhecidos na literatura (ASMUZ, 1981; SOARES et al, 1982; AMARAL e COSTA, 1983; ZÁLAN et al, 1986). Esses lineamentos regionais influenciaram na sedimentação do Grupo Bauru, do qual a Formação Caiuá faz parte.

O segmento inferior do rio Ivaí, possui 164 km de comprimento entre as cotas altimétricas de 250 a 230m do início da planície à sua foz. Neste segmento, o rio passa a escoar sobre os arenitos da Formação Caiuá e os sedimentos aluviais da planície (DESTEFANI, 2006).

O rio Ivaí apresenta uma planície aluvial nos seus últimos 150km, a partir da corredeira do Ferro, no município de Tapira-PR. A planície aluvial consiste num conjunto de depósitos com mais de 20m de espessura, formado por pelitos com delgadas e descontínuas camadas de cascalho e areia grossa depositadas sobre a Formação Caiuá. Essa formação aflora somente em alguns pontos na margem ou no leito do rio, como um arenito fino a médio, estratificado, de coloração avermelhada e fortemente cimentada. O alto grau de cimentação na região da planície exerce um forte controle litológico no canal do rio Ivaí, que, aliado aos lineamentos tectônicos, condiciona seu traçado (SANTOS et al., 2008).

Neste contexto, SANTOS et al. (2008), ressalta, que os alinhamentos tectônicos a NW e NE controlam o traçado meândrico do rio. Esses alinhamentos são reconhecidos nas direções de fratura dos afloramentos do Arenito Caiuá dentro do canal do rio. O rio Ivaí abandona o sentido geral NW e passa a correr no sentido E-W a partir da corredeira do Ferro (Tapira) até sua foz, no rio Paraná.

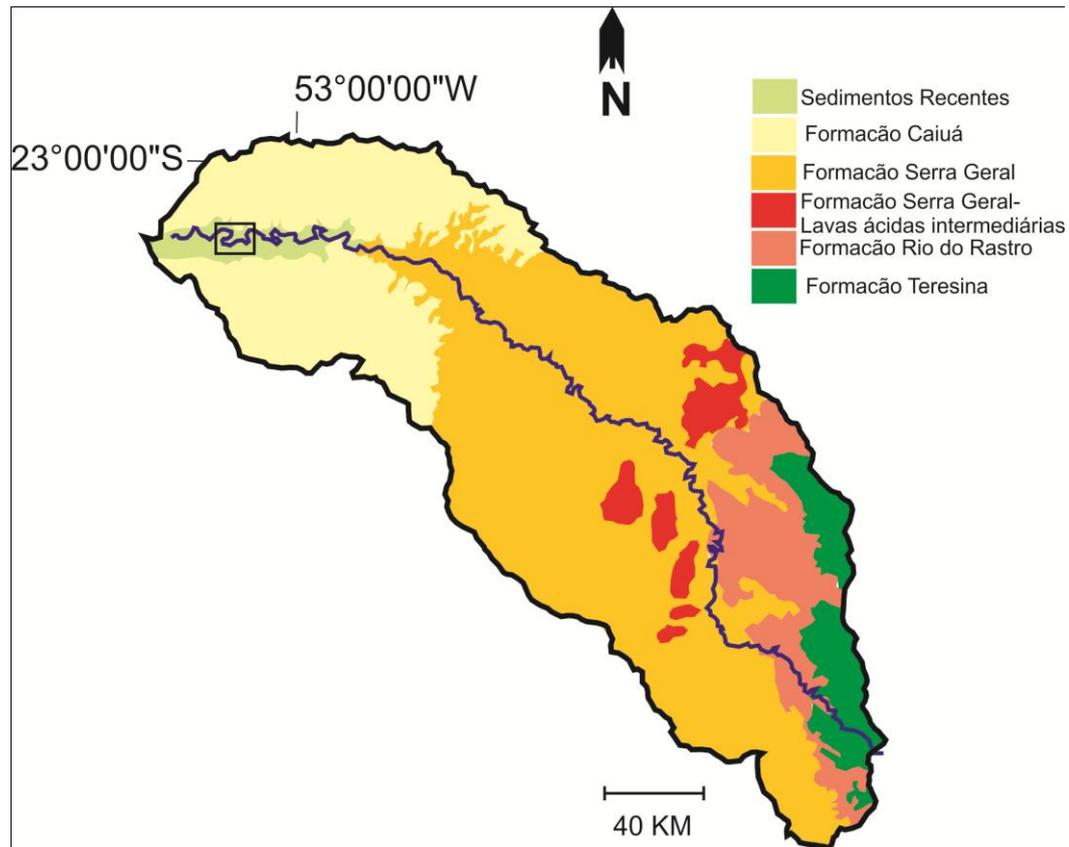


Figura 9: Mapa geológico da Bacia Hidrográfica do Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: (ITCG, 2012)

## 7.5 Geomorfologia

A região estudada está sob o domínio do Arenito Caiuá, visto que o relevo apresenta-se uniforme e horizontalizado de colinas convexas, caracterizado por extensas chapadas e platôs suavemente ondulados (FUJITA, 2009). Pela influência dos interflúvios da bacia do Ivaí, a região apresenta vertentes transversais, alongados, com topos relativamente planos e inclinado, formando um conjunto de colinas amplas e com vertentes longas, as quais dificilmente ultrapassam 500m de altitude (MAACK, 1981).

A geomorfologia da planície aluvial do Ivaí é classificada em seis unidades morfoestratigráficas: i) Planície Paraná-Ivaí, ii) Planície Ivaí, iii) Terraço Paraná, iv) Terraço Ivaí, v) Leque Aluvial e vi) Canal Fluvial (Fig. 10). A área de estudos segundo essa classificação está inserida na unidade Terraço Ivaí, a qual se caracteriza por patamares escalonados planos e pouco ondulados, com depósitos sedimentares com pelitos, areia fina maciça com grande quantidade de matéria orgânica (SANTOS et al., 2008).

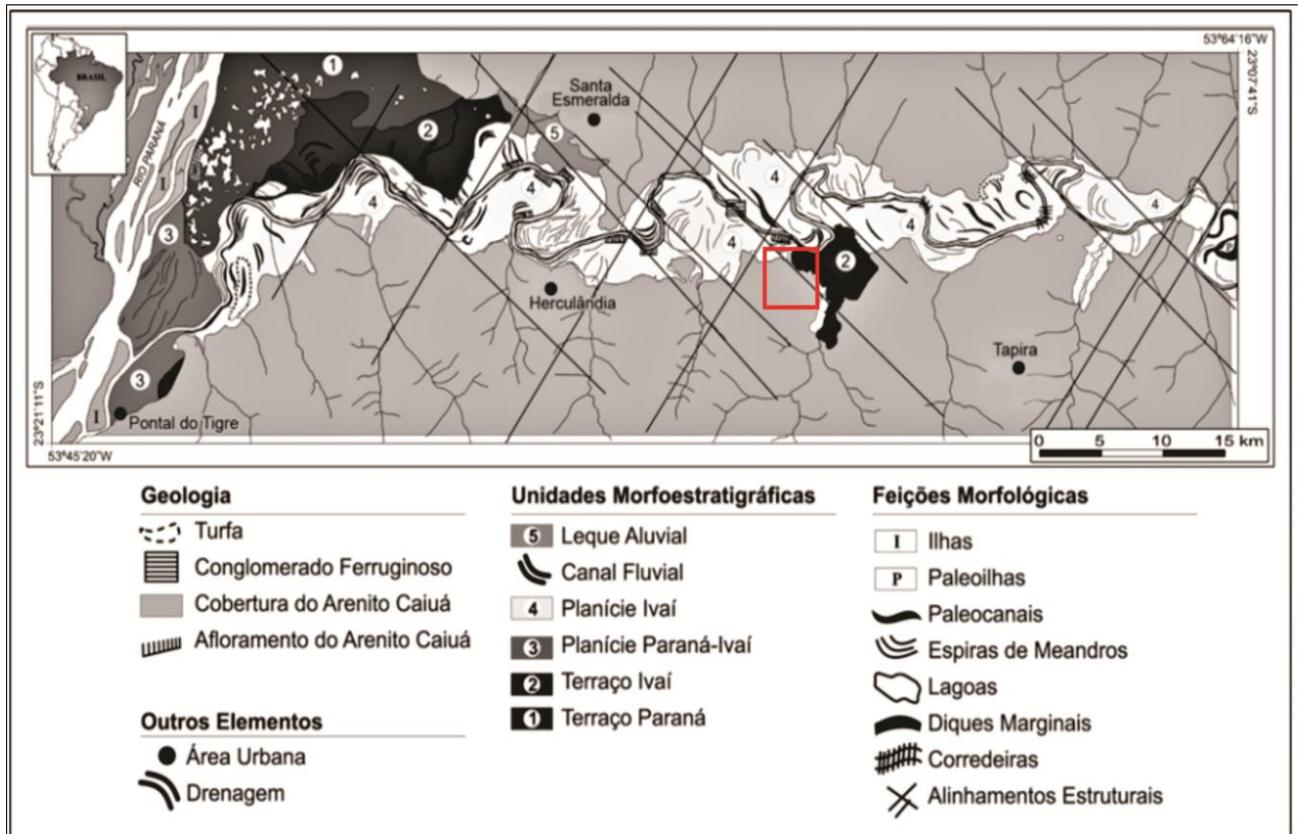


Figura 10: Mapa geológico-geomorfológico da planície aluvial do rio Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: Adaptado de SANTOS et al., (2008).

Em campanha realizada na área de estudo, constatou-se que o relevo apresenta características típicas do Planalto de Umuarama e a Planície Aluvial (Fig. 11), com vertentes alongadas, topos aplainados pouco ondulados com altitude aproximada de 350m. No Terraço Ivaí, caracteriza-se por uma área plana com altitude variando de 249 a 255m. Segundo informações obtidas com moradores locais, mesmo nas maiores cheias do rio Ivaí a água não chega à região dos terraços.

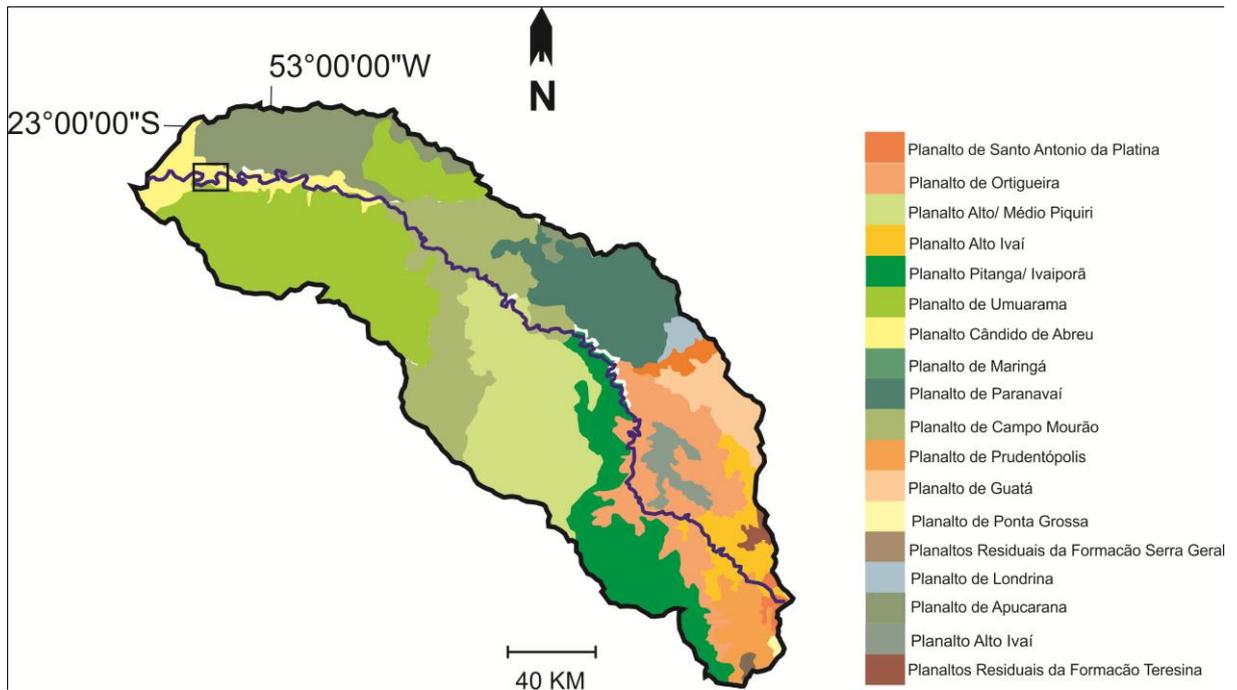


Figura 11: Mapa geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: (FUJITA, 2009)

## 7.6 Pedologia

Na região do baixo curso do rio Ivaí, predominam os solos Latossolo Vermelho, textura arenosa/média, nos topos e altas vertentes e os solos Argissolo Vermelho-Amarelo e/ou Argissolo Vermelho, textura arenosa/média, ocorrem nas médias e baixas vertentes. O Latossolo Vermelho, textura arenosa/média, desenvolve-se em relevo com topos planos, ligeiramente convexos, vertentes longas (NAKASHIMA e NÓBREGA, 2003).

Esses solos têm profundidade superior a 300cm. Na maior parte dos casos, apresentam seqüências de horizontes A-Bw-C, pouco diferenciados, geralmente com transição difusa plana. A coloração é geralmente bruno-avermelhada no horizonte A e vermelho-escura no horizonte B. A estrutura no horizonte A caracteriza-se por ser fraca moderada a moderadamente desenvolvida. A consistência é ligeiramente dura a dura, quando seco, ligeiramente friável ou friável quando úmido e ligeiramente plástica e pegajosa quando molhado. Estes solos são geralmente bastante permeáveis (EMBRAPA-IAPAR, 1984).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos, textura arenosa/média, apresentam profundidades que variam de 100 a 200cm. Esses solos são encontrados

geralmente nas médias e baixas vertentes. Em geral apresentam sequências de horizontes A-E-Bt-C ou A-E-Bt-Bw-C. A coloração é variada, desde vermelho-amarelada a vermelho-escura. Possui um nítido contraste de cores entre os horizontes, cuja transição se faz, geralmente, de forma gradual ou abrupta. A estrutura no horizonte A é granular, fraca, com grãos simples; a consistência é fraca, não plástica, não pegajosa. O horizonte E é geralmente claro, com grãos soltos, muito porosos. O horizonte Bt é mais argiloso, com estrutura subangular, fraca a moderada; sua consistência é ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa. A ocorrência de cerosidade é frequente nesses solos, mas em determinadas ocasiões, pode ser pouco desenvolvida (EMBRAPA – IAPAR, 1984).

Na planície aluvial do rio Ivaí, desenvolvem-se sobre esses sedimentos, os Gleissolos, Organossolos e Neossolos Flúvicos (NAKASHIMA e NÓBREGA, 2003). Os Gleissolos, segundo EMBRAPA (1999), são solos que apresentam espessuras variadas, normalmente 100 a 150cm; com sequência de horizontes A, Bg, Cg ou A, Cg ou Ag. A textura é variada, arenosa, areno-argilosa ou mesmo argilo-arenosa, o qual é caracterizado por cores variadas.

Próximo às margens do rio Ivaí ocorre os Organossolos, os quais apresentam normalmente espessura de 40 a 80cm. Apresentam teores elevados de matéria orgânica, geralmente superior a 20%. A coloração desses solos é preta ou cinza muito escura com textura bastante variada.

Já nas áreas de Terraço, os solos encontrados são os Neossolo Flúvico. Caracterizam-se por serem espessos, com 150 a 200 cm ou mais, com textura variada, arenosa ou argilosa. Em regra, apresentam camadas estratificadas com sucessão de camadas arenosas e argilosas, sendo solos moderadamente drenados (NAKASHIMA e NÓBREGA, 2003).

Na área de estudo os solos caracterizam-se distintamente nos dois pontos de coleta. No ponto situado sobre a Formação Caiuá, tem-se um Latossolo-Vermelho escuro com textura arenosa (Fig. 12A e 13). De acordo com o ITCG (2012), no ponto sobre o Terraço Ivaí a cobertura de solo é composta pelo Neossolo Flúvico de cor cinza e textura arenosa, sendo que nas áreas de várzeas a camada superficial apresenta uma coloração escura com grande quantidade de matéria orgânica (Fig. 12B e 13).

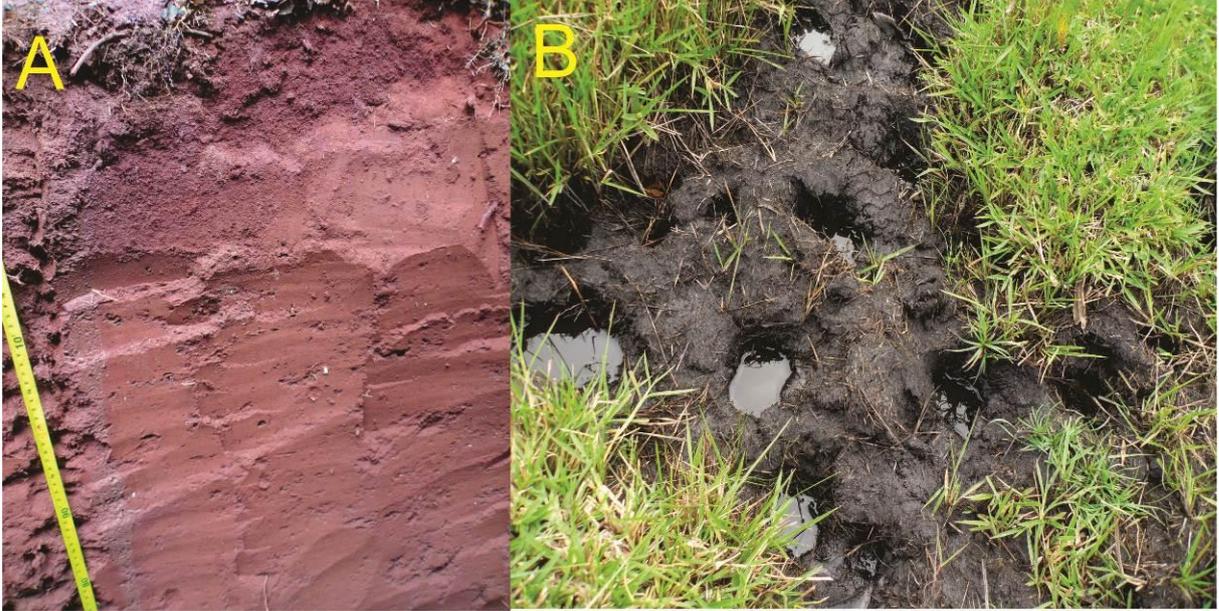


Figura 12: Tipos de solo existentes nos pontos de coleta da área de estudos no município de Douradina-PR. A) Latossolo-vermelho existente no ponto em meio a uma reserva legal. B) Neossolo Flúvico com grande quantidade de matéria orgânica existente no ponto do Terraço Ivaí.

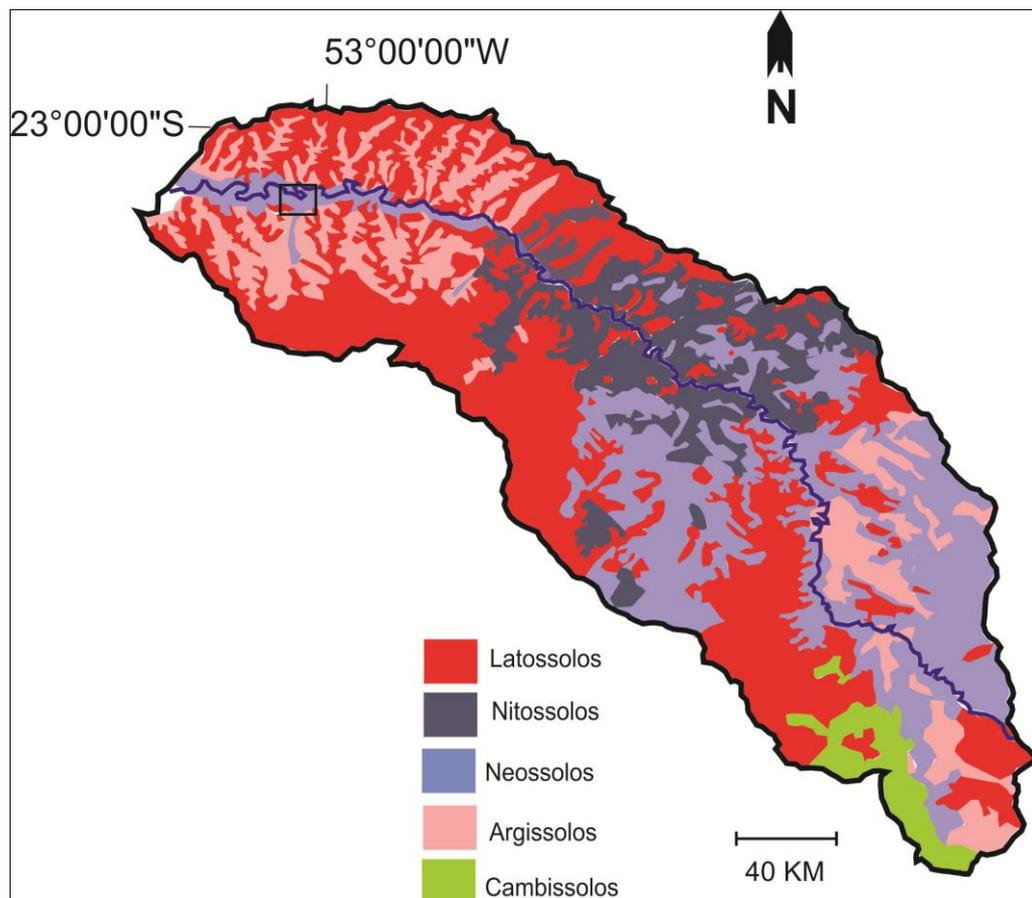


Figura 13: Mapa pedológico da Bacia Hidrográfica do Ivaí destacando a área de estudo. Fonte: ITCG (2012)

## 8 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento dessa pesquisa foi executado em três etapas: I - trabalhos de campo; II - datações e III - protocolos laboratoriais.

### *Etapa I*

Os trabalhos de campo foram realizados no segundo semestre de 2011 e no primeiro semestre de 2012 respectivamente. Na primeira campanha as atividades constituíram-se de: a) reconhecimento da área; b) perfuração de um testemunho de 290 cm de profundidade via impacto de marreta sendo retirado com auxílio de um bipé e talha; c) na abertura de uma trincheira a 250cm de profundidade em uma reserva legal (Fig. 14 e 15).



Figura 14: Fotografias exibindo etapas do trabalho de campo onde se realizou a sondagem no terraço Ivaí para a retirada de testemunho de amostra.



Figura 15: Fotografias mostrando a coleta de amostras de uma trincheira no interior de uma mata nativa que faz parte de uma reserva legal.

Durante a primeira campanha foi realizada a descrição morfológica da trincheira a descrição do perfil de solo seguindo os procedimentos de Santos et al. (2005) e a coleta de amostras. As amostras foram coletadas da trincheira a cada 10 cm sentido base-topo, identificadas conforme a sua profundidade, acondicionadas em sacos plásticos (~5 kg) e levadas ao Lepafe onde foram secas. Como as amostras seriam alvo de determinações isotópicas ( $^{14}\text{C}$  e  $\delta^{13}\text{C}$ ), tomou-se diversas precauções para que as mesmas fossem manuseadas sempre com proteção adequada.

O tubo com sedimento foi aberto e descrito no Lepafe, coletando-se amostras a cada 5cm, posteriormente as amostras foram secas em estufa com temperatura de 60°.

A segunda campanha teve por objetivo: a) levantamento topográfico; b) identificação de espécies pelo prof. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambu Curador do Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - HCF/UTFPR- campus Campo Mourão); c) coleta de plantas atuais para determinação da composição

fitolítica. A elaboração do perfil topográfico da área foi realizada em atividade de campo, na segunda campanha, com o auxílio do Prof. Dr. Mauro Parolin. Os dados foram levantados com Clinômetro de mão CST/Berger® durante a campanha e posteriormente desenhados em gráfico gerado no software CorelDraw X5®.

O perfil topográfico ligou o canal do rio Ivaí, até o final a área do Terraço Ivaí.

### ***Etapa II***

A segunda fase consistiu na separação das amostras para datações por  $^{14}\text{C}$ , análise isotópica  $\delta^{13}\text{C}$  e por Luminescência Ópticamente Estimulada (LOE).

A preparação do material para datação por  $^{14}\text{C}$  consistiu na retirada de partículas de carvão, com auxílio de lupa e pinça sem contato manual, contidas no solo em dois intervalos (210-220 e 140-150 cm).

Para análise isotópica  $\delta^{13}\text{C}$  foram enviadas oito amostras de solo (30-40cm; 50-60cm; 90-100cm; 110-120cm; 140-150cm; 170-180cm; 190-200cm e 210-220cm) armazenadas em tubetes de 2ml.

As amostras para  $^{14}\text{C}$  utilizando o sistema AMS e  $\delta^{13}\text{C}$  foram enviadas para o CAIS (*Center for Applied Isotope Studies, the University of Georgia*). As datações absolutas de  $^{14}\text{C}$  foram calibradas e calculada a média em com base no software CALIB 6.0 (Programa de calibração de Radiocarbono), disponível em: <http://calib.qub.ac.uk/calib/calib.html>

Para datação LOE, foram retiradas duas amostras (290- 280cm e 100-85 cm) da coluna de sedimentos recuperados via tubo. As mesmas foram enviadas para a empresa Datação, Comércio e Prestação de Serviços LTDA.

### ***Etapa III***

A terceira fase da pesquisa teve como foco os procedimentos laboratoriais adotados para extração dos fitólitos contidos nos sedimentos/solo e as análises granulométricas.

Para a extração dos fitólitos em solo, utilizou-se um método proposto por Santos et al. (2011), constituindo em: i) secar as amostras em estufa (40°C/12h); ii) peneirar o material em peneiras de 0,25mm; iii) separar 15g do material peneirado em um cadinho de porcelana, deixando-se o material em mufla a 500°C/5 horas

(queima da matéria orgânica); iv) tratar o material com 25ml de HCl (ácido clorídrico) durante 1h (eliminação de impurezas das cinzas e do óxido de ferro); v) reduzir a acidez lavando-se o material três vezes com água destilada, agilizandose o processo com centrifugação (1.000 rpm/5min.); vi) repetir o procedimento “iv e v” por três vezes, posteriormente diluiu-se o material em provetas (100ml) com água destilada, removendo a argila por sifonamento, a partir de 10 agitações a cada 10 minutos; vii) secar o material resultante em estufa á 110°C; viii) misturar ao material seco com  $ZnCl_2$  (densidade  $2,35g/cm^3$ ), agitando-se com bastão de vidro; ix) centrifugar o material por 4min., recuperando-se a porção sobrenadante; x) lavar com água destilada (centrifugação 1.000 rpm/5min.) acrescentando-se algumas gotas de HCl, desprezando-se o sobrenadante; xi) o material resultante foi pingado sobre lâminas de vidro que após secagem foi coberto com Entellan® e lamínula (Fig. 13). As amostras finais foram guardadas em um recipiente com pequeno volume de água. As lâminas de microscopia estão disponíveis para consulta de outros pesquisadores no Lepafe.



Figura 16: Fotografias mostrando as diferentes etapas necessárias para a extração dos fitólitos. a) peneiramento da amostra b) preparação para queima de matéria orgânica c) inserção de ácido clorídrico (HCL) nas amostras d) centrifugação das amostras e) preparação de lâminas de microscopia f) análise das lâminas em microscópio óptico

As amostras para análise granulométrica foram selecionadas de acordo com a descrição do perfil do material coletado disponível no item 6. As análises do material coletado no terraço foram realizadas no Laboratório de Pedologia do Grupo de Estudos Multidisciplinares da Universidade Estadual de Maringá (UEM), pelo método de pipetagem e peneiramento (SUGUIO, 1973). Já para as amostras coletadas na trincheira, as análises foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia da UEM pelo método de densímetro (KIEHL, 1979).

Os fitólitos foram identificados e classificados conforme proposta de Madella (2005). As análises fitolíticas consistiram na contagem de 200 fitólitos classificáveis por sequência a cada 5cm do material do terraço Ivaí e a cada 10cm do solo da trincheira reserva, seguindo proposta adotada por Coe (2009). Posteriormente, foi feita uma contagem absoluta de fitólitos em cinco vistas na lente de 40x/0.7 do microscópio óptico de uma lâmina por sequência dos dois perfis para determinação da densidade e concentração dos fitólitos, além do percentual das principais morfologias encontradas. Os gráficos de quantificação e percentual dos fitólitos foram gerados no software *Tilia GraphView*.

No trabalho de microscopia foram observadas a presença de espículas de esponjas continentais e frústulas de diatomáceas. As espículas foram identificadas e quantificadas tendo por base Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010). As frústulas de diatomácea foram identificadas de acordo com Leandrini et al. (2010).

## **9 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste item estarão sendo apresentados os resultados obtidos na pesquisa, bem como as interpretações paleoambientais do Terraço Ivaí e da Trincheira Reserva.

### **9.1 Análises Granulométricas, Coleta de plantas e Topografia**

A sondagem realizada no Terraço Ivaí consiste em um testemunho sedimentar de 290 cm. Os resultados da granulometria apontaram uma variação diversificada: a) na base, entre 290-275 cm verificou-se maior percentual de areia média a fina e o visível aumento de matéria orgânica, com baixa fração de silte e

argila, evidenciando deposição laminar típica de canal fluvial na base, diminuindo essas deposições e a quantidade de matéria orgânica no sentido ao topo; b) na porção entre 220- 68 cm é possível observar um maior percentual de areia fina a muito fina, com fragmentos de carvão; c) próximo ao topo, entre 68 -0cm verifica-se o aumento da fração de silte e da matéria orgânica (Fig. 17).

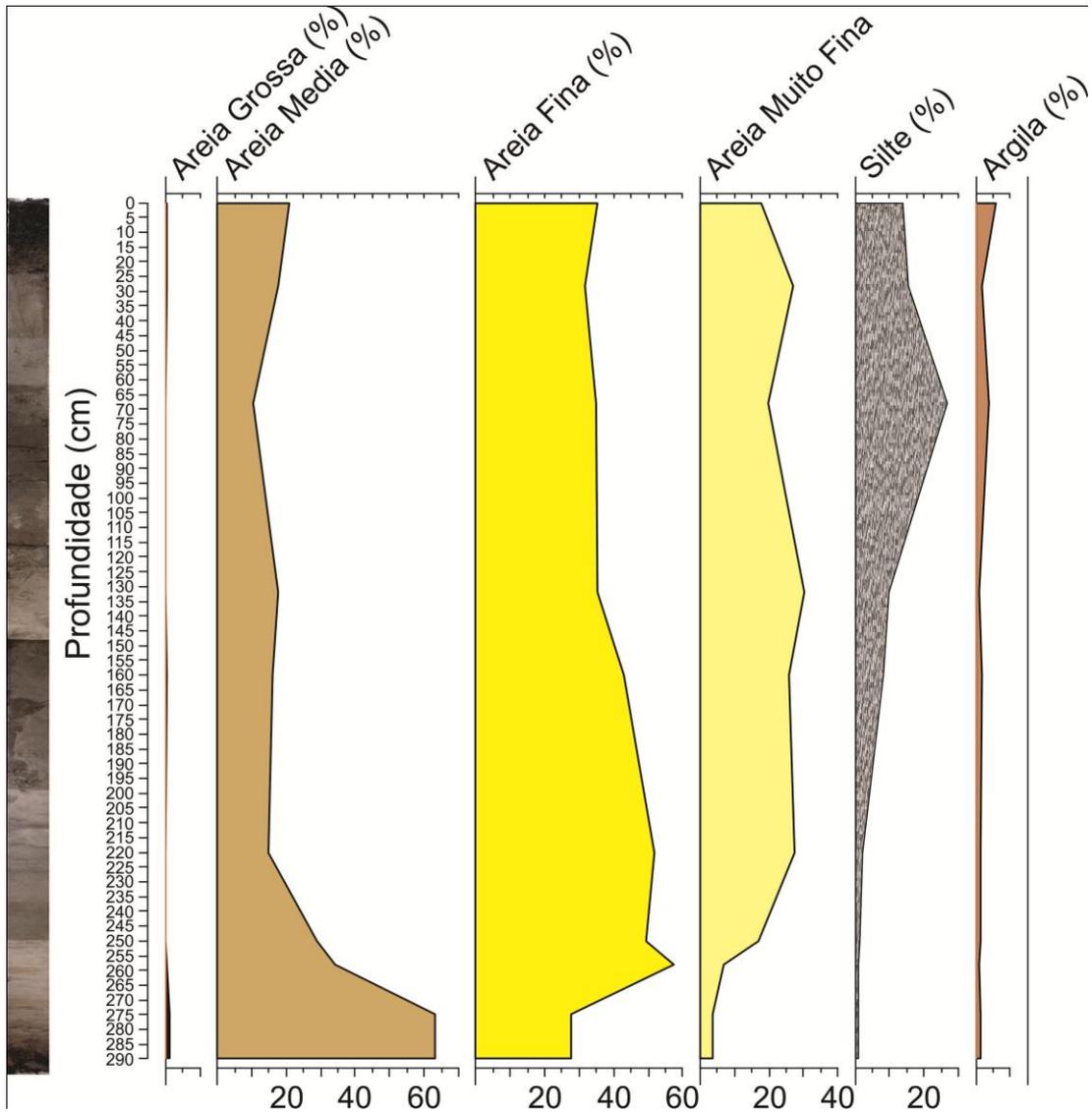


Figura 17: Resultados da análise granulométrica do testemunho retirado no Terraço Ivaí.

O material presente na trincheira foi classificado como um solo tipo Latossolo-Vermelho. A mesma foi aberta até uma profundidade de 250cm, sendo denominada nesse trabalho de trincheira Reserva. A descrição do perfil de solo e suas características podem ser visualizadas na Tabela 3.

Os resultados das análises granulométricas apontaram para um maior percentual de areia média em todas as amostras analisadas, embora nos horizontes Bw1 e Bw2 o percentual de argila ultrapassou os 30% (Fig. 18).

Tabela 3: Propriedades morfológicas do perfil de solo da trincheira Reserva

Horizonte/ Profundidade	Características
<b>Horizonte O</b> -0 -5 cm	Cor vermelha muito escuro-acinzentada a preto-avermelhada (2,5 YR 4/2; 4/3 a 2,5Y 2.5/1), orgânico, constituído por fragmentos de vegetais em diferentes estágios de alteração, alguns com detritos ainda identificáveis.
<b>Horizonte A</b> 0-45 cm	Cor bruna-avermelhada-escura (2,5 YR 3/4 a 3/6); textura areno-argilosa; estrutura grumosa pouco agregada, pequena e fraca; consistência levemente dura, quando seco, friável, quando úmido e, não plástica e não pegajosa, quando molhado; porosidades tubular e estrutural de empilhamento, pequenas a médias abundantes; atividade biológica comum (formigas, insetos, cupins); raízes finas fasciculadas a grossas, abundantes; transição difusa e plana.
<b>Horizonte</b> <b>Bw<sub>1</sub></b> 45- 80 cm	Cor bruna-avermelhada-escura (2,5 YR 3/6); textura argilo-arenosa; estrutura sub-angular pequena e fraca que se desmancha em microagregados; consistência macia, quando seco, friável, quando úmido, ligeiramente plástica e pegajosa; porosidade tubular e estrutural de empilhamento, presença de poros preenchidos por areia lavada; pouca atividade biológica; raízes finas, fasciculadas e poucas; transição difusa e plana. Nesse horizonte ocorrem pequenos fragmentos de carvão.
<b>Horizonte</b> <b>Bw<sub>2</sub></b> 80- 250 cm	Cor bruna-avermelhada-escura (2,5 YR 3/6); textura argilo-arenosa; estrutura sub-angular pequena e fraca que se desmancha em microagregados; consistência macia, quando seco, friável, quando úmido, ligeiramente plástica e pegajosa; porosidade tubular e estrutural de empilhamento, presença de poros preenchidos por areia lavada; pouca atividade biológica; raízes finas, fasciculadas. Nesse horizonte ocorrem pequenos fragmentos de carvão.

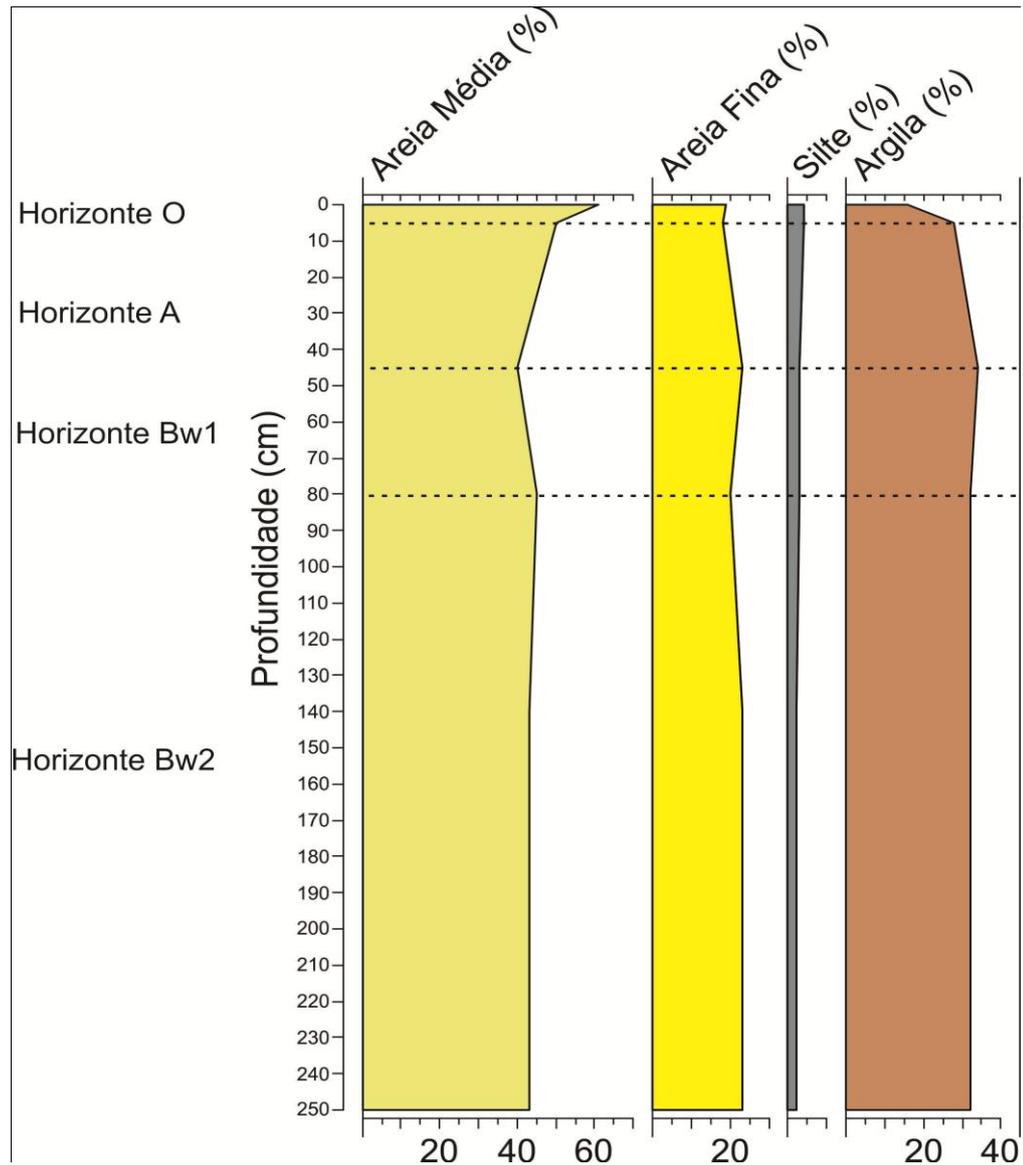


Figura 18: Dado das análises granulométricas do perfil de solo da trincheira Reserva.

Na segunda campanha foram coletadas 36 espécies de plantas características da Floresta Estacional Semidecidual, sendo que 31 foram identificadas e tombadas no HCF/ UTFPR- campus Campo Mourão. A lista das espécies coletadas<sup>1</sup> encontra-se disponíveis em Apêndice I.

Quanto à elaboração do perfil topográfico da área de estudos, foi percorrido um trajeto de aproximadamente 2.250m da margem esquerda do rio Ivaí até o final da área de terraço (Fig. 19).

Constatou-se que a altimetria do ponto da margem do rio Ivaí (A) até o fim do trajeto (B) foi de 18,6 metros. Foi identificada a existência de um dique marginal

<sup>1</sup> As espécies *Andropogon Bicornis* L e *Andropogon Leucostachys* Kunth foram coletadas e identificadas em campo pelo Prof. Dr. Marcelo Galeazzi Caxambú e estão sendo trabalhadas pela a equipe do Lepafe, para extração e quantificação de fitólitos.

próximo ao canal do rio Ivaí, um terraço próximo a um pequeno canal de drenagem e outro onde foi realizada a sondagem, além da existência de um pequeno banhado.

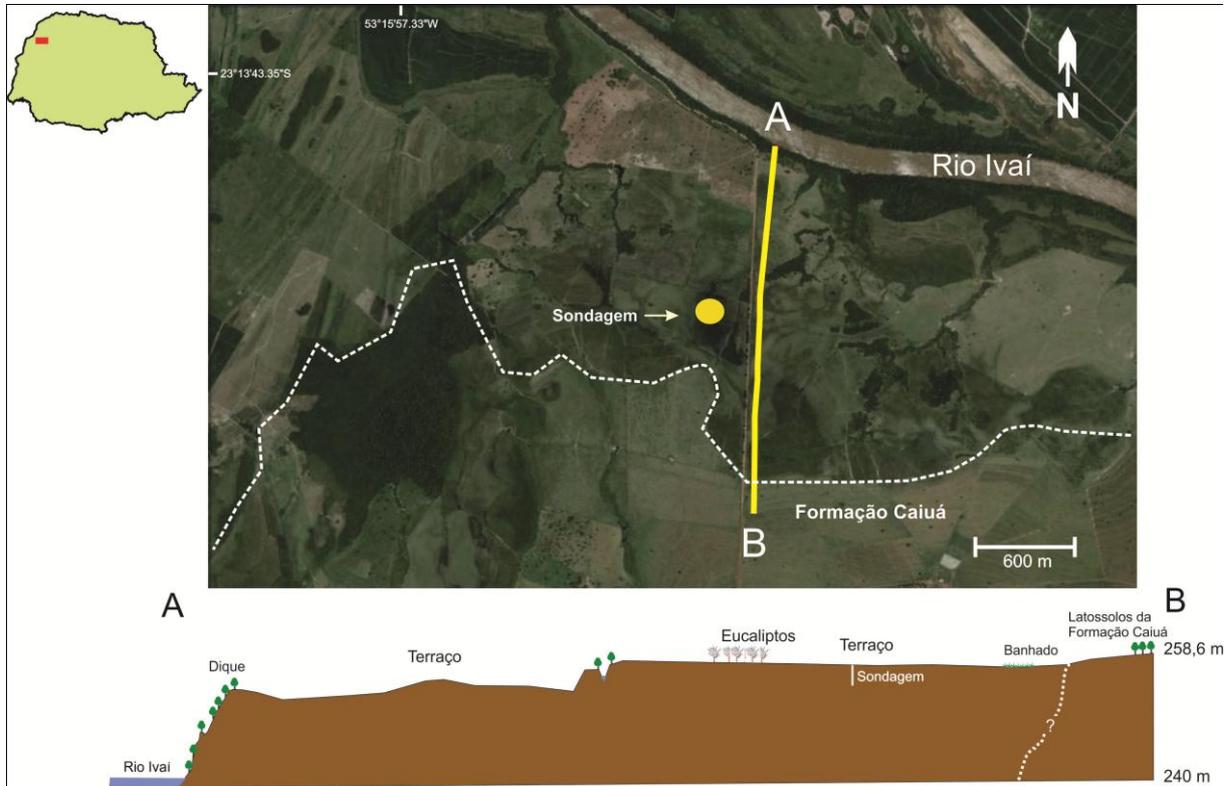


Figura 19: Imagem de satélite CNES/SPOT (2012) com destaque para o trajeto percorrido juntamente com o perfil topográfico. Observa-se um traço representando a divisão entre o material sedimentar depositado no terraço e o material oriundo dos Arenitos da Formação Caiuá.

## 9.2 Dados Isotópicos e Datações Absolutas

Os resultados das datações absolutas ( $^{14}\text{C}$ / AMS) estão expressos na tabela 3. Cabe lembrar que até o momento da entrega deste trabalho os resultados de datação LOE não haviam sido entregues.

Os resultados da análise de  $\delta^{13}\text{C}$  do solo coletado na trincheira reserva apontam a predominância de plantas  $\text{C}_3$  características de florestas tropicais em todos os intervalos analisados (Tabela 4). Essas plantas discriminam mais o  $\text{C}_{12}$  durante o processo de fotossíntese que plantas do ciclo  $\text{C}_4$ , deste modo apresentam valores negativos de  $\delta^{13}\text{C}$  variando de -22 a -32‰ (média de -25,2‰). No caso desse estudo os valores variam-se entre -24,8 e -25,7‰.

Tabela 4: Resultados das análises de  $\delta^{13}\text{C}$  e Datações Absolutas por  $^{14}\text{C}$  (AMS)

Profundidade (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ , ‰	Idade Conv.	Idade Cal.	Média Cal.
		(anos $^{14}\text{C}$ AP) 1 $\sigma$	(anos $^{14}\text{C}$ AP) 2 $\sigma$	(anos $^{14}\text{C}$ AP) 2 $\sigma$
30-40	-25,2‰			
50-60	-25,6‰			
90-100	-25,7‰			
110-120	-25,3‰			
140-150	-25,7‰	5220	5913 - 6013	5963
170-180	-24,8‰			
190-200	-24,9‰			
210-220	-25,0‰	9000	10156 - 10235	10195

### 9.3 Os Microfósseis

Na análise do testemunho retirado no terraço Ivaí, os morfotipos mais encontrados em todo perfil foram o *Bulliform Parallelepipedal* e o *Bulliform Cuniform*, bem como, também com certa significância, os morfotipos: *Elongate*, *Acircular hair cell*, *Saddle* e *Bilobate* (Figura 20). Além dos fitólitos, foram encontradas e quantificadas megascleras de esponja de água doce em alguns intervalos (Fig. 20), os quais foram determinantes nas interpretações das mudanças paleoambientais da área.

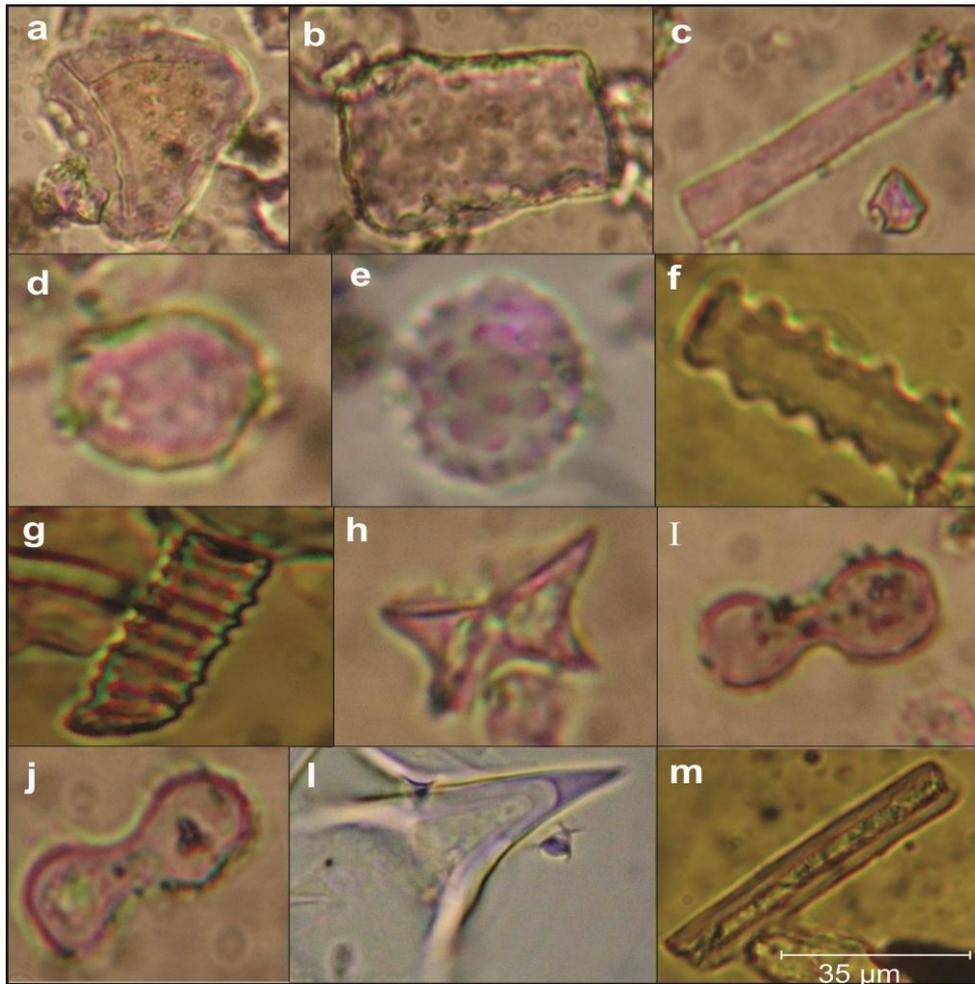


Figura 20: Morfotipos de fitólitos e espícula de esponja continental extraídos do material sedimentar do terraço Ivaí: a) *Bulliform Cuneiform*; b) *Bulliform Parallelepipedal*; c) *Elongate psilate*; d) *Globular psilate*; e) *Globular echinate*; f) *Trapeziform polylobate*; g) *Cylindric sulcate tracheid*; h) *Saddle*; i e j) *Bilobate short cell*, l) *Acircular hair cell*; m) espícula de esponja. Todas as fotografias estão na mesma escala.

No Terraço Ivaí, as maiores densidades concentram-se nos intervalos (160 - 130cm) e 85cm até o topo (Fig. 21). A fração de 130-125cm foi perdida durante a amostragem.

Quanto à ao percentual dos principais morfotipos (Figura 22) os maiores concentrações são dos *Bulliforms* (*Cuneiform* e *Parallelepipedal*), onde o maior foi de 81,5% (285-280cm) e o menor 35,5% (10-5cm). Os morfotipos *short cells* (*bilobate*, *saddle* e *rondel*) de Poaceae tiveram uma grande variação em todo perfil com o maior valor de 34,5% (170-165cm) e o menor 0,5% (240-235cm e 80-75cm), já os valores de *elongate psilate* pouco variaram (em torno de 20%). As demais formas encontradas tiveram baixo valor.

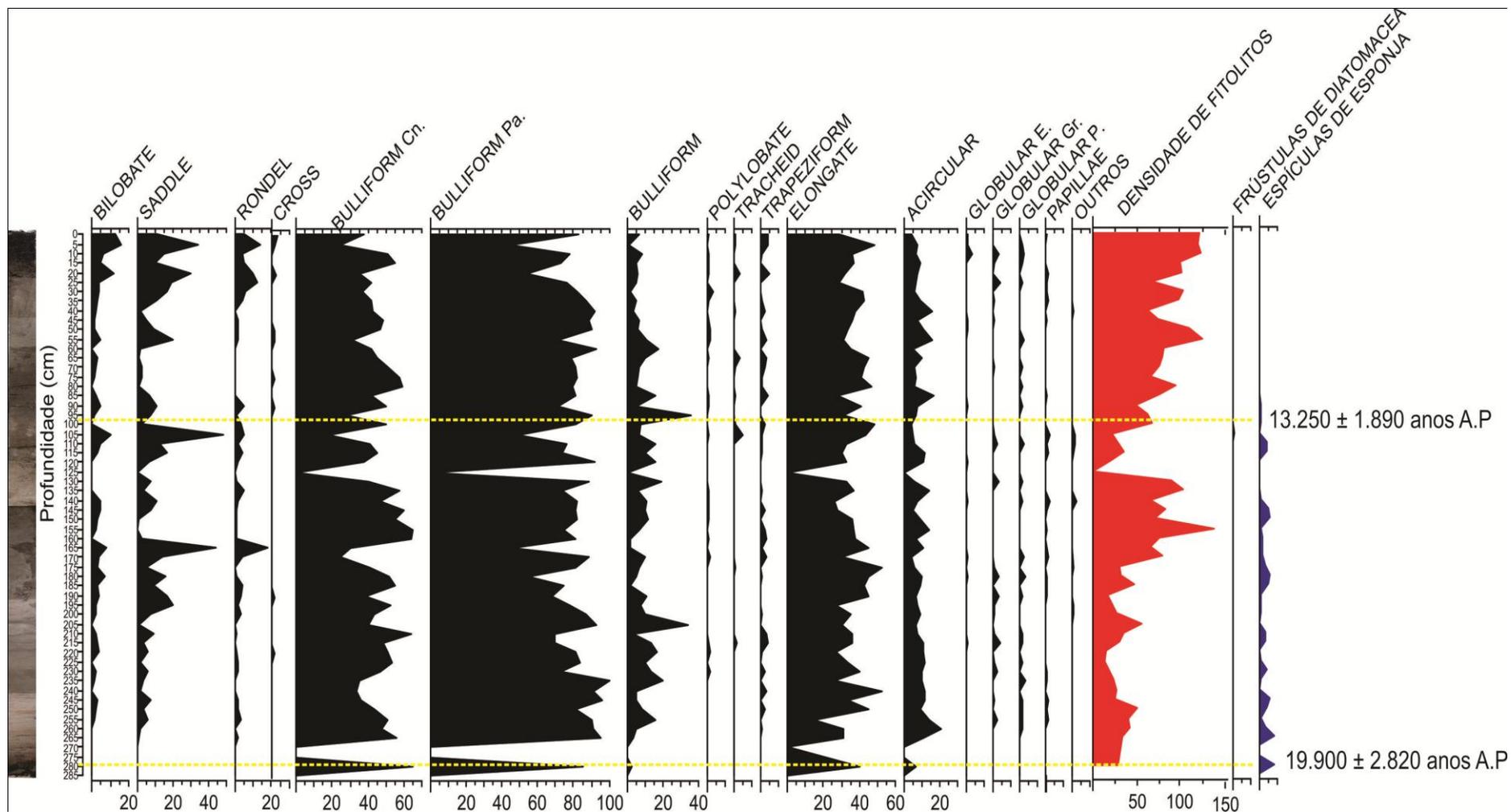


Figura 21: Foto do perfil e gráficos exibindo os resultados da quantificação das morfologias de fitólitos, frústulas de diatomáceas e espículas de esponja recuperados do material sedimentar do terraço Ivaí junto com a densidade de concentração fitolítica.

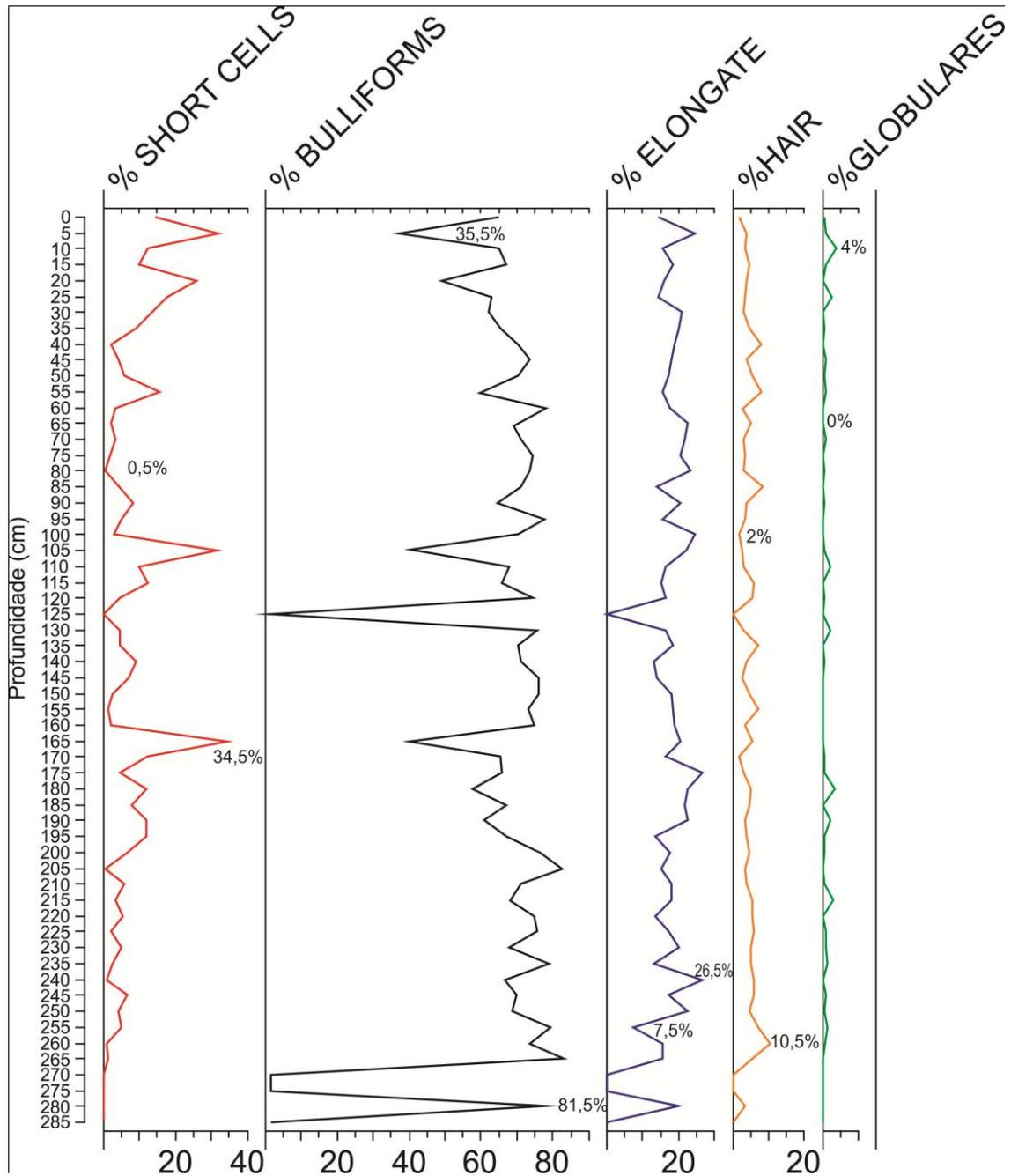


Figura 22: Gráfico do mostrando o percentual das principais morfologias de fitólitos recuperados do material sedimentar do terraço Ivaí.

Na trincheira Reserva os morfotipos de fitólitos mais significativos também foram os *Bulliform* (*Parallelepipedal* e *Cuneiform*), o *elongate psilate*, os globulares (*echinate*, *granulate* e *psilate*), os *short cells* (*bilobate*, *saddle* e *rondel*), *acircular hair cell* e *papillae* (Fig. 23).

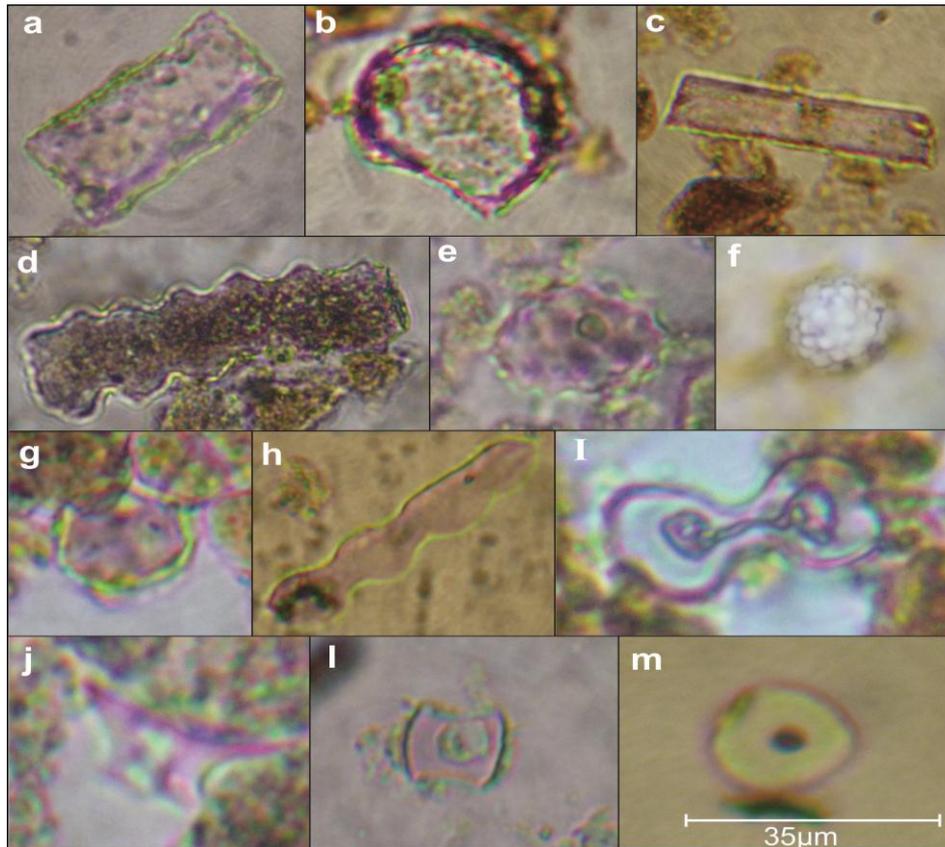


Figura 23: Principais morfologias de fitólitos recuperados do solo da Trincheira Reserva. a) *Bulliform Parallelepipedal*, b) *Bulliform Cuneiform*, c) *Elongate psilate* d) *Trapeziform*, e) *globular granulate* f) *globular echinate* g) *globular psilate* h) *Polylobate* i) *Bilobate short cell* j) *Rondel*, l) *Saddle* m) *Papillae*. Todas as fotografias estão na mesma escala.

O resultado da quantificação dos fitólitos do perfil de solo coletado na trincheira Reserva (Fig. 24), assim como no Terraço Ivaí, apontaram a predominância dos morfotipos *Bulliform Parallelepipedal* e *Bulliform Cuneiform* em todo perfil analisado. O morfotipo *elongate psilate* foi também significativo, visto que entre o intervalo de 180-170cm e 20-00cm, com quantidade superior a do *Bulliform Cuneiform*. Os globulares (*echinate*, *granulate* e *psilate*) foram mais presentes no material da trincheira Reserva, sendo que o *globular echinate* típico da família *Areaceae* foi mais significativo no intervalo 210-150cm, o *globular granulate* comumente encontrado em dicotiledôneas lenhosas teve pouca significância no geral, porém tendo uma significância maior entre 190-170cm de profundidade e o *globular psilate* nos intervalos entre (220-210cm; 120-100cm e 40-30cm).

As morfologias *short cell* (*bilobate*, *saddle* e *rondel*) no geral foram pouco representativas, exceto no intervalo entre 190-170cm, onde os fitólitos do tipo *saddle* tiveram uma maior concentração. A densidade dos fitólitos em geral teve pouca

variância, sendo maior entre 40cm até o topo, e menor entre 180-160cm. As frústulas de diatomáceas foram encontradas nos intervalos: 150-140cm e 50-30cm.

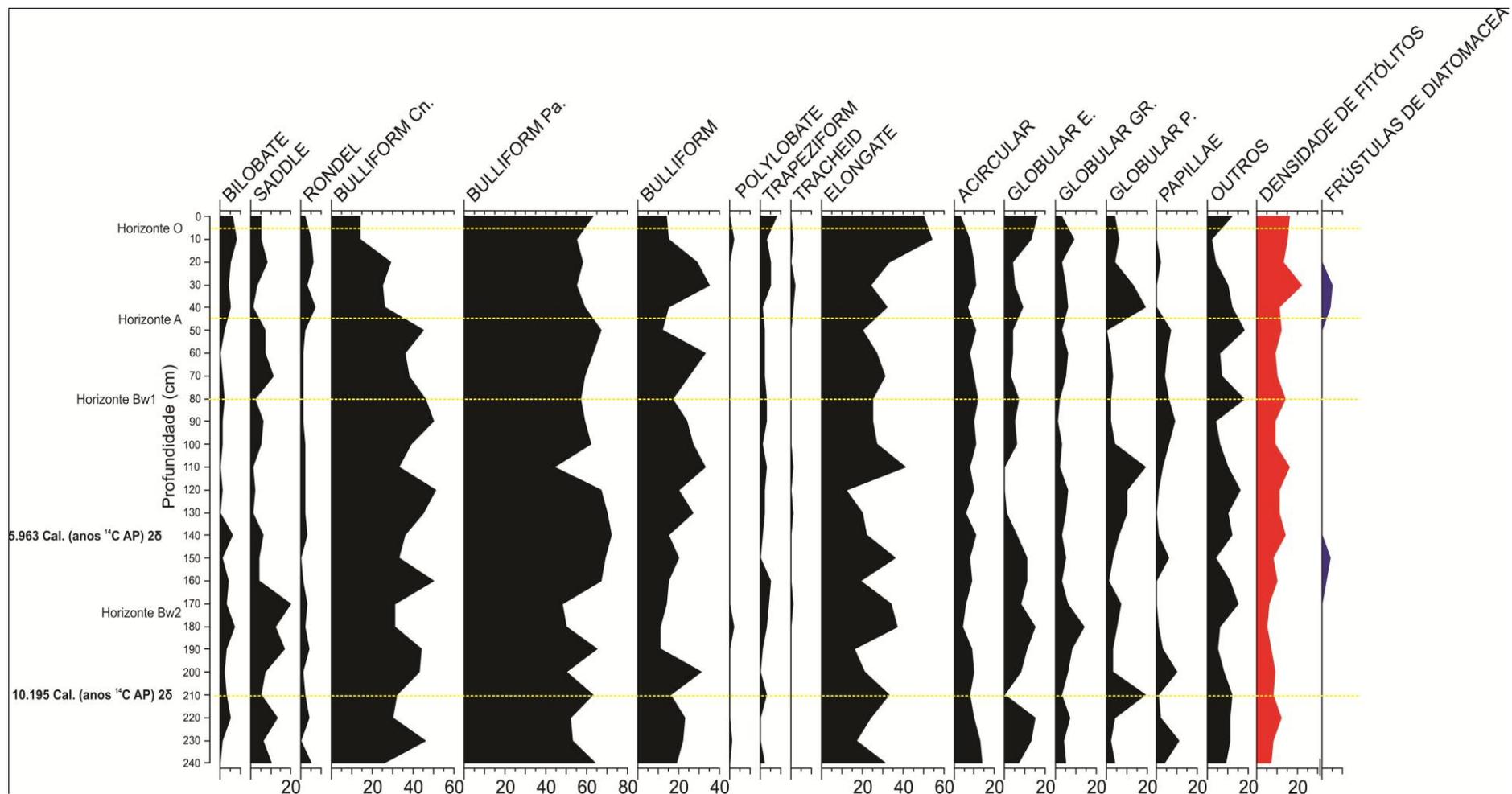


Figura 24: Gráficos exibindo os resultados da quantificação das morfologias de fitólitos e frústulas de diatomáceas recuperadas do solo da Trincheira Reserva junto com a densidade de concentração fitolítica e as datações absolutas por  $^{14}\text{C}$ .

O morfotipo mais significativo da trincheira Reserva, foi o Bulliform (*Parallelepipedal, Cuniform*), variando de maior 59% no intervalo 130-120cm e menor 34,5% de 20-10cm. O morfotipo *Elongate psilate* também foi bastante significativo apresentando maior percentual de 27% no intervalo de 20-10 cm e menor de 130-120cm. Os globulares (*echinate, granulate e psilate*) tiveram maior expressividade nos intervalo 20-10cm e menor 130-120cm. Os *shorts cells* por sua vez não tiveram a mesma significância como no caso de alguns intervalos do terraço Ivaí, variando de maior valor 12% no intervalo 200-190cm e menor 1,5% apenas em 130-120cm (Fig. 25).

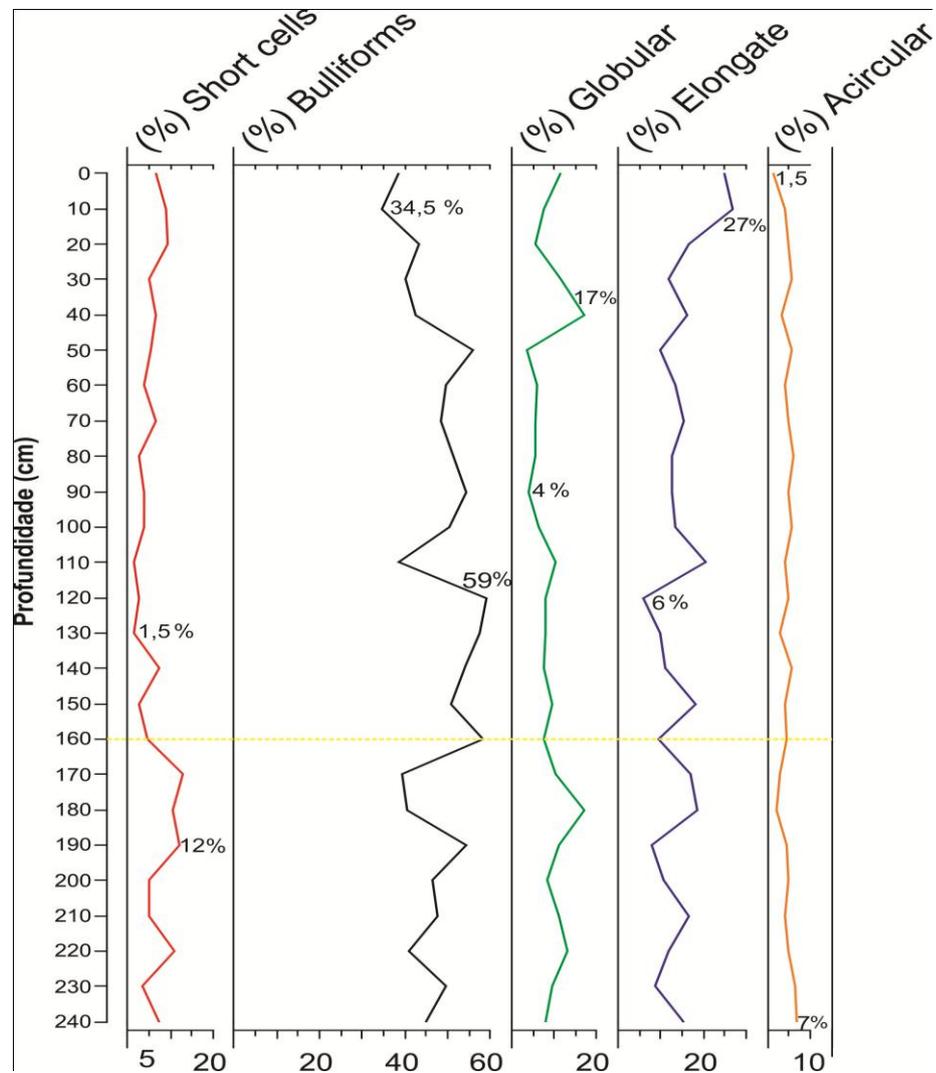


Figura 25: Gráficos mostrando o percentual das principais morfologias recuperadas do solo da Trincheira Reserva.

#### 9.4 Paleoambientes Terraço Ivaí

Diante dos resultados obtidos do material sedimentar do terraço Ivaí apresentados no item 6, foi possível reconstituir o paleoambiente em três fases:

##### ***Fase I***

Entre 290-255cm. O resultado da granulometria apontou maior quantidade de areia média depositada neste intervalo, constatando a presença de um canal ativo com deposições laminares, há pelo menos  $19.900 \pm 2.800$  anos A.P. Na análise dos microfósseis a contagem dos fitólitos não atingiram os 200 fitólitos nos intervalos (290-285cm e 275-270cm).

No intervalo 280-275cm, ocorre maior quantidade de *Bulliform Parallelepipedal* e *Bulliform Cuneiform*, (81%) que são mais robustos e pesados, além da presença de espículas de esponjas fragmentadas e uma baixa densidade fitolítica. Esses dados trazem a evidência de que a deposição sedimentar desse intervalo não foi *in situ*, visto que possivelmente esses fitólitos tenham sido transportados de outros locais indicando a presença de um canal ativo. A datação desta fase apresenta concordância com outras datações realizadas em locais próximo da área de estudo como: Berbet (2012) por  $^{14}\text{C}$   $22.090 \pm 25$  anos AP em Santa Mônica/PR; Morais (2010) por LOE 23.400 anos A. P em Icaraíma/PR e Guerreiro (2011) por LOE em Querência do Norte/PR  $26.900 \pm 5.000$  anos A.P e  $20.600 \pm 4.800$  anos A.P, sendo este intervalo relacionado ao Pleistoceno.

##### ***Fase II***

Entre 255-85cm. Verifica-se um aumento nos valores de areia fina e muito fina. Nesse intervalo o morfotipo *bulliform* apresentam-se em maior quantidade, como em todo perfil. No intervalo de entre 255-225cm a densidade fitolítica e as espículas de esponja apresentam uma ligeira queda, porém há um leve aumento na quantidade de morfotipos *short cell* e *globular*, indiciando uma maior deposição de material mais fino evidenciando o abandono de canal.

No intervalo entre 225-160cm, constatou-se um aumento significativo do *short cell*, *globular echinate* e *globular granulate* e uma pequena queda de *Bulliform Cuneiform*. Houve uma variação na densidade dos fitólitos e das espículas de esponja, reforçando a hipótese de uma possível mudança do canal fluvial com eventuais cheias na área.

Por outro lado, no intervalo de 160-85cm, ocorre uma brusca queda na quantidade de morfologias *short cell* e na densidade fitolítica aumentando novamente os bulliforms e as espículas de esponjas. No intervalo de 150-85cm os *short cells* e a densidade fitolítica voltam a subir atingindo o seu pico no perfil. Esses resultados evidenciam a ocorrência de eventuais cheias, visto que quando ocorria um período mais seco as gramíneas passavam a desenvolver e nas fases mais úmidas eram levadas pelo rio.

Assim, considerando a datação em 98cm, os resultados apresentam indícios de um ambiente característico de uma planície de inundação com grande probabilidade de eventos climáticos mais secos intercalados por mais úmidos á pelos menos  $13.250 \pm 1.890$  anos A.P no Pleistoceno Tardio.

### ***Fase III***

Representada pela profundidade entre 85-00cm. Esta fase se destaca por um aumento de silte, argila e matéria orgânica no sedimento, estabilidade de um valor mais alto da densidade fitolítica e por não haver registro de espículas de esponja. Entretanto, no intervalo entre 85-55cm ocorre novamente uma queda dos morfotipos *short cell* e aumento de *bulliform*, e ainda um pequeno aumento de *globular psilate*.

Esses dados conduzem a uma hipótese provável de que no ambiente da planície havia vegetação fixa, a presença de um clima semelhante ao atual e que, a partir dessa fase, houve a formação de um terraço. Cabe salientar que o aumento da quantidade de morfotipos *short cell*, pode estar relacionado com a ocupação da área e a implantação de pastagens para o desenvolvimento da agropecuária.

### 9.4.1 Análise Geral do Terraço Ivaí

Os resultados da análise dos microfósseis e datações absolutas (LOE) das fases I, II e III remetem à existência de paleocanais na planície do rio Ivaí, sendo os mesmos visíveis em imagens de satélite (Fig. 26). As marcas deixadas pelos paleocanais comprovam que o rio Ivaí sofreu mudanças, com migração lateral do canal ao longo do Pleistoceno. Próximo à cidade de Santa Mônica/PR constatou-se a presença de um paleocanal com maior largura (245m) do que o atual rio Ivaí (176m), comprovando que no passado havia maior uma maior dinâmica do canal fluvial.



Figura 26: Imagem de satélite CNES/SPOT (2012) exibindo marcas de paleocanais com destaque para os pontos de sondagem realizadas.

Essas mudanças ambientais e da dinâmica do canal do rio Ivaí também são comprovadas por outros estudos realizados próximos à área Santos et al. (2008) na classificação das diferentes unidades morfoestratigráficas da Planície aluvial do Ivaí, constatou que a formação de superfícies erosivas e o isolamento de terraços são resultado da interação de eventos climáticos e tectônicos ocorridos a partir do Terciário. Os autores colocam a tectônica em evidência pelas mudanças abruptas na direção do rio Ivaí e seus meandros.

Estudo realizado por Moraes (2010) na área de confluência Paraná-Ivaí com datações por LOE revelou que os depósitos do terraço se formaram há pelo menos

23.400 anos A. P. e que o leque aluvial presente sobre os depósitos da planície data de 1.600 anos A. P. Neste caso, o Terraço revelou um canal ativo há pelo menos 23.400 A. P. Diante disso, é bem provável que nesse período os paleocanais que atualmente constituem a planície estivessem ativos, sendo responsáveis pela construção do terraço.

Guerreiro (2011), utilizando proxies espículas de esponja, fitólitos e diatomáceas, na região de Querência do Norte/PR (38 km da área de estudo) apontou dois eventos secos, um na Lagoa Coceira, datado em  $26.900 \pm 5.000$  (LOE) e outro na Lagoa Milharal, datado em  $20.600 \pm 4.800$  (LOE). As condições paleoambientais indicadas por Guerreiro (2011) são concordantes às descritas por Parolin (2006) no sudeste do Mato Grosso do Sul próximo à divisa com o Estado do Paraná. Parolin (2006), Parolin et al. (2006) e Parolin et al. (2007) apontam, com base em espículas de esponjas, períodos mais secos datados em  $TL 32,740 \pm 163$  anos.

Dados mais recentes obtidos por Berbet (2012) próximo ao município de Santa Mônica/PR, utilizando fitólitos e espículas de esponja (16 km da área de estudo), constataram a existência de um canal ativo posterior há 22.090 anos AP ( $^{14}C$ ) apontando um clima de transição de úmido para seco.

Além desses estudos, os resultados preliminares apresentados por Santos et al. (2012) no ponto da Trincheira Reserva também apontam uma fase mais seca, seguida de outra fase mais úmida que a atual, na área em questão, indicando prováveis mudanças ambientais.

## **9.5 Paleoambientes Trincheira Reserva**

Os resultados obtidos no perfil da Trincheira Reserva (Dados Isotópicos  $\delta^{13}C$ , Datações Absolutas por  $^{14}C$  e Análise dos microfósseis) apresentados no item 6, possibilitaram a reconstituição do ambiente a partir do início do Holoceno em 2 fases distintas:

### ***Fase I***

Compreendida pelo intervalo entre 250-160 cm. Nesta fase, mais especificamente, nos intervalos compreendidos entre 210cm - 200 cm e 180cm-170

cm, ocorrem os maiores percentuais de fitólitos do tipo *short cell*, principalmente o morfotipo *saddle* geralmente encontrados em chloridoideae (subfamília da poaceae) e dos morfotipos *globular echinate* e *globular granulate* comumente produzidos por espécies da família Arecaceae e dicotiledôneas lenhosas (PIPERNO,2006), bem como os menores valores de fitólitos dos tipos: *bulliform*, *blocky* e da densidade fitolítica.

Na avaliação desses dados nota-se que as condições ambientais a partir de 210cm, datado em 10.195 Cal. anos AP 2δ (início do Holoceno), eram ligeiramente mais secas que as atuais, mas sob o domínio de floresta, valor isotópico C<sub>3</sub>(-25,0‰). A maior concentração de fitólitos do morfotipos *saddle*, ocorrentes em regiões de maior aridez com precipitações concentradas no verão (TWISS, 1992) e de *globular echinate* da família Arecaceae, evidenciam a ocorrência de um paleoclima mais seco na área. Já a ocorrência de vegetação florestal constatada pelas análises de δ<sup>13</sup>C, levanta a hipótese sobre a presença de refúgios florestais no baixo vale do rio Ivaí na transição do Pleistoceno para o Holoceno, e durante todo o Holoceno.

A existência de refúgios é bastante abordada na literatura científica. Um dos pioneiros da configuração do território brasileiro, durante as glaciações do Quaternário, foi Aziz Nacib Ab'Sáber (1957), sugerindo que o clima semi-árido teria ocupado, no passado, mais de 50% do território. Segundo ele, à medida que o clima semi-árido avançava, as matas ficavam em refúgios, locais mais úmidos. Ab'Saber, (1992) comenta que foi a biodiversidade dos refúgios que fez, a partir de 12 mil anos atrás, à medida que o clima foi se tornando mais úmido na Amazônia e no Brasil tropical atlântico, os refúgios se aglutinarem formando florestas. Latrubesse e Ramonell (1994) argumentam que nas últimas duas décadas a explicação para a biodiversidade da floresta Amazônica tem estado na teoria dos refúgios, postulada primeiramente por Haffer (1969 e 1992), fato corroborado por Bigarella e Becker (1975), quando comenta que durante o Quaternário os refúgios foram de especial importância durante as crises climáticas, pois segundo ele, essas crises ocasionaram o recuo das florestas

Diante dos dados fitolíticos e de isótopos de carbono, é possível afirmar que na área em questão tinha-se floresta embora o período fosse mais seco. Tal situação corrobora perfeitamente com as teorias apresentadas na literatura.

## **Fase II**

Intervalo entre 160- 00cm de profundidade. No intervalo entre 160- 50cm, ocorre um aumento dos morfotipos *bulliform*, *globular psilate*, *elongate*, *papillae* e da densidade dos fitólitos, uma redução dos morfotipos *short cell* e a ocorrência de frústulas de diatomáceas. Este intervalo refere-se a o médio Holoceno, visto que a datação absoluta do intervalo de 150-140cm resultou em 5.963 anos Cal. Anos AP 2δ. Os dados isotópicos também apontam para predomínio de plantas C<sub>3</sub>. Esses resultados indicam uma maior cobertura arbórea e que condições mais úmidas passaram a vigorar. Vale ainda ressaltar, que outros trabalhos realizados nas regiões próximas da área de estudo apontam que entre 6.000 e 4.000 anos AP se teve o *optimun climaticum*, condições essas que se assemelham as atuais.

No intervalo entre 50-00cm ocorre um pequeno aumento dos morfotipos *short cell* e globulares, o qual não pode afirmar significância nesses dados, pois em campanha na área de estudo, constatou-se de que a área sofreu antropização devido a existência de espécies exóticas, da implantação da pecuária e da presença da espécie pioneira *Croton Floribundus* Spreng que (Marcelo Galeazzi Caxambu, comunicação verbal) é um indicativo de que a área já foi aberta.

### **9.5.1 Análise Geral da Trincheira Reserva**

Essas variações climáticas desde o início do Holoceno nas fases I e II apresentam concordância com o trabalho realizado por Pessenda et al. (1996) utilizando os isótopos estáveis de carbono e datações por <sup>14</sup>C nas regiões de Londrina-PR e Piracicaba- SP. Em ambas as regiões, verificou-se uma predominância de plantas C<sub>4</sub> no final do Pleistoceno até o Holoceno Médio, provavelmente indicando um clima mais seco do que o atual.

Nas regiões de Jaguariúna- SP e Botucatu-SP, Gouveia et al. (1999) também observaram maior presença de plantas C<sub>4</sub> alegando a ocorrência de clima mais seco no final do Pleistoceno e início do Holoceno, sendo que na região de, os resultados indicaram a predominância de plantas C<sub>3</sub> em praticamente todo Holoceno, supondo que naquela área a vegetação foi pouco influenciada pela eventual mudança paleoclimática ocorrida no final do Pleistoceno e início do Holoceno.

Outros estudos realizados sobre as mudanças paleoambientais e paleoclimáticas do Quaternário na região noroeste do Paraná como por Fernandes (2008) e Rezende (2010) utilizando como *proxy* (espículas de esponja e grãos de pólen) na Lagoa Fazenda próximo a cidade de São Tomé-PR, mostram que o clima variou de seco entre 13.000 anos para mais úmidos há 2.180 anos AP. Os resultados constatados em Querência do Norte-PR por Guerreiro (2011) também corroboram para um clima mais seco no início do Holoceno e condição mais úmida posterior há 7.540±20 anos AP.

Com relação à vegetação, além dos resultados dos dados isotópicos  $\delta^{13}\text{C}$  o predomínio de cobertura florestal pode ser comprovado pelos fitólitos com o levantamento de algumas hipóteses i) a baixa quantidade de fitólitos do tipo *short cell* típicos de Poaceae e gramíneas  $\text{C}_4$  em todos os horizontes (A, Bw1 e Bw2) do perfil; ii) o predomínio dos morfotipos *Bulliform Parallelepipedal* e *Bulliform Cuneiform* podem indicar que não somente espécies gramíneas produzem esse morfotipo sendo que também pode haver a possibilidade de serem produzidos por dicotiledôneas lenhosas, iii) baixa densidade de fitólitos comparado ao do perfil do terraço Ivaí e a baixa quantidade de fitólitos do tipo *short cell*, pode evidenciar a existência de cobertura florestal, visto que segundo Webb e Longstaffe (2000), Piperno (2006) e Coe (2009) as gramíneas Poaceae são 20 vezes mais produtoras de fitólitos do que as dicotiledôneas lenhosas.

## 10 CONCLUSÃO

Os resultados e discussões apresentados dos dois pontos estudados permitem concluir que no ponto do Terraço Ivaí as mudanças na paisagem ocorreram em três fases distintas correspondendo a uma fase de canal ativo datado em 19.900 ± 2.800 anos A.P relacionada, a partir de outros trabalhos na região ao Pleistoceno, fase de abandono de canal 13.250± 1.890 anos A.P (morfotipos *short cell* e *bulliform* e presença de espículas de esponjas) e fase atual com maior densidade fitolítica e ausência de espículas de esponjas (maior antropização da área)

Na Trincheira Reserva é possível concluir que o ambiente passou pelo menos por duas fases: datada do início do Holoceno (10.195 anos Cal. AP – 210-220cm), onde a abundância do morfotipo *saddle* é forte evidência de condições ligeiramente

mais secas que a atual, no entanto, sob domínio de floresta e plantas C<sub>3</sub> ( $\delta^{13}\text{C}$  média de -25,2‰). A segunda fase datada do Holoceno Médio (5.963 anos Cal. AP - 140-150 cm), quando ocorre uma diminuição de fitólitos do morfotipo *short cell*, e um aumento do morfotipo *bulliform parallelepipedal* e frústulas de diatomáceas, o que leva a concluir que neste período o clima tende a ser mais úmido e semelhante ao atual.

A existência de floresta no início do Holoceno na Trincheira Reserva pode ser correlacionada com a presença dos refúgios florestais discutidos na literatura científica.

O uso dos fitólitos como marcadores ambientais novamente mostrou-se positivo, visto que possibilitaram determinar as fases paleoambientais. No entanto, faz-se cada vez mais necessários estudos sobre os morfotipos de fitólitos em plantas atuais, para um melhor auxílio nos trabalhos de reconstituição paleoambiental.

## 11 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Conhecimento sobre as flutuações climáticas do Quaternário no Brasil. in: **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, nº6, p.39-48, 1957.

AB'SABER, A. Aziz Nacib Ab'Sáber - O xeque da Geografia. **Revista Ciência Hoje**, vol.14, n.º14. p. 46-54.1992.

ABSY, M. L.; SERVANT, M. e ABSY, M.L. A História do Clima e da Vegetação pelo estudo do Pólen. **Revista Ciência Hoje**, vol.16, n.º93. p. 57-59, 1993.

ALEXANDRE, A., et al. Late Holocene Phytolith and Carbon-Isotope Record from a Latosol at Salitre, South-Central Brazil. **Quaternary Research**, v.51, n.2, p.187-194, 1999.

AMARAL, G. & Costa, A.P. Comportamento estrutural e estratigráfico dos diferenciados ácidos da Formação Serra Geral na porção sul da bacia do Paraná. In: Simpósio Regional de Geologia, 4, São Paulo. **Atas do Simpósio Regional de Geologia**, 4.São Paulo, p. 197-210, 1983.

ANDRADE, A. R.. **Variabilidade da precipitação pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí – PR**. Maringá (Dissertação de Mestrado), Programa de Mestrado em Geografia da UEM (inédito) p.99, 2002.

ASMUZ, H.E. Relacionamento genético de feições geológicas da margem continental sudeste e da área continental emersa adjacente. In: Simpósio Regional de Geologia, 3, Curitiba. **Atas do Simpósio Regional de Geologia**, 3 Curitiba, 1: 262-273.,1981.

BARBONI, D. BONNEFILLE, R.; ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J.D. Phytoliths as paleoenvironmental indicators, Westside Middle Awash Valley, Ethiopia. **Paleogeography, paleoclimatology, paleoecology**, Amsterdam, v.152, p.87-100, 1999.

BARBONI, D. BREMOND, L. BONNEFILLE, R.;. **Comparative study of modern phytolith assemblages from inter-tropical Africa. Palaeogeography, Palaeoclimatology. Palaeoecology**, Volume 246, Issues 2-4. P. 454-470, 2007.

BARROS, C. S.. **Dinâmica Sedimentar e hidrológica do rio Ivaí em sua foz com o rio Paraná**. Maringá (Dissertação de Mestrado), Programa de Mestrado em Geografia da UEM (inédito), 86p, 2006.

BEHLING, H. **Late Quaternary vegetation, climate and fire history in the Araucária forest and campos region from Serra Campos Gerais (Paraná), S Brazil**. in: Review of Palaeobotany and Palynology, nº97, p.109-121, 1997.

BEHLING, H. **Vegetational and climate dynamics in Southern Brazil during late Quaternary times Mariluz, Imbé – RS, VII P CONGRESSO DA ABEQUA**, Boletim de Resumos, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, p.348, 2001.

BERBET, T. C. **Considerações sobre o ambiente no pleistoceno tardio e holoceno na região do baixo curso do rio Ivaí**. Maringá (Dissertação Mestrado), Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia da UEM, 2012.

BIAZIN, P. C. **Característica Sedimentar e Hidrológica do rio Ivaí em sua foz com o rio Paraná, Icaraíma-Pr**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá (inédito), 80p, 2005.

BIGARELLA, J. J. & AB'SABER, A.N.. Paläogeographische und paläoklimatische aspekte des Känozoikuns in Sud Brasiliens. in: **Zeitschrift Für Geomorphologie**, nº8, p.286-312, 1964.

BIGARELLA, J. J. e BECKER, R. D. International Symposium on the Quaternary (Southern Brazil). **Bol. Paranaense de Geociências**, 33, p.15-31, 1975.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE-LIMA, D. E RIEHS, P. J. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 47 (suplemento). p.411-464, 1975.

BLINNIKOV, M.S.; BUSACCA, A.; WHITLOCK, C.. Reconstruction of the late Pleistocene grassland of the Columbia basin, Washington, USA, based on phytolith records in loess. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 177, p..77-101. 2002.

BLINNIKOV, M. S. Phytoliths in plants and soils of the interior Pacific Northwest, USA. **Review of Palaeobotany and Palynology**, p.71– 98, 2005.

BORBA-ROSCHER, M.; ALEXANDRE, A.; VARAJÃO, A. F. D. C.; MEUNIER, J. D.; VARAJÃO, C. A. C.; COLIN, F. Phytoliths as indicators of pedogenesis and paleoenvironmental changes in the Brazilian cerrado. **Journal of Geochemical Exploration**, n. 88, p. 172 - 176, 2006.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environmental. In: COLEMAN, D.C.; FRY, B. (Ed). **Carbon isotope techniques**. New York: Academic Press,. Cap.11, p.173-185, c1991.

BREMOND, L. **Calibration des fonctions de transfert entre assemblages phytolithiques, structures des végétations et variables bioclimatiques actuelles, pour l'intégration de la dynamique des biomes herbacés dans les modèles de végétation**. 2003(Calibration des fonctions de transfert entre assemblages phytolithiques, structures des végétations et variables bioclimatiques actuelles, pour l'intégration de la dynamique des biomes herbacés dans les modèles de végétation.) - Thèse de Doctorat en Géosciences de l'environnement, direction J. GUIOT, Université Aix-Marseille III, 2003

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; HÉLY, C.; GUIOT, J. A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: calibration with Leaf Area Index along a forest-savanna transect in southern Cameroon, **Global and Planetary Change**, v. 45, n.4, 277–293. 2005.

CALEGARI, M.R. **Ocorrência e significado Paleoambiental do Horizonte A húmico em Latossolos** . Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade de São Paulo , USP, Piracicaba. 2008.

CAMPOS, A. C. & LABOURIAU, L. G. Corpos silicosos das gramíneas dos Cerrados II. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 4: 143-151. 1969.

CAMPOS, J. B. A pecuária e a degradação social e ambiental do noroeste do Paraná. **Cad. Biodiversidade**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 1–3, jul. 1999.

CAVALCANTE, P. B.. Contribuição ao estudo dos corpos silicosos das gramíneas Amazônicas I. Panicoideae (Melinideae, Andropogoneae, e Tripsaceae). **Botânica**, 80,. p.1-11, 1968.

COE, H. H. G. **Fitólitos como indicadores de mudanças na vegetação xeromórfica da região de Búzios / Cabo Frio, RJ, durante o Quaternário**. Tese de Doutorado Lagemar, UFF, Niterói. P.300, 2009.

COE, H; CHUENG, K.F.; GOMES, J.G. Reconstituições da Vegetação e Inferências de Paleoclimas através da Utilização dos Indicadores Fitólitos e Isótopos de Carbono – exemplos de estudos no Brasil. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, V.1, N.4, p.248 - 261, 2012.

DELHON, C.; ALEXANDRE, A.; BERGUER, J. F.; THIÉBAULT, S.; BROCHIER, J. L.; MEUNIER, J. D. Phytolith assemblages as a promising tool for reconstructing Mediterranean Holocene Vegetation. **Quaternary Research**, 59: 48–60. 2003.

DESTEFANI, E. V. **Regime hidrológico do rio Ivaí**. Dissertação de Mestrado em Geografia Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá (inédito), p.93, 2005.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) – IAPAR (Fundação Instituto Agrônômico do Paraná). Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. Convenio SUDESUL – EMBRAPA. Governo do Estado do Paraná/IAPAR. Tomo I e II. Mapa Escala 1: 600.000. Londrina (PR), p.791, 1984.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, SPI, 412p. 1999.

FEARN, M. L.. Phytoliths in Sediment as Indicators of Grass Pollen Source. **Review of Palaeobotany and Palynology**, 103, p.75 – 81, 1998.

FERNANDES, R.S. **Reconstrução Paleoambiental da lagoa Fazenda durante o Pleistoceno tardio na região de Jussara, Estado do Paraná com ênfase em**

**estudos palinológicos.** 125., il. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – CEPPE, Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2008.

FREDLUND, G.G; TIESZEN, L.L. Phytolith and carbon evidence for Late Quaternary vegetation and climate change in th southem Black Hills, South Dakota. **Quaternary Research**, v.47: p.206-217. 1997.

FUJITA, R.H. **O Perfil Longitudinal do rio Ivaí e sua relação com a Dinâmica de Fluxos.** Maringá (Dissertação Mestrado), Programa de Mestrado em Geografia da UEM, p.117, 2009.

GOUVEIA, S.E.M.; PESSEDA, L.C.R.; BOULET, T.R.; ARAVENA, R.; SCHEEL-YBERT, R. Isótopos do Carbono dos Carvoes e da Matéria Orgânica do Solo em Estudos de Mudança de Vegetacao e Clima no Quarternario e da Taxa de Formacao de Solos do Estado de São Paulo. **Anais da Acadêmia Brasileira de Ciências.** 71 p.4-11. 1999 a.

GUERREIRO, R.L. **Evolução geomorfológica e paleoambiental dos terraços do alto rio Paraná na área de confluência com o rio Ivaí.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Rio Claro-SP. 2011.

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

HAFFER, J. Ciclos de tempo e indicadores de tempos na história da Amazônia *in*: amazônia: tempos e espaços. **Revista Estudos Avançados** 15: 7-39, São Paulo 1992.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná:  
<<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>> Acesso em: julho 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística <<http://www.ibge.gov.br/home/>> Acesso em: julho 2012.

IRIONDO, M. e GARCIA, N. O. Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years. *in*: **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v.101, p.209-220. 1993.

JABUR, I.C. **Análise paleoambiental do quaternário superior da bacia do Alto Paraná.** Rio Claro: UNESP. Tese de Doutorado - IGCE, Universidade Estadual Paulista, 1992.

ITCG. Instituto de Terras, Cartografia e Geociências.

<<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>> Acesso em: julho 2012.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia; relações solo/planta**. São Paulo: Ceres. 1979.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm. 1928.

KUERTEN, S. **Variação Longitudinal das características sedimentares e hidrológicas do rio Ivaí em seu curso inferior**. Maringá (Dissertação Mestrado), Programa de Mestrado em Geografia da UEM (inédito), p.98, 2006.

KRAMER, V. M.; PAROLIN, M. e STEVAUX, J. C. Thermoluminescence and Magnetic Susceptibility Methods Applied to Paleoclimatic Studies in the Midle Holocene of Mato Grosso do Sul, Brazil. SYMPOSIUM ON PHYSICAL METRODS OF DATING IN ARCHAEOLOGY AND GEOLOGY – São Paulo, **Instituto de Física da Universidade de São Paulo, resumos**, São Paulo, 2000.

LATRUBESSE, E. M. e RAMONELL, C.G. A Climatic model for Southwestern Amazonia in Last Glacial Times. **Quaternary International** vol. 21, p. 163-169, 1994.

LEANDRINI, J.; CAVALCANTI, A.V.; RODRIGUES,L. **Diatomáceas**. In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C; LEANDRINI, J. A.. *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, 2010.

LEDRU, M. P. Late Quaternary evironmental and climatic changes in Central Brazil. in: **Quaternary Research**, v.39, , p.90-98, 1993.

LEDRU, M. P.; BRAGA, P. I . S; SOUBIÈS, F.; MARTIN, L.; SUGUIO, K.; TURCQ, B. The Last 50,000 years in neotropics (Southern Brazil): evolution of vegetation and climate. in: **Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology**, nº123, 1996, p.239-259.

LU, H. LIU, K.,. Phytoliths of common grasses in the coastal environments of southeastern USA. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, Volume 58, Issue 3, Pages 587-600 2003a

LU, H. Y. & LIU, K. B.. Morphological variations of lobate phytoliths frin grasses in China and Southeastern USA. . **Diversity and Distributions**, 9(1): 73-87. 2003b

LU H.; WU N.; LIU, K.; JIANG, H.; LIU T.;. Phytoliths as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in China II: palaeoenvironmental reconstruction in the Loess Plateau

**Quaternary Science Reviews**, Volume 26, Issues 5-6, Pages 759-772. 2007.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Apresentação Riad Salamuni. Introdução Aziz Nacib Ab'Sabber . 2. ed. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio, Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 450p., 1981.

MACHADO, V de S. **Espongofauna do Paleolago Cemitério, Catalão-GO, com reconstrução ambiental no Bioma Cerrado**. Início: 2006. 99 f., il. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Roberto Lannuzzi Co-Orientador(a): Cecilia Volkmer-Ribeiro.

MADELLA, M.; ALEXANDRE, A.; BALL, T. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. **Annals of Botany**, v.96, p.253-260, 2005.

MADELLA, M. **Physiology of silica deposition**. Curso ministrado no 7th International Meeting on Phytolith Research, Mar del Plata, 2008.

MASUD-ALAN, A.K.M.;XIE, S; WALLIS, L. A.;. Reconstructing late Holocene palaeoenvironments in Bangladesh: phytolith analysis of archaeological soils from Somapura Mahavihara site in the Paharpur area, Badalgacchi Upazila, Naogaon District, Bangladesh. **Journal of Archaeological Science**, Volume 36, Issue 2, p. 504-512, 2009.

MEDEANIC, S.; DILLENBURG, S. R.; WESCHENFELDER, J. Palinomorfos nos sedimentos de fundo de laguna dos Patos, RS: Aplicação nas reconstruções paleoambientais, **Gravel**, v. 5, n.1, p. 89-102, 2007.

MEDEANIC, S.; CORDAZZO, C. V.; CORRÊA, I. C. S.;MIRLEAN , N.. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. **Gravel**, 6(2), p.1 – 14, 2008.

MEDEANIC, S; CORDAZZO,C.V; CORRÊA, I.C.S.; MIRLEAN, N. Notas sobre fitólitos em *Androtrichum trigynum* (Spr.) Pfeiffer no Extremo Sul do Brasil: Tipos morfológicos e uso nas Paleoreconstruções Costeiras. **Gravel**. V.7 n.1. Porto Alegre, p.31-36. 2009.

MORAIS, E.S. **Evolução da Planície de Inundação e Confluência do rio Ivaí e rio Paraná na região do Pontal do Tigre, Icaraíma-PR: Uma Abordagem Geomorfológica**. Maringá (Dissertação Mestrado), Programa de Mestrado em Geografia da UEM, p.64, 2010.

NAKASHIMA, P.; NÓBREGA, M.T. de. Solos do Terceiro Planalto do Paraná- Brasil. In: Anais do ENGEOPAR 2003 – I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense – Maringá – UEM. **Anais I Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense – Maringá – UEM**, p. 66-85, 2003.

OSTERRIETH, M. **Rol e importancia del estudio de las biomineralizaciones en Biología, Geología y Arqueología**. Curso ministrado no 7th Interantional Meeting on Phytolith Research, Mar del Plata., 2008.

OSTERRIETH, M., et al. Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. **Quaternary International**, v.193, p.70–79, 2009.

PAROLIN, M.; STEVAUX, J. C.. Clima seco e formação de dunas eólicas durante o Holoceno Médio de Taquarussu, MS – Brasil. Mariluz, Imbé – RS, **VII P CONGRESSO DA ABEQUA, Boletim de Resumos, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário** p.362-263, 2001.

PAROLIN, M. : **Paleoambientes e paleoclimas no final do Pleistoceno e no Holoceno no Sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul**. Tese (Doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil. 2006.

PAROLIN, M ; STEVAUX, J.C. .Dry climate and eolian dune formation in the Middle Holocene in Mato Grosso do Sul State, Central West Brazil. **Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementband**, v. 145, p. 177-190. 2006

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

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; STEVAUX, J. C. Sponge Spicules in Peaty Sediments as Paleoenvironmental Indicators of the Holocene in the Upper Paraná River, Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 10(1). p.17-26, 2007.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; STEVAUX, J. C.. Use of Spongofacies as a Proxy for River-Lake Paleohydrology in Quaternary Deposits of Central-Western Brazil. **Revista Brasileira de Paleontologia**, 11(3). p.187-198, 2008.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C; LEANDRINI, J. A.. **Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná**. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, 2010.

PIPERNO, D.R. A phytolith analysis: an archaeological and geological perspective. **Academic Press**, London, p.280, 1988.

PIPERNO, D.R; BECKER, P. Vegetational History of a Site in the Central Amazon Basin Derived from Phytolith and Charcoal Records from Natural Soils. Article No.0020. **Quaternary Research** v. 45, 202 – 209. 1996.

PIPERNO, D. R. Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists. **Alta Mira Press**, Oxford.. p.238, 2006.

PESSENDA. L. C. R., PEVALENCIA, E., CAMARGO, P.B., TELLES, E.C.C., MARTINELLI, L.A., CERRI, C.C., ARAVENA, R., ROCANSKI, K. Natural radiocarbon measurements in Brazilian soils develop on basic rocks. **Radiocarbon**, vol. 38, nº 2, p. 203-208, 1996a.

PESSENDA. L. C. R. ARAVENA, R., MELFI, A.J., TELLES, E.C.C., BOULET, R., VALENCIA, E.P.E., TOMAZELLO, M. The use of carbon isotopes ( $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) in soils to evaluate vegetation changes during the Holocene in central Brazil. **Radiocarbon**, vol. 38, nº 2, p. 191-201, 1996b.

PESSENDA. L. C. R., GOUVEIA, S.E.M., ARAVENA, R., GOMES, B.M, BOULET, R., RIBEIRO, S.  $^{14}\text{C}$  dating and stable carbon isotopes of soil organic matter in forest-savanna boundary areas in the southern Brazilian Amazon region. **Radiocarbon**, vol. 40, nº 2, p. 1013-1022, 1998.

PESSENDA, L. C. R. GOUVEIA, S.E.M., ARAVENA, R., GOMES, B.M, BOULET, R., RIBEIRO, S. The carbon isotope record in soils along a forest-cerrado ecosystem transect: implications for vegetations changes in Rondônia state, southwestern Brazilian Amazon region. **The Holocene**, 8.5, p. 599-603, 1998a.

PESSENDA. L. C. R. ARAVENA, R., MELFI, A.J, TELLES, E.C.C., BOULET, R., VALENCIA, E.P.E, TOMAZELLO, M. Paleoclimate studies in Brazil using carbon

isotopes in soils. In: WASSERMAN, J. C.; SILVA-FILHO, E.; VILAS-BOAS, R. (Ed.). *Environmental geochemistry in the tropics*. Berlin: Springer-Verling, 1998b

PESSENDA, L.C.R.; RIBEIRO, A.S.; GOUVEIA, S.E.M; BENDASSOLLI, J.A.; BOULET, R.; PELLEGRINOTTI, T.C. e SILVA, V.F. Dinâmica do ecótono cerrado-floresta desde o Pleistoceno Tardio na região de Barreirinhas, Estado do Maranhão, empregando os isótopos do carbono do solo. Mariluz, Imbé – RS, **VII P CONGRESSO DA ABEQUA, Boletim de Resumos, Associação Brasileira de Estudos do Quaternário** p.344-345, 2001a.

PESSENDA, L.C.R., GOUVEIA, S.E.M, ARAVENA, R. Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest- savana transition zone, Brazilian Amazon region. **The Holocene**, Swansea, UK, v.11, n.2, p.250 -254, 2001b.

PESSENDA, L. C. R.; RIBEIRO, A. S.; GOUVEIA, S. E. M.; ARAVENA, R.; BOULET, R.; BENDASSOLLI, J. A.. Vegetation dynamics during the late Pleistocene in the Barreirinhas region, Maranhão State, northeastern Brazil, based on carbon isotopes in soil organic matter. **Quaternary Research**, v.62, 183-193, 2004.

PESSENDA, L. C. R., GOUVEIA, S.E.M., LEDRU, M., ARAVENA, R., RICARDI-BRANCO, S.F, BENDASSOLI, J.A, RIBEIRO, A.S., SAIA, S.E.M.G., SIFEDDINE, A., MENOR, E.A., OLIVEIRA, S.M.B., CORDEIRO, R.C., FREITAS, A.M.M., BOULET, R., FILIZOLA, H.F.. Interdisciplinary paleovegetation study in the Fernando de Noronha Island (Pernambuco State), northeastern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. 80(4), p. 677-691, 2008.

PESSENDA, L.C.R. et al. The evolution of a tropical rainforest/ grassland mosaic in southeastern Brazil since 28,000 <sup>14</sup>Cyr BP based on carbon isotopes and pollen records. **Quaternary Research (Orlando)**, v.71, p.437- 452, 2009.

PESSENDA, L.C.R.; et al. Last millennium environmental changes and climate inferences in the Southeastern Atlantic forest, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 82 (3). 2010.

RAITZ, E. **Coleção de Referencia de Silicofitolitos da Flora do Sudoeste do Paraná: Subsídios para Estudos Paleoambientais**. Dissertação (Mestrado) Pos-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2012.

RASBOLD, G. G. MONTEIRO, M. R; PAROLIN, M ; CAXAMBÚ, M. G. & PESSENDA, L. C. R.. Caracterização dos tipos morfológicos de fitólitos

presentes em *Butia paraguayensis* (Barb. Rodr.) L. H. Bailey (*Arecaceae*). **Iheringia**. Série Botânica, Porto Alegre, 66(2), p.265-270, 2011.

RASBOLD, G. G.; PAROLIN, M ; CAXAMBÚ, M. G. & PESSENDA, L. C. R. Avaliação e quantificação dos fitólitos presentes em *Chloris elata* Desv., *Chloris gayana* Kunth e *Tripogon spicatus* (Ness) Ekman (*Chloridoideae*) **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, 67 (2), p. 137-148. 2012.

REZENDE, A.B. **Espículas de esponja em sedimentos de lagoa como indicador paleoambiental no NW do Estado do Paraná**. [65?] f., il. Color. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental)- CEPPE, Universidade Guarulhos, Guarulhos 2010.

ROVNER, I. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. **Quaternary Research**, v.1(3), p.343-359, 1971.

RUNGE, F. The opal phytolith inventory of soils in central Africa —quantities, shapes, classification, and spectra. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v.107, n.1-2, p.23-53, 1999.

SANTOS M.L.; LENZI, E.; COELHO, A.. Ocorrência de metais pesados no curso inferior do rio Ivaí, em decorrência do uso do solo em sua bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 15p. 2005.

SANTOS, M. L. GASPARETTO, N. V. L. O Emprego de Minerais Pesados como Indicador da Proveniência da Cobertura Pedológica do Arenito Caiuá na Região Noroeste do Paraná. **Pesquisas em Geociências** (UFRGS), Porto Alegre, v. 32, n.1, p. 63-67, 2005.

SANTOS M.L.; STEVAUX, J. C; GASPARETTO N.V.L.; SOUZA FILHO, E. E.. Geologia e Geomorfologia da planície aluvial do rio Ivaí. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 16p. 2008.

SANTOS, J. C. A. dos ; PAROLIN, M. ; GASPARETTO, N.V.L. . Método para aumentar a recuperação de fitólitos em solo. In: **XIII REUNIÃO REGIONAL DE PALEONTOLOGIA PALEO PR/SC- 2011**, p. 11-11, 2011.

SANTOS, J. C.A. dos ; PAROLIN, M. ; GASPARETTO, N.V.L. . Condições Ambientais do Início do Holoceno Indicadas por Fitólitos e Análise de  $\delta^{13}C$  Na Região de Douradina/PR. In: **XIV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PALEONTOLOGIA- PALEO PR/SC, 2012**, Ponta Grossa- PR., p. 32-32. 2012.

SERVANT, M.; FOURNIER, M.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K. e TURCQ, B. Sécheresse holocène au Brésil (18-20° latitude sud). Implications paléométéorologiques C. R. **Acad. Sci. Paris**, t. 309, série II, p.153-156, 1989.

SHULMEISTER J.; SHANE, P.; LIAN, O. B.; OKUDA, M.; CARTER, J. A.; HARPER, M.; DICKINSON W.; AUGUSTINUS, P.; HEIJNIS, H.; A long late-Quaternary record from Lake Poukawa, Hawke's Bay, New Zealand **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Volume 176, Issues 1-4, 25, Pages 81-107. 2001.

SOARES, P.C.; BARCELOS, P.E.; CORDAS, S.M.; MATTOS, J.T.; BALIEIRO, M.G. e MENEZES, P.R. Lineamentos em imagens Landsat e de radar e suas implicações no conhecimento tectônico da bacia do Paraná. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2, Brasília. Anais do..., Brasília, 1: 143-156. 1982.

STEVAUX, J.C. **O rio Paraná: Geomorfogênese, sedimentologia e evolução quaternária de seu curso superior. São Paulo** Tese (Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, P.142, 1993.

STEVAUX, J.C. Upper Paraná River (Brazil) Geomorphology and Paleoclimatology. in: **Quaternary International**, n.21, p. 143-161, 1994a.

STEVAUX, J.C. Geomorfologia, Sedimentologia e Paleoclimatologia do Alto Curso do Rio Paraná (Porto Rico-PR). in: **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba, Editora da UFPR, nº42, p. 97-112, 1994b.

STEVAUX, J.C. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. in: **Quaternary International**, nº72, p.73-85,2000.

STEVAUX, J.C; SOUZA FILHO, E.E. E JABUR, I. C. A História quaternária do rio Paraná em seu alto curso. in: **Vanzzoler, et al. (Ed). A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná - Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. EDUEM**, Maringá, 1997.

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

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia.** São Paulo, Editora Edgard Blucher/EDUSP. 317p. 1973.

SUGUIO, K., TURCQ, B., SERVANT, M., PRESSINOT, M. N., SOUBIES, F.. Late Quaternary detritic deposits in Southeastern Brazil: paleohydrological interpretations. In: Lacerda L.D., Tucq, B., Knopper, B. & Kjerve, b., eds, **Paleoclimatic changes and the Carbon Cycle.** *Série Geoquímica ambiental* 1. Sociedade Brasileira de Geoquímica, Rio de Janeiro, p.47-53. 1992.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais - Passado + Presente = futuro?** São Paulo, Paulo's Editora, 1999.

TELFER, M. W.; THOMAS, D. S. G.; PARKER, A. G.; WALKINGTON, H.; FINCH, A. A.. Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating and palaeoenvironmental studies of pan (playa) sediment from Witpan, South Africa. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 273, p.50–60. 2009.

THOMAS, M.F. e THORP, M. B. **The response of geomorphic systems to climatic and hidrological change during the late glacial and early Holocene in the humid and sub-humid Tropics.** Geological Society Special Publication, n.115, p.139-153, 1995

TRICART, J.. Division morphoclimatique du Brésil Atlantique Central. in: **Révue de Géomorphologie Dynamique**, nº9,. p.1-12 1958.

TRICART, J.. Aperçus sur le Quaternaire Amazonien, Recherches françaises dur le Quaternarie. in: **Bulletin AFEQ**, nº50, p.265-271, 1977.

TURCQ, B.; SUGUIO, K.; MARTIN, L. e FLEXOR, J. M. **Registros milenares nos sedimentos dos lagos da Serra de Carajás.** in: Revista Ciência Hoje, nº93, Vol.16, , p.31-35, 1993.

TURCQ, B., SUGUIO, K., SOUBIES, F., SERVANT, M. PRESSINOTI, M. M. N. **Alguns terraços fluviais do Sudeste e do Centro-Oeste brasileiro datados por radiocarbono: possíveis significados paleoclimáticos.** Anais do 1º Congresso da ABEQUA, Porto Alegre, p.379-392, 1987.

TWISS, P.C.. Predicted world distribution of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> grass phytoliths. In: Rapp, G. Jr. & S.C. Mulholland (eds.), "Phytolith systematics. Emerging issues." Advances in **Archaeological and Museum Science** 1, p.113-128, 1992.

VAN DER HAMMEN, T. Paleoeecology of the neotropcs: an overview of the state affair. In: SUGUIO, K.; TESSLER, M. (Eds). Proceedings of the Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo. **Boletim Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo**, publicação especial, V. 8, p.35-55. 1991.

VANZOLINI, P.E. Paleoclimas e especiação em animais da América do sul. In: Amazônia: tempos e espaços. in: **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, nº15,. p.41-65. 1992

VOLKMER-RIBEIRO, C. Esponjas. In: JOLY, C.A.; BICUDO, C.E. de M. (Org.). **Biodiversidade do Estado de São Paulo: síntese do conhecimento ao final do século XX.** São Paulo: FAPESP, 1999. v.4, p. 1-9: Invertebrados de água doce.

VOLKMER-RIBEIRO, C.; PAROLIN, M. Segundo registro de *Sterrastrolepis brasiliensis* Volkmer-Ribeiro e De Rosa-Barbosa ( Demospongiae, Potamolepidae) com descrição de habitat e de assembléia, Bacia do Rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 22, n. 04, 2005.

VOLKMER-RIBEIRO, C. PAROLIN, M. **As Esponjas.** In: PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C; LEANDRINI, J. A.. Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, 2010.

WALLIS, L. A. Environmental history of northwest Australia basedon phytolith analysis at Carpenter's Gap 1. **Quaternary International**, 83–85, p. 103–117, 2001.

WEBB, E. A.; LONGSTAFFE, F.J. The oxygen isotopic compositions of silica phytoliths and plant water in grasses: implications for the study of paleoclimate. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v.64, n.5, p.767-780, 2000.

ZALAN, P.V.; WOLFF, S; CONCEIÇÃO, J.C.J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.I. & ZANOTTO, O. A Bacia do Paraná in: GABAGLIA, G.P.R. & MILANI, E. J. **Origem e evolução de bacias sedimentares.** Petrobrás, Rio de Janeiro, 135-168.1991.

## **APÊNDICE I**