

GEOPROCESSAMENTO PARA CARTOGRAFIA DO ALOGRUPO ALTO RIO PARANÁ (SP, PR E MS)

Geoprocessing for Alto Rio Paraná Allogroup Cartography (SP, PR e MS)

Alethéa Ernandes Martins Sallun^{1,2}

Kenitiro Suguio^{2,3}

William Sallun Filho¹

¹Instituto Geológico

Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo

Avenida Miguel Stéfano, 3900 - 04301-903, São Paulo, SP

alethea@igeologico.sp.gov.br, wsallun@igeologico.sp.gov.br

²Universidade de São Paulo (USP)

Instituto de Geociências, Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar

Rua do Lago, 562 - 05508-080, São Paulo, SP

kenitirosuguio@hotmail.com

³Universidade Guarulhos (UnG)

Centro de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão (CEPPE)

Rua Dr. Nilo Peçanha, 81 (Prédio U – 6º andar) - 07023-070, Guarulhos

RESUMO

Técnicas de geoprocessamento foram utilizadas para mapear a distribuição de depósitos quaternários que compõem o Alogruppo Alto Rio Paraná, na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná (SP, PR e MS). Através do cruzamento de dados obtidos em levantamento de campo, produtos de sensoriamento remoto e de cartas temáticas, utilizando Sistema de Informação Geográfica (SIG), foram identificadas as características morfoestratigráficas desta unidade aloestratigráfica e suas relações com superfícies erosivas. As áreas de ocorrência do Alogruppo Alto Rio Paraná puderam ser, pela primeira vez, cartografadas em âmbito regional. As ocorrências de estruturas tectônicas regionais de diferentes unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná e de espessas coberturas coluviais da Aloformação Paranavaí e aluviais da Aloformação Paraná são responsáveis pela compartimentação do relevo. A maior parte da região é composta de colinas amplas condicionadas pelas maiores espessuras de depósitos coluviais da Aloformação Paranavaí, resultando em regiões de menor declividade e rugosidade com vertentes mais extensas em área. Os dados obtidos poderão fornecer subsídios para decisões futuras sobre a ocupação antrópica, uma vez que os depósitos sedimentares quaternários da região do Alto Rio Paraná têm alta suscetibilidade à erosão e a contaminações antrópicas de solo e água subterrânea.

Palavras chaves: geoprocessamento, cartografia, Alogruppo Alto Rio Paraná, Quaternário .

ABSTRACT

Geoprocessing techniques were used for mapping the Alto Rio Paraná Allogroup quaternary deposits distribution, within the Upstream Paraná River hydrographic basin (São Paulo, Paraná and Mato Grosso do Sul states, Brazil). Through the data crossing obtained by field surveys, remote sensing products and thematic maps using Geographic Information System (GIS), morphostratigraphic characteristics of this allostratigraphic unit and their relationship with erosional surfaces were identified. The Alto Rio Paraná Allogroup occurrence area could be, for the first time, mapped in a regional scale. The occurrences of different Paraná Basin lithoestratigraphic units regional tectonic structures and differences in thicknesses of colluvial Paranavaí Alloformation and alluvial Paraná Alloformation are responsible by the relief compartmentation. The area is dominantly composed by very flat hills

conditioned by Paranaíba Alloformation colluvial deposits major thicknesses, giving rise to lower declivity and rugosity extensive hillslopes. The obtained data will subsidize future decisions on anthropogenic occupations, because the Upstream Paraná River quaternary deposits exhibit high susceptibility for erosion and anthropogenic contaminations of soil and groundwater.

Keywords: geoprocessing, cartography, Alto Rio Paraná Allogroup, Quaternary.

1. INTRODUÇÃO

Para melhor compreender a distribuição e a ocorrência de depósitos quaternários existentes na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná (Fig. 1), foram empregadas técnicas de geoprocessamento.

Os depósitos sedimentares quaternários desta bacia hidrográfica testemunham importantes eventos geológicos, mas as descrições e interpretações disponíveis são muito vagas e/ou desconhecidas e precisavam ser aperfeiçoadas com base em dados quantitativos, para elucidar a história geológica da área de estudo. Os dados aqui apresentados resultam na primeira cartografia, em escala regional, destes depósitos sedimentares quaternários, imprescindível para enfrentamento de questões ligadas às suas suscetibilidades frente à erosão acelerada e à contaminação antrópica.

A porção denominada “Alto Rio Paraná”, da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná (Fig. 1), compreende o trecho de Guaíra à confluência dos rios Grande e Paranaíba, com 619 km de extensão em território brasileiro. Os principais limites geográficos da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná são: ao norte as bacias do Rio Grande e Paranaíba e Serra de Caiapó, a leste o Maciço Litorâneo Brasileiro (Serra do Mar), ao sul a bacia do Rio Iguazu, afluente do Médio Paraná, e a oeste a bacia do Rio Paraguai e a Serra de Maracaju.



Fig. 1 - Situação geográfica da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná.

1.1 Contexto Geológico

Em consequência ao soergimento do Planalto Atlântico (Serra do Mar), no interior da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná instalou-se intenso processo erosivo durante o Neógeno, formando diversas unidades de depósitos mapeáveis (ALMEIDA, 1983), associados a ciclos de erosão com formação de superfícies de aplainamento, como os pediplanos Pd₁, Pd₂ e Pd₃ (BIGARELLA & ANDRADE, 1965) e Pd₀ (JUSTUS, 1985) ou “Superfície Sul-Americana”, Ciclo Velhas e Paraguaçu (KING, 1956) ou superfícies dos “Altos Interflúvios”, “Médios Interflúvios” e “Terraço Superior” (SOARES & LANDIM, 1976), além da “Superfície de Guaíra” (BARTHELNESS, 1960).

Na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná (SP, PR e MS) as unidades estratigráficas quaternárias foram denominadas por SALLUN *et al.* (2007) de Alogruppo Alto Rio Paraná.

O Alogruppo Alto Rio Paraná é constituído pelos depósitos colúviais da Aloformação Paranaíba e depósitos aluviais da Aloformação Paraná. Esta unidade aloestratigráfica ocorre superposta às unidades litoestratigráficas cretáceas da Superseqüência Bauru e da Formação Serra Geral da Superseqüência Gondwana III (MILANI & RAMOS, 1998).

A Aloformação Paranaíba é composta por depósitos colúviais arenáceos e rudáceos, com estrutura maciça e espessura exposta de até 17 m. Essa unidade é muito homogênea em toda área de ocorrência, e os materiais constituintes foram originados *in situ* ou com transporte restrito, a partir de unidades litoestratigráficas cretáceas intemperizadas, principalmente da Superseqüência Bauru.

A Aloformação Paraná é composta de terraços de origem fluvial associados à paleodrenagem do Alto Rio Paraná, além do seu curso atual e afluentes, embutidos na Aloformação Paranaíba. Os terraços são compostos de depósitos argiláceos, arenáceos e rudáceos maciços. As primeiras idéias sobre unidades geomorfológicas e depósitos sedimentares no Alto Paraná foram sumariadas por SUGUIO *et al.* (1984) e mais tarde por NOGUEIRA JÚNIOR (1988) na proposta pioneira de um modelo de sedimentação. STEVAUX (1993) identificou diversas fácies sedimentares, características de diversos subambientes deposicionais, nos depósitos aluviais da Aloformação Paraná.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a cartografia dos depósitos do Alogruppo Rio Paraná foram realizados levantamentos de campo e dados obtidos por SALLUN (2003) e empregadas técnicas de geoprocessamento, utilizando documentos cartográficos digitalizados, produtos de sensoriamento remoto (imagens de satélite e radar), e geradas cartas temáticas através do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Os trabalhos de campo realizados consistiram em levantamento de perfis geológicos em detalhe distribuídos por toda a área de estudo, considerando-se a geomorfologia e estratigrafia dos afloramentos. A análise estratigráfica adotada objetivou o reconhecimento de unidades morfoestratigráficas (FRYE & WILLMAN, 1962) em superfícies deposicionais.

Os dados de sensoriamento remoto utilizados foram recortes georreferenciados de mosaicos do sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) do satélite LANDSAT-7 e de dados do SRTM (2004).

As imagens de mosaico LANDSAT foram adquiridas no servidor de imagens ESDI (2006) da Universidade de Maryland (EUA) do projeto Landsat Geocover Mosaics da NASA Stennis Space Center. Para a área de estudo foram utilizados 4 mosaicos de imagens obtidas em diferentes datas: S-21-15 (08/04/2000 a 07/09/2001), S-21-20 (26/01/2000 a 25/05/2002), S-22-15 (08/04/2000 a 06/09/2001) e S-22-20 (26/09/1999 a 11/10/2002). A fusão das diferentes imagens que compõem o mosaico foi realizada pela Earth Satellite Company (atual MDA, 2004), resultando em uma composição colorida a falsa cor (7,4,2/RGB) com resolução de 14,25 m. A opção por mosaicos foi devido ao tamanho da área e a necessidade de imagens apenas para interpretação da textura e não de dados espectrais.

As imagens de radar, com resolução de aproximadamente 90 m, foram obtidas pelo projeto SRTM (2004), realizado pelas agências americanas NIMA (National Imagery and Mapping Agency), NASA (National Aeronautics and Space Administration), DOD (Departamento de Defesa) dos Estados Unidos e das agências espaciais da Alemanha e da Itália, disponíveis no sítio <http://srtm.usgs.gov>.

A análise geomorfológica de âmbito regional buscou a caracterização morfoestratigráfica e mapeamento dos depósitos quaternários, correlacionando-os a níveis geomorfológicos. A classificação dos terrenos se baseou na definição e identificação de áreas homogêneas, fundamentalmente baseada nos comportamentos da rede de drenagem e nos aspectos texturais de imagens de satélite LANDSAT, tendo como base a interpolação de dados obtidos em trabalhos de campo.

Para o geoprocessamento das imagens foi utilizado o datum e o elipsóide de referência SAD69, com dados de altitude em metros inteiros, e nenhuma edição foi aplicada sobre os dados.

Foram gerados os seguintes mapas (Fig. 3):

1) Modelo digital de terreno (MDT): foi gerado a partir do tratamento dos dados brutos obtidos do SRTM (2004). Para a confecção do modelo foi utilizado o método TIN (triangular irregular network) segundo PEUKER *et al.* (1978) utilizando todos os pontos obtidos, que segundo BURROUGH & McDONNELL (2000) apresenta melhores resultados do que a utilização de grades regulares para a confecção de MDT. O MDT foi utilizado para o cálculo de hipsometria, declividade e direção da declividade de vertentes (Fig. 2).

2) Mapa hipsométrico: foi confeccionado com base no MDT em classes altimétricas, segundo o método de “intervalos iguais” (em inglês “equal interval”) onde a distribuição do conjunto de classes teve o mesmo valor de intervalo de 50 m. O mapa hipsométrico destaca a distribuição e a organização espacial das principais unidades de relevo, e representa a altura da área de estudo em relação ao nível do mar.

3) Mapa de declividade de vertentes: o grau de declividade representa em geral blocos de igual intensidade de dissecação fluvial, e reflete a taxa de variação na elevação. O mapa foi confeccionado a partir do MDT com os valores de declividade em graus. Como na área de estudo as declividades são baixas, para melhor visualização em mapa, foi utilizado um intervalo entre as classes de acordo com a distribuição da ocorrência de declividades, a partir do método de aproximação denominado “quantidades equivalentes ou quantis” (em inglês “quantile regression”). Este método ajusta os limites das classes para maximizar a variação perceptiva no mapa, dividindo a distribuição de classes contendo igual número de membros no conjunto.

4) Mapa de orientação de vertentes: indica a direção dos declives das vertentes, gerado a partir do MDT, com os valores de orientação em azimute.

5) Mapa de rugosidade do relevo: foi confeccionado com base no MDT. Foi estabelecida uma malha quadrática com células de 90 x 90 m, de acordo com a resolução original da imagem de radar obtida, e em cada célula foi calculada a razão entre a área real e a área plana (HOBSON, 1972), com a extensão “Surface Areas and Ratios from Elevation Grid v. 1.2” (JENNESS, 2002) do software ARCVIEW 3.2. Como na área de estudo a rugosidade do relevo exibe valores predominantemente baixos, foi utilizado um intervalo entre as classes de acordo com a distribuição da ocorrência de declividades, a partir do método de aproximação denominado “rupturas naturais” (em inglês “natural breaks”). Este método ajusta os limites das classes de acordo com a distribuição dos dados, identificando pontos de quebra entre as classes utilizando a fórmula estatística que se baseia na variabilidade dos dados (otimização de Jenk), que minimiza a soma da variância dentro de cada uma das classes. Este método encontra agrupamentos e padrões inerentes aos dados, diferenciando áreas entre si..

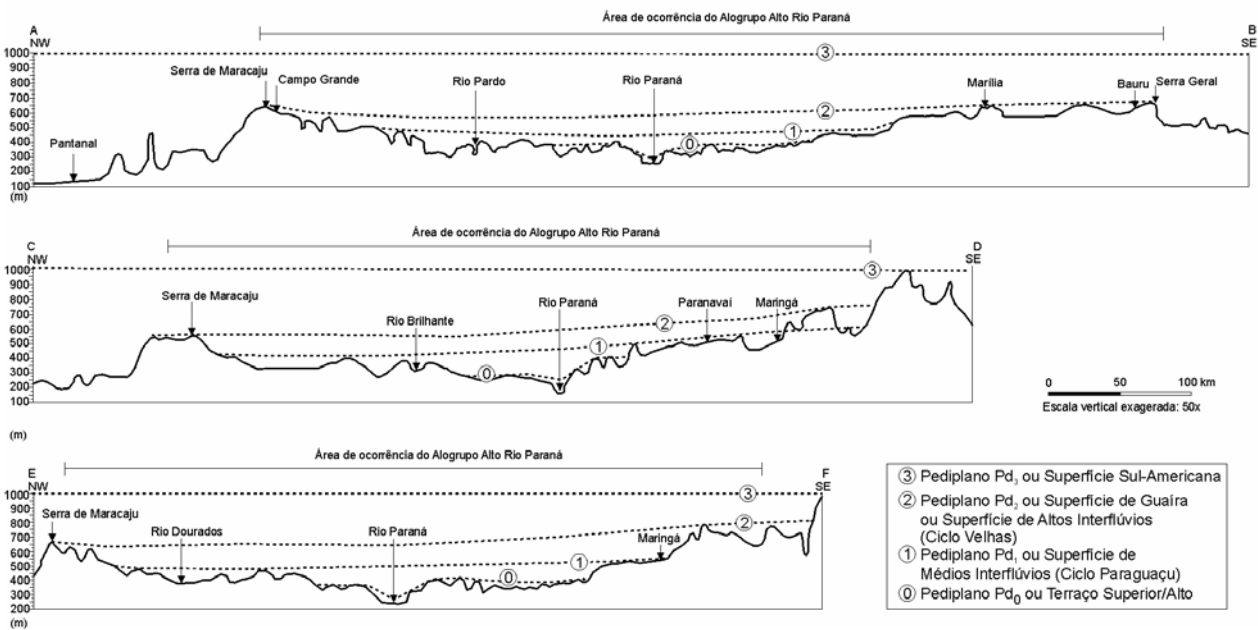
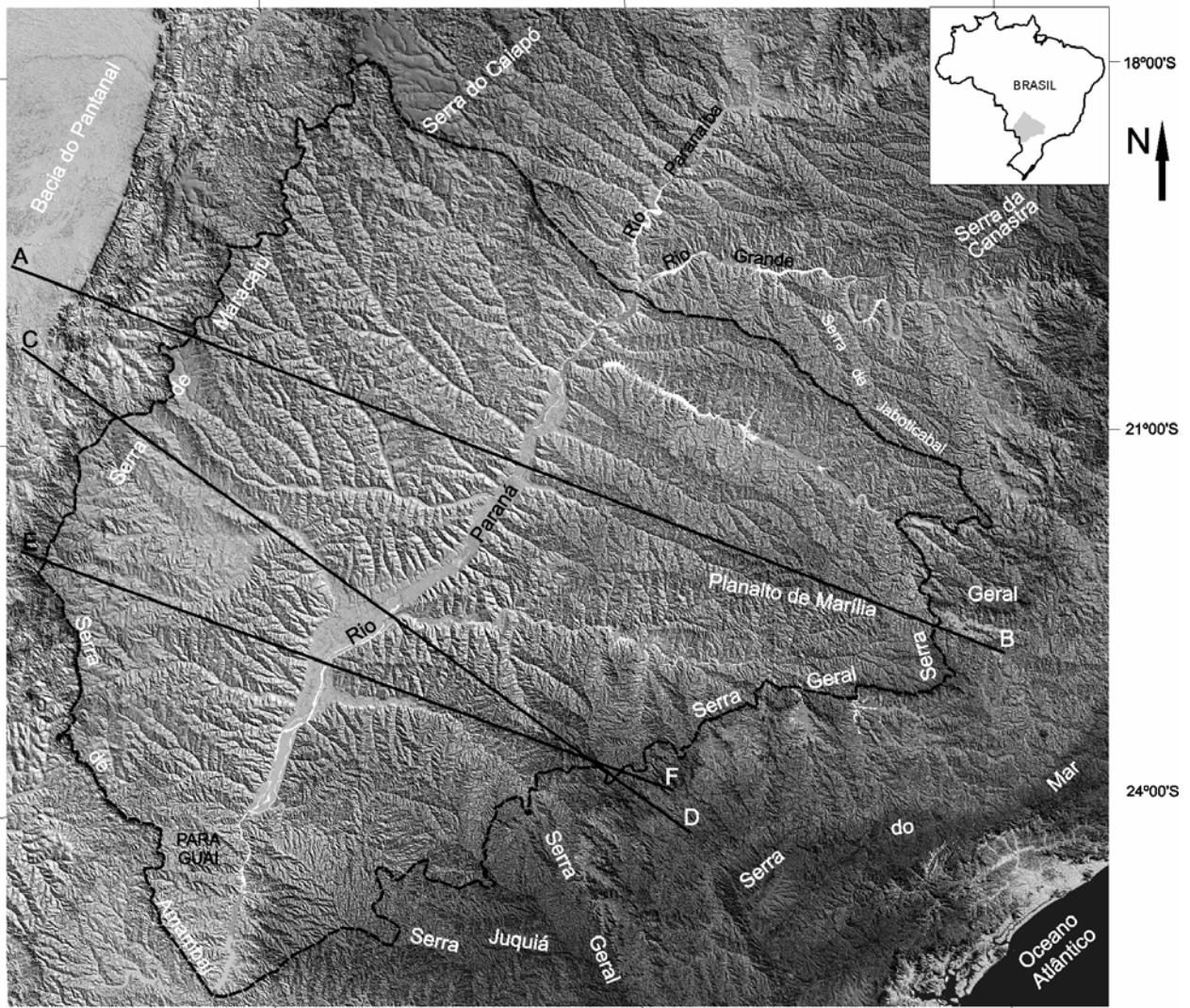


Fig. 2 – Modelo digital de terreno (SRTM, 2004) da porção sul, sudeste e centro-oeste do Brasil, com a delimitação da área de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná e perfis topográficos com a identificação de superfícies propostas por KING (1956), BIGARELLA & ANDRADE (1965) e JUSTUS (1985).

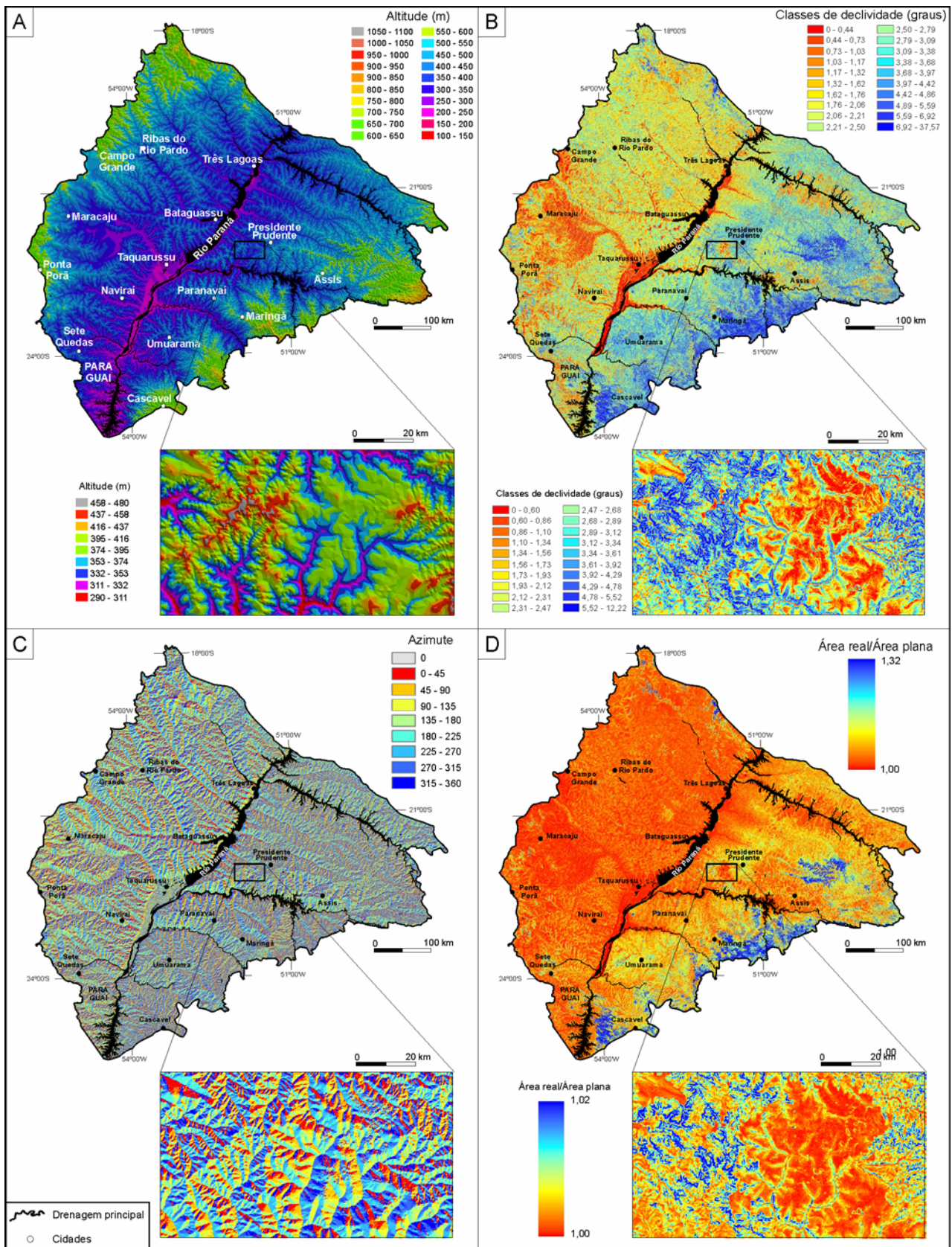


Fig. 3 – Mapas gerados a partir dos dados de imagens de radar (SRTM, 2004), na área de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná, com detalhes de áreas que apresentam a diferença entre terrenos com depósitos espessos da Aloformação Paranavai e arenitas da Supersequência Bauru (A- Modelo Digital de Terreno – MDT, com luminosidade a 20% e altitude e azimute a 45°, exagero vertical de 15x; B – Declividade de vertentes; C – Orientação de vertentes; D – Rugosidade do relevo).

3. RESULTADOS

Foi possível reconhecer as características morfoestruturais da Aloformação Paranaíba e Aloformação Paraná, e seus limites cartográficos a partir das imagens LANDSAT. Na primeira etapa do estudo foi delimitada a área de ocorrência dos depósitos do Alogrupo Alto Rio Paraná (Fig. 2). A partir da delimitação da área de ocorrência, foram geradas as cartas temáticas.

3.1 Hipsometria e Superfícies

Dados obtidos a partir do mapa hipsométrico (Fig. 2 e 3), em conjunto com os dados de campo, mostraram-se adequados ao estudo proposto e demonstraram o controle efetivo das unidades geológicas e das estruturas tectônicas presentes na configuração do relevo.

As superfícies são delimitadas por zonas de maior declividade, correspondentes a alinhamentos de elementos e unidades geomorfológicas, que se manifestam como escarpas de cristas proeminentes e vales retilíneos.

Na maior parte da área de ocorrência da Aloformação Paranaíba as superfícies são relativamente baixas, com maior predominância entre 350 e 450 m de altitude. Ocorre abrupto crescimento de ocorrências de classes baixas até aproximadamente 400 m (Fig. 4).

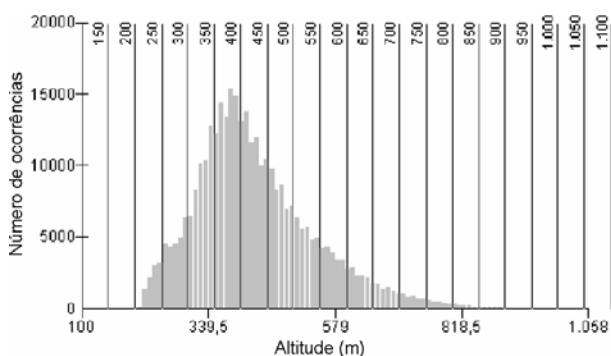


Fig. 4 – Histograma da distribuição da altitude na área de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná.

A classe altimétrica mais baixa (<260 m) é relativamente extensa e representa a superfície dos depósitos aluviais atuais, de preenchimento dos vales do Alto Rio Paraná e de seus afluentes, que correspondem a Aloformação Paraná, que forma o Pediplano Pd0 de JUSTUS (1985). O Alto Rio Paraná exibe um traçado retilíneo encaixado em uma estrutura tectônica, que também teria controlado a dissecação da bacia.

Em âmbito regional verifica-se uma compartimentação do relevo em superfícies distintas, que formam patamares escalonados de SE para NW, como foi previamente reconhecido por BIGARELLA & ANDRADE (1965), seguidos por JUSTUS (1985) e, mais tarde, por SALLUN (2003) na região situada entre Marília e Presidente Prudente (SP).

Adjacentes aos planaltos ocorrem amplas colinas (Fig. 5) que delimitam áreas de formas alongadas, de topos aplainados e texturas lisas, que passam gradualmente para classes altimétricas mais baixas ou mais altas, quando se constata a ocorrência de rochas sedimentares da Superseqüência Bauru. Nesta superfície, situada entre 260 e 450 m, e correspondente ao Pediplano Pd1 de BIGARELLA & ANDRADE (1965), ocorrem espessos depósitos colúviais da Aloformação Paranaíba, que foram dissecados pelos principais rios da Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná.



Fig. 5 – Colinas amplas que ocorrem no Estado de Mato Grosso do Sul, na estrada entre Bataguassu e Campo Grande, que apresentam espessas coberturas colúviais da Aloformação Paranaíba.

Colinas amplas situadas entre 450 e 540 m constituem as porções mais baixas da superfície correspondente ao Pediplano Pd2 de BIGARELLA & ANDRADE (1965), onde também ocorrem espessos depósitos colúviais da Aloformação Paranaíba. Esta superfície exibe transição suave de classes altimétricas mais altas para mais baixas. As curvas de nível apresentam-se menos espaçadas nos limites com o Pediplano Pd3 de BIGARELLA & ANDRADE (1965). A textura desta superfície de aplainamento, nas áreas de ocorrência de morrotes e colinas médias, destaca-se quando comparada às outras unidades geomorfológicas. Neste setor são encontrados os morros residuais de topos aplainados, como os morros do Diabo (SP) (Fig. 6) e dos Três Irmãos (PR).

A classe altimétrica com cotas entre 540 a 700 m, que é correlacionável ao Planalto de Maracaju, Planalto de Marília e ao reverso da escarpa Serra Geral, ocorre em área relativamente restrita, pois acha-se dissecada pela ação destrutiva da drenagem. O Planalto de Maracaju se eleva a partir dos vales do Alto Rio Paraná (a leste) e do Rio Paraguai (a oeste), com limites retilíneos a oeste e recortados a leste. O Planalto de Marília constitui morro-testemunho preservado da erosão em função da intensa cimentação carbonática (SUGUIO, 1973). Nos topos destes planaltos ocorre a superfície, que representa as porções mais altas do Pediplano Pd2 de BIGARELLA & ANDRADE (1965), com características semelhantes às porções mais baixas, isto é, com textura lisa associada a amplas colinas, em altitudes bem maiores do que no restante da área, associadas a espessos depósitos colúviais da Aloformação Paranaíba (Fig. 7).



Fig. 6 – Morro testemunho de topo aplanado com até 600 m de altitude, que representa o Pediplano Pd1 de BIGARELLA & ANDRADE (1965) (Morro do Diabo em Teodoro Sampaio, SP).



Fig. 7 – Superfície correspondente ao Pediplano Pd2 de BIGARELLA & ANDRADE (1965), no bairro Carandá Bosque, em Campo Grande (MS), dissecada por enorme voçoroca, que recentemente foi transformada em um parque.

Ocupando área muito restrita, a classe altimétrica mais alta (>700 m) é correlacionável ao Planalto Basáltico a leste de Maringá (PR), que representa a borda da Bacia do Alto Paraná na margem esquerda. Esta altitude está presente a sudeste da área de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná. No topo deste planalto ocorre a superfície correspondente ao Pediplano Pd3 de BIGARELLA & ANDRADE (1965), que representaria uma superfície remanescente da “Superfície Sul-Americana” de KING (1956).

Em detalhe da Fig. 3A, na região do Pontal do Paranapanema (SP), observa-se a diferença entre áreas com classes altimétricas que exibem maior extensão entre as classes altimétricas, associadas às espessas coberturas coluviais da Aloformação Paranaíba, e áreas de menor extensão entre classes altimétricas, associadas a menores coberturas coluviais da Aloformação Paranaíba e exposição de arenitos da Superseqüência Bauru.

3.2 Declividade de vertentes

No mapa de declividade (Fig. 3B) verificou-se que as maiores declividades (>6,92°) ocorrem nas bordas da escarpa Serra Geral e Planalto de Marília,

associadas a morrotes alongados e espigões, escarpas festonadas e colinas médias escarpadas.

As principais drenagens parecem ter controle estrutural, pois apresentam vales retilíneos de direção W-E e N-S para canais de 1°, 2° e 3° ordem e NW-SE para canais de 4° ordem ou mais. Na maior parte da área de ocorrência da Aloformação Paranaíba as classes de declividade são baixas (até 3°), principalmente no Estado do Mato Grosso do Sul. Ocorre um decréscimo suave e homogêneo de declividade até 6,92°, sendo muito raras (Fig. 8).

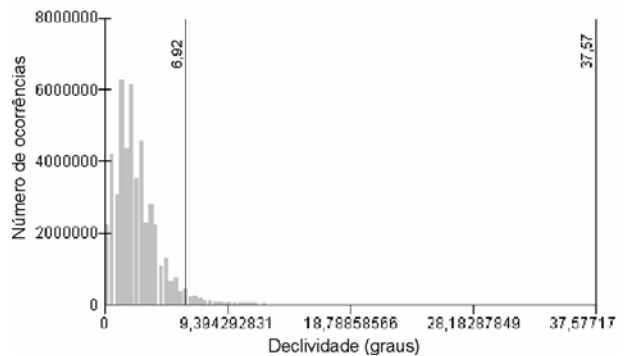


Fig. 8 – Histograma de distribuição de declividades de vertentes na área de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná.

A declividade é muito menos acentuada nas bordas do Planalto de Maracaju, cujas porções mais altas correspondem ao Pediplano Pd2 de BIGARELLA & ANDRADE (1965) no Estado do Mato Grosso do Sul, do que nas bordas do Planalto de Marília (SP) e da Serra Geral (SP e PR). As maiores declividades foram observadas junto à escarpa Serra Geral (>30°), e os vales geralmente entulhados por colúvios formam rampas nas vertentes das escarpas.

Quando as declividades exibem valores intermediários, em áreas de morrotes alongados, espigões e colinas médias, as espessuras de depósitos coluviais da Aloformação Paranaíba são menores. Regiões com declividades menores que 5° ocupam a maior parte da área e correspondem ao Pediplano Pd1 de BIGARELLA & ANDRADE (1965), recoberto por depósitos coluviais mais espessos da Aloformação Paranaíba. Em detalhe da Fig. 3B, da região do Pontal do Paranapanema (SP), podem ser observadas diferenças entre áreas de maior declividade recobertas por espessas coberturas coluviais e com delgadas coberturas coluviais da Aloformação Paranaíba, com exposição de arenitos da Superseqüência Bauru.

As regiões com menores declividades (até 1°) representam o Pediplano Pd0 de JUSTUS (1985) com cobertura de depósitos aluviais da Aloformação Paraná, exceto na região entre Taquarussu e Maracaju (MS) com cobertura de depósitos coluviais da Aloformação Paranaíba. Esta região também apresenta baixas declividades, mas está associada ao Pediplano Pd1 de BIGARELLA & ANDRADE (1965), com ocorrência de um vale fluvial dissecado situado em altas altitudes.

3.3 Orientação de vertentes

As orientações das vertentes, na área de ocorrência do Alogruppo Alto Rio Paraná, são muito homogêneas, e parece inexistir qualquer direção preferencial (Fig. 9).

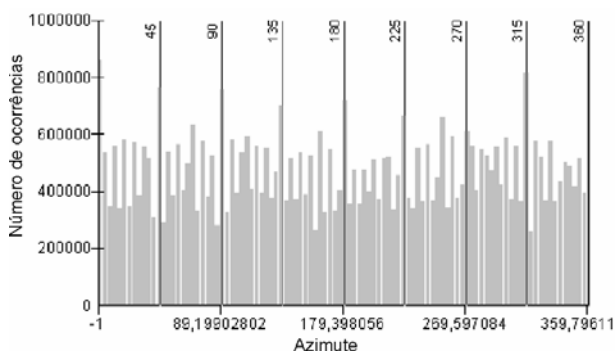


Fig. 9 – Histograma da distribuição de orientações das vertentes na área ocupada pelo Alogruppo Alto Rio Paraná.

No mapa de orientação das vertentes (Fig. 3C) podem ser reconhecidos dois morfotipos com características diferentes:

- Vertentes mais extensas com diferentes direções e menores declividades. São colinas amplas correspondentes ao Pediplano Pd₁ de BIGARELLA & ANDRADE (1965). Na área da Formação Serra Geral, no Estado do Mato Grosso do Sul, as vertentes são mais extensas e a homogeneidade exibida poderia ser devida à presença de espessos depósitos coluviais da Aloformação Paranavaí.
- Vertentes menos extensas e dispostas em diversas direções, que são correlacionáveis à superfície representativa do Pediplano Pd₂ de BIGARELLA & ANDRADE (1965), com declividades maiores, recobertas por depósitos coluviais da Aloformação Paranavaí, superposta à Superseqüência Bauru.

Em detalhe da Fig. 3C, observam-se na região do Pontal do Paranapanema (SP) diferenças entre vertentes mais extensas com espessas coberturas coluviais e vertentes menos extensas com coberturas coluviais mais delgadas da Aloformação Paranavaí, além de arenitos aflorantes da Superseqüência Bauru.

3.5 Rugosidade do relevo

Na maior parte da área de estudo a rugosidade pode ser considerada muito baixa (1,00 a 1,018) (Fig. 10), principalmente no Estado do Mato Grosso do Sul (Fig. 3D).

As porções com maior rugosidade são encontradas na borda da superfície do Pediplano Pd₂ de BIGARELLA & ANDRADE (1965) e do Planalto de Marília (1,005 a 1,018).

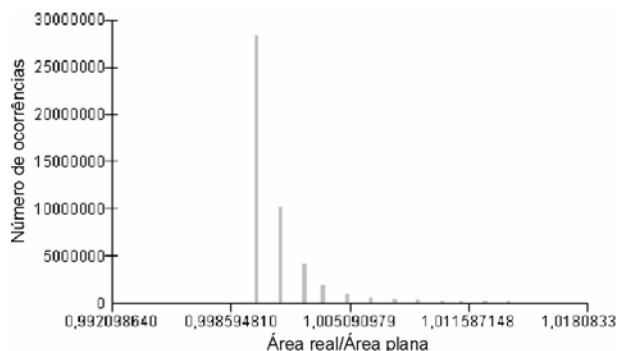


Fig. 10 – Histograma de distribuição da rugosidade na área ocupada pelo Alogruppo Alto Rio Paraná.

Em geral a superfície do Pediplano Pd₁ exibe menor rugosidade (até 1,005) do que a superfície do Pediplano Pd₂ (até 1,011) de BIGARELLA & ANDRADE (1965). Rugosidade baixa em área de colinas extensas é a morfologia característica da presença de depósitos coluviais bem desenvolvidos da Aloformação Paranavaí. As áreas com menor rugosidade sempre correspondem à baixa densidade de drenagem (Fig. 3D).

Em detalhe da Fig. 3D, na região do Pontal do Paranapanema (SP), observam-se as diferenças entre áreas de menor rugosidade, com espessas coberturas coluviais e áreas de maior rugosidade com coberturas coluviais mais delgadas da Aloformação Paranavaí, além da exposição de arenitos da Superseqüência Bauru em morrotes alongados e espigões.

4. CONCLUSÕES

A análise da área de ocorrência do Alogruppo Alto Rio Paraná permite identificar áreas mapeáveis, caracterizadas por espessos depósitos coluviais da Aloformação Paranavaí e aluviais da Aloformação Paraná. As feições geomorfológicas refletem as intensidades de escoamento superficial, que seguem diferenças litológicas e direções preferenciais de lineamentos. As ocorrências de estruturas tectônicas regionais em diferentes unidades litoestratigráficas da Superseqüência Bauru, além da Formação Serra Geral e de espessas coberturas coluviais da Aloformação Paranavaí e aluviais da Aloformação Paraná, são responsáveis pela compartimentação do relevo em escala regional.

Toda a área é coberta por rede de drenagem comumente de padrão dendrítico com controle estrutural relacionado a juntas tectônicas e litologias mais resistentes ao intemperismo e à erosão. Alguns canais principais estão estabelecidos em lineamentos estruturais, quando exibem vales retilíneos. O Alto Rio Paraná e seus afluentes adotam padrão meandrante, em vale delimitado por estruturas tectônicas sugeridas por FÚLFARO & PERINOTTO (1994) e RICCOMINI (1997). Quando a cobertura cenozóica porosa e permeável é mais espessa, a densidade da drenagem é mais baixa, pois predominariam processos de infiltração

de águas pluviais em detrimento do escoamento superficial.

As análises geomorfológicas regionais dos depósitos quaternários permitem concluir que:

- a) As colinas amplas, que ocupam a maior parte da área de estudo, estão condicionadas pelas maiores espessuras de depósitos coluviais da Aloformação Paranaíba, resultando em regiões com menor declividade e rugosidade e com vertentes mais extensas.
- b) Quando os depósitos coluviais da Aloformação Paranaíba são mais delgados, a expressão morfológica é resultante das características dos sedimentos da Superseqüência Bauru, da Formação Serra Geral e das eventuais estruturas tectônicas presentes.
- c) Os depósitos coluviais da Aloformação Paranaíba apresentam ocorrência mais conspícua e melhor mapeabilidade na margem direita do que na margem esquerda do Alto Rio Paraná.
- d) A Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná está condicionada a controles tectônicos, que originam os terraços fluviais da Aloformação Paraná, mais altos na margem esquerda do que na margem direita.
- e) A região situada entre as cidades de Taquarussu e Maracaju (MS) é marcada pela expressão geomorfológica de sub-bacia hidrográfica dos rios Vacaria, Brilhante, Dourados e Ivinhema, provavelmente originada por atividade neotectônica. Esta feição ocorre entre os lineamentos do Paranapanema e Rio Alonzo (FÚLFARO & PERINOTTO, 1994) e também foi identificada atividade neotectônica no Rio Ivinhema por FORTES *et al.* (2005).

Foi possível correlacionar as superfícies aqui mapeadas com os Pediplanos Pd₃, Pd₂ e Pd₁ propostos por BIGARELLA & ANDRADE (1965) e Pd₀ por JUSTUS (1985), preservadas como divisores de águas e recobertas por várias gerações de colúvios da Aloformação Paranaíba e alúvios da Aloformação Paraná.

A caracterização morfoestrutural da Alogrupo Alto Rio Paraná possibilitou o mapeamento desta unidade aloestratigráfica na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraná (Fig. 11).

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela concessão de Bolsa de Doutorado (Processo 03/01737-5) à Alethéa Ernandes Martins Sallun e Auxílio à Pesquisa a Kenitiro Suguio (Processo 03/09681-9). Ao CNPq pela concessão de Bolsa de Produtividade a Kenitiro Suguio (Processo 304718/2003-3). Os autores agradecem a essas agências de fomento à pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. M. de. Aspectos gerais da geologia da Bacia do Alto Paraná. In: **Simpósio sobre a**

Geotecnia da Bacia do Alto Paraná, São Paulo, 1983. Anais, p. 9-16, 1983. ABMS/ABGE/CBMR.

BARTHELNESS, H. Comentário geomorfológico sobre o vale do Rio Ivaí. **Boletim Paranaense de Geografia**, vol. 1, num. 1, p. 8-17, 1960.

BATEZELLI, A. **Redefinição litoestratigráfica da unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 110p., 1998.

BIGARELLA J.J. & ANDRADE G. O. Contribution to the study of the Brazilian quaternary. In: WRIGHT Jr. H.E. & FREY D.G. International studies on the Quaternary. **Geological Society of America**, vol. 84: p. 443-451 (special paper), 1965.

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; GONÇALVES, J. H.; BAARS, F. J.; DELGADO, I. M. O.; ABRAM, M. B.; LEÃO NETO, R.; MUNIZ DE MATOS, G. M.; SCHNEIDER SANTOS, J. O. **Mapas de Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistema de Informações Geográficas – SIG**. Brasília: CPRM, 4 CD-Rom (Escala 1:2 500 000), 2001.

BURROUGH, P. A. & McDONNELL, R. A. **Principles of geographical information systems**. New York, Oxford University, 2000. 333p.

DEL'ARCO, J. O.; SILVA, R. H.; TARAPANOFF, I.; FREIRE, F. A.; PEREIRA, L. G. da M.; SOUZA, S. L. de; LUZ, D. S. da; PALMEIRA, R. C. de B.; TASSINARI, C. C. G. Geologia. In: BRASIL/MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Projeto RADAMBRASIL: Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20**. Rio de Janeiro, p. 25-160, 1982.

ESDI - EARTH SCIENCE DATA INTERFACE. **Global Land Cover Facility**. Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>> Acesso: 17 dezembro 2006.

FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, vol. 68, p. 195-205, 1996.

FERNANDES, L. A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 232p., 1998.

FORTES, E.; STEVAUX, J. C.; VOLKMER, S. Neotectonics and channel evolution of the Lower Ivinhema River: A right-bank tributary of the upper Paraná River, Brazil. **Geomorphology**, vol. 70, p. 325-338, 2005.

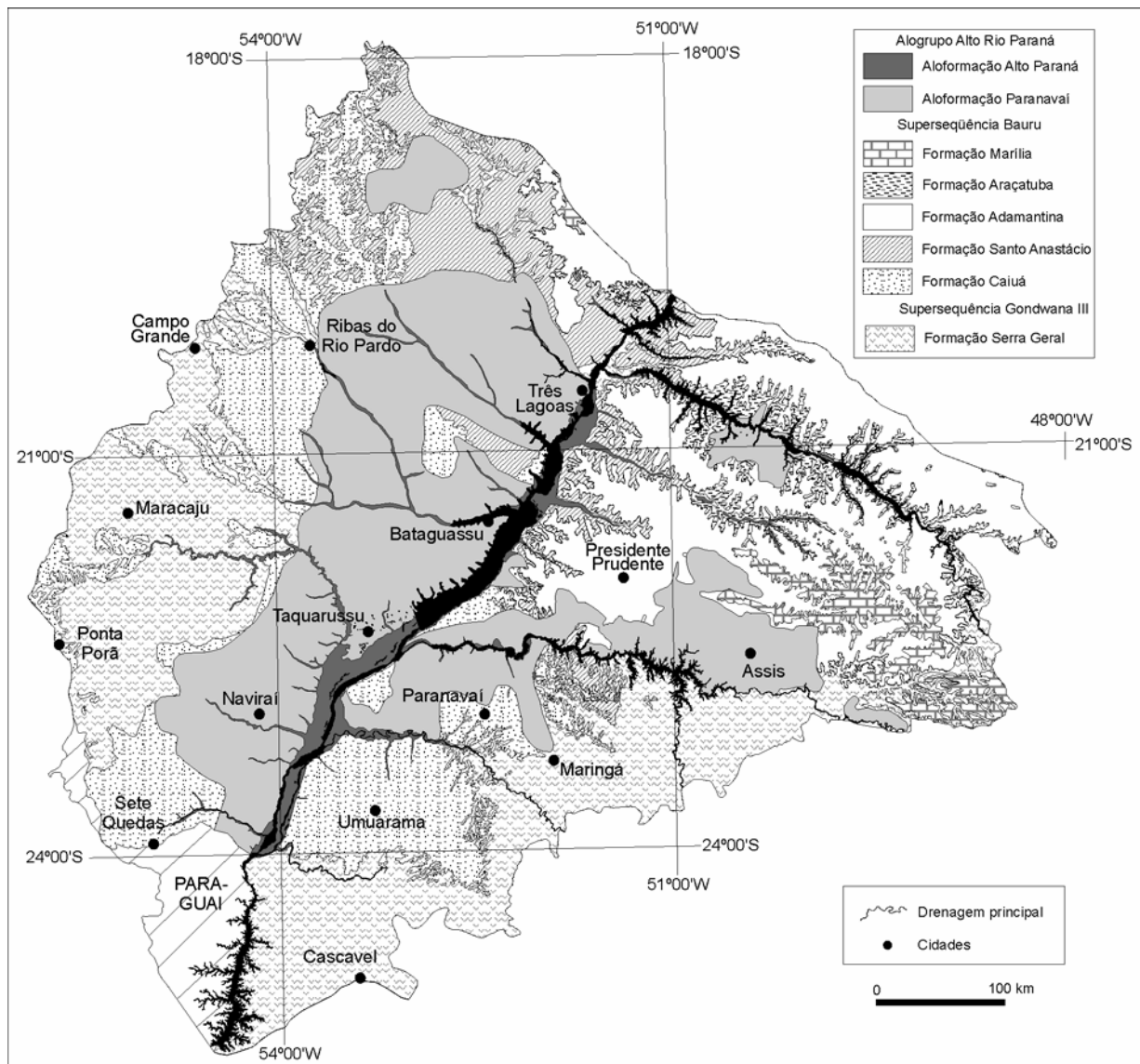


Fig. 11 – Mapa de ocorrência do Alogrupo Alto Rio Paraná e suas unidades aloestratigráficas mapeáveis, sendo a ocorrência das superseqüências Bauru e Gondwana III baseada em BATEZELLI (1998), FERNANDES (1998), FERNANDES & COIMBRA (1996), BIZZI *et al.* (2001), MINEROPAR (2001) e DEL' ARCO *et al.* (1982).

FRYE, J. C. & WILLMAN, H. B. Morphostratigraphic units and Pleistocene stratigraphy. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, vol. 60, p. 777-786, 1962.

FULFARO, V. J. & PERINOTTO, J. A. J. Geomorfologia do Estado do Mato Grosso do Sul e o Arcabouço Estrutural. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Geologia, Camboriú, 1994. **Boletim de Resumos Expandidos**, p. 197-198, 1994.

HOBSON, R. D. Surface roughness in topography: quantitative approach. In: CHORLEY, R. J. **Spatial analysis in geomorphology**. New York, Harper & Row, p. 222-245, 1972.

JENNESS, J. **Surface Areas and Ratios from Elevation Grid (surfgrids.avx) extension for ArcView 3.x v. 1.2**. Disponível em: <http://www.jennessent.com/arcview/surface_areas.htm> Acesso: 08 junho 2006, 2002.

JUSTUS, J. **Subsídios para interpretação morfogenética através da utilização de imagens de radar**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, 204p., 1985.

KING, L.C. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, vol. 2, p. 3-48, 1956.

MDA FEDERAL. **Landsat GeoCover ETM+ 2000 Edition Mosaics Tile S-21-15, S-21-20, S-22-15, S-22-**

20.ETM-EarthSat-MrSID, 1.0, Sioux Falls, USGS, 2004.

MILANI, E. J. & RAMOS, V. A. Orogenias paleozóicas do domínio sul-oriental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 28, n. 4, p. 473-484, 1998.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Mapa Geológico do Paraná (Escala:1:1000000)**. Curitiba, Secretaria de Indústria, Comércio e do Turismo do Estado do Paraná., CD-ROM, 2001.

NOGUEIRA JÚNIOR, J. **Possibilidades de colmatção química dos filtros e drenos da barragem de Porto Primavera (SP) por compostos de ferro**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 225 p., 1988.

PEUKER, T. K.; FOWLER, R. J.; LITTLE, J. J.; MARK, D. M. The triangulated irregular network. In: American Congress on Survey and Mapping. In: VDTM Symposium, St. Louis, 1978. **Proceedings**, p. 24-31, 1978.

RICCOMINI, C. Arcabouço estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Geociências**, vol. 27, n. 2, p. 153-162, 1997.

SALLUN, A. E. M. **Depósitos cenozóicos da região entre Marília e Presidente Prudente (SP)**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 171p., 2003.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; STEVAUX, J. C. Proposição formal do Alogruppo Alto Rio Paraná (SP, PR e MS). **Geologia USP - Série Científica**, submetido, 2007.

SOARES, P. C. & LANDIM P. M. B. Depósitos cenozóicos na região Centro-Sul do Brasil. **Notas Geomorfológicas**, vol. 16, n. 31, p. 17-39, 1976.

STEVAUX, J. C. **O Rio Paraná: geomorfogênese, sedimentação e evolução quaternária de seu curso superior (região de Porto Rico, PR)**. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 242p., 1993.

SRTM. **Shuttle Radar Topographic Mission**. Disponível em <<http://seamless.usgs.gov>>. Acesso: 10 outubro 2006.

SUGUIO, K. **Formação Bauru: calcários e sedimentos detríticos associados**. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 2 v., 1973.

SUGUIO, K.; NOGUEIRA JR., J.; TANIGUCHI, H.; VASCONCELLOS, M.L. Quaternário no Rio Paraná em Pontal do Paranapanema: proposta de um modelo de sedimentação. In: XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1984, Rio de Janeiro. **Anais**, 1, p. 10-18, 1984.