

RENATO LADA GUERREIRO

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E PALEOAMBIENTAL DOS TERRAÇOS DA
MARGEM ESQUERDA DO ALTO RIO PARANÁ**

Rio Claro – SP
2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

RENATO LADA GUERREIRO

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E PALEOAMBIENTAL DOS TERRAÇOS DA
MARGEM ESQUERDA DO ALTO RIO PARANÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Mario Luis Assine

Rio Claro – SP
2011

551.4a Guerreiro, Renato Lada
G934e Evolução geomorfológica e paleoambiental dos terraços
da margem esquerda do alto rio Paraná / Renato Lada
Guerreiro. - Rio Claro : [s.n.], 2011
67 f. : il., figs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Mario Luis Assine

1. Geomorfologia. 2. Mudanças paleoambientais
quaternárias. 3. Dados proxy. 4. Unidade Geomorfológica
Taquarussu. 5. Espículas de esponjas. 6. Quaternário. 7.
Lagoas. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

RENATO LADA GUERREIRO

**EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E PALEOAMBIENTAL DOS TERRAÇOS DA
MARGEM ESQUERDA DO ALTO RIO PARANÁ**

Comissão examinadora

Prof. Dr. Mario Luis Assine

Prof. Dr. Mauro Parolin

Prof. Dr. José Cândido Stevaux

Rio Claro – SP
23 de setembro de 2011

“Perca com classe, vença com ousadia. O mundo pertence a que se atreve”
Charles Chaplin

“Se não existe possibilidade de fracasso, então a vitória é insignificante”
Robert H. Schuller

*Dedico este trabalho a razão da minha vida e
combustível do meu sucesso,
MINHA FAMÍLIA*

AGRADECIMENTOS

Como dizer obrigado quando há tantos para agradecer!

Penso que é impossível agradecer a todos com um simples *muito obrigado!* Devo dizer que sou um cara de sorte, pois tive e tenho ao meu lado as melhores pessoas e os melhores profissionais que conheço.

Gostaria também de agradecer meus amigos de infância, pela amizade e apoio constante. E logicamente, pelos engraçadíssimos momentos de descontração a cada vez que nos reunimos.

Agradeço meu orientador, Professor Mario Luis Assine, por todos os ensinamentos e todos os “questionamentos”, fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação e para meu senso sobre ciência.

Ao Professor Mauro Parolin, pelos ensinamentos, discussões, apoio constante em todos os momentos de minha trajetória desde a graduação até aqui, e pela amizade que construímos ao longo desses anos de trabalho. Obrigado Mauro, como eu chegaria aqui se não fossem por conselhos seus.

Ao Professor José Cândido Stevaux, por todo o aprendizado e por toda confiança depositada em mim desde as primeiras oportunidades no início do Mestrado.

Aos Professores José Alexandre J. Perinotto e Antonio Roberto Saad pelas considerações e sugestões no exame de qualificação.

À Fundação Araucária pelo apoio financeiro (processo 422/2009) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Mestrado.

Ao Laboratório de Estudos Paleoambientais da Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão - Lepafe pelo apoio logístico nos trabalhos de campo e suporte nos procedimentos laboratoriais.

À equipe de profissionais do Lepafe e meus grandes amigos: Giliane Gessica Rasbold, Tais Cristina Berbetti Marcotti, Karen Cristina da Silva, Mayara Reis Monteiro, Janaina Silva, João Claudio Alcântara dos Santos, Bruno Augusto Candelari e Sérgio Norberto Pagliarini Junior, por toda ajuda quando precisei e pela agradável companhia sempre.

Às minhas amigas Rosemary Tuzi Domiciliano e Giliane Gessica Rasbold por me socorrerem nas horas que precisei. Principalmente nas etapas laboratoriais da pesquisa.

Aos meus amigos Helton Rogério Menezes, Marcos Augusto Pereira, Aguinaldo Silva, Sidney Kuerten, Eduardo Morais, Pedro França Junior e Thalita Dal Santo, pela ajuda nos trabalhos de campo.

Aos amigos do GEMA-UEM, Lorena Lucas Puerta, Edivando Vitor do Couto, José Renato, Nelson Douhi e Mitchel Druz. Agradeço em especial a Cássia Maria Bonifácio pelas análises granulométricas. Obrigado a todos pela companhia e ajuda.

Aos meus amigos do Programa de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente: Bruno Cesar Araújo, Leonardo Brasil Felipe, Patrick Thomaz, Juliano Coelho, Thiago Bolonini Motta, Homero Melo Junior e Fanny Roxana, Fabiana C. Meira, Vanessa Cristina Santos e Isabel Leli. Obrigado pela amizade e companhia.

Aos meus amigos e companheiros do Laboratório de Estudo do Quaternário – LEQ, Eder Renato Merino, Fabiano do Nascimento Pupim, Deborah Mendes, Tiago Matsushima e Micheli.

A Rosangela Vacelo por toda dedicação e disposição em nos ajudar sempre. Obrigado Rô!

A minha irmãzinha oriental Rafaela Harumi Fujita e a Priscila Panzarini Gon, pela companhia, amizade e apoio.

Aos meus companheiros da República Catapulta, Marcelo e Ronei (2005-2008) e Renan e Ricardo (2009-2011) e da República Genaro's, Cesar, Alex, Fred, Sidney e Vitor (2009-2011) pela amizade e companheirismo.

Aos meus grandes amigos e companheiros de casa, Sidney Kuerten e Frederico dos Santos Gradella pelas valiosas discussões e pela ajuda quando precisei.

À minha querida Elizângela Yurkiw, pelo carinho, paciência, apoio incondicional e por suportar a distância. É impressionante como um simples sorriso pode transformar um dia ruim, num dia ótimo.

Ao meu irmão Ricardo Lada Guerreiro, companheiro de todas as horas, por estar comigo em todos os momentos e por me aturar nos dias em que eu acordava com o “pé esquerdo”.

A Deus por todos os sinais que enviou ao longo de minha vida, que nunca me deixaram em dúvida sobre qual o caminho deveria seguir. Pela sua companhia quando estava sozinho e pela certeza que sempre posso contar com Ele. Peço que continue iluminando meu caminho como sempre fez em todos os meus passos.

E por fim, agradeço a base de todas as minhas conquistas, MINHA FAMÍLIA. A ela atribuo todas as coisas boas de minha vida. A ela que imprimo todo meu esforço. E para ela que dedico mais uma vez este trabalho.

Ao meu pai Abílio Guerreiro, meu grande amigo e companheiro e, minha mãe Emilia Lada Guerreiro, mulher forte, mãe e esposa dedicada. É por vocês que faço tudo isso, é por vocês que tudo isso vale a pena. É a felicidade de vocês que me move a buscar sempre mais e é por vocês, pelo exemplo e educação, que cheguei até aqui. Todo o crédito é de vocês, só fui o intermediário.

Obrigado “Fundação Guerreiro”.

Consegui e, cheguei ao fim... mas não estava sozinho! Obrigado a todos.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOMORFOLOGICA E PALEOAMBIENTAL | 3 |
| 2.1 <i>Características geográficas da área estudada</i> | <i>6</i> |
| 3. OBJETIVOS | 8 |
| 4. GEOMORFOLOGIA DOS TERRAÇOS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARANÁ | 9 |
| 4.1 <i>Material e métodos</i> | <i>9</i> |
| 4.2 <i>Resultados</i> | <i>11</i> |
| 4.2.1 <i>Terraço 1</i> | <i>15</i> |
| 4.2.2 <i>Terraço 2</i> | <i>24</i> |
| 4.2.3 <i>Terraço 3</i> | <i>24</i> |
| 4.2.4 <i>Planícies</i> | <i>26</i> |
| 4.2.5 <i>Leques aluviais</i> | <i>26</i> |
| 4.3 <i>Discussão dos resultados</i> | <i>27</i> |
| 4.3.1 <i>Correlação de terraços</i> | <i>27</i> |
| 4.3.2 <i>Leques aluviais</i> | <i>28</i> |
| 4.3.3 <i>Evolução geomorfológica da área estudada</i> | <i>29</i> |
| 4.3.4 <i>Degradação da superfície do Terraço 1</i> | <i>32</i> |
| 4.4 <i>Conclusões</i> | <i>36</i> |
| 5. MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS DO QUATERNÁRIO COM BASE EM DADOS PROXY | 38 |
| 5.1 <i>Material e métodos</i> | <i>40</i> |
| 5.2 <i>Resultados</i> | <i>41</i> |
| 5.3 <i>Discussão dos resultados</i> | <i>42</i> |
| 5.3.1 <i>Hipóteses para formação de lagoas</i> | <i>46</i> |
| 5.4 <i>Conclusões</i> | <i>48</i> |
| 6. CONCLUSÃO | 49 |
| REFERÊNCIAS | 50 |

FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Mapa de localização da área estudada | 2 |
| Figura 2 – Mapa de ocorrência do Alogruppo Alto Rio Paraná..... | 3 |
| Figura 3 – Mapa morfoestratigráfico do baixo curso do rio Ivaí..... | 4 |
| Figura 4 – Comparação de MDEs gerados a partir de dados SRTM | 10 |
| Figura 5 – Cenas do trabalho de campo.. | 11 |
| Figura 6 – Imagem Landsat da área estudada. | 12 |
| Figura 7 – MDE da área estudada..... | 13 |
| Figura 8 – Mapa geomorfológico da área estudada. | 14 |
| Figura 9 – Afloramento 1 na barranca do rio Paraná..... | 16 |
| Figura 10 – Afloramento 2 na barranca do rio Paraná..... | 17 |
| Figura 11 – Afloramento no baixo curso do córrego Juriti | 18 |
| Figura 12 – Perfil sedimentológico QN-01 | 18 |
| Figura 13 – Perfil sedimentológico QN-02..... | 19 |
| Figura 14 – Perfil sedimentológico QN-03..... | 19 |
| Figura 15 – Perfil sedimentológico QN-04 | 20 |
| Figura 16 – Perfil sedimentológico QN-05..... | 20 |
| Figura 17 – Perfil sedimentológico QN-06..... | 21 |
| Figura 18 – Perfil sedimentológico QN-07 | 21 |
| Figura 19 – Contato erosivo entre depósitos cretáceos e quaternários..... | 23 |
| Figura 20 – Lagoas isoladas sem drenos artificiais.. | 23 |
| Figura 21 – Lagoas com drenos artificiais.. | 24 |
| Figura 22 – Imagem Landsat do alto rio Paraná, com as unidade geomorfológicas Taquaruçu e Fazenda Boa Vista e Imagens Cnes/Spot com feições deposicionais preservadas | 25 |
| Figura 23 – Evolução geomorfológica da área estudada | 31 |
| Figura 24 – Esquema de interconexão das lagoas..... | 33 |
| Figura 25 – Lagoa com formato longitudinal do segmento central do Terraço 1..... | 33 |
| Figura 26 – Mosaico de imagens Landsat e CBERS do alto rio Paraná.. | 34 |
| Figura 27 – Esquema de evolução da superfície dos terraços..... | 35 |
| Figura 28 – Superfícies erodidas do segmento norte e central do Terraço 1 | 35 |
| Figura 29 – Baixo curso do córrego Juriti. | 36 |
| Figura 30 – Principais organismos micropaleontológicos encontrados nos perfis analisados..... | 44 |
| Figura 31 – Gênese das lagoas da área estudada e locais com atividades eólicas e formações de lagos sob condições ambientais semiáridas no final do Pleistoceno. | 47 |

TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Localização dos pontos e depósitos datados pelos métodos LOE e ^{14}C . | 15 |
| Tabela 2 - Localização dos pontos e afloramentos datados pelo método LOE | 15 |
| Tabela 3 - Ocorrência de espículas de esponjas e diatomáceas no perfil QN-04..... | 42 |
| Tabela 4 - Ocorrência de espículas de esponjas, diatomáceas e fitólitos no perfil QN-07..... | 43 |
| Tabela 5 - Ocorrência de espículas de esponjas, diatomáceas e fitólitos no perfil QN-01..... | 43 |
| Tabela 6 - Ocorrência de espículas de esponjas, diatomáceas e fitólitos no perfil QN-02..... | 43 |
| Tabela 7 - Ocorrência de espículas de esponjas, diatomáceas e fitólitos no testemunho QN-03..... | 43 |

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA E PALEOAMBIENTAL DOS TERRAÇOS DA MARGEM ESQUERDA DO ALTO RIO PARANÁ

RESUMO

A presença de vários níveis de terraços e depósitos sedimentares de idades e características distintas no alto rio Paraná sempre foi associada como registro de mudanças paleohidrológicas e paleoambientais em resposta às variações paleoclimáticas quaternárias. A área estudada está localizada no noroeste do Paraná, próximo a cidade de Querência do Norte, na margem esquerda do rio Paraná. Com base em dados de sensores remotos e de campo, que incluíram sondagens vibratórias e descrição de afloramentos, foi realizada a compartimentação e caracterização geomorfológica da área estudada com reconhecimento de terraços associados aos rios Paraná e Ivaí, planícies atuais de ambos os rios, lagoas de variados formatos e leques aluviais inativos formados por riachos que drenam terrenos situados a leste. Dados geomorfológicos, geológicos, datações absolutas (LOE e ^{14}C) e interpretação de dados proxy como espículas de esponjas continentais, frústulas de diatomáceas e fitólitos permitiram reconstituir condições paleoambientais e paleoclimáticas. Datações revelaram idades de 150.900 ± 32.400 e 50.300 ± 7.900 anos AP para os terraços; 26.900 ± 5.000 e 20.600 ± 4.800 anos AP para as lagoas; e 7.540 anos AP para o leque aluvial. Os terraços da área estudada foram correlacionados com as unidades geomorfológicas Taquaruçu e Fazenda Boa Vista, no sudeste do Mato Grosso do Sul, e Terraço Ivaí, na margem direita do rio Ivaí, interpretados como extensões dessas unidades e produtos dos mesmos eventos paleoambientais/paleoclimáticos quaternários. A presença de espículas de esponjas em sedimentos lacustres descartou a contribuição de ambientes lóticos na gênese e evolução das lagoas. Foram identificadas gemoscleras correspondentes a quatro espécies de esponjas: a) *Dosilia pydanieli*; b) *Radiospongilla amazonensis*; c) *Metania spinata*, e d) *Uruguayia corallioides*; e frústulas de diatomáceas dos gêneros: a) *Pinnularia* sp. e b) *Eunotia* sp., que possibilitaram a interpretação de mudanças paleoambientais. A degradação dos terraços e a formação de redes tributárias estão intimamente ligadas às drenagens estabelecidas pela interconexão das lagoas, compondo uma rede hidrográfica com os riachos provenientes das áreas mais elevadas. Um modelo foi proposto para explicar a evolução geomorfológica da área estudada do Pleistoceno Tardio ao Holoceno com base nos dados obtidos, nas correlações e interpretações realizadas.

Palavras-chaves: Rio Paraná; Unidade Geomorfológica Taquarussu; espículas de esponjas; Quaternário; Lagoas.

GEOMORPHOLOGICAL AND PALEOENVIRONMENTAL EVOLUTION OF UPPER PARANÁ RIVER TERRACES, BRAZIL

ABSTRACT

Terraces levels and sedimentary deposits of different ages and characteristics in the upper Paraná River has been associated as a paleohydrological and paleoenvironmental record by Quaternary paleoclimatic changes. The study area is located in northwest of Paraná State (Brazil), near to Querência do Norte city, left bank of upper Paraná river. Based on remote sensing data and fieldworks, including vibro-core drilling and outcrops description, was held the study área geomorphological subdivision and characterization, with recognition of terraces associated of Parana and Ivaí rivers, current plains of both rivers, various formats ponds and inactive alluvial fans formed by streams that drain high land. Geomorphology, geology, absolute dating (OSL and ^{14}C) and interpretation of proxy records data as continental sponges spicules, diatoms frustules and phytoliths allowed to reconstruct paleoenvironmental and paleoclimatic conditions. Dating showed ages of $150,900 \pm 32,400$ and $50,300 \pm 7900$ years BP to terraces; $26,900 \pm 5,000$ and $20,600 \pm 4800$ years BP to ponds; and 7,540 years BP to aluvial fan. The terraces of the study area were correlated with the geomorphological units Taquaruçu and Fazenda Boa Vista, in southeastern Mato Grosso do Sul State (Brazil), and Ivaí Terrace on the right bank of the lower Ivaí river. The terraces were interpreted as extensions of these units and products of the same Quaternary paleoenvironmental / paleoclimatic changes events. The presence of sponge spicules in lake sediments show that lotic environments were not associated with the ponds genesis and evolution. Gemmoscleres were identified corresponding to four sponges species: a) *Dosilia pydanieli*; b) *Radiospongilla amazonensis* c) *Metania spinata*; and d) *Uruguayia corallioides*, as well two genus of diatoms frustules: a) *Pinnularia* sp. and b) *Eunotia* sp., which enabled the interpretation of paleoenvironmental change. The terraces degradation and tributaries drainage formation are closely linked to drainage established by ponds interconnection, forming a river system with the streams from the higher areas. A model was proposed to explain the studied area geomorphological evolution of Late Pleistocene to Holocene, based on data obtained, units geomorphological correlations and interpretations made.

Keywords: Paraná River; Taquarussu Geomorphological Unit, spicules of sponges; Quaternary; Ponds.

1. INTRODUÇÃO

O rio Paraná é o segundo maior rio em extensão da América do Sul (4.635 km) e o décimo do mundo em vazão. A denominação rio Paraná é dada a partir da confluência dos rios Grande e Paranaíba na divisa dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. O alto rio Paraná é o compartimento localizado entre as cabeceiras do rio até o início do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipú, próximo a foz do rio Piquirí, divisa entre Brasil e Paraguai. Nessa porção seus principais afluentes são os rios Tietê, Paranapanema, Ivaí, Piquirí, Ivinheima e Amambaí.

O canal atual do rio Paraná possivelmente instalou-se no início do período Quaternário durante fases de variação climática com expressivas mudanças ambientais e hidrológicas no alto curso, bem como no quadro paisagístico do Brasil e continente Sul-Americano (Stevaux 1993, 1994). Grande parte dos estudos paleoambientais e geomorfológicos relacionados a essas mudanças ambientais foram desenvolvidos na margem direita do rio com o reconhecimento de terraços de diferentes idades e características.

A área estudada está localizada no noroeste do Estado do Paraná, próximo a cidade de Querência do Norte, entre as coordenadas geográficas 22°56'56" e 23°19'48" de latitude sul e 53°31'54" e 53°44'13" de longitude oeste, contíguo à foz do rio Ivaí, na margem esquerda do rio Paraná, divisa com o Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1).

O presente trabalho foi realizado com base na interpretação de dados geológicos, geomorfológicos, datações absolutas e análise de bioindicadores micropaleotológicos (*proxy records*) como espículas de esponjas continentais, frústulas de diatomáceas e fitólitos presentes nos depósitos sedimentares lacustres e aluviais.

A área preserva importantes feições geomorfológicas quaternárias como terraços e planícies, similares às descritas por Stevaulx (1993) no sudeste do Mato Grosso do Sul. Destaca-se também a presença de leques aluviais inativos, lagoas e charcos cujos depósitos preservaram importantes registros sobre a evolução geomorfológica e paleoambiental da margem esquerda do rio Paraná.

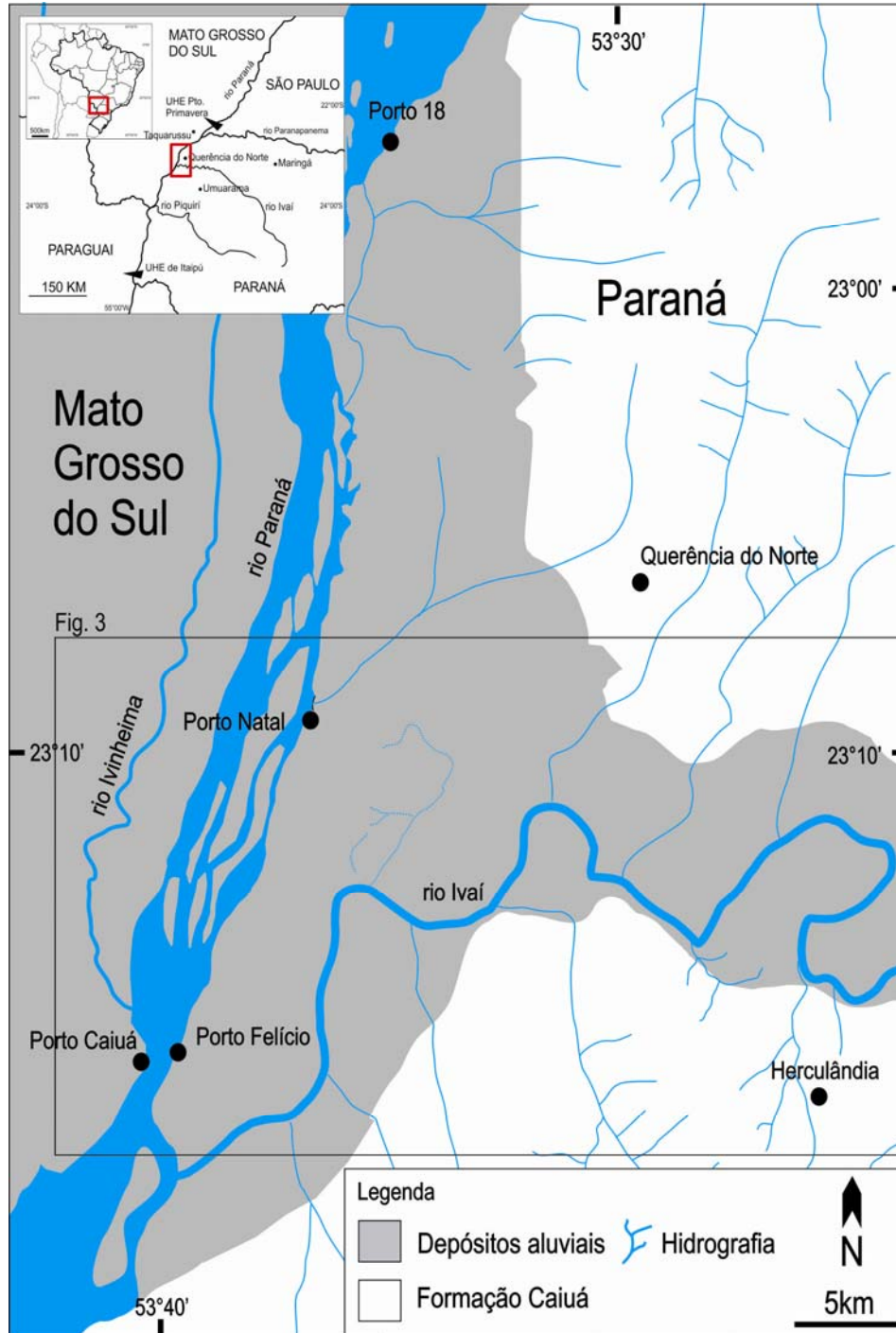


Figura 1 – Mapa de localização da área estudada.

Espera-se que as propostas apresentadas nesse trabalho venham a contribuir para o melhor entendimento da evolução geomorfológica e paleoambiental no alto rio Paraná, em especial a área estudada, cujos estudos são ainda incipientes. Espera-se também que a compreensão das variações climáticas e ambientais responsáveis pela modelagem geomorfológica forneça subsídios para o planejamento e exploração racional dos recursos naturais.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO GEOMORFOLOGICA E PALEOAMBIENTAL

A área estudada apresenta rochas cretáceas nas partes mais elevadas (Formação Caiuá) e sedimentos quaternários nas partes baixas ao longo dos rios Paraná e Ivaí. [Sallun et al \(2007\)](#) propuseram o agrupamento das unidades quaternárias em Alogrupo Alto Rio Paraná, com duas aloformações distintas ([Figura 2](#)). Os depósitos arenosos de origem coluvial ([Sallun et al 2007](#)) e eluvial ([Santos 1997](#)), superpostos a Formação Caiuá e, os sedimentos colúvio-aluviais quaternários ao longo da margem dos rios, podem ser individualizados respectivamente na Aloformação Paranavaí e Aloformação Paraná ([Sallun et al 2007](#)).

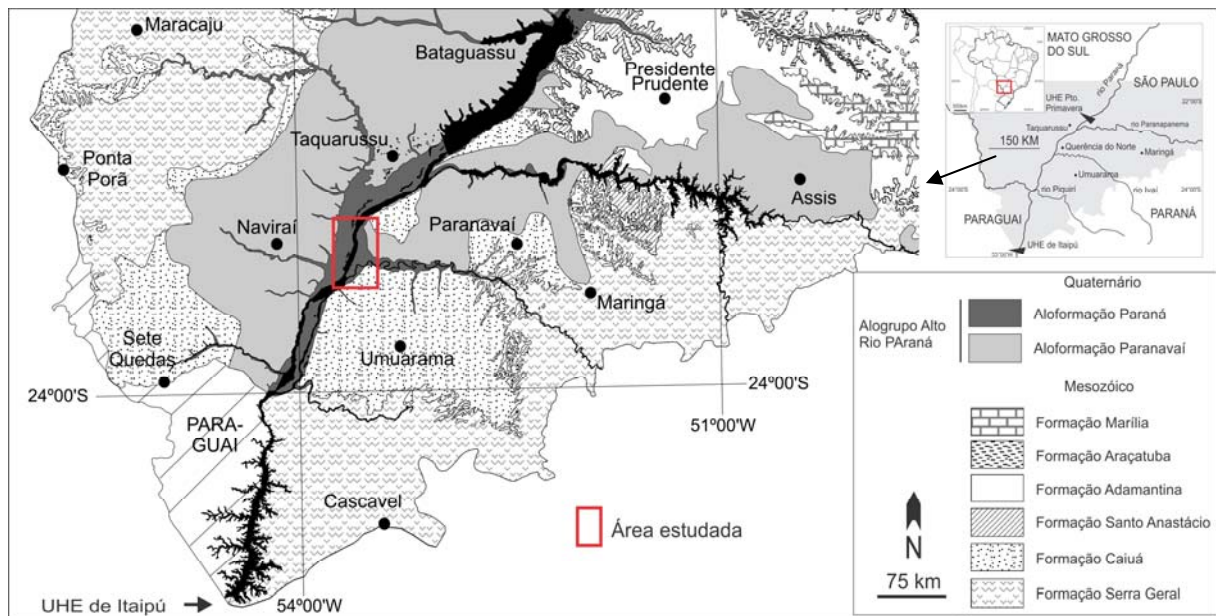


Figura 2 – Mapa de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná (modificado de [Sallun et al 2007](#)).

Os primeiros estudos com o reconhecimento de unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares no alto rio Paraná foram desenvolvidos em meados da década de 1980. A região foi compartimentada em: a) terraço colúvio-aluvial; b) terraço aluvial; c) planície aluvial do rio Baía; d) planície aluvial – paleo ilha; e) planície aluvial do alto rio Paraná ([Suguio et al 1984](#)); f) Terraço colúvio-aluvial; g) Zona de acumulação torrencial ([Justus 1985](#)) e; h) Compartimento beira rio ([Jabur 1985](#)).

Com base na presença de terraços, principalmente na margem direita do rio Paraná, [Stevaux \(1993\)](#) estabeleceu quatro unidades geomorfológicas: a) Unidade

Porto Rico, com depósitos coluviais e/ou pedogênese dos arenitos da Formação Caiuá, relevo suave e colinas achatadas com caimento sutil em direção a calha do rio Paraná; b) Unidade Taquaruçu, com depósitos colúvio-aluviais e inúmeras lagoas de variados formatos semelhantes às da área estudada; c) Unidade Fazenda Boa Vista, com feições deposicionais preservadas, características de canais entrelaçados e em parte recoberta por leques aluviais; e d) Unidade Rio Paraná, planície fluvial atual.

Na mesma região [Souza Filho \(1993\)](#) descreveu uma sucessão de unidades desenvolvidas em fases de domínio fluvial e pedimentação, denominados: a) Terraço Alto; b) Terraço Médio; c) Terraço Baixo; e d) Planície Fluvial. [Santos et al \(2008\)](#) identificaram no baixo curso do rio Ivaí cinco unidades morfoestratigráficas ([Figura 3](#)): a) Unidade Terraço Paraná; b) Unidade Terraço Ivaí; c) Unidade Planície Paraná-Ivaí; d) Unidade Planície Ivaí; e e) Unidade Leque Aluvial ([Figura 2](#)).

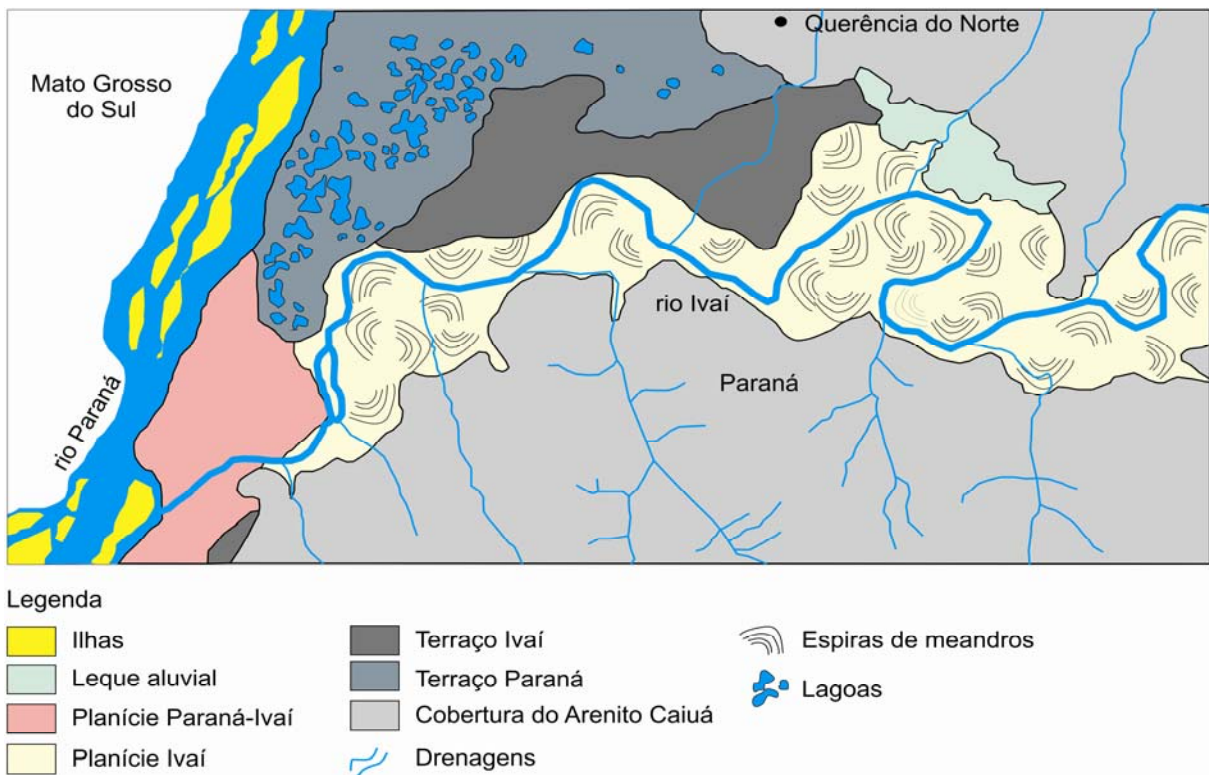


Figura 3 – Mapa morfoestratigráfico do baixo curso do rio Ivaí (modificado de [Santos et al 2008](#)).

As unidades propostas por [Souza Filho \(1993\)](#) no rio Paraná e [Santo et al \(2008\)](#) no baixo curso do rio Ivaí podem ser correlacionadas com os compartimentos

geomorfológicos propostos por [Stevaux \(1993\)](#) na margem direita do rio Paraná, no sudeste do Mato Grosso do Sul (discussões no Capítulo 4).

Estudos realizados por [Stevaux \(1994\)](#), [Santos \(1997\)](#) e [Fortes et al \(2005\)](#) salientaram que processos neotectônicos acompanharam o desenvolvimento da planície aluvial do rio Paraná. [Souza Filho \(1993\)](#) e [Souza Filho e Stevau \(1997\)](#) definiram os movimentos relativos dos blocos estruturais por meio da análise da distribuição da Unidade Taquaruçu em todo alto rio Paraná. Segundo os autores, o movimento relativo dos blocos é delimitado pelas mesmas estruturas que ocorrem ao longo do rio Paraná e afluentes.

Quatro eventos de mudança climática foram reconhecidos por [Stevaux \(1993\)](#) como principais responsáveis pela construção e entalhe de depósitos fluviais no alto rio Paraná. Com base em registros sedimentares, fluviais e lacustres, o autor caracterizou duas fases secas alternadas com duas fases úmidas. Estudos realizados por [Kramer e Stevau \(2001\)](#), [Parolin \(2006\)](#) e [Parolin et al \(2003, 2004, 2005 e 2006\)](#) corroboraram a alternância de fases secas e úmidas do Pleistoceno Tardio ao Holoceno.

No primeiro evento (>40.000 a ~8.000 anos AP), os depósitos de canal do rio Paraná foram caracterizados como típicos de clima semiárido. As características dos sedimentos e a ausência de matéria orgânica em depósitos lacustres foram interpretadas como decorrentes de climas secos com processos de deposição eólica. De acordo com [Kramer e Stevau \(2001\)](#), a aridez climática no final do Pleistoceno pode ter sido responsável pela deposição de areias por atividades eólicas na região, tal interpretação corroborada por atividades eólicas reconhecidas para áreas da América do Sul por [Iriondo \(1994\)](#), [Iriondo e Kröhling \(1995\)](#), [Barreto et al \(1996\)](#) e [Iriondo \(1998\)](#).

No segundo evento (8.000-6.000 anos AP) condições ambientais mais úmidas, com mudanças no padrão hidrológico do rio Paraná ([Stevaux 1993, 1994;](#) [Stevaux e Santos 1998](#)) e construção de leques aluviais ([Guerreiro et al 2010](#)) foram interpretadas como decorrentes da melhoria climática a partir do Holoceno.

[Stevaux \(1993\)](#) identificou uma mudança na padrenagem do rio Paraná de canais aparentemente entrelaçados, com sedimentação exclusivamente arenosa, para meandrante com predomínio de sedimentos finos. [Stevaux \(1994\)](#), [Stevaux et al \(1997\)](#) e [Stevaux e Santos \(1998\)](#) constataram mudanças no regime hidrológico do rio Paraná há cerca 8.000 anos AP, marcadas pelo aumento de precipitação e

incisão vertical do canal, dando origem a um terraço com cerca de 10 m de altura. Por volta de 6.000 anos AP, uma ampla planície de inundação bem marcada, com consistência lamosa desenvolveu-se no alto rio Paraná (Stevaux e Santos 1998).

O terceiro evento (3.500-1.500 anos AP) apresenta retorno de condições mais secas, com tendências semiáridas, porém menos intensas se comparadas às do Pleistoceno Tardio (Stevaux 1993, 1994; Kramer e Stevaux 2001; Parolin 2006). Esse período seco foi responsável pela retração das florestas, expansão de vegetação aberta e intensa atividade eólica com formação de dunas na unidade Fazenda Boa Vista, sudeste do Mato Grosso do Sul (Parolin e Stevaux 2001, 2004, 2006). Segundo Sallun et al (2007) a diminuição do teor de matéria orgânica, incremento da fração arenosa com sedimentação eólica e o predomínio de palinomorfos típicos de savana sugerem um clima mais seco que o atual e temperaturas semelhantes às do Último Máximo Glacial (UMG).

No quarto evento (1.500 anos AP até o presente) tem-se a retomada de condições úmidas com aumento da precipitação e avanço de coberturas vegetais arbóreas (Stevaux 1993; Parolin et al 2006). Matas pluviais com associações florísticas semelhantes às atuais instalaram-se no alto rio Paraná nesse período (Stevaux 1993).

2.1 Características geográficas da área estudada

A área estudada apresenta um regime pluviométrico tipicamente tropical, podendo as máximas e mínimas (mm/anuais) ocorrer em qualquer época do ano, com índices médios em torno de 1.350mm/ano. A variabilidade apresenta-se mais perceptível somente em anos anômalos, devido a fenômenos como *El Niño* e *La Niña* (Destefani 2005). O clima é do tipo Cfa (classificação de Köppen), subtropical úmido com maior concentração de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. Nos meses mais quentes as temperaturas médias são superiores a 22°C e nos meses mais frios a temperatura média é superior a 18°C.

A área possui solos constituídos predominantemente por Argissolos Vermelhos Eutróficos, Organossolos Mésicos e Greissolos Háplicos. A alta fertilidade dos solos existentes nessa região atraiu grande quantidade de migrantes a partir da década de 1950, oriundos de outras regiões do Estado do Paraná e do Rio Grande do Sul. Tal fato desencadeou a substituição de extensas áreas de

floresta e baixadas úmidas (charcos) por áreas de cultivo. No passado a vegetação era composta pela Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e Formações Pioneiras de influência flúvio-lacustre.

Devido à degradação provocada pela atividade agrícola, a cobertura vegetal original foi reduzida a pequenas manchas isoladas, espalhadas na região, presentes em reservas particulares e pontos situados ao longo das margens dos rios. No presente, a região tornou-se altamente produtiva, principalmente no cultivo do arroz. Essa cultura, no entanto, contribuiu também para a remodelação do relevo e modificação do sistema hidrográfico local, devido ao barramento dos córregos e canais menores.

As feições geomorfológicas mais marcantes da área estudada, além dos terraços, planícies e leques aluviais, são conjuntos de lagoas e banhados de variados tamanhos e formatos. As lagoas Coceira e Milharal foram analisadas quanto ao conteúdo sedimentar e micropaleontológico. Tais lagoas apresentam, respectivamente, formato irregular longitudinal e ligeiramente ovalado, ambas com lâmina d'água rasa, dificilmente ultrapassando 60cm e cobertas por vegetação de macrófitas.

3. OBJETIVOS

O escopo principal deste trabalho é reconhecer, caracterizar e mapear as unidades geomorfológicas da área estudada e reconstituir as condições paleoambientais e paleoclimáticas do Pleistoceno Tardio ao Holoceno.

Para atingir tal meta, são objetivos específicos: 1) Caracterizar e interpretar as unidades geomorfológicas buscando-se reconhecer os processos deposicionais e erosivos relacionados à sua evolução; 2) Identificar e interpretar o conteúdo micropaleontológico (dados *proxy*) presente nos sedimentos recuperados das unidades geomorfológicas amostradas, com vistas ao reconhecimento de mudanças paleoambientais; 3) Correlacionar as mudanças paleoambientais identificadas na área estudada ao padrão das mudanças paleoclimáticas regionais.

Os resultados da compartimentação e da evolução geomorfológica serão apresentados no Capítulo 4. A análise dos dados *proxy* com interpretações paleoambientais/paleoclimáticas e as hipóteses para a gênese dos sistemas lacustres serão apresentadas no Capítulo 5.

4. GEOMORFOLOGIA DOS TERRAÇOS DA MARGEM ESQUERDA DO RIO PARANÁ

A presença de planícies e terraços com diferentes idades e características foram reconhecidas na margem direita do rio Paraná por [Suguo et al \(1984\)](#), [Justus \(1985\)](#), [Jabur \(1985\)](#), [Stevaux \(1993\)](#) e [Souza Filho \(1993\)](#). De acordo com [Souza Filho e Stevau \(2004\)](#), a presença de diversas unidades geomorfológicas nessa margem deve-se à tendência de deslocamento da calha fluvial para leste e à presença de blocos baixos por processos tectônicos com sucessivos entalhes do leito do rio Paraná.

[Santos et al \(2008\)](#) caracterizaram a presença de terraços e planícies, propondo cinco unidades morfoestratigráficas para o baixo curso do rio Ivaí. A área estudada está localizada entre os compartimentos descritos por [Stevaux \(1993\)](#) e [Souza Filho \(1993\)](#) na margem direita e [Santos et al \(2008\)](#) na margem esquerda do rio Paraná. A presença de terraços no noroeste do Estado do Paraná ainda levanta questões quanto a gênese e evolução geomorfológica, além de preservar um dos poucos registros sobre mudanças paleoambientais do alto rio Paraná presentes na margem esquerda.

Os resultados apresentados nesse capítulo permitiram estabelecer correlações dos terraços da área estudada com àqueles no sudeste do Mato Grosso do Sul e baixo curso do rio Ivaí. Com base nos dados obtidos e bibliografia disponível, são propostas cinco fases de evolução geomorfológica, além de hipóteses para a evolução dos sistemas lacustres e formação de drenagens tributárias na região.

4.1 Material e métodos

A compartimentação geomorfológica foi realizada com base na identificação de zonas homólogas em imagens de satélite. A análise de imagens CBERS 2B (18/12/2008) e LANDSAT (19/03/2009; 08/04/2011) permitiu identificar lagoas isoladas e interconectadas, drenagens tributárias, terraços degradados e leques aluviais inativos. Modelos Digitais de Elevação (MDEs), gerados a partir de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) permitiram ressaltar feições geomorfológicas pouco evidentes em imagens orbitais e em campo ([Figura 4](#)).

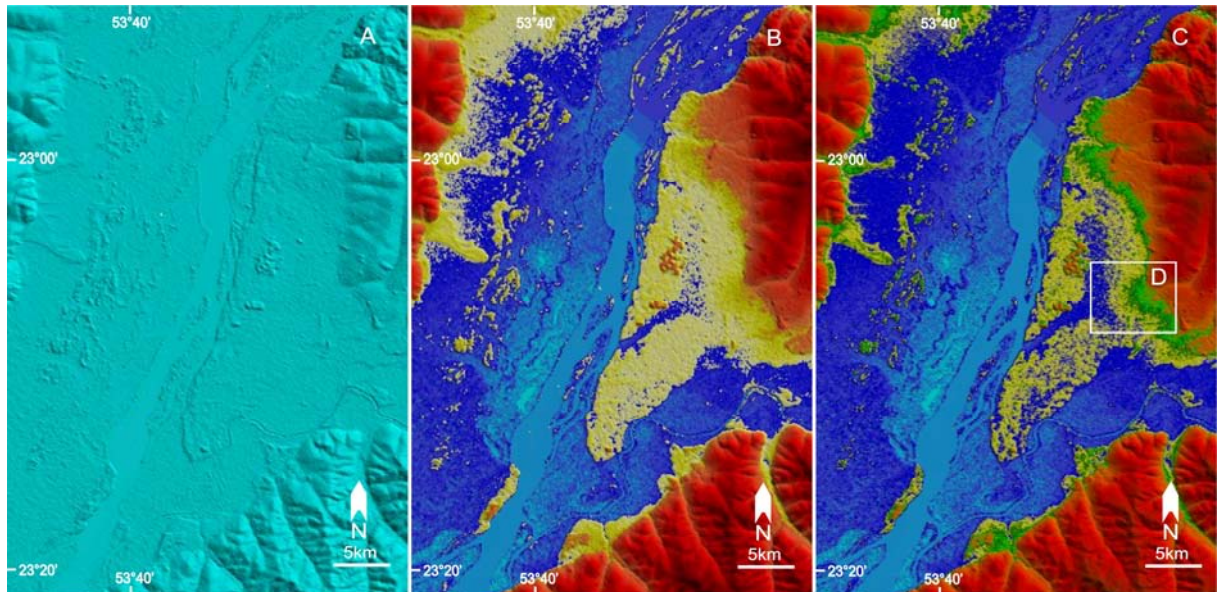


Figura 4 – Comparação de MDEs gerados a partir de dados SRTM da área estudada. A) MDE sem ajustes; B) MDE com redução de intervalos altimétricos; C) MDE com redução de intervalos altimétricos e edição da paleta de cores com significativo ganho qualitativo da representatividade das feições geomorfológicas; e E) destaque para o leque aluvial do Juriti.

Quatro campanhas de campo foram realizadas em julho de 2009, maio, agosto e dezembro de 2010, para validação dos dados, realização de sondagens e descrição de afloramentos no baixo curso do córrego Juriti e barranca do rio Paraná. As sondagens foram realizadas com auxílio de vibrotestemunhador leve (Figura 5) em lagoas do Terraço 1, porção distal e central do leque aluvial do Juriti.

Cinco amostras de sedimento foram enviadas para datação pelo método LOE (Luminescência Opticamente Estimulada) no Laboratório de Vidros e Datação da FATEC-SP e uma para datação por ^{14}C no Laboratório Beta Analytic-FL-EUA.

As análises granulométricas seguiram os padrões estabelecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-[EMBRAPA \(1997\)](#) e realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Estadual de Maringá-UEM (Maringá – PR). Foram submetidos 20 g de material à dispersão química em becker de 250 ml com adição de 10 ml de solução natural de pirofosfato de sódio e 100 ml de água destilada. Após repouso de por 24 horas, as amostras foram agitadas mecanicamente por 10 minutos em agitador elétrico de hélice. Depois de peneirado, o material foi lavado com água destilada para retirada da argila. O material arenoso resultante foi secado em estufa a 105°C.

Em todas as etapas da análise foram incluídas amostras “brancas” preparadas com 900 ml de água destilada e 10 ml de solução dispersante. A

temperatura foi definida após os intervalos de pipetagem das frações silte e argila, conforme a lei de Stokes e empregado o ábaco de Casagrande (Bouyoucos 1962). Após período de 24 horas na estufa a 110°C, as amostras foram retiradas e colocadas em dessecador por 30 minutos para resfriamento. A fração arenosa foi peneirada em malha de 0,250 mm para separação de areia fina e grossa. Após essa etapa, o conteúdo resultante foi pesado e a porcentagem calculada conforme a metodologia proposta.



Figura 5 - Cenas do trabalho de campo. A e B) Obtenção de testemunho com auxílio de sondagem vibratória e C) Retirada do cilindro com os sedimentos recuperados.

4.2 Resultados

Com base em dados de sensores remotos (Figuras 6 e 7) e de observações de campo foi possível identificar terraços associados ao rio Paraná (Terraço 1 e Terraço 2), terraço associado ao rio Ivaí (Terraço 3), planícies atuais de ambos os rios e leques aluviais formados por riachos que drenam terrenos situados a leste onde afloram arenitos da Formação Caiuá (Figura 8).



Figura 6 – Imagem Landsat (04/08/2011) RGB_321 da área estudada, com localização das sondagens (01 a 07) e afloramentos (08-10).

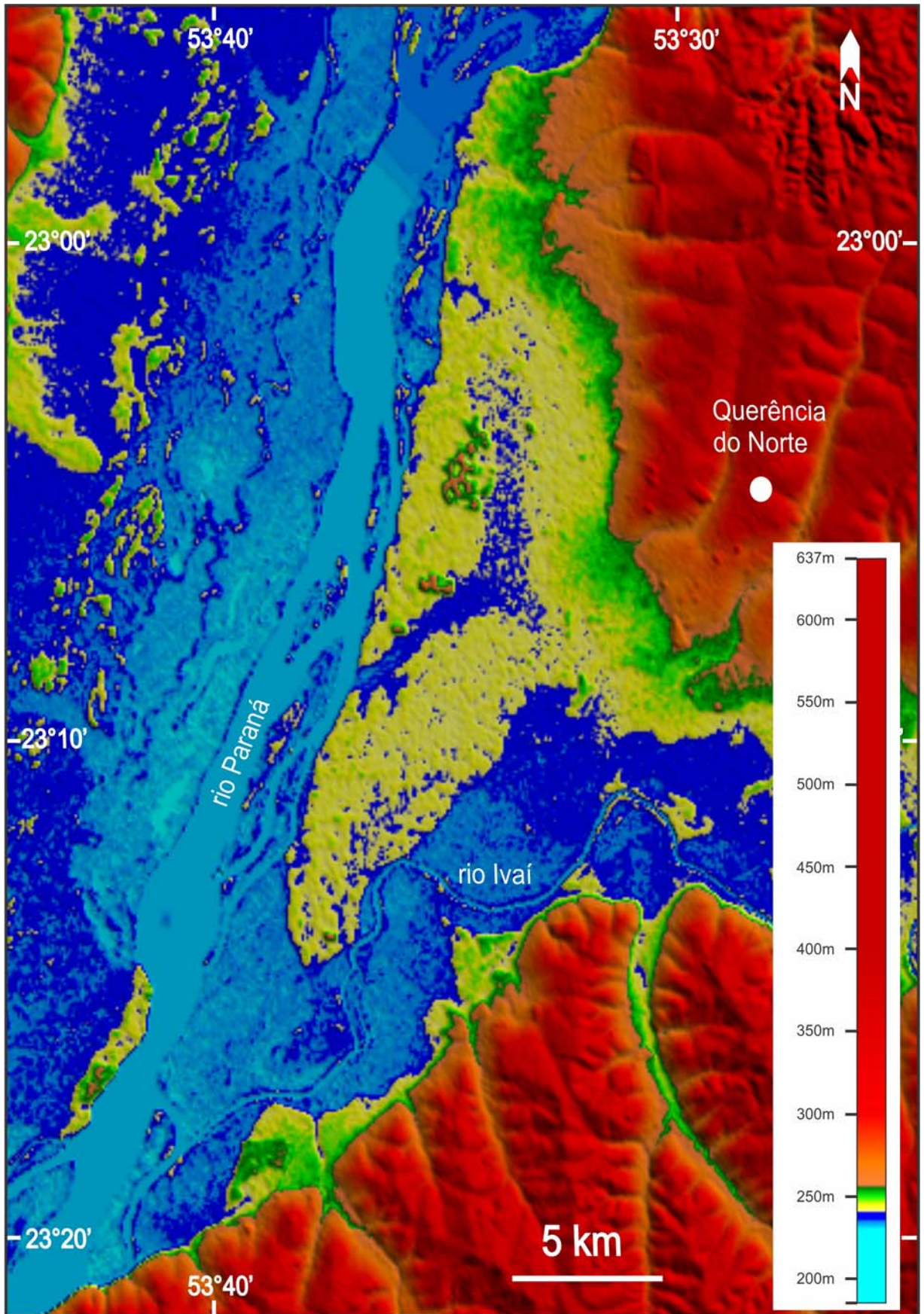


Figura 7 – MDE da área estudada gerado a partir de dados SRTM.

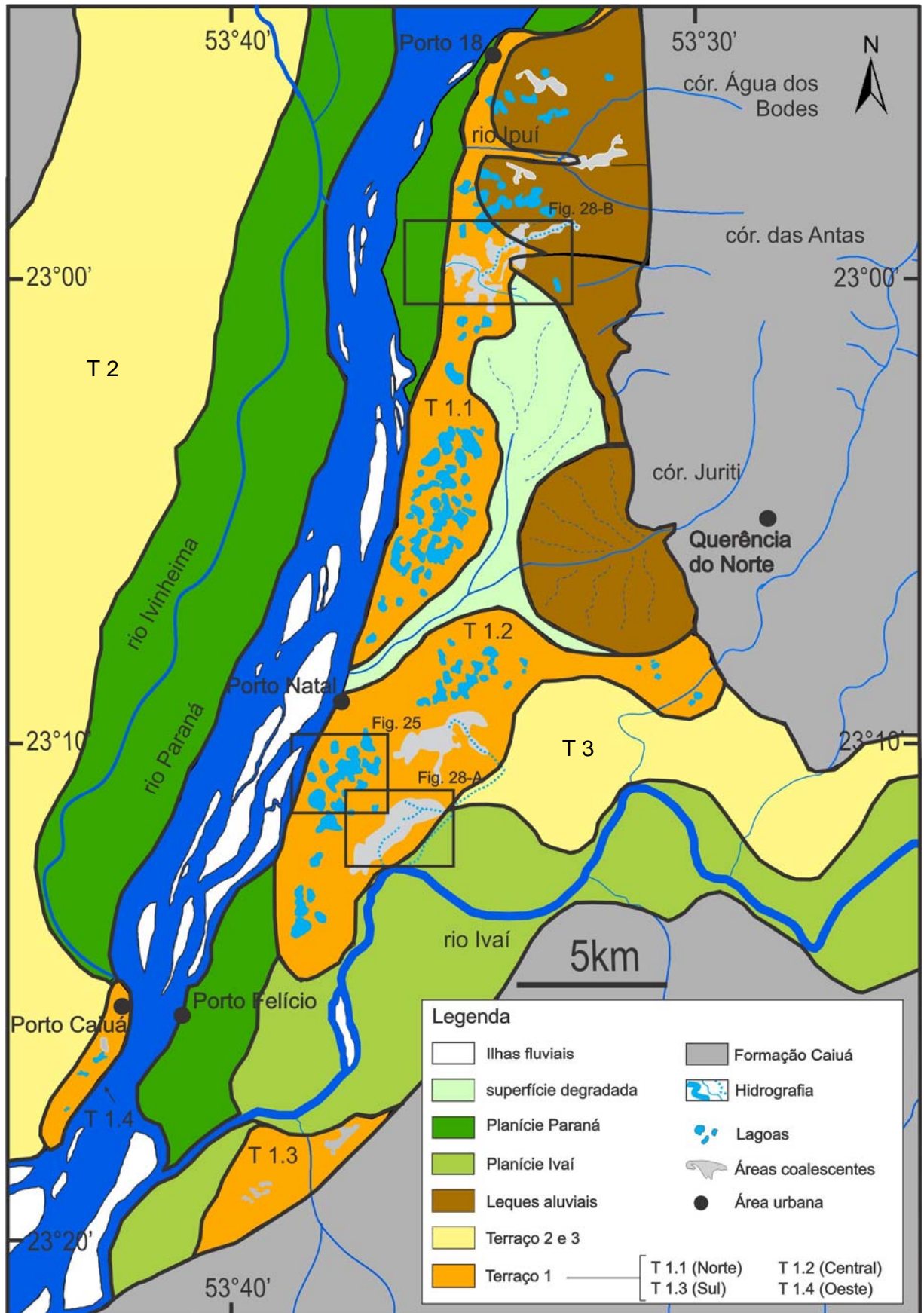


Figura 8 – Compartimentação geomorfológica da área estudada.

Os pontos amostrados para datação dos afloramentos na barranca do rio Paraná, córrego Juriti e testemunhos recuperados das lagoas e leque aluvial revelaram idades do Pleistoceno Tardio ao Holoceno Médio (Tabela 1 e 2).

Tabela 1 - Localização dos pontos de afloramentos datados pelo método LOE

| Protocolo | Ponto | Localização | Prof. (cm) | Idades |
|-----------|----------|-------------------------|------------|----------------------|
| 2859 | Ponto 08 | 23°08'00"S / 53°36'38"W | 140 | 5.100 ± 1.300 LOE |
| 2858 | Ponto 09 | 23°09'40"S / 53°18'29"W | 390 | 50.300 ± 7.900 LOE |
| 2857 | Ponto 10 | 23°09'40"S / 53°18'29"W | 160 | 150.900 ± 32.400 LOE |

Tabela 2 - Localização dos pontos e depósitos datados pelos métodos LOE e ¹⁴C

| Protocolo | Ponto | Localização | Prof. (cm) | Idades |
|-----------|----------|-------------------------|------------|----------------------------|
| 279748 | Ponto 01 | 23°08'08"S / 53°31'37"W | 62 | 7.540 ± 20 ¹⁴ C |
| 2903 | Ponto 07 | 23°06'46"S / 53°36'37"W | 105 | 20.600 ± 4.800 LOE |
| 2902 | Ponto 04 | 22°59'37"S / 53°35'44"W | 44 | 26.900 ± 5.000 LOE |

Os afloramentos no rio Paraná (Figura 9 e 10) apresentam cascalheiras em contato erosivo com a Formação Caiuá, intercaladas por camadas (~30 cm) de areia grossa, sobreposta por depósito de areia média a grossa, maciça, de cor amarela.

O afloramento no baixo curso do córrego Juriti (Figura 11) apresenta cascalheiras em contato erosivo com arenitos da Formação Caiuá, seguida de um pacote composto por argila de cor cinza claro, maciça. Em direção ao topo há uma camada (30 cm) predominantemente de silte e areia muito fina, sem cimentação, com discordância erosiva na base e no topo. O topo do afloramento apresenta sedimentos antrópicos (não descritos), resultante de dragagem.

Os testemunhos recuperados alcançaram, em média, profundidades de 1,30 m, com padrões sedimentares semelhantes, apresentando na base argila de cor cinza clara, maciça; areia fina no meio e, areia fina acrescida com matéria orgânica em direção ao topo (Figuras 12 a 18).

4.2.1 Terraço 1

O topo do Terraço 1 está situado entre as cotas altimétricas 240 e 245 m, compartimentado em quatro segmentos: Norte (T 1.1); Central (T 1.2); Su (T 1.3) e Oeste (T 1.4). As principais características desse terraço são a existência de lagoas com diferentes formatos e a presença de cascalheiras basais em contato erosivo com a Formação Caiuá.

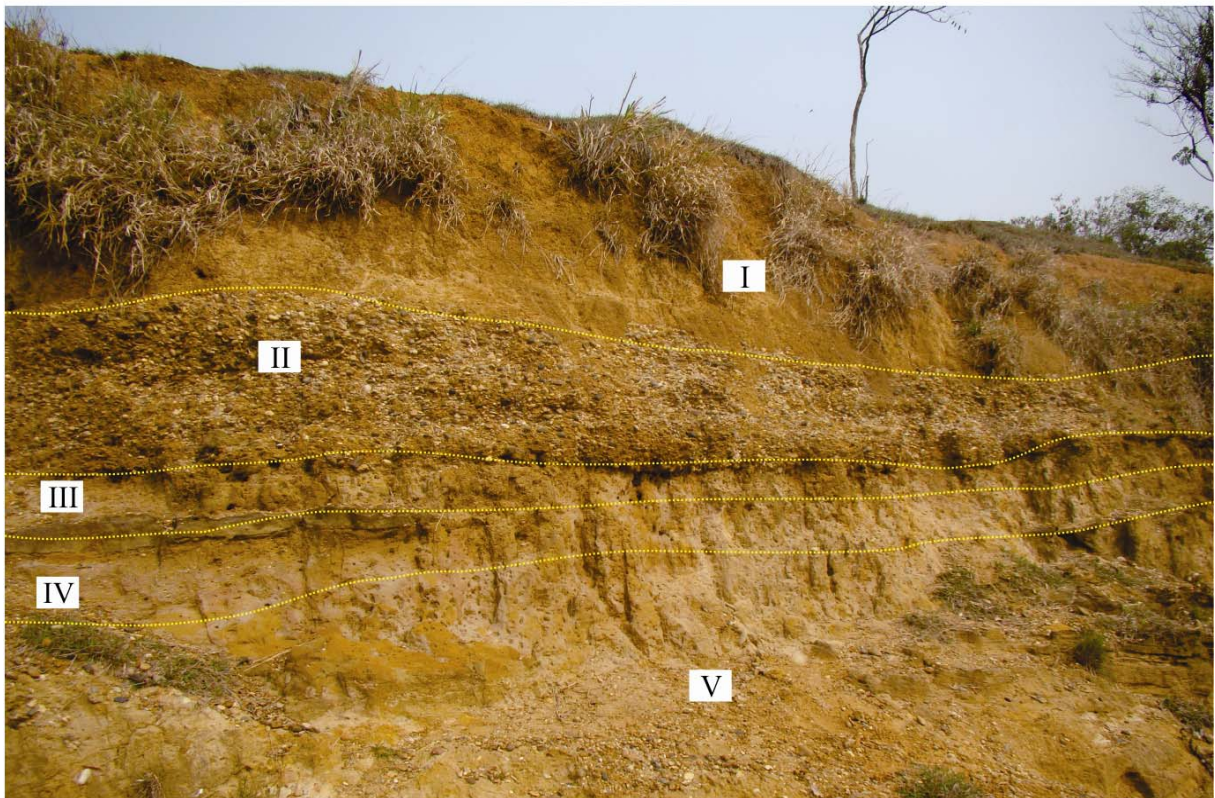
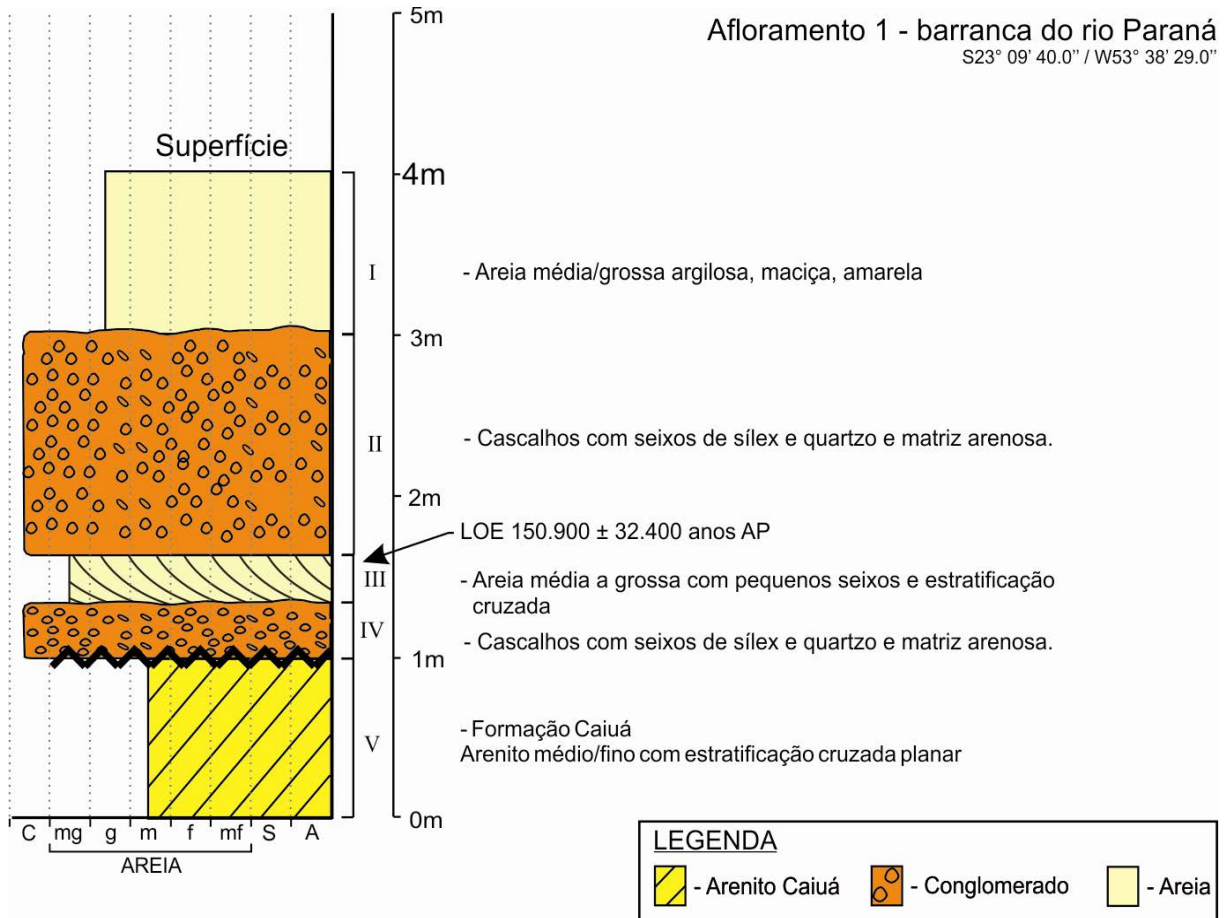


Figura 9 – Afloramento 1 na barranca do rio Paraná, próximo a Porto Natal-PR.

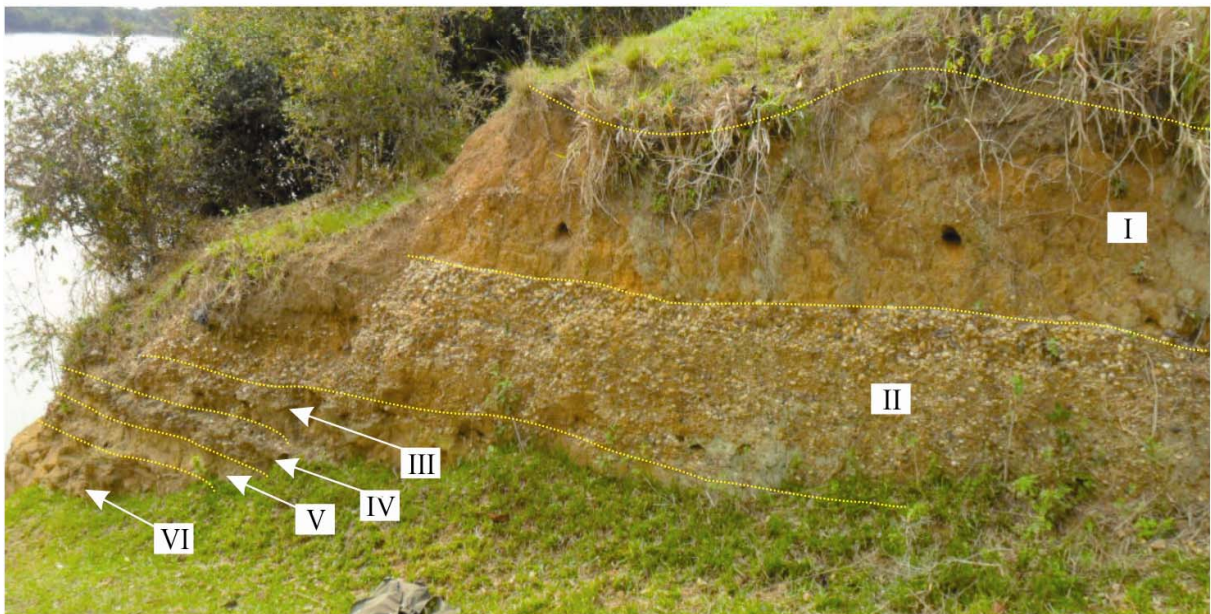
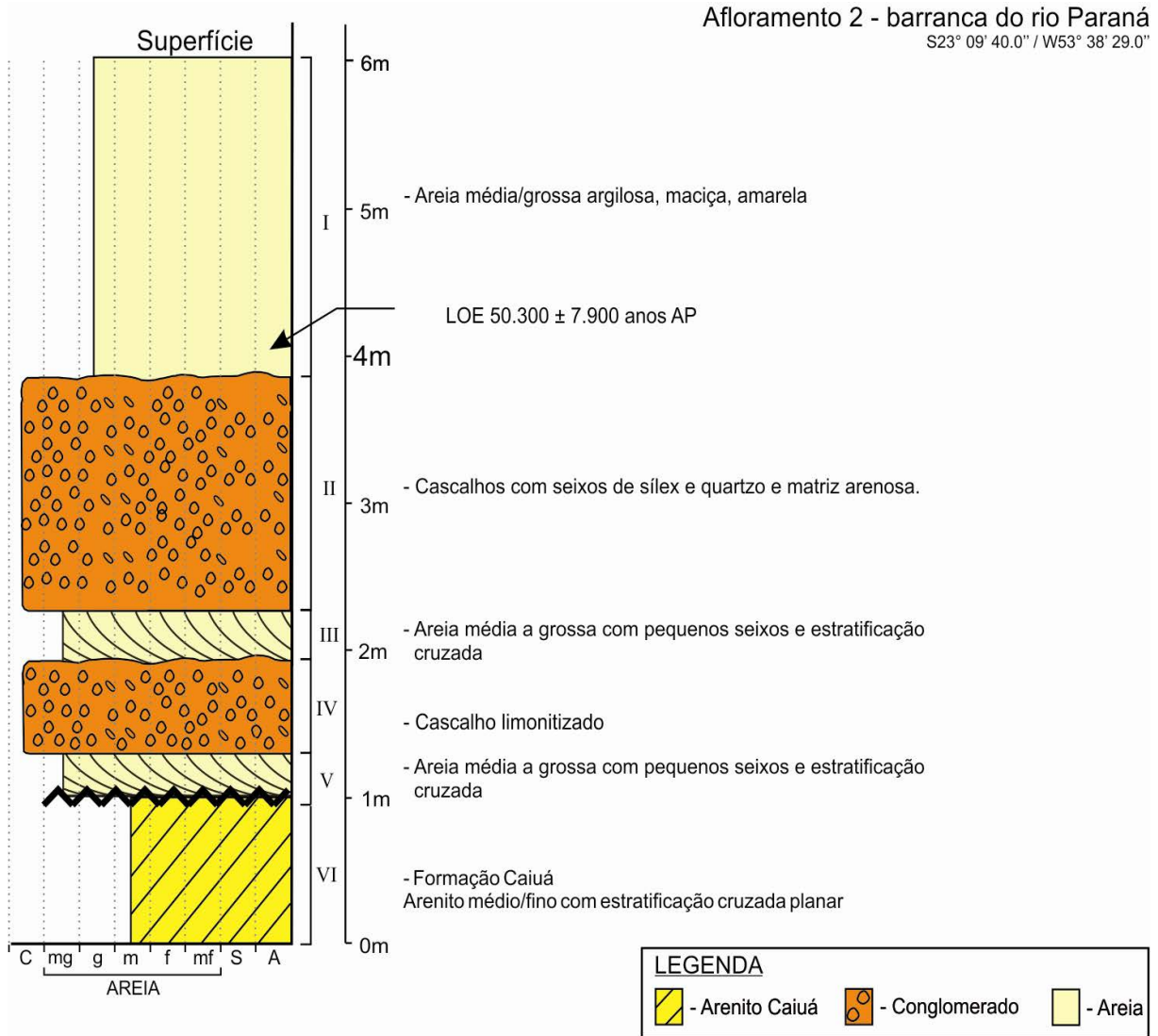


Figura 10 - Afloramento 2 na barranca do rio Paraná, próximo a Porto Natal-PR.

Afloramento no córrego Juriti

S23° 08' 01.0" / W53° 36' 39.0"

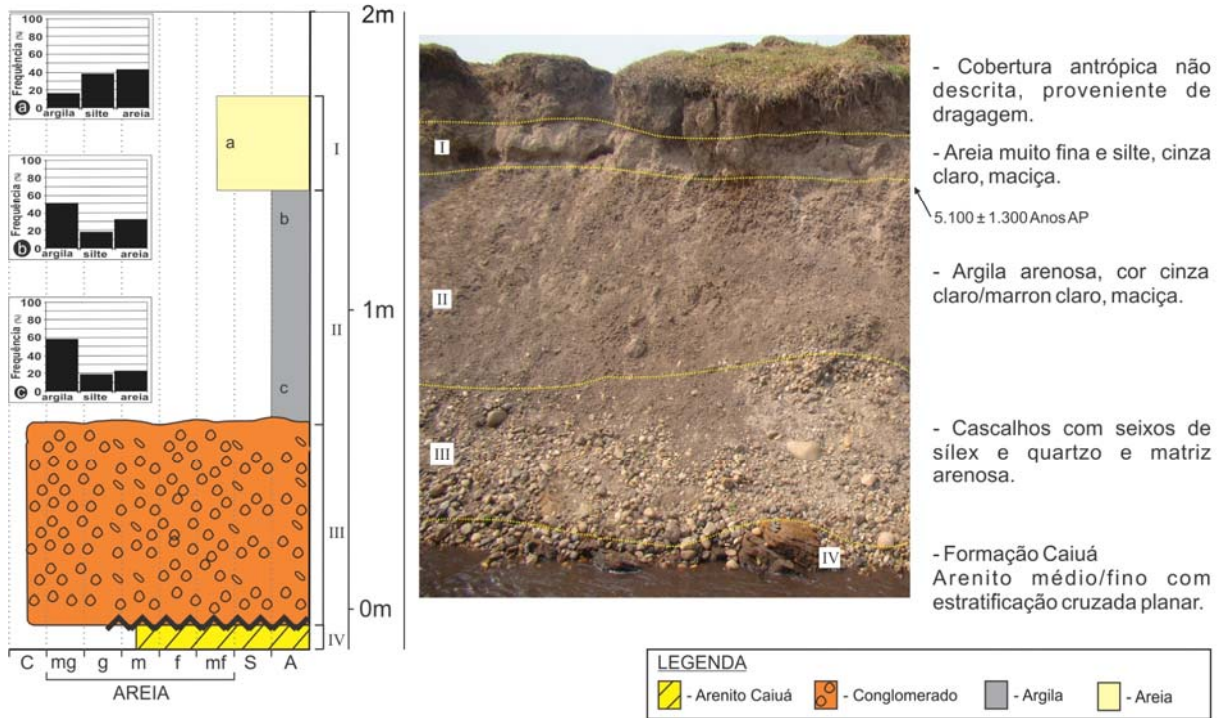


Figura 11 – Afloramento no baixo curso do córrego Juriti

QN - 01 - Acamp. Sem Terra

S23° 08' 09.0" / W53° 31' 37.0"

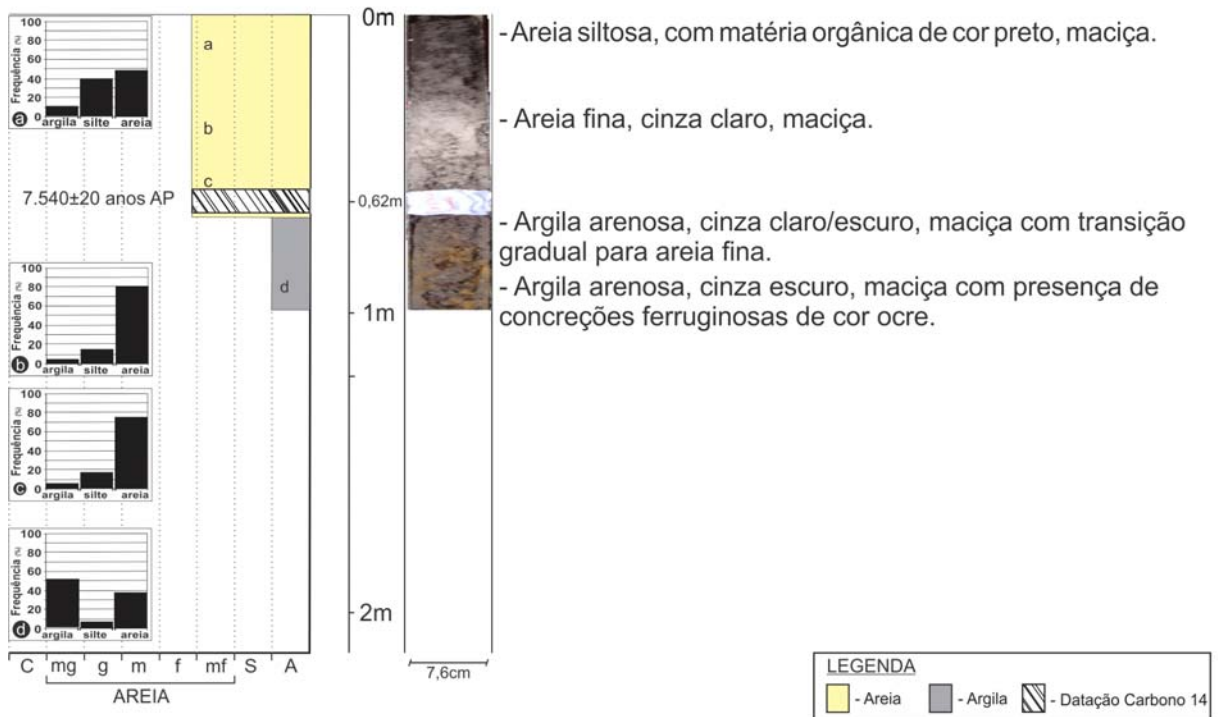


Figura 12 – Perfil sedimentológico QN-01.

QN - 02 - Acamp. Sem Terra
S23° 08' 07.0" / W53° 32' 44.0"

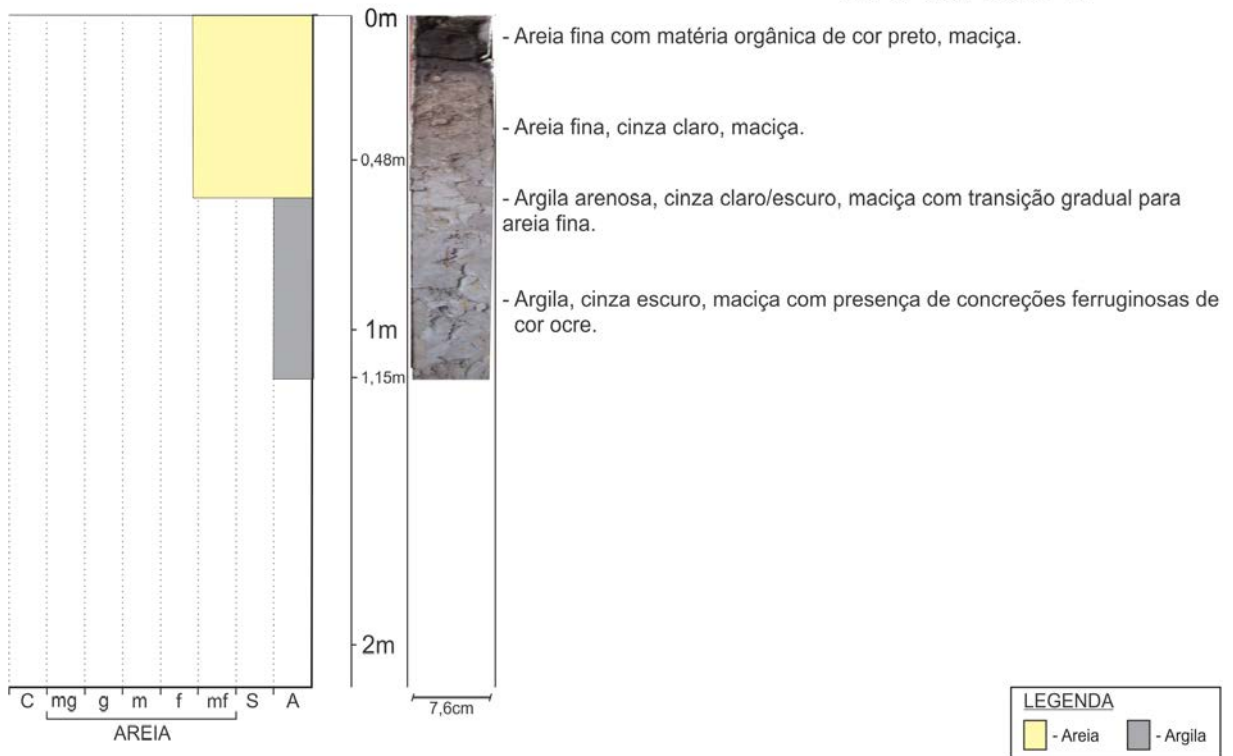


Figura 13 - Perfil sedimentológico QN-02.

QN - 03 - Acamp. Sem Terra
S23° 08' 03.0" / W53° 32' 54.0"

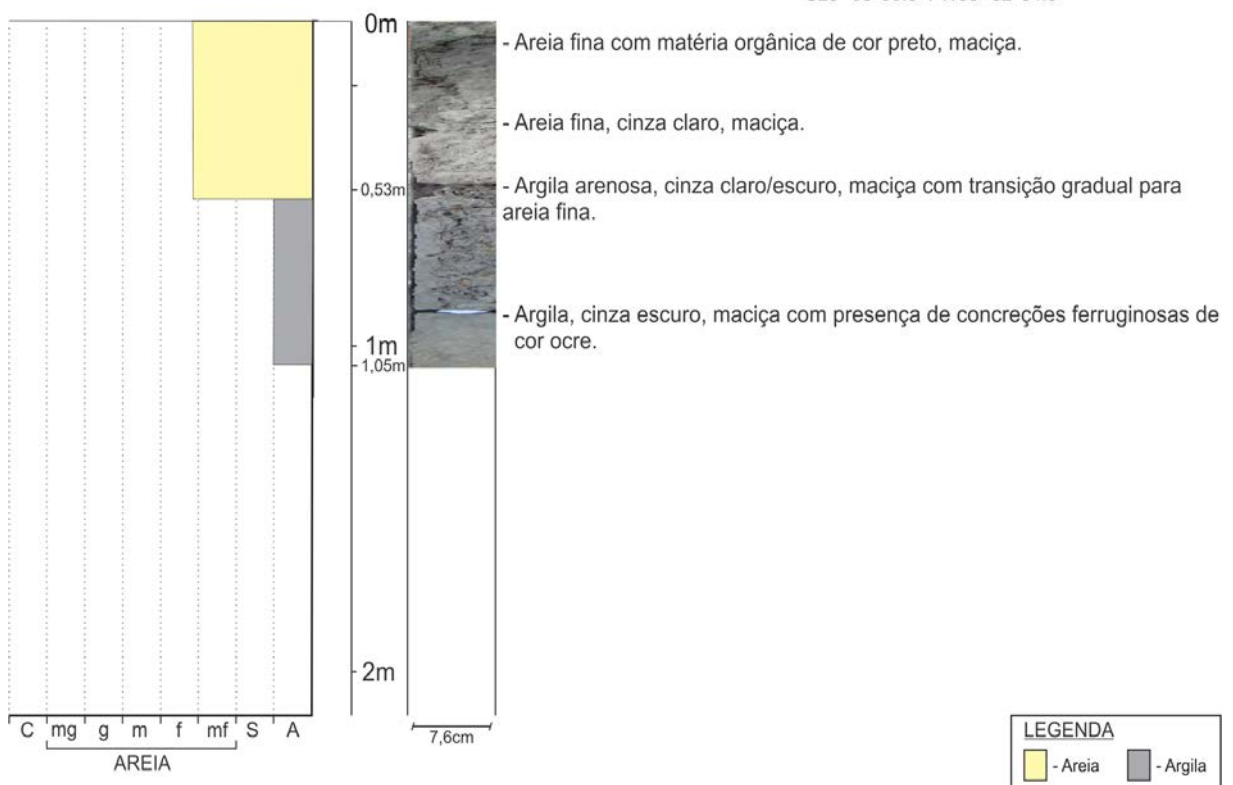


Figura 14 - Perfil sedimentológico QN-03.

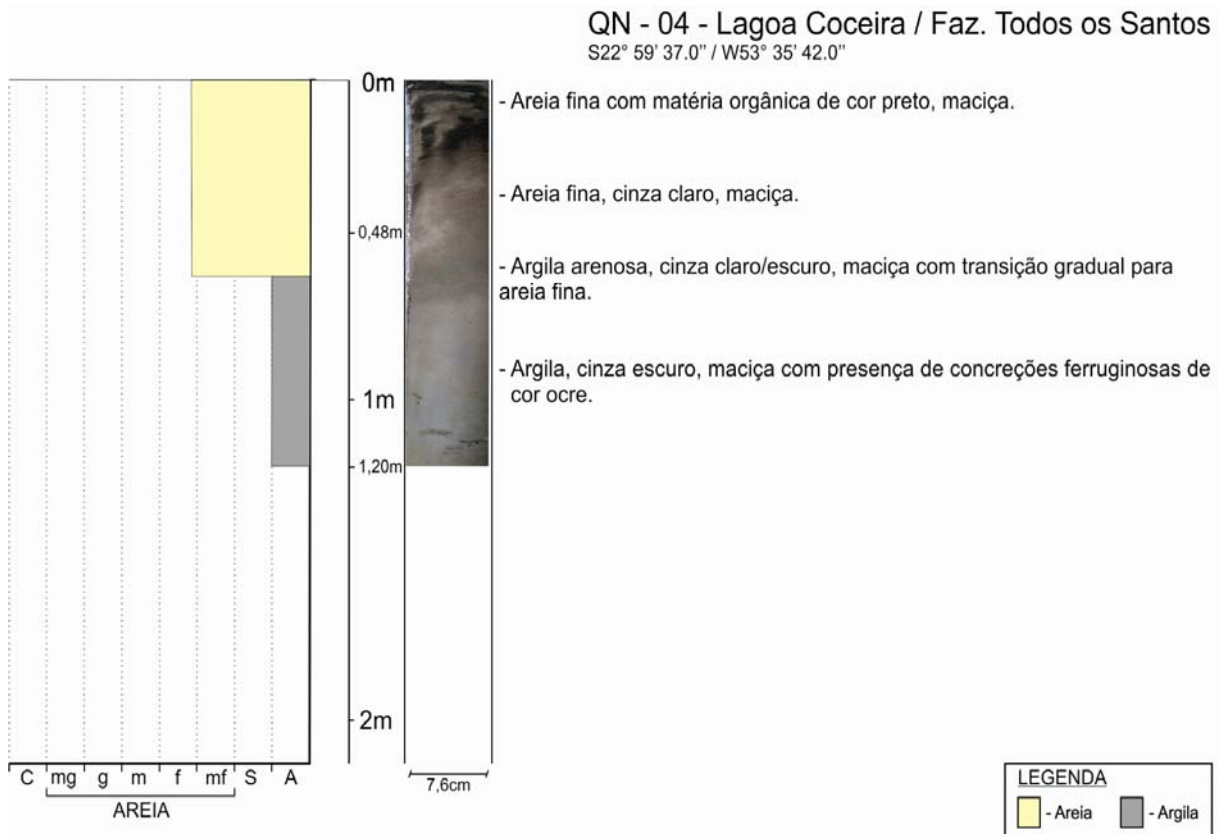


Figura 15 - Perfil sedimentológico QN-04.

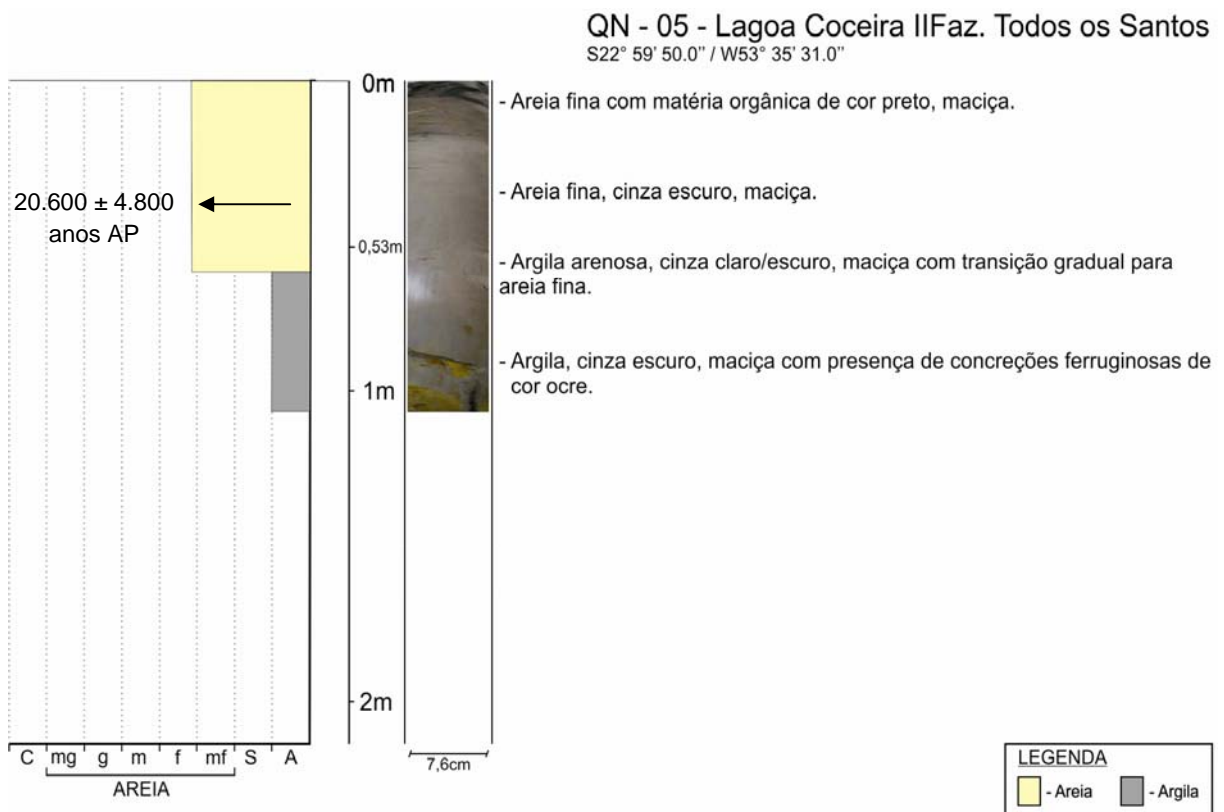


Figura 16 - Perfil sedimentológico QN-05.

QN - 06 - Médio Leque
 S23° 07' 07.0" / W53° 32' 58.0"

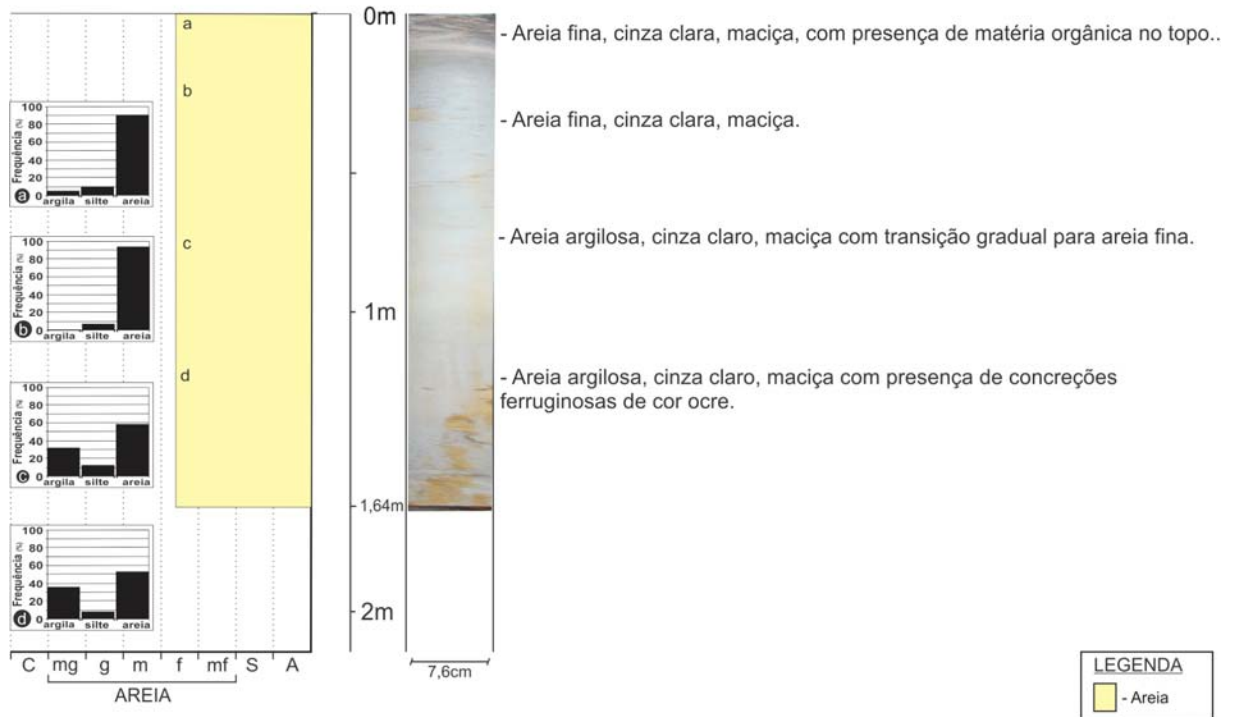


Figura 17 - Perfil sedimentológico QN-06.

QN - 07 - Lagoa Milharal / Faz. Santa Fé
 S23° 06' 50.0" / W53° 36' 37.0"

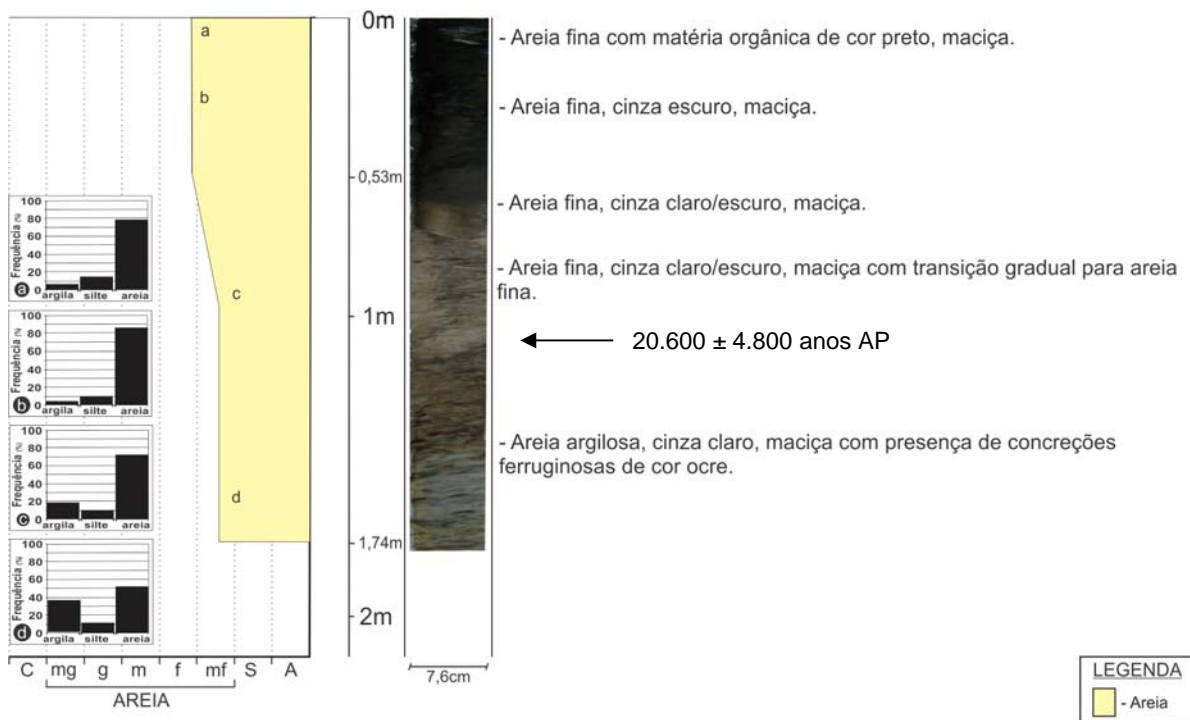


Figura 18 - Perfil sedimentológico QN-07.

O segmento norte possui 86 km² com grande número de lagoas e depressões, bem como áreas onde processos de interconexão das lagoas são bem evidentes. Foram contabilizadas 75 lagoas e depressões, com formato predominantemente circular e semicircular. O terraço apresenta diferenças altimétricas, sendo topograficamente mais alto na sua porção norte.

O segmento central possui cerca de 78 km² e é limitado pelo córrego Juriti a norte e pelo rio Paraná a oeste. Apresenta um desnível de 4 a 5 m com as planícies dos rios Paraná e Ivaí ao sul. Possui 45 lagoas e depressões de formato irregular, com média de 100 m de diâmetro, algumas com extensão de até 1,5 km. As lagoas presentes nesse terraço são maiores que aquelas observadas no segmento norte. Em geral, grande parte dessas depressões não chega atualmente a formar lâmina d'água. Em imagens aerofotográficas dos anos de 1953 e 1965 ainda é possível observar que as lagoas e depressões eram circundadas pela vegetação nativa, boa parte delas sem lâmina d'água.

O segmento sul, na margem esquerda do rio Ivaí, possui pouco mais de 11 km² e apresenta características geológico-geomorfológicas similares aos dos segmentos norte e central. Também ocorrem cascalheiras basais em contato erosivo com a Formação Caiuá e depressões sem lâmina d'água.

O segmento oeste, na margem direita do rio Paraná, possui cerca de 6 km² e lagoas menores se comparadas às encontradas nos terraços situados na margem esquerda. No entanto, são lagoas mais preservadas e não possuem drenos artificiais ou aproveitamento para agricultura. Ao passar ao lado desse segmento, o rio Paraná estreita-se formando um único canal com 2,7 km de largura com paredões superiores a 5 m de altura. Os afloramentos nesses paredões apresentam cascalheiras com média de 1,50 m em contato erosivo com a Formação Caiuá (Figura 19).

As lagoas e depressões na área estudada estão ou foram em algum momento, drenadas ou aproveitadas para uso antrópico. A região de Querência do Norte é um importante núcleo produtivo paranaense, responsável por mais de 50% da produção de arroz irrigado do Estado. Contudo ainda é possível observar alguns desses corpos hídricos aparentemente bem preservados (Figura 20). Cerca de 90% das lagoas e banhados da região possuem canais artificiais para drenagem, que diminui o tempo de residência da água (Figura 21).



Figura 19 – Contato erosivo entre depósitos cretáceos e quaternários em afloramento no segmento oeste, Porto Caiuá – MS.



Figura 20 – Lagoas isoladas sem drenos artificiais. Em A) Lagoa Coceira II; B) Lagoa Milharal; e C) Lagoa Sanguessuga.

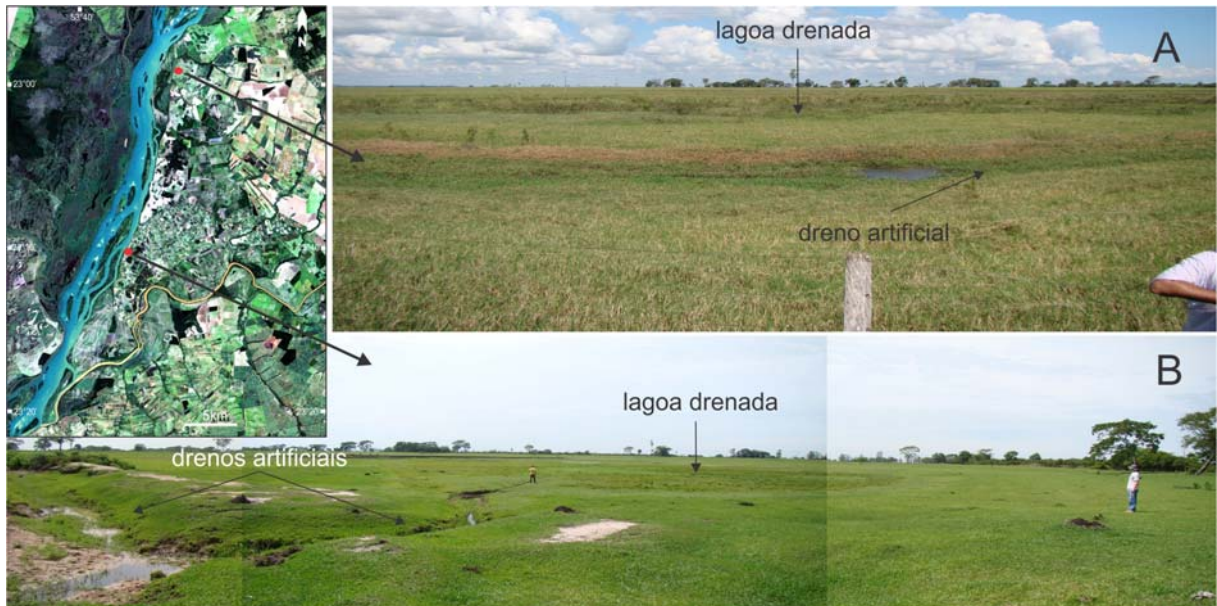


Figura 21 – Lagoas com drenos artificiais. Em A) Lagoa Coceira e B) Lagoa do Búfalo.

4.2.2 Terraço 2

O Terraço 2 possui cerca de 350 km² e está localizado na margem direita do rio Paraná entre as cotas altimétricas 235 e 240 m. Apresenta feições deposicionais preservadas, características de rio com canais entrelaçados (Figura 22). É possível observar por imagens de satélite que sua extensão segue a calha do rio, na margem direita (fora da área estudada), por mais de 270 km a montante, parte dele submerso pela barragem da Usina Hidrelétrica de Porto Primavera.

4.2.3 Terraço 3

O Terraço 3 encontra-se na margem direita do rio Ivaí, com altitudes entre as cotas 235 e 240 m, abrangendo área de 60 km². As principais características desse terraço são paleocanais e espiras de meandros, com formas truncadas de diferentes orientações. O terraço está cerca de 1 a 2 m mais elevado que a planície atual do rio Ivaí, por isso sua distinção é pouco evidente em campo ou por imagens de satélite, tendo sido identificado com base nos MDEs (Figura 6 e 7).

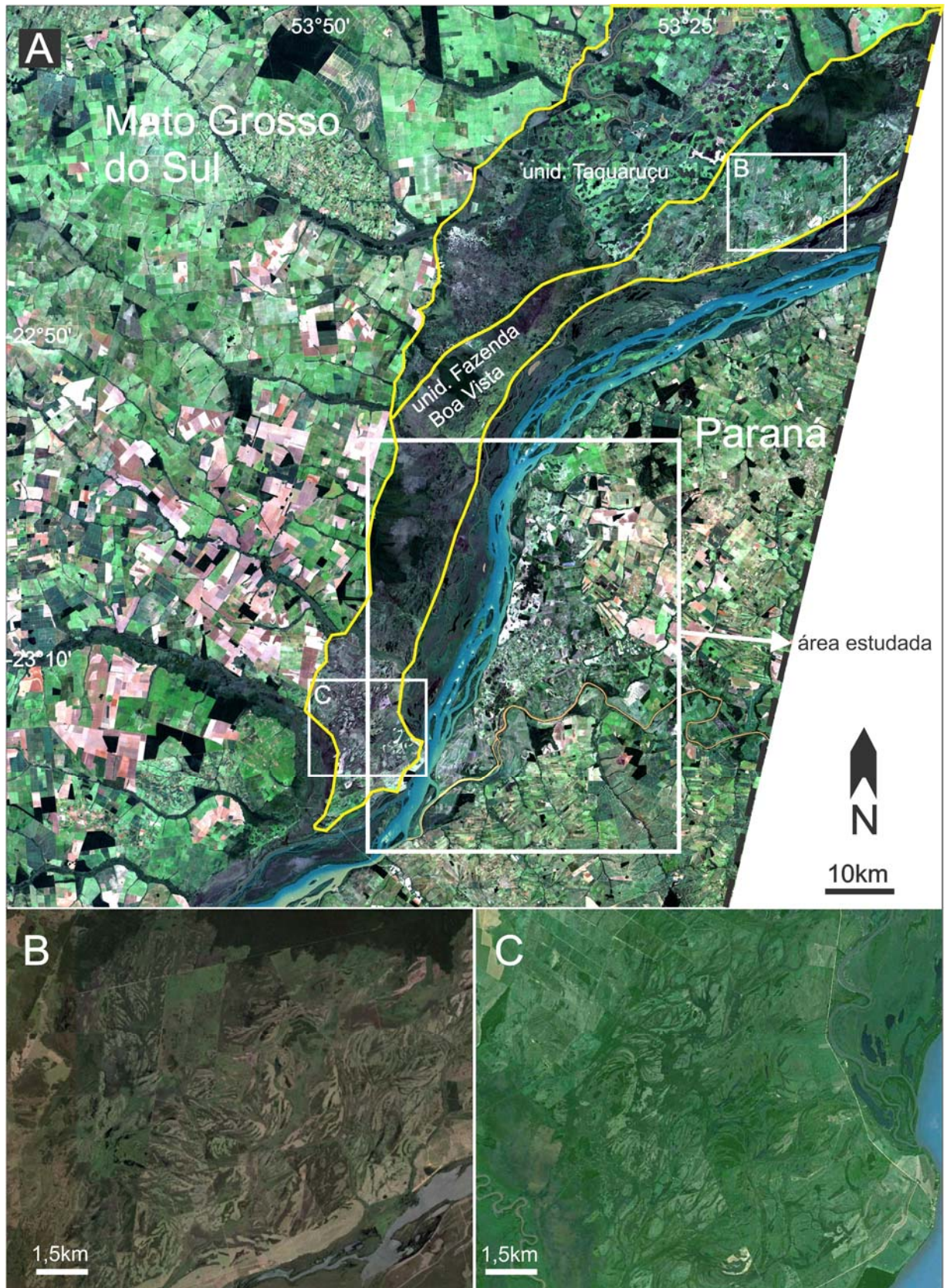


Figura 22 – Imagem Landsat (04/08/2011) do alto rio Paraná (A), com as unidades geomorfológicas Taquaruçu e Fazenda Boa Vista. Imagens Cnes/Spot com feições deposicionais preservadas, características de rio com canais entrelaçados (B e C).

4.2.4 Planícies

O rio Paraná desenvolve sua planície de inundação em ambas as margens, entre as cotas altimétricas 232 e 235 m, com maior expressão na margem direita, onde corre o rio Ivinheima. Lagoas com formatos longitudinais, possivelmente associadas à paleocanais, são feições comuns na planície.

O rio Ivaí desenvolve uma planície encaixada, entre as cotas altimétricas 232 e 235 m, com paleocanais e espiras de meandros com migração lateral. O canal atual é do tipo meandrante, também encaixado, de forma que as feições geomorfológicas da planície são muito semelhantes às encontradas no Terraço 3.

4.2.5 Leques aluviais

Leques aluviais inativos, de diferentes dimensões, associados a pequenos riachos que fluem de áreas mais elevadas, onde afloram depósitos cretáceos da Formação Caiuá, ocorrem no limite leste da área estudada ([Figura 8](#)). Foram reconhecidos quatro leques formados por canais de primeira e segunda ordem cujas nascentes situam-se entre as cotas altimétricas de 320 a 350 m. Leques aluviais também ocorrem na margem direita do rio Paraná, sobrepondo parte do terraço Fazenda Boa Vista ([Stevaux 1993](#)) e, baixo curso do rio Ivaí ([Santos et al 2008](#)).

O leque aluvial construído pelo córrego Juriti possui cerca de 5,5 km de extensão e declividade suave, com cotas altimétricas entre 255 m na porção proximal e 239 m na porção distal, resultando numa declividade de 2,7 m/km. O córrego Juriti é um rio de segunda ordem com aproximadamente 21 km de extensão. Suas nascentes estão localizadas a 330 m de altitude, ao norte do perímetro urbano de Querência do Norte.

A bacia do córrego Juriti possui 165 km² com formato assimétrico alongado, com desníveis de 30 a 40 m entre o topo dos interflúvios e o fundo do vale. O rio percorre cerca de 10 km até o ápice do leque aluvial tendo como substrato a Formação Caiuá e Aloformação Paranaíba. Após 16 km da nascente, o córrego Juriti recebe seu primeiro e principal tributário, que flui na direção N-S e que se encontra totalmente canalizado. Todos os canais que fluem para esse sistema estão de alguma forma barrados ou canalizados. Além do córrego Juriti, três pequenas drenagens, com menos de 3 km de extensão, formaram um leque aluvial, adjacente

às áreas mais elevadas da Formação Caiuá, possivelmente influenciado por fluxos gravitacionais.

Na bacia do rio Ipuí foram identificados dois leques aluviais com desníveis maiores que os leques da bacia do Juriti. O primeiro tem uma área de 23 km², com declividade de 5,8 m/km na direção E-W, possivelmente formado pelo córrego Água dos Bodes. O segundo, no córrego Das Antas, com aproximadamente 20km² e declividade de 4,7 m/km na direção E-W. Ambos os leques recobrem o segmento norte do Terraço 1. A bacia do rio Ipuí possui 76 km², formato semicircular, com dois canais principais inferiores a 9 km, com desníveis de 30 a 40 m entre o topo dos interflúvios e o fundo do vale

4.3 Discussão dos resultados

4.3.1 Correlação de terraços

As feições geológico-geomorfológicas observadas em campo e as morfologias reconhecidas em imagens de satélite (Figura 6) e em MDEs (Figura 7) permitem correlacionar os Terraços 1 e 2, respectivamente, às unidades geomorfológicas Taquaruçu e Fazenda Boa Vista (terraços) definidos por Stevaux (1993) na margem direita do rio Paraná, sudeste do Mato Grosso do Sul. Da mesma forma, pode-se ainda associar o Terraço 3 à unidade Terraço Ivaí proposta por Santos et al (2008) para o baixo curso do rio Ivaí.

As lagoas, isoladas e interconectadas, e charcos característicos do Terraço 1 são bastante semelhantes aos descritos por Stevaux (1993) e Parolin (2006) na unidade Taquaruçu, reforçando correlação destes compartimentos geomorfológicos.

Tanto o Terraço 1 quanto a unidade Taquaruçu, apresentam depósitos colúvio-aluviais e de cascalheiras basais em contato erosivo com a Formação Caiuá. Os depósitos basais na unidade Taquaruçu foram interpretados por Stevaux (1993) e Kramer e Stevaux (2001) como decorrentes de períodos mais secos com tendências semiáridas no Pleistoceno Tardio. Datações na base do Terraço 1 revelaram idades entre 150.900±32.400 e 50.300±7.900 anos AP (Tabela 1).

O Terraço 2 pode ser interpretado como uma extensão da unidade Fazenda Boa Vista, ainda não mapeada para a área estudada. Datações realizadas por Stevaux (1993) revelaram idades entre 42.000 e 8.000 anos AP para essa unidade. As lagoas existentes na área estudada datam desse período com idades entre

26.900±5.000 e 20.600±4.800 anos AP ([Tabela 1](#)), compatíveis com as idades de 26.300, 24.600 e 22.200 anos AP obtidas por [Parolin \(2006\)](#) nas lagoas da unidade Taquaruçu.

Com base nos resultados pode-se considerar o Terraço 1 como uma extensão da unidade geomorfológica Taquaruçu na margem esquerda do rio Paraná e, o terraço 2 como continuação da unidade Fazenda Boa Vista na margem direita do rio.

A análise dos resultados nos terraços da área estudada e os obtidos por [Stevaux \(1993\)](#) nas unidades geomorfológicas do sudeste do Mato Grosso do Sul apresentaram fortes correlações quanto aos processos de construção, entalhe e evolução quaternária. Por essa razão considera-se que ambos os terraços foram produtos dos mesmos eventos quaternários.

Os dados altimétricos podem ainda indicar contemporaneidade na gênese das unidades Fazenda Boa Vista (Terraço 2) e Terraço Ivaí (Terraço 3). Mudanças no padrão hidrológico do rio Paraná, marcadas pelo aumento da precipitação e incisão vertical do canal foram identificadas por [Stevaux \(1993;1994\)](#), [Stevaux et al \(1997\)](#) e [Stevaux e Santos \(1998\)](#) há ~8.000 anos AP, dando origem a terraços no alto rio Paraná (unidade Fazenda Boa Vista). As planícies atuais provavelmente se desenvolveram a partir de 6.000 anos AP ([Stevaux e Santos 1998](#)).

4.3.2 Leques aluviais

O leque aluvial do córrego Juriti foi interpretado com base na ocorrência de espículas de esponjas continentais e fitólitos em testemunhos recuperados na porção distal e central do leque ([discussões no Capítulo 5](#)). [Guerreiro et al \(2009\)](#), [Guerreiro et al \(2010a,b,c\)](#) e [Rasbold et al \(2010\)](#) atribuíram à gênese do leque, resultante de melhoria climática no Holoceno (*optimum climaticum*). Datações realizadas por [Guerreiro et al \(2010a\)](#) revelaram a idade de 7.540±20 anos AP.

A origem destes sistemas pode estar relacionada ao regime de transição paleoclimática e paleoambiental do Pleistoceno para o Holoceno. O primeiro evento notável da transição climática é o incremento da umidade e o aumento da precipitação no alto rio Paraná conforme constatado por [Stevaux \(1993 e 1994\)](#), [Stevaux et al \(1997\)](#), [Stevaux e Santos \(1998\)](#), [Parolin \(2006\)](#) e [Parolin et al \(2003, 2004, 2005 e 2006\)](#). A mudança fitogeográfica, no entanto é a última a se estabelecer.

Com base no estudo de fitólitos, [Rasbold et al \(2010\)](#) constataram que no início da formação do leque do Juriti a cobertura vegetal era predominantemente de campos, passando para florestas possivelmente no Holoceno Tardio. A ausência de vegetação de grande porte nas partes mais elevadas da Formação Caiuá e Aloformação Paranavaí e o aumento da precipitação fizeram com que as pequenas drenagens com extensão menor a 10km esculpisse vales com profundidade média de 30 m. O material transportado dispôs-se por sob parte dos terraços no início do Holoceno.

É provável que o leque do córrego Juriti seja contemporâneo dos leques aluviais na bacia do rio Ipuí, norte da área estudada, e dos leques da margem direita do rio Paraná e do baixo Ivaí, resultantes do regime de transição climática caracterizado por [Guerreiro et al \(2009\)](#), [Guerreiro et al \(2010 a,b,c\)](#) e [Rasbold et al \(2010\)](#).

4.3.3 Evolução geomorfológica da área estudada

A ocorrência de terraços de diferentes idades e níveis topográficos em ambas as margens do rio Paraná e margem direita do rio Ivaí sugerem três gerações de depósitos fluviais, duas gerações de terraços e a formação de leques aluviais, do final do Pleistoceno ao Holoceno ([Figura 23](#)). São propostas cinco fases de evolução geomorfológica com base nas datações obtidas na área estudada e bibliografia do alto rio Paraná.

A análise dos resultados sugere que na primeira fase, uma ampla planície fluvial, com contribuição de sedimentos colúviais ([Stevaux 1993](#)), teria se desenvolvido no alto rio Paraná, desde o sudeste do Mato Grosso do Sul até o noroeste do Paraná, próximo a foz dos rios Ivaí, Ivinheima e Amambaí, entre $\sim 150.900 \pm 32.400$ e ~ 42.000 anos AP. A ocorrência de cascalheiras basais em contato erosivo com arenitos da Formação Caiuá foi interpretada por [Kramer e StevauX \(2001\)](#) como decorrentes de climas mais secos, com características semiáridas no Pleistoceno Tardio.

A segunda fase, relacionada ao rebaixamento do nível de base, causou incisão vertical do canal dando origem à unidade geomorfológica Taquaruçu (Terraço 1). Datações obtidas da base do Terraço 1 aliadas às datações realizadas por [Stevaux \(1993\)](#), indicam que a incisão desses depósitos foi entre 50.300 ± 7.900 e

~42.000 anos AP. A queda do nível de base fez com que o rio Ivaí entalhasse o Terraço 1 compartimentando-o nos segmentos central e sul.

Com base na característica das formas deposicionais do Terraço 2, correlacionadas com a distribuição da unidade geomorfológica Fazenda Boa Vista ([Figura 12](#)), pode-se interpretar que na terceira fase, uma ampla planície fluvial foi construída pelo rio Paraná com padrão entrelaçado em seu alto curso. [Stevaux \(1993\)](#) atribuiu a gênese desse sistema a episódios semiáridos experimentados pela região entre o Pleistoceno Tardio e o início do Holoceno (42.000 e 8.000 anos AP).

As idades obtidas dos testemunhos recuperados das lagoas na área estudada (26.900 ± 5.000 e 20.600 ± 4.800) datam desse período (discussões no Capítulo 5). É possível ainda, que nessa fase uma planície meandrante foi construída pelo rio Ivaí em seu baixo curso. Datações realizadas por [Santos et al \(2008\)](#) em um meandro abandonado, evidenciaram um sistema de canais meandrantares ativo há 14.000 anos AP.

A quarta fase, marcada por queda do nível de base e incisão vertical do canal ([Stevaux 1994](#); [Stevaux et al 1997](#); [Stevaux e Santos 1998](#)) deu origem a unidade geomorfológica Fazenda Boa Vista (Terraço 2) na margem direita do rio Paraná e a unidade Terraço Ivaí (Terraço 3) no baixo curso do rio Ivaí, por volta de 8.000 anos AP. Nessa fase tem-se a formação de leques aluviais no limite leste da área estudada em 7.540 ± 20 anos AP ([Guerreiro et al 2009 e 2010](#)).

A construção da planície atual do rio Paraná a partir de 6.000 anos AP ([Stevaux e Santos 1998](#)), corresponde a quinta e última fase. A análise dos resultados sugere que a planície atual do rio Ivaí seja contemporânea à do rio Paraná. É provável que as florestas que recobriam o noroeste do Paraná e sudeste do Mato Grosso do Sul se desenvolveram a partir dessa fase. [Parolin e Stevoux \(2001, 2006\)](#) e [Parolin et al \(2006\)](#) constataram uma mudança na cobertura vegetal marcada pelo aumento de grãos de pólen arbóreo e fragmentos de carvão, a partir do Holoceno Tardio. [Rasbold et al \(2010\)](#) com base no estudo de fitólitos identificaram mudanças semelhantes na área estudada.

Esta fase estaria associada a incisão dos leques aluviais, a degradação do Terraço 1 e a formação de rede de drenagem tributária a partir da interconexão de lagoas e drenagens que fluem da Formação Caiuá e Aloformação Paranaíba. As discussões sobre esses processos serão apresentados do Item 4.3.4.

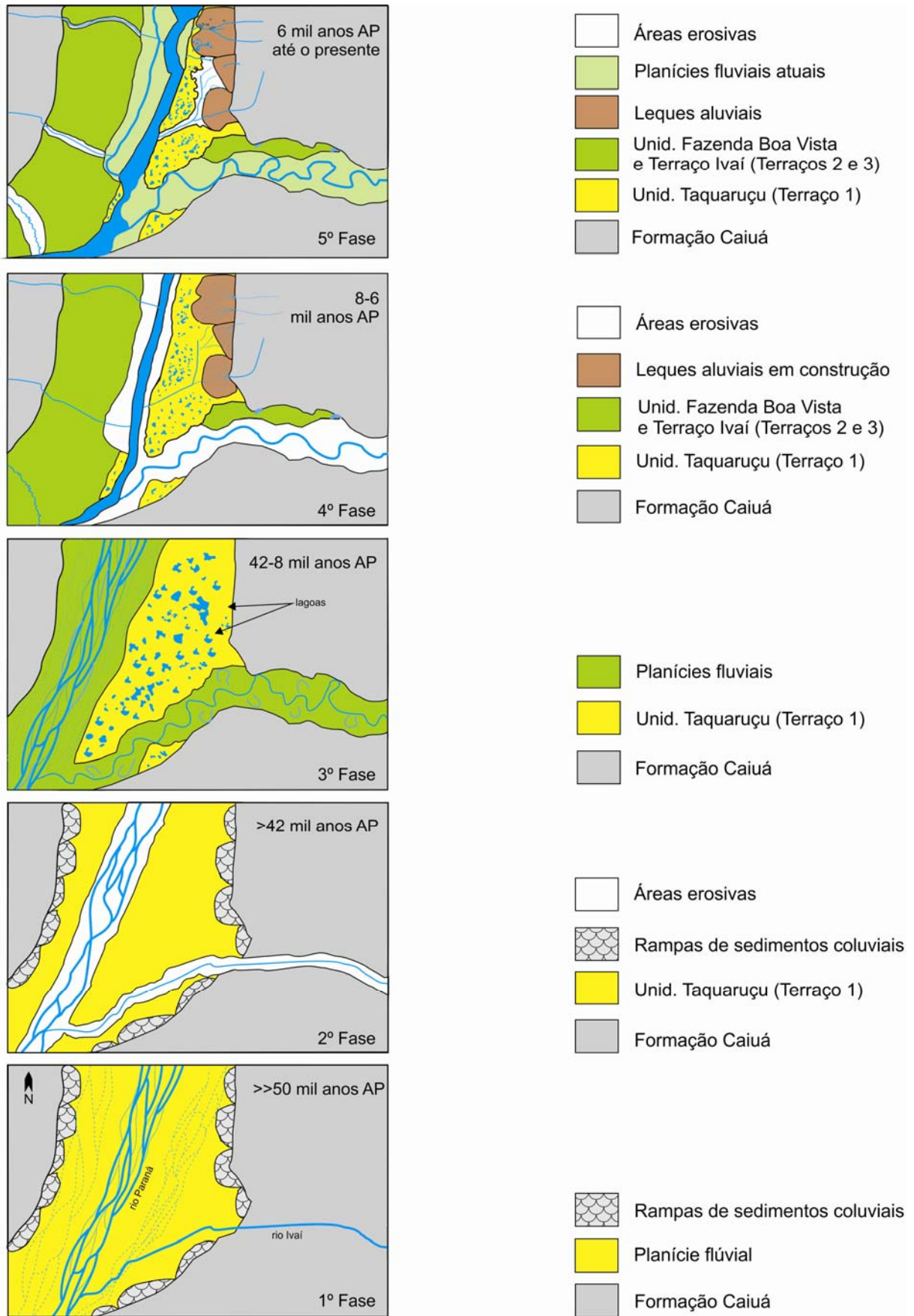


Figura 23 – Evolução geomorfológica do Pleistoceno Tardio ao Holoceno na área estudada.

4.3.4 Degradação da superfície do Terraço 1

A análise realizada permitiu reconhecer lagoas com formatos circulares, semicirculares, longitudinais e, feições de degradação da superfície original, com superimposição de drenagens tributárias e desfiguração do formato original das lagoas, muitas delas já interconectadas pelas águas de drenagem superficial.

O processo inicial de degradação do Terraço 1 deve-se, em parte, à coalescência de lagoas (Figura 24). Com a interconexão de várias lagoas, grandes corpos hídricos se formam dando origem a grandes charcos ou lagoas de formatos longitudinais irregulares, geralmente com orientação SW-NE (Figura 25). O mesmo processo foi observado por Stevaux (1993, 1994) e Parolin (2006) na unidade Taquaruçu, na margem direita do rio Paraná.

No caso de lagoas já interconectadas, mudanças no formato, tamanho e profundidade estariam associadas a sucessões de cheia e vazante com reconfiguração da forma original. As lagoas do Terraço 1 não sofrem influência das cheias nos rios Paraná e Ivaí. No entanto, são áreas planas com substrato argiloso e, no período das chuvas, acumulavam grande quantidade de água no passado, deixando a região ficava parcialmente alagada por alguns dias ou semanas conforme a intensidade e duração sazonal das torrentes. Entretanto, a instalação de drenos artificiais no presente, impede o transbordamento e diminui o tempo de residência de água nas lagoas e charcos.

Com base nas imagens de satélites e trabalhos de campo pôde-se identificar feições que caracterizaram interconexão de lagoas próximas dando origem a lagoas maiores. Em alguns casos, pequenas lagoas isoladas transformam-se em conjuntos de lagoas conectadas ou ainda grandes charcos conhecido popularmente na região como “banhados” (Figura 26). Três estágios principais de coalescência podem ser caracterizados: 1º) interligação por pequenos canais rasos; 2º) interligação das lagoas com transgressão das margens, formando charcos ou lagoas com formatos irregulares; e 3º) formação de drenagens tributárias (Figura 26).

À medida que grandes charcos e lagoas interconectaram-se, com transgressão de suas margens, pequenas drenagens tributárias foram instaladas, dando origem a canais rasos que atuaram promovendo processos erosivos superficiais (Figura 27). Tal processo resultou numa superfície degradada (Figura 8), topograficamente mais baixa, entre o Terraço 1 (segmentos norte e central) e áreas

mais elevadas da Formação Caiuá, preenchida em parte pelos leques aluviais da bacia do córrego Juriti.

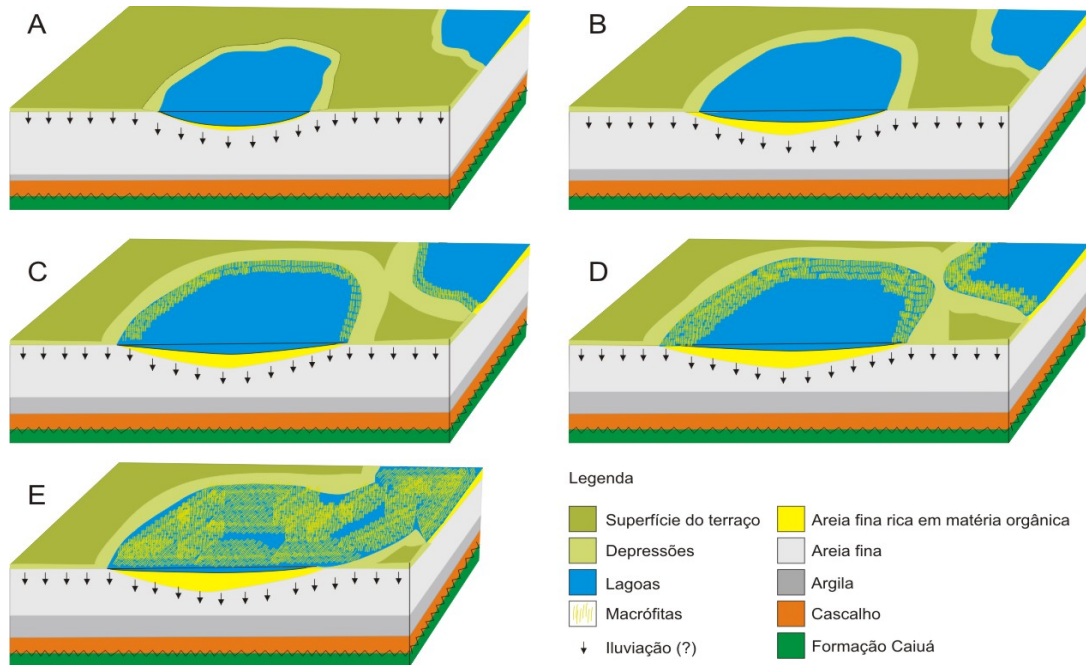


Figura 24 - Esquema de interconexão das lagoas: A) formato original; B) ampliação das bordas e diminuição da profundidade; C e D) crescente alargamento das margens e diminuição da profundidade, com aparecimento de vegetação de macrófitas e de baixo porte; E) conexão de lagoas (as setas indicam possível migração de finos por iluviação).



Figura 25 – Lagoa com formato longitudinal irregular e charcos do segmento central do Terraço 1.

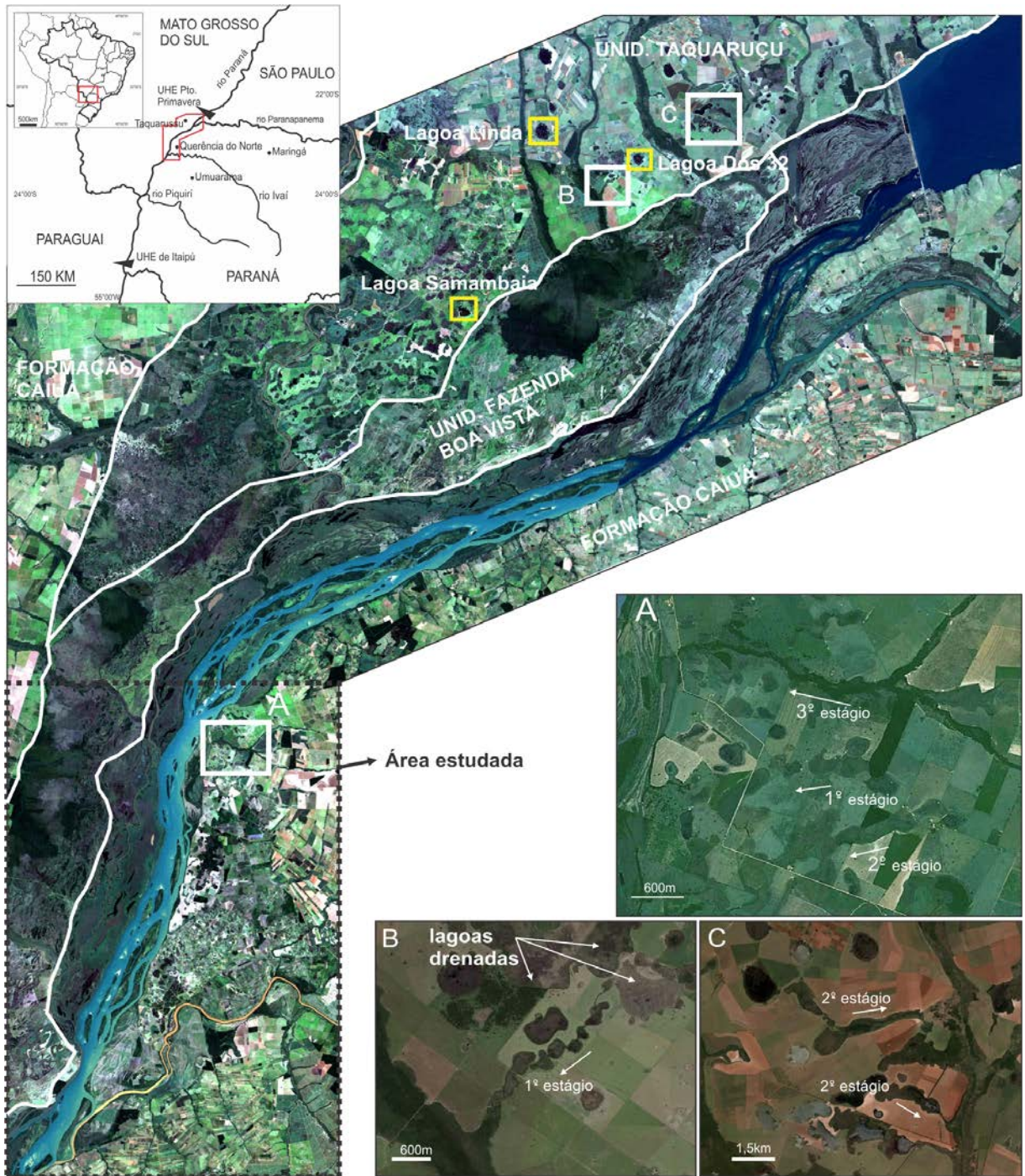


Figura 26 – Mosaico de imagens Landsat (04/08/2011) e CBERS (18/12/2008) do alto rio Paraná. Estágios de formação de drenagens tributárias na área estudada (A) e na unidade Taquarucu (B e C).

Com base nesses dados é possível estabelecer que parte da superfície do Terraço 1 foi erodida pelas drenagens que se instalaram a partir da interconexão das lagoas, compondo uma rede hidrográfica com os riachos provenientes das áreas mais elevadas a leste, possivelmente no Holoceno Médio, a partir da quinta fase de evolução geomorfológica proposta neste trabalho (Item 4.3.1).

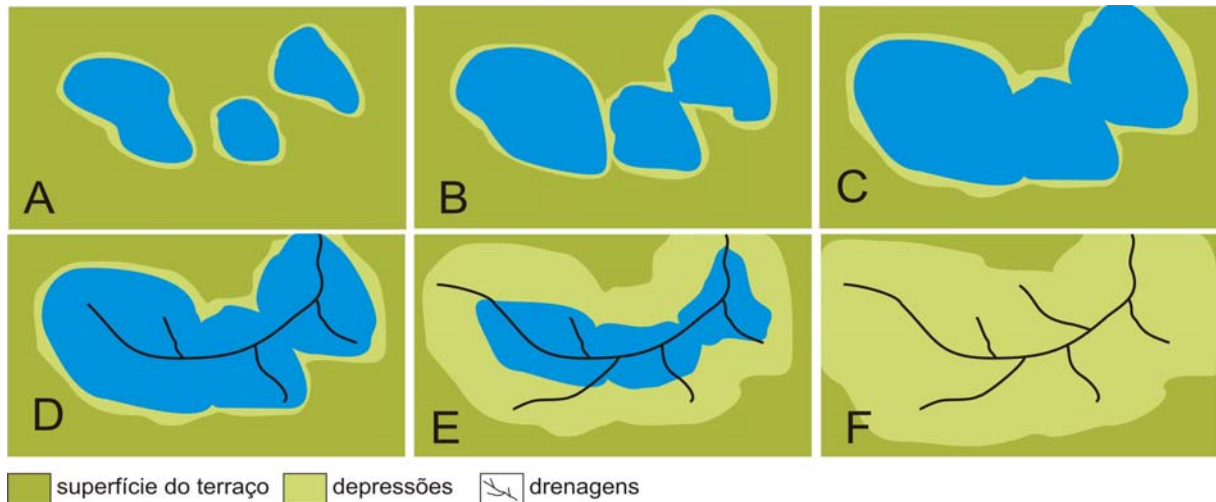


Figura 27 – Esquema de evolução da superfície dos terraços a partir da interconexão das lagoas: A) forma original; B e C) ampliação dos limites naturais e interconexão; D, E e F) instalação da rede de drenagem com formação de uma superfície em patamar mais baixo (superfície degradada).

No caso da superfície degradada (Figura 8) a suave inclinação do Terraço 1 para leste fez com que o fluxo direcione o material erodido das camadas superficiais para as drenagens da bacia do córrego Juriti e, por fim, ao rio Paraná onde foi carregado pela corrente. Esses processos também podem ser visualizados nos segmentos norte e central do Terraço 1 (Figura 28).

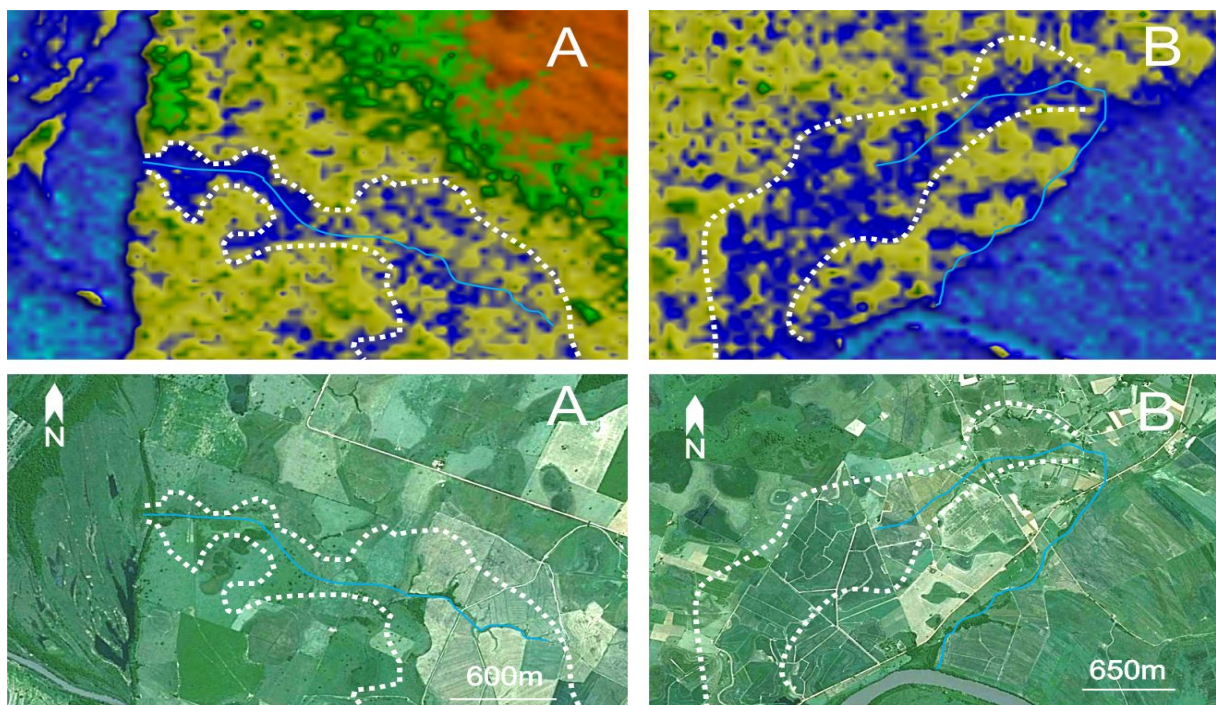


Figura 28 – Superfícies erodidas do segmento norte (A) e central (B) do Terraço 1. Os tons em azul em meio aos amarelos nos MDEs evidenciam pequenos vales formados por drenagens tributárias.

O baixo curso do córrego Juriti (Figura 29) pode ser interpretado como uma grande interconexão de lagoas cujos limites originais transgrediram o terraço, formando uma rede de drenagem tributária. A evolução desse sistema, com a anexação de outras lagoas, entalhou o Terraço 1, compartimentando-o nas porções norte e central. Depósitos superficiais datados em 5.100 ± 1.300 anos AP indicam que a incisão no baixo curso ocorreu após o Holoceno Médio.



Figura 29 – Baixo curso do córrego Juriti. A datação no afloramento (Fig. 9) indica que esse entalhe ocorreu após o Holoceno Médio (5.100 ± 1.300 anos AP).

4.4 Conclusões

As características geológico-geomorfológicas dos Terraços 1, 2 e 3 permitem correlacioná-los, respectivamente, às unidades Taquaruçu, Fazenda Boa Vista e Terraço Ivaí. Considera-se ainda, os Terraços 1 e 2, como extensões dessas unidades e produtos dos mesmos eventos quaternários.

Com base nos dados obtidos foram propostas cinco fases de evolução geomorfológicas na área estudada, caracterizadas pela construção de planícies, queda do nível de base com incisão vertical, degradação de terraços e formação de leques aluviais por riachos que drenam terrenos topograficamente mais altos situados a leste.

A degradação dos terraços e a formação de redes tributárias estão intimamente ligadas às drenagens estabelecidas pela interconexão das lagoas, compondo uma rede hidrográfica com os riachos provenientes das áreas mais elevadas. À medida que grandes charcos e lagoas foram interconectados, com transgressão de suas margens, pequenas drenagens tributárias foram instaladas, dando origem a canais rasos que atuaram promovendo processos erosivos superficiais.

5. MUDANÇAS PALEOAMBIENTAIS DO QUATERNÁRIO COM BASE EM DADOS *PROXY*

O período Quaternário representa os últimos 2,6 milhões de anos de história da Terra e divide-se em duas épocas: Pleistoceno e Holoceno, sendo o segundo correspondente aos últimos 10.000 anos. O período marcado por intenso resfriamento global desencadeou grandes eras glaciais, com avanço das calotas polares e alpinas e rebaixamento do nível médio dos oceanos.

Pelo menos quatro grandes glaciações foram registradas no período Quaternário, com grandes mudanças ambientais no planeta. Nas fases de expansão glacial, a umidade concentrou-se sob a forma de gelo, fazendo com que as atuais zonas tropicais úmidas, de maneira geral, experimentassem fases com reduzida disponibilidade hídrica. Grande parte do Hemisfério Norte foi recoberta por um espesso manto de gelo, enquanto o Hemisfério Sul e zonas tropicais passavam por fases de extrema aridez ([Ab'Saber 1957](#); [Bigarella 1971](#)).

As condições paleoclimáticas brasileiras apresentavam tendências mais secas e frias no Pleistoceno. O aumento da temperatura e umidade marcou o fim do ciclo glacial no Holoceno. Pesquisas desenvolvidas em diferentes regiões do Brasil caracterizaram essa transição entre climas secos e frios no Pleistoceno para quentes e úmidos no Holoceno. Na região do alto rio Paraná, os estudos sobre tais períodos foram realizados por [Jabur \(1992\)](#) e [Stevaux \(1993, 1994, 2000\)](#), [Kramer e Stevoux \(2001\)](#), [Parolin \(2006\)](#), [Parolin e Stevoux \(2001; 2006\)](#) e [Parolin et al \(2007\)](#).

Os estudos paleoambientais apresentam dificuldades, uma vez que não se pode realizar medidas instrumentais do período, e.g. temperatura e pluviosidade. Tais estudos baseiam-se, principalmente, na interpretação de dados *proxy*, em associação com dados geomorfológicos e geológicos.

Um indicador *proxy* é um registro local, que é interpretado usando princípios físicos ou biofísicos para representar uma combinação de variações relacionadas com o clima e o ambiente passado. Tais indicadores têm o potencial de fornecer provas de grandes mudanças ambientais e climáticas antes da existência de registros documentais, históricos ou instrumentais ([IPCC 2011](#)). A preservação de dados *proxy* bioindicadores dependem muitas vezes de condições e ambientes peculiares como lagos, lagunas, turfeiras, paleocanais, entre outros.

Buscando-se analisar e compreender as mudanças paleoambientais e paleoclimáticas na área estudada, o presente trabalho utilizou espículas de esponjas continentais, frústulas de diatomáceas e fitólitos como ferramenta *proxy*, aliada a datações absolutas.

Segundo [Volkmer-Ribeiro & Pauls \(2000\)](#), esponjas continentais são poríferos de água doce que apresentam esqueleto silicoso (espículas), composto por: a) megascleras - espículas que integram toda a rede esquelética e geralmente são as maiores espículas presentes; b) microscleras - apresentam superfície recoberta por espinhos e possuem valor taxonômico na caracterização de gêneros e espécies; e c) gemoscleras - espículas que recobrem as gêmulas das esponjas e que constituem o caráter morfológico mais importante na caracterização de famílias, gêneros e espécies.

Devido às espículas silicosas, as esponjas quando morrem, deixam nos sedimentos de lagos e rios estruturas mineralizadas permitindo a identificação específica. Cada espécie de esponja necessita de ambientes característicos para sobreviver, variando entre ambientes lóticos e lênticos. A identificação das espículas no registro sedimentar possibilita que se tenha base do tipo de ambiente ocorrido no passado ([Volkmer-Ribeiro e Parolin 2010](#)).

Fitólitos são corpos micrométricos de opalas silicosas precipitados no tecido de organismos vegetais ao longo de seu ciclo de vida. Em geral, fitólitos são associados a gramíneas e ervas terrestres, no entanto sabe-se que árvores também os produzem ([Barboni et al. 1999](#); [Medeanic et al. 2008](#)). O estudo de fitólitos, assim como os grãos de pólen, possibilita reconhecer condições fitogeográficas.

Diatomáceas são organismos unicelulares que apresentam uma membrana contínua de pectina. Sobre essa membrana, camadas de sílica polimerizada são depositadas, permitindo que essas estruturas (frústulas) sejam preservadas em sedimentos ([Leandrini et al 2010](#)). A identificação específica desses organismos auxilia na interpretação de condições paleoambientais e paleolimnológicas.

Os dados isotópicos de ^{13}C permitem inferir sobre tipos de vegetação, a partir dos valores componentes de carbono dos sistemas fotossintéticos vegetais ([Pessenda 2010](#)), podendo ser classificados em plantas C_3 ou C_4 . O ciclo fotossintético C_3 é representado predominantemente por vegetação arbórea e apresentam valores negativos de $\delta^{13}\text{C}$ variando entre -22‰ a -32‰. As plantas de

ciclo C₄ são representadas predominantemente por gramíneas tropicais e subtropicais e apresentam valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre -17‰ a -9‰ (Pessenda, 2010).

Cinco sondagens foram amostradas após a compartimentação geomorfológica (Capítulo 4) e o conteúdo micropaleontológico (dados *proxy*) presente nos intervalos sedimentares analisados por meio de técnicas apropriadas.

5.1 Material e métodos

As datações (Tabela 1 – Capítulo 4) foram realizadas em amostras recuperadas dos testemunhos: QN-04, QN-07 (LOE) e QN-01 (¹⁴C), correspondente às lagoas “Coceira” (Figura 21-A) e “Milharal” (Figura 20-B) e a base do leque aluvial do Juriti, respectivamente. Com a datação por ¹⁴C, foram realizadas análises de isótopos estáveis de carbono ($\delta^{13}\text{C}$).

O armazenamento das amostras sedimentares (código S.C.5, 13, 16-18, 29, 38, 43, 47, 49-52), laminários (cód. L.57-59.C.05; L.60-65,67,68.C.06; L.75,76.C.07; L.161.C.15) e procedimentos laboratoriais para obtenção de indicadores *proxy*, foram realizados no Laboratório de Estudos Paleoambientais da Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão-Lepafe (Campo Mourão – PR).

A extração de espículas de esponjas continentais e grãos de pólen foram realizados nos testemunhos QN-04, QN-07 (lagoas), QN-01, QN-02 e QN-03 (leque aluvial). Para a avaliação das espículas de esponja continentais e fitólitos foram amostradas porções a cada 3 cm, fervidas em tubo de ensaio com ácido nítrico (65%) e lavadas com água destilada e álcool (70%), agilizando o processo com centrifugação. O material resultante do processo foi pipetado sobre lâminas e cobertos com Entelan[®] e lamínula.

Para investigação polínica, foram aplicadas gotas de ácido clorídrico em 5 cm³ de material, amostrado a cada 3 cm, para verificação e eliminação de elementos carbonáticos. Posteriormente, foram fervidos com hidróxido de potássio (10%). Para separação das substâncias orgânicas das inorgânicas, foi aplicado líquido denso (solução aquosa de cloreto de zinco, densidade 2,2 g/cm³) conforme técnica descrita por Faegri e Iversen (1975).

Além do conteúdo resultante dos procedimentos palinológicos e espongológicos, foram analisadas a presença de fitólitos e frústulas de diatomáceas que comumente surgiram nas lâminas.

A contagem foi elaborada com base na quantidade absoluta de organismos por lâmina. Para contagens entre: a) 1-10 organismos foram atribuídos como ocorrência raríssima (\pm); b) entre 11-30 como raro (+); c) entre 31-60 como frequente (++); d) acima de 61 como abundante (+++); e e) 0 como a ausente (\emptyset). A identificação de espículas de esponjas continentais, frústulas de diatomáceas e fitólitos foi realizada com base nos trabalhos de Volkmer-Ribeiro e Parolin (2010), Leandrini et al (2010), nos laminários e acervo bibliográfico do Laboratório de Estudos Paleoambientais da Fecilcam-Lepafe.

Durante as campanhas para realização de sondagens (julho/2009 e maio/2010) foram feitas buscas por esponjas vivas nas lagoas do Terraço 1 em ambas as margens do rio Paraná para se estabelecer o padrão atual de ocorrência desses organismos e compará-los com o padrão sedimentar.

5.2 Resultados

Os resultados foram positivos para espículas de esponjas continentais, frústulas de diatomáceas e fitólitos nos perfis QN-04, QN-07, QN-01, QN-02 e QN-03 (Tabelas de 3 a 7). As datações nesses perfis apresentaram idades do Pleistoceno Tardio ao Holoceno (Tabela 1 – Capítulo 4).

Foram identificadas gemoscleras correspondentes a quatro espécies de esponjas (Figura 30): a) *Dosilia pydanieli* Volkmer-Ribeiro, 1992; b) *Radiospongilla amazonensis* Volkmer-Ribeiro & Maciel, 1983; c) *Metania spinata* (Carter, 1881) e d) *Uruguayia corallioides* (Bowerbank, 1863), além de dois gêneros de diatomáceas (Figura 30): a) *Pinnularia* sp. e b) *Eunotia* sp.

Nenhum espécime vivo de esponja foi encontrado nas lagoas. A presença de *D. pydanieli* nos intervalos sedimentares é o segundo registro datado para o Estado do Paraná.

A análise de $\delta^{13}\text{C}$ realizada no perfil QN-01 (62 cm) resultou em $-16,6\text{‰}$, indicando predominância de plantas C_4 (gramíneas). As principais formas de fitólitos identificadas nesse perfil foram: trapézio ondulado, retangular, leque, lobado e cruzado (Figura 30).

A recuperação média de grãos de pólen (~30 grãos por intervalo) foi insuficiente para a realização de um agrupamento estatístico confiável nos perfis

analisados. A metodologia exige que pelo menos 400 grãos de pólen sejam considerados.

5.3 Discussão dos resultados

As gemoscleras de esponjas presentes no perfil QN-04 da lagoa Coceira (Figura 15 – Tabela 3) são características de esponjas típicas de ambientes lacustres. A datação LOE (44 cm) e a presença de megascleras inteiras e gemoscleras de *D. pydanieli* entre 55-40 cm, indicam que por volta de 26.900±5.000 anos AP a lagoa já havia se estabelecido. O conteúdo espicular do perfil QN-04 revelou fase com clima mais seco que o atual entre 40-10 cm. Durante este intervalo a lagoa era perene, conforme indicado pela abundância de megascleras, presença de gemoscleras de *D. pydanieli* e *R. amazonensis* entre 40-10 cm, e frústulas de diatomáceas do gênero *Pinnularia* sp. entre 40-30 cm. No entanto, a produção de gemoscleras evidencia condições sazonais secas com oscilação no nível médio d'água na lagoa. O registro de microscleras de *D. pydanieli* no sedimento (5 cm) corresponde a episódios com baixa oscilação no nível de água na lagoa (e.g. Parolin 2006; Parolin et al 2005). A ocorrência abundante de microscleras de *D. pydanieli*, gemoscleras de *R. amazonensis* e *M. spinata* próximo ao topo do perfil (5 cm), é indicativa de lagoa rasa, com secas sazonais menos intensas se comparadas à fase caracterizada no intervalo entre 40-10 cm. A presença de gemoscleras de *D. pydanieli*, *R. amazonensis* e *M. spinata* no topo no perfil indica uma lagoa rasa com vegetação abundante de macrófitas, com secas sazonais bem marcadas.

Tabela 3 - Ocorrência de espículas de esponjas e diatomáceas no perfil QN-04

| Prof. (cm) | Esponjas | | | | | | Diatomáceas | | | |
|---------------|----------------------|-----|---------------------|-----|-----------------------|-------------------|--|-----|-----------------------|-----|
| | Megascleras | | <i>D. pydanieli</i> | | <i>R. amazonensis</i> | <i>M. spinata</i> | Frústulas de diatomáceas não identificadas | | <i>Pinnularia</i> sp. | |
| | Fr | Int | G | Mi | G | G | Fr | Int | Fr | Int |
| 00 | ± | ± | + | ± | + | + | ± | ± | ± | ± |
| 05 | ± | | + | +++ | + | ± | ± | ± | ± | ± |
| 10 | +++ | ± | ± | ± | ± | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 30 | +++ | ± | ± | ∅ | ± | ∅ | ± | ± | ± | ± |
| 40 | ++ | ± | ± | ∅ | ∅ | ∅ | ± | ∅ | ± | ± |
| 44 | 26.900±5.000 anos AP | | | | | | | | | |
| 55 | ± | ± | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 120-60 | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |

Ocorrência: ∅ ausente; ± raríssimos; + raros; ++ frequentes; +++ abundantes.
M megascleras; G gemoscleras; Mi microscleras; Fr fragmentos; Int inteiras.

Tabela 4 - Ocorrência de espículas de esponjas, diatomáceas e fitólitos no perfil QN-07

| Prof. (cm) | Esponjas | | | | Diatomáceas | | | | Fitólitos |
|------------|----------------------|-----|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----|--------------------|-----|-----------|
| | Megascleras | | <i>D. pydanieli</i> | <i>R. amazonensis</i> | <i>Pinnularia</i> sp. | | <i>Eunotia</i> sp. | | |
| | Fr | Int | G | G | Fr | Int | Fr | Int | |
| 00 | + | ∅ | ± | ± | +++ | +++ | +++ | +++ | + |
| 05 | + | ∅ | ± | ± | +++ | +++ | +++ | +++ | + |
| 10 | +++ | ± | ± | ± | +++ | +++ | ++ | ++ | + |
| 15 | + | ∅ | ∅ | ∅ | ++ | ++ | + | + | +++ |
| 20 | + | ∅ | ± | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 100-30 | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ± |
| 110-100 | 20.600±4.800 anos AP | | | | | | | | |
| 130-110 | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ± |
| 165-130 | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |

Ocorrência: ∅ ausente; ± raríssimos; + raros; ++ frequentes; +++ abundantes.

G gemoscleras; Fr fragmentos; Int inteiras.

Tabela 5 - Ocorrência de espículas de esponjas, diatomáceas e fitólitos no perfil QN-01

| Prof. (cm) | Esponjas | | Diatomáceas | Fitólitos |
|------------|------------------|------------------------|--|-----------|
| | Megascleras | <i>U. corallioides</i> | Frústulas de diatomáceas não identificadas | |
| | Fr | G | Fr | |
| 04 | ± | ∅ | ± | + |
| 14 | ∅ | ∅ | ∅ | + |
| 24 | ± | ∅ | ∅ | + |
| 26 | ± | ± | ∅ | ∅ |
| 30 | ± | ∅ | ± | + |
| 34 | ∅ | ∅ | ± | + |
| 38 | + | ± | ∅ | ± |
| 41 | ± | ∅ | ∅ | + |
| 45 | + | ∅ | ∅ | ± |
| 51 | ± | ∅ | ∅ | + |
| 62 | ± | ∅ | ∅ | ± |
| 64-62 | 7.540±20 anos AP | | | |
| 76-64 | ∅ | ∅ | ∅ | ∅ |
| 97-78 | ∅ | ∅ | ∅ | ± |

Ocorrência: ∅ ausente; ± raríssimos; + raros.

G gemoscleras; Fr fragmentos

Tabela 6 - Ocorrência de espículas de esponjas, diatomáceas e fitólitos no perfil QN-02.

| Prof. (cm) | Esponjas | Diatomáceas | Fitólitos |
|------------|----------------------------|-----------------------|-----------|
| | tipo família Potamolepidae | <i>Pinnularia</i> sp. | |
| | Fr | Fr | |
| 10-0 | ∅ | ++ | ∅ |
| 20-10 | ± | ∅ | ∅ |
| 40-30 | ∅ | ∅ | ∅ |
| 60-50 | + | ∅ | ± |
| 107-70 | ∅ | ∅ | ∅ |

Ocorrência: ∅ ausente; ± raríssimos; + raros; ++ frequentes.

Fr fragmentos.

Tabela 7 - Ocorrência de espículas de esponjas, diatomáceas e fitólitos no testemunho QN-03.

| Prof. (cm) | Esponjas | | Diatomáceas | Fitólitos |
|------------|----------------------------|--|--------------------|-----------|
| | tipo família Potamolepidae | | <i>Eunotia</i> sp. | |
| | Fr | | Fr | |
| 10-0 | ∅ | | + | ++ |
| 20 | ++ | | ∅ | + |
| 30 | ± | | ∅ | ± |
| 40 | + | | ∅ | + |
| 50 | + | | ∅ | + |
| 60 | + | | ∅ | + |
| 70 | ∅ | | ∅ | ± |
| 80 | ∅ | | ∅ | ∅ |
| 100-90 | ∅ | | ∅ | ± |

Ocorrência: ∅ ausente; ± raríssimos; + raros; ++ frequentes.
Fr fragmentos.

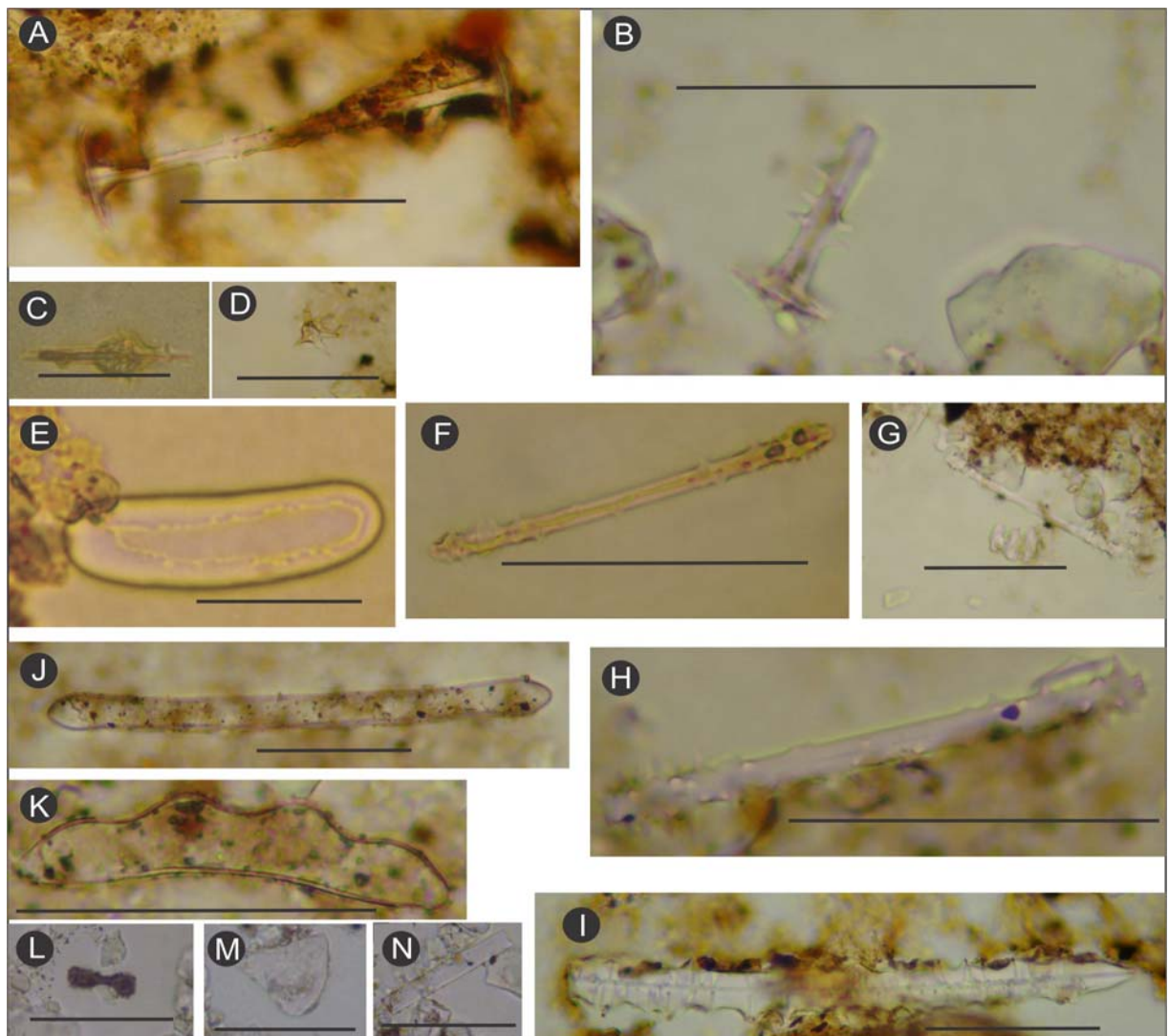


Figura 30 – Principais organismos micropaleontológicos encontrados nos perfis analisados. Espículas de esponjas continentais: Gemoscleras (A e B) e microscleras (C e D) de *D. pydanieli*; Gemosclera de *U. coralioides* (E); Gemoscleras de *R. amazonensis* (F, G e H); Gemosclera de *M. spinata* (I); Frústulas de diatomáceas: *Pinnularia* sp. (J) e *Eunotia* sp. (K). Fitólitos: lobado (L); leque (M); e trapézio (N). Escala: 50 µm.

A análise dos fragmentos de espículas de esponjas no perfil QN-07 da lagoa Milharal ([Figura 18 – Tabela 4](#)) também caracterizaram ambientes essencialmente lacustres. A datação LOE (110-100 cm) e o conteúdo espicular presente nos intervalos sedimentares desse perfil, indicam que a formação da lagoa Milharal foi posterior a 20.600 ± 4.800 anos AP. A análise do conteúdo micropaleontológico sugere que essa lagoa esteve sujeita a condições ambientais mais secas que as da lagoa Coceira. Tais condições podem estar associadas às fases mais secas reconhecidas no intervalo entre 40-10 cm no perfil QN-04 da lagoa Coceira. A presença de uma lagoa rasa com grande quantidade de macrófitas, pode ser caracterizada pela ocorrência abundante de gemoscleras de *D. pydanieli*, *R. amazonensis* e fitólitos entre 20-0 cm. A abundância de frústulas de diatomáceas dos gêneros *Pinnularia* sp. e *Eunotia* sp. entre 10-0 cm, indicam condições semelhantes às encontradas atualmente na lagoa Milharal, com ambiente constantemente encharcado e lâmina d'água rasa ([Figura 20-B](#)).

O registro espicular nos perfis QN-04 e QN-07 descartam a contribuição de ambientes lóticos na gênese e evolução das lagoas Coceira e Milharal. Os táxons de esponjas identificados pelas gemoscleras e microscleras nos intervalos sedimentares dessas lagoas são considerados indicadores de ambientes lacustres típicos do Bioma Cerrado ([Volkmer-Ribeiro 1992, 1999; Volkmer-Ribeiro et al 1998](#)). A presença de gemoscleras *D. pydanieli*, *R. amazonensis* e *M. spinata* no perfil das lagoas Coceira e Milharal caracterizaram condições ambientais semelhantes às encontradas atualmente no Brasil Central, com uma estação seca bem definida (inverno) e oscilação no nível d'água das lagoas. Tais dados sugerem que no Pleistoceno Tardio a vegetação na área estudada era de pequeno porte, provavelmente campos ou cerrados.

Essas interpretações estão em consonância com estudos palinológicos realizados por [Parolin et al \(2006\)](#) que constataram o predomínio de climas mais secos com vegetação de gramíneas no sudeste do Mato Grosso do Sul (~50 km da área estudada), do Pleistoceno Tardio até o Holoceno Médio. Condições semelhantes de vegetação e clima também foram reconhecidas na lagoa Fazenda, médio curso do rio Ivaí, com base no registro sedimentar polínico ([Fernandes 2008](#)) e espongológico ([Rezende 2010](#)) durante o final do Pleistoceno.

Condições de melhoria climática com aumento da umidade e precipitação foram identificadas a partir do Holoceno Superior. A datação ^{14}C e a presença de

gemoscleras de *U. corallioides* no perfil QN-01 indicam condições ambientais mais úmidas que o presente há 7.540 ± 20 anos AP com episódios de inundações no vale do córrego Jutiti. Esse período foi interpretado por [Guerreiro et al \(2010a,b\)](#) como *optimun climaticum* do Holoceno na área estudada. Períodos mais úmidos também foram identificados por [Stevaux \(1993\)](#) e [Stevaux e Santos \(1998\)](#) no alto rio Paraná entre 8.000 e 6.500 anos AP.

A análise do conteúdo sedimentológico e micropaleontológico dos perfis QN-01, QN-02 e QN-03 ([Tabelas 5 a 7 – Figuras 12 a 14](#)) caracterizaram condições ambientais típicas de leques aluviais em construção. O padrão das espículas de esponjas nos perfis QN-02 e QN-03 podem ser identificados como da família Potamolepidae (ambiente lótico). No perfil QN-01 foram identificadas gemoscleras de *U. corallioides* (38 e 26 cm), esponja típica de rios com fluxo turbulento e frústulas de diatomáceas (30, 34 e 4 cm) dos gêneros *Pinnularia sp.* e *Eunotia sp.* indicando que charcos se estabeleciam na porção distal do leque aluvial do Juriti, decorrentes de pulsos de inundação. Durante a construção do leque, episódios mais secos com desenvolvimento de gramíneas podem ser reconhecidos pela presença intercalada de fitólitos, espículas de esponjas e frústulas de diatomáceas. Tais registros podem ser interpretados como ambiente de campos, sazonalmente inundáveis e com charcos perenes. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ ($-16,6\text{‰}$) e o padrão das formas de fitólitos entre 60 e 40 cm no perfil QN-01 corroboram condições típicas de campos durante a construção do leque aluvial do Juriti.

5.3.1 Hipóteses para formação de lagoas

As primeiras hipóteses para a gênese das lagoas na unidade Taquaruçu foram atribuídas a processos pseudocársticos, assoreamento/abandono da antiga rede de drenagem ([Stevaux 1993](#)) e ao preenchimento de canais fluviais abandonados por águas de transbordamento ([Ferreira 1997](#); [Ferreira e Caetano Chang 2003](#)). Estudos realizados por [Parolin \(2006\)](#) com base em espículas de esponjas mostraram a ausência de ambientes lóticos na gênese de algumas lagoas (lagoas Linda e Dos 32). Posteriormente [Fontana \(2009\)](#) atribuiu à hipótese de iluviação e hidromorfia devido à baixa declividade do terreno.

As idades obtidas nos perfis QN-04 e QN-07 remetem a fases com climas mais secos e semiáridos no Pleistoceno Tardio identificados em todo alto rio Paraná

(Stevaux 1993; Krammer e Stevoux 2001; Parolin 2006), região amazônica (Absy et al 1991), Brasil Central (Barberi et al 2000), assim como em boa parte da América do Sul (Figura 31).

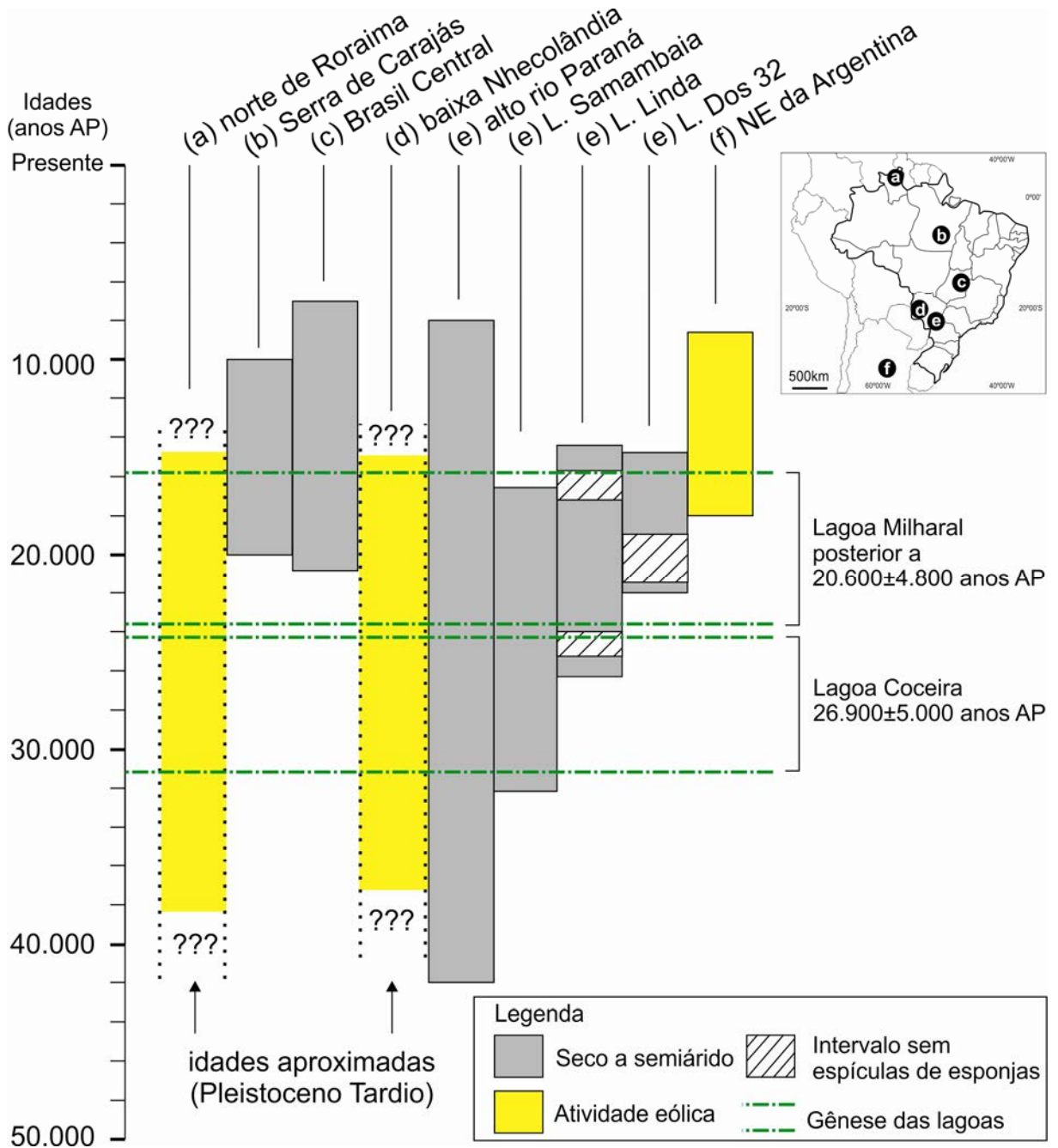


Figura 31 - Gênese das lagoas da área estudada e locais com atividades eólicas e formações de lagoas sob condições ambientais semiáridas no final do Pleistoceno.

Em algumas regiões, tais fases foram marcadas por intensa atividade eólica (Figura 31) e posterior formação de lagoas. Condições climáticas frias e secas com

atividade eólica foram identificadas em toda região dos pampas argentinos durante o UMG (Iriondo 1994; Iriondo e Kröhling 1995; Iriondo 1998).

Latrubesse e Nelson (2001) atribuíram a gênese dos campos de dunas e lagoas no norte de Roraima a atividades eólicas desenvolvidas durante fases secas no final do Pleistoceno. Hipótese compartilhada por Soares et al (2003) e Assine e Soares (2004) para a origem das lagoas e areais na baixa Nhecolândia no Pantanal Mato-Grossense (Figura 31).

Fases mais secas entre 42.000 e 8.000 anos AP no alto rio Paraná poderiam ter desencadeado atividades eólicas, assim como constatado no NE da Argentina por Iriondo e Garcia (1993) e Iriondo (1999), entre 18.000 e 8.500 anos AP (Figura 31). No entanto, não há evidências que comprovem ou refutem a hipótese de que atividades eólicas tenham sido responsáveis pela formação dos conjuntos de lagoas nos terraços da área estudada e alto rio Paraná.

A hipótese de origens diversas, com contribuição de ambientes fluviais (Parolin et al 2008) e/ou processos de iluviação (Fontana 2009) ainda não pode ser descartada para esses sistemas lacustres. Assim como na unidade Taquaruçu, a origem das lagoas na área estudada permanece indefinida. Porém, vale ressaltar que a análise do conteúdo espicular presente nos sedimentos lacustres excluem a contribuição de ambientes lóticos na gênese das lagoas Coceira e Milharal.

5.4 Conclusões

A análise do conteúdo espicular (gemoscleras e microscleras) nos perfis QN-04 e QN-07 permitiram identificar três espécies de esponjas consideradas típicas de lagoas do Bioma Cerrado e descarta a contribuição de ambientes lóticos na gênese e evolução das lagoas Coceira e Milharal. Condições ambientais mais secas que as atuais vigoraram durante o Pleistoceno Tardio por volta de 26.900 ± 5.000 e 20.600 ± 4.800 anos AP até o início do Holoceno.

Fases mais úmidas com incremento de umidade e precipitação foram reconhecidas por volta de 7.540 ± 20 anos AP com formação de leques aluviais. A presença e ausência de espículas de esponjas, frústulas de diatomáceas e fitólitos, aliadas a datações absolutas, permitiram interpretações paleoambientais, revelando a validade de indicadores *proxy* no entendimento de condições ambientais pretéritas.

6. CONCLUSÃO

Com base em dados de sensores remotos e de observações de campo foi possível reconhecer, caracterizar e mapear terraços associados aos rios Paraná e Ivaí, planícies atuais de ambos os rios e leques aluviais inativos formados por riachos que drenam terrenos situados a leste. A análise de dados *proxy* e geomorfológicos permitiu reconstituir condições paleoambientais e paleoclimáticas do Pleistoceno Tardio ao Holoceno.

Os terraços da área estudada podem ser interpretados como extensões das unidades geomorfológicas da margem direita do rio Paraná e considerados produtos dos mesmos eventos paleoambientais e paleoclimáticos quaternários. Os Terraços 1 e 2 correspondentes, respectivamente, às unidades geomorfológicas Taquaruçu e Fazenda Boa Vista, margem direita do rio Paraná e o Terraço 3, a unidade Terraço Ivaí, na margem direita do rio Ivaí.

Dados Proxy (presença e ausência de espículas de esponjas, frústulas de diatomáceas e fitólitos) e datações absolutas permitiram interpretações paleoambientais, revelando a validade de indicadores *proxy* no entendimento de condições ambientais pretéritas.

Espículas de esponjas recuperadas de testemunhos de lagoas existentes em terraços do rio Paraná registraram ambientes essencialmente lacustres, do Pleistoceno Tardio ao Holoceno, descartando a possibilidade de interveniência de ambientes lóticos na gênese e evolução das lagoas Coceira e Milharal. As datações dos depósitos lacustres (26.900 ± 5.000 e 20.600 ± 4.800) e análises do conteúdo espicular indicam clima mais seco que o atual e contemporaneidade com fase de clima semiárido (42.000 e 8.000 anos AP) reconhecidos para o alto rio Paraná.

Condições climáticas úmidas foram constatadas a partir do Holoceno, durante a qual houve formação de leques aluviais, como o do Juriti, cuja deposição teve início por volta de 7.540 anos AP. Esses sistemas foram interpretados com base em dados *proxy*, decorrentes da transição de climas secos para fases mais úmidas que as atuais (*optimum climaticum* do Holoceno).

Drenagens tributárias foram formadas a partir da interconexão de lagoas por canais superficiais e, em conjunto com riachos que fluem de terrenos mais altos situados a leste, foram responsáveis pela degradação dos terraços por processos erosivos superficiais.

REFERÊNCIAS

- Ab'Sáber, A. N. 1957. Conhecimento sobre as flutuações climáticas do quaternário no Brasil. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, nº 6, p.39-48.
- Absy, M. L.; Cleef, A. M.; Fournier, M.; Martin, L.; Servant, M.; Sifeddine, A.; Ferreira, M. F.; Soubies, F.; Suguio, K.; Turcq, B.; & Van Der Hammen, T. 1991. Mise em evidence de quatre phases d'ouverture de la forêt dense dans le sud-est de l'amazone au cours des 60,000 dernières années. *C.R. Acad. Sci.*, ser. II, **312**: 673-678.
- Assine, M. L. & Soares, P. C. 2004. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. *Quaternary International*, **114**: 23 - 24.
- Barberi, M.; Salgado-Labouriau, M. L. & Suguio, K. 2000. Paleovegetation and paleoclimate of "Vereda de Águas Emendadas", central Brazil. *Journal of South American Earth Science*, **13**: 241-254.
- Barboni, D.; Bonnefille, R.; Alexandre, A.; Meunier, J.D. 1999. Phytoliths as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley Ethiopia. *Palaeogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, v. **152**, n. 1, p. 87-100
- Barreto, A. M. F.; Pessenda, L. C. R. & Suguio, K. 1996. Probable drier Holocene climate evidence by charcoal bearing Middle São Francisco River paleodunes, state of Bahia, Brazil. *An. Acad. Bras. Cien.* **68** (Supl. 1):43-48.
- Bigarella, J. J. 1971. Variações climáticas do Quaternário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do carbono 14. *Paleoclimas*, **1**:1-22.
- Bouyoucos, G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soil. *Agron. J.* **54**: 464-465
- Destefani, E. V. 2005. Regime hidrológico do rio Ivaí. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR
- Embrapa. 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo.
- Faegri, K. & Iversen, J. 1975. A textbook of pollen analysis. 4. ed. New York: John Wiley e Sons.
- Fernandes, R. S. 2008. Reconstrução paleoambiental da lagoa Fazenda durante o Pleistoceno Tardio e região de Jussara, Estado do Paraná, com ênfase em

- estudos palinológicos. 2008. 125 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos-SP.
- Ferreira, S. R., & Caetano Chang, M.R. 2003. Morfologia quantitativa de lagoas, região de Taquaruçu (MS). *Geografia*, **28**(2), Rio Claro, SP, Brasil
- Ferreira, S. R. 1997. Caracterização geomorfológica e sedimentológica de lagoas associadas à calha do alto rio Paraná, região de Taquaruçu (MS), Dissertação (Mestrado) IGCE-UNESP
- Fontana, A. C. 2009. A cobertura pedológica e as suas relações com a gênese das depressões no Terraço Taquarussu, MS, Brasil. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geografia. Universidade Estadual de Maringá-UEM.
- Fortes, E.; Stevaux, J. C.; e Volkmer, S. 2005. Neotectonics and channel evolution of the lower Ivinema River: a right bank tributary of the Paraná River, Brazil. *Geomorphology*, **70** (3-4):325-338.
- Guerreiro, R. L.; Assine, M. L.; Parolin, M. 2009. Uso de bioindicadores na reconstrução paleoambiental na região de Querência do Norte, noroeste do Paraná, Brasil. In: III Encontro de Pós-Graduação em Geociências e Meio Ambiente, 2009, Rio Claro. III Encontro dos Programas de Pós-Graduação em Geociências - Carreira Acadêmica: perspectivas e desafios, p. 57-58.
- Guerreiro, R. L.; Parolin, M.; Assine, M. L.; Stevaux, J. C. 2010a. Dados *proxy* indicam melhoria climática na região de Querência do Norte A 7.540 anos AP. In: II Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos e XIX Semana de Geografia, 2010, Maringá,. p. 320-333.
- Guerreiro, R. L.; Parolin, M.; Assine, M. L.; Stevaux, J. C. 2010b. Optimum climaticum a 7.540 anos AP na região de Querência do Norte, Noroeste do Paraná. In: IV Encontro dos Programas de Pós-Graduação em Geociências, Rio Claro-SP
- Guerreiro, R. L.; Parolin, M.; Rasbold, G. G.; Assine, M. L.; Stevaux, J. C. 2010c. Interpretação paleoambiental por meio de bioindicadores indica melhoria climática do Holoceno Superior no noroeste do Paraná. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Paleontologia - Núcleo de São Paulo - PALEO SP, Rio Claro-SP, p.
- IPCC 2011. Intergovernmental Panel on Climate Change. Palaeoclimate proxy indicators. Disponível em: < <http://ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/068.htm> > Acesso em: 28 jun. 2011

- Iriondo M. H. & Kröhling D. M. 1995. El sistema Eólico Pampeano. *Com. Mus. Ciências Naturales "Florentino Ameghino"*, **5** (1): 1-68.
- Iriondo M. H. 1994. Los climas Cuaternarios de la region pampeana. *Com. Mus. Prov. Cs. Naturales "Florentino Ameghino"*, **4** (2): 1-48.
- Iriondo, M. H. & Garcia, N. O. 1993. Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **101**: 209-220.
- Iriondo, M. H. 1998. Paleoclimas del Hemisferio Sur – Primeros Resultados. Cuaternario y Geomorfologia 12. Valencia, Espanha.
- Iriondo, M., 1999. Climatic changes in the South American plains: Records of a continent-scale oscillation. *Quaternary International*, **57/58**: 93-112.
- Jabur, I. C. 1992. Análise paleoambiental do Quaternário superior na bacia do alto rio Paraná. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro, 184p.
- Justus, J. O. 1985. Subsídios para interpretação morfogenética através da utilização de imagens de radar. Univ. Fed. Bahia, Dissertação de Mestrado, Salvador, BA, 204 pp., (inédito).
- Kramer, V. M. S. & Stevaux, J. C. 2001. Mudanças climáticas na região de Taquaruçu (MS) durante o Holoceno. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, n. **49**: 79-89.
- Latrubesse, E. M.; & Nelson, B. W. 2001. Evidence for Late Quaternary Aeolian Activity in the Roraima–Guyana Region. In.: *Rev. Catena*. **43**, pp.63-80.
- Leandrini, J. A.; Cavalcanti, A. V.; Rodrigues, L.; 2010. Diatomáceas. In: Parolin, M; Volkmer-Ribeiro; Leandrini, J. A. (Org.). Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 131-155.
- Medeanic, S.; Cordazzo, C. V.; Corrêa, I. C. S.; Mirlean, N. 2008. Os Fitólitos em Gramíneas de Dunas do Extremo Sul do Brasil: Variabilidade Morfológica e Importância nas Reconstruções Paleoambientais Costeiras. *Gravel*, v. **6**, n. 2, p. 1- 14
- Parolin, M. 2006. 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.

- Parolin, M. & Stevaux, J. C. 2001. Clima seco e formação de dunas eólicas durante o Holoceno Médio em Taquarussu, Mato Grosso do Sul. *Pesquisas em Geociências*, **28** (2): 233-243.
- Parolin, M. & Stevaux, J. C. 2004. Eolian dunes in the Upper Paraná River: evidence of aridity during the Holocene. In: Agostinho, A. A., Rodrigues, L., Gomes, L. C., Thomaz, S. M., Mirnada, L. E. (ed.) Structure and functioning of the Paraná River its floodplains. Maringá, EDUEM, p.: 31-35.
- Parolin, M. & Stevaux, J. C. 2006. Dry climate and eolian dune formation in the Middle Holocene in Mato Grosso do Sul State, Center West Brazil. *Zeitschrift für Geomorphologie*, **145**: 177-190.
- Parolin, M.; Stevaux, J.C.; Volkmer-Ribeiro, C. 2003. Caracterização Paleoambiental a Partir de Espículas Silicosas de Esponjas em Sedimentos Lagunares na Região de Taquaruçu - MS. In: Paleo, Porto Alegre. Paleontologia em Destaque. Porto Alegre : UNISINOS, p. 17-17.
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C; Medeanic, S.; Stevaux, J.C.; Mirlean, N. 2004. Geochemical methodology approach to lake sediments from Taquarussu (MS) enhance Pleistocene/Holocene environmental reconstruction. In: 4th International Symposium - Environmental Geochemistry in Tropical Countries, Búzios - RJ. Book of Abstracts, p. 148-150
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C.; Stevaux, J. C. 2005. Mudanças ambientais durante o Holoceno e final do Pleistoceno indicadas por espongo fácies na região de Taquarussu/MS - Brasil. In: X Congresso da ABEQUA, 2005, Guarapari. X Congresso da Abequa - Qual a chave para o futuro?
- Parolin, M.; Medeanic, S.; Stevaux, J.C. 2006. Registros palinológicos e mudanças ambientais durante o Holoceno de Taquarussu (MS). *Revista Brasileira de paleontologia*, Porto Alegre, v. **9**, n.1, p.137-148
- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C.; Stevaux, J.C. 2007. Sponge spicules in peaty sediments as paleoenvironmental indicators of the Holocene in the upper Paraná river, Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. **10**, p. 17-26
- Parolin, M.; Medeanic, S.; Stevaux, J. C. 2008. Palinofácies em sedimentos lacustres do Mato Grosso do Sul indicam os períodos de pequena melhoria climática durante o Último Máximo Glacial. In: I SIMPEC I - Simpósio Paranaense de Estudos Climáticos - Passado, Presente e Futuro. Campo Mourão- Fecilcam, p. 188-192.

- Parolin, M.; Volkmer-Ribeiro, C.; Stevaux, J.C. 2009. Use of spongofacies as a proxy for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of Central-Western Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. **11**, p. 187-198
- Pessenda, L. C. R. 2010. Os isótopos estáveis do Carbono e os distintos tipo de vegetação. *In: Stevaux, J.C. e Parolin, M. In: Parolin, M. Volkmer-Ribeiro, C. Leandrini, J.A. (orgs.) Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná. Editora da Fecilcam, Campo Mourão-PR, p.158*
- Rasbold, G. G.; Guerreiro, R. L.; Parolin, M.; Stevaux, J. C. 2010. Utilização de fitólitos em reconstrução paleoambiental do Holoceno Tardio no noroeste do Estado do Paraná. *In: XII Reunião Regional de Paleontologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina - Paleo PR/SC, 2010, Cascavel-PR.*
- Rezende, A. B. 2010. Espículas de esponjas em sedimentos de lagoa como indicador paleoambiental no NW do Estado do Paraná. 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado em Análise Ambiental) – CEPPE, Universidade de Guarulhos, Guarulhos-SP.
- Sallun, A. E. M.; Suguio, K.; Stevaux, J. C. 2007. Proposição formal do Alogrupo Alto Rio Paraná (SP, PR e MS). São Paulo: *Geologia USP - Série Científica*, **7(2)**: 49-70.
- Santos, M. L. 1997. Estratigrafia e evolução do sistema siliciclástico do rio Paraná no seu curso superior: ênfase à arquitetura dos depósitos, variações longitudinal das fácies e processos sedimentares. 1997. 250 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- Santos, M. L.; Stevaux, J. C.; Gasparetto, N. V. L.; Souza Filho, E. E. 2008. Geologia e geomorfologia da planície aluvial do rio Ivaí - PR. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.1, p. 23-34
- Soares, A. P., Soares, P. C., Assine, M. L. 2003. Areiais e lagoas do Pantanal, Brasil: herança paleoclimática? *Revista Brasileira de Geociências*, **33** (2):211-224.
- Souza Filho, E. E. & Stevaux, J. C. 2004. Geomorphology of the Paraná River floodplain in the reach between the Paranapanema and Ivaí Rivers. *In: Agostinho, A. A. et al. Structure and functioning of the Paraná River and its floodplain. Maringá, PR: EDUEM, 2004a. p. 9-13.*

- Souza Filho, E. E. 1993. Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR). Inst. Geoc., USP, Tese de Doutorado, São Paulo, SP, 214 pp.
- Souza Filho, E.E. e Stevaux, J.C. 1997. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In: Vazzoler, A.E.A. de M; Agostinho, A.A. e Hahn, N.S.; (Eds.). A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. EDUEM NUPÉLIA, Maringá, 460 pp.
- Stevaux, J. C. 1993. O rio Paraná: Geomorfogênese, sedimentologia e evolução quaternária de seu curso superior. São Paulo. 142 p. Tese (Doutorado) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.
- Stevaux, J. C. 1994. Upper Paraná River (Brazil) Geomorphology and Paleoclimatology. In: *Quaternary International*, nº 21, p.143-161.
- Stevaux, J. C; Souza Filho, E.E. e Jabur, I. C. 1997. A História quaternária do rio Paraná em seu alto curso. In Vazzoler, et al. (Ed). A Planície de Inundação do Alto Rio Paraná - Aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. EDUEM, Maringá.
- Stevaux, J.C. 2000. Climatic events during the Late Pleistocene and Holocene in the Upper Paraná River: Correlation with NE Argentina and South-Central Brazil. *Quaternary International*, nº 72 p.73-85.
- Stevaux, J.C. e Santos. M.L. 1998. Palaeohydrological changes in the upper Parana river, Brazil, during the late Quaternary: A facies approach. In: Benito, G., Baker, V.R. and Gregory, K.J. (eds.). Palaeohydrology and environmental changes., John Wiley and Sons Ltd., London, 273-285.
- Suguio, K.; Nogueira Jr.; Tanigushi, H. e Vasconcelos, M. L. 1984. Quaternário no rio Paraná em Pontal do Paranapanema: proposta de um modelo de sedimentação. Congresso Brasileiro de Geologia, 33. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, SBG. I: p.10-18.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1992. The freshwater sponges in some peat-bog ponds in Brazil. *Amazoniana*, 12 (2):317-335.
- Volkmer-Ribeiro, C. 1999. Esponjas. In: (ed.) Biodiversidade do Estado de São Paulo síntese do conhecimento ao final do século XX. Invertebrados de água doce. São Paulo, FAPESP, 4 (1):1-19.
- Volkmer-Ribeiro, C., Mansur, M. C. D., Mera, P. A. S., Ross, S. M. 1998. Biological Indicators in the Aquatic Habitats of the Ilha de Maracá. In: Ratter, W. M. J.

- (ed.) Maracá: The Biodiversity and Environment of an Amazonian Rainforest. John Wiley & Sons Ltd, p.: 403-414.
- Volkmer-Ribeiro, C.V & Pauls, S.M. 2000. Esponjas de agua Dulce (Porifera, Demospongidae) de Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*. Caracas, **20** (1): 1-28
- Volkmer-Ribeiro, C.; Parolin, M. 2010. As esponjas. In: Parolin, M; Volkmer-Ribeiro; Leandrini, J.A.. (Org.). *Abordagem ambiental interdisciplinar em bacias hidrográficas no Estado do Paraná*. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, p. 105-130.