

**DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANÁ (PARAGUAI)**

**DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS  
DE LA BACÍA HIDROGRÁFICA DEL ALTO PARANÁ (PARAGUAY)**

**Maicol Rafael Bade**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
E-mail: [maicolbade@yahoo.com.br](mailto:maicolbade@yahoo.com.br)

**Anderson Sandro da Rocha**

Universidade Estadual de Maringá  
E-mail: [andersonsdr@gmail.com](mailto:andersonsdr@gmail.com)

**José Edézio da Cunha**

Unioeste Estadual do Oeste do Paraná  
E-mail: [edeziocunha@hotmail.com](mailto:edeziocunha@hotmail.com)

**Maria Teresa de Nóbrega**

Universidade Estadual de Maringá  
E-mail: [mtnobrega@oul.com.br](mailto:mtnobrega@oul.com.br)

**RESUMO.** Estudos envolvendo a identificação e a caracterização das unidades de paisagens, aliados às geotecnologias, têm apresentado boa aplicabilidade nas ciências geográficas. Com o objetivo de definir e caracterizar as unidades morfoesculturais da Bacia Hidrográfica do Alto Paraná, localizadas no extremo Leste do departamento de Canindeyú e Nordeste do departamento de Alto Paraná – Paraguai, região de fronteira do Brasil, foram confeccionadas cartas básicas (geológica e pedológica) e temáticas (declividade, hipsometria, curvatura vertical do relevo e do relevo sombreado), que proporcionaram a realização da carta de unidades do modelado. Com base na classificação taxonômica do relevo, proposta por Ross (1992), identificaram-se quatro unidades morfoesculturais na Bacia Hidrográfica do Alto Paraná, denominadas de Unidade Santa Fé Del Paraná, Unidade de Nueva Esperanza, Unidade de Corpus Christi e Unidade de Salto Del Guairá.

**Palavras chave:** geomorfologia, geotecnologias, unidades morfoesculturais.

**RESUMEN.** Estudios envolvendo la identificación y la caracterización de las unidades de los paisajes, aliados a las geotecnologías, tienen presentado buen aplicabilidad en las ciencias geográficas. Con el objetivo de definir y caracterizar las unidades morfoesculturales de la Bacía Hidrográfica del Alto Paraná, situadas en el extremo Leste del departamento de Canindeyú y Nordeste del Alto Paraná - Paraguay, región de frontera del Brasil, fueron confeccionadas cartas básicas (geológica y pedológica) y temáticas (declividad, hipsometría,

curvatura vertical del relieve y del relieve sombreado) que proporcionaron la realización de la carta de las unidades del modelado. Con base en la clasificación taxonómica del relieve, propuesta por Ross (1992), se identificaron cuatro unidades morfoesculturales en la Bacía Hidrográfica del Alto Paraná, llamadas de Unidad Santo Fe del Paraná, Unidad de Nueva Esperanza, Unidad de Corpus Christi y Unidad de Salto del Guairá.

**Palabras clave:** geomorfología; geotecnologías; unidades morfoesculturales.

Artigo recebido em 20/12/2014.  
Aceito para publicação em 15/01/2015.

## **INTRODUÇÃO**

Os estudos de gênese e evolução das formas do relevo são fundamentais para a compreensão do modelado terrestre e, por conseguinte, da estrutura e do funcionamento das paisagens em áreas urbanas, periurbanas e rurais, por auxiliar nos projetos de planejamento e ordenamento do território.

Nas últimas décadas, são diversas as pesquisas que têm se utilizado da compartimentação geomorfológica como estudos de base. Uma das razões para este tipo de estudo é que, através da análise individualizada dos compartimentos, se obtém a compreensão das ações e dos processos morfodinâmicos, particularmente aqueles ocasionados pela dinâmica climática atual e pela atuação do homem como agente modificador da paisagem.

Atualmente, com o emprego das novas tecnologias voltadas para o estudo das formas de relevo, como a utilização dos MNT (Modelos Numéricos do Terreno, ou, em inglês, DTM – *Digital Terrain Model*), em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), tornou-se possível uma nova abordagem de procedimentos e técnicas, garantindo maior agilidade, qualidade e confiabilidade aos produtos cartográficos finais.

Os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas, como a utilização de dados derivados do Sensoriamento Remoto, imagens de radar e imagens ópticas (SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission* e ASTER – *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), têm permitido a obtenção de dados e informações de melhor resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal, que ajudam no mapeamento, na medição e no estudo de uma variedade de fenômenos geográficos e ambientais.

Um exemplo disso são os produtos gerados a partir dos dados SRTM, com imagens que apresentam sensores de visada vertical e lateral, com capacidade de reprodução de

imagens georreferenciadas e de representação do relevo terrestre em três dimensões espaciais: latitude, longitude e altitude.

Os dados utilizados nesta pesquisa foram refinados e tiveram sua resolução alterada de 90 metros para 30 metros, utilizando-se, para essa alteração métodos de interpolação por krigagem (VALERIANO, 2008). Esses dados encontram-se disponíveis no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) e recobrem todo o território brasileiro.

Pautada na metodologia da classificação taxonômica do relevo proposta por Ross (1992), considerada de boa aceitação para esses estudos de cunho geomorfológico, esta pesquisa permitiu a definição e a caracterização das unidades de paisagens, através da delimitação das unidades morfoesculturais da Bacia Hidrográfica do Alto Paraná (Paraguai)<sup>1</sup>.

### **Localização e caracterização da área de estudo**

A Bacia hidrográfica do Alto Paraná (Figura 01) encontra-se situada na região de fronteira entre o Brasil e o Paraguai, nas regiões Leste do departamento de Canindeyú e Nordeste do departamento de Alto Paraná. Esta bacia possui uma extensão de 10.461 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 181.244 habitantes (DGEEC, 2002).

Do ponto de vista físico, na unidade hidrográfica do Alto Paraná, predominam as rochas vulcânicas básicas da Formação Alto Paraná (Unidade correlata à formação Serra Geral no Brasil (Figura 02), que deram origem a uma cobertura pedológica formada por solos muito argilosos como os Latossolos e Nitossolos Vermelhos (Oxisols), Argissolos Vermelhos (Alfissols/Ultisols), além de Neossolos Litólicos (Entisols) (Gorostiaga *et al.*, 1995). Afloramentos dessa litologia são encontrados em toda a margem direita do rio Paraná, formando uma faixa de direção Norte e Sul.

Em alguns setores da área de estudo, sobretudo no extremo Norte, verifica-se a presença dos arenitos da Formação Acaray (Unidade correlata a Arenito Caiuá no Brasil), que origina solos de textura mais arenosa, como os Argissolos na classificação brasileira, sendo esses representados pelos Ultisol e Alfisol, na classificação americana (GOROSTIAGA *et al.*, 1995).

---

<sup>1</sup> O presente artigo é uma reavaliação de parte da dissertação de Bade (2014) intitulada de “Definição e Caracterização das Unidades de Paisagem das Bacias Hidrográficas do Paraná III (Brasil/Paraguai).

Na área de estudo, os arenitos da Formação Acaray estendem-se, em grande parte, até o limite esquerdo do leito do rio Pirity, como também, em alguns pontos isolados, compreende parte dos departamentos de Alto Paraná e Canindeyú no Paraguai (Figura 02).

Conforme a classificação climática de Köppen, na região predomina o clima Cfa, subtropical, úmido, mesotérmico, com precipitações médias anuais entre 1.600 e 1.700 mm (IAPAR, 1994). Existe tendência de concentração das chuvas durante os meses de verão, mas sem uma estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22°C e a dos meses mais frios é inferior a 18°C.

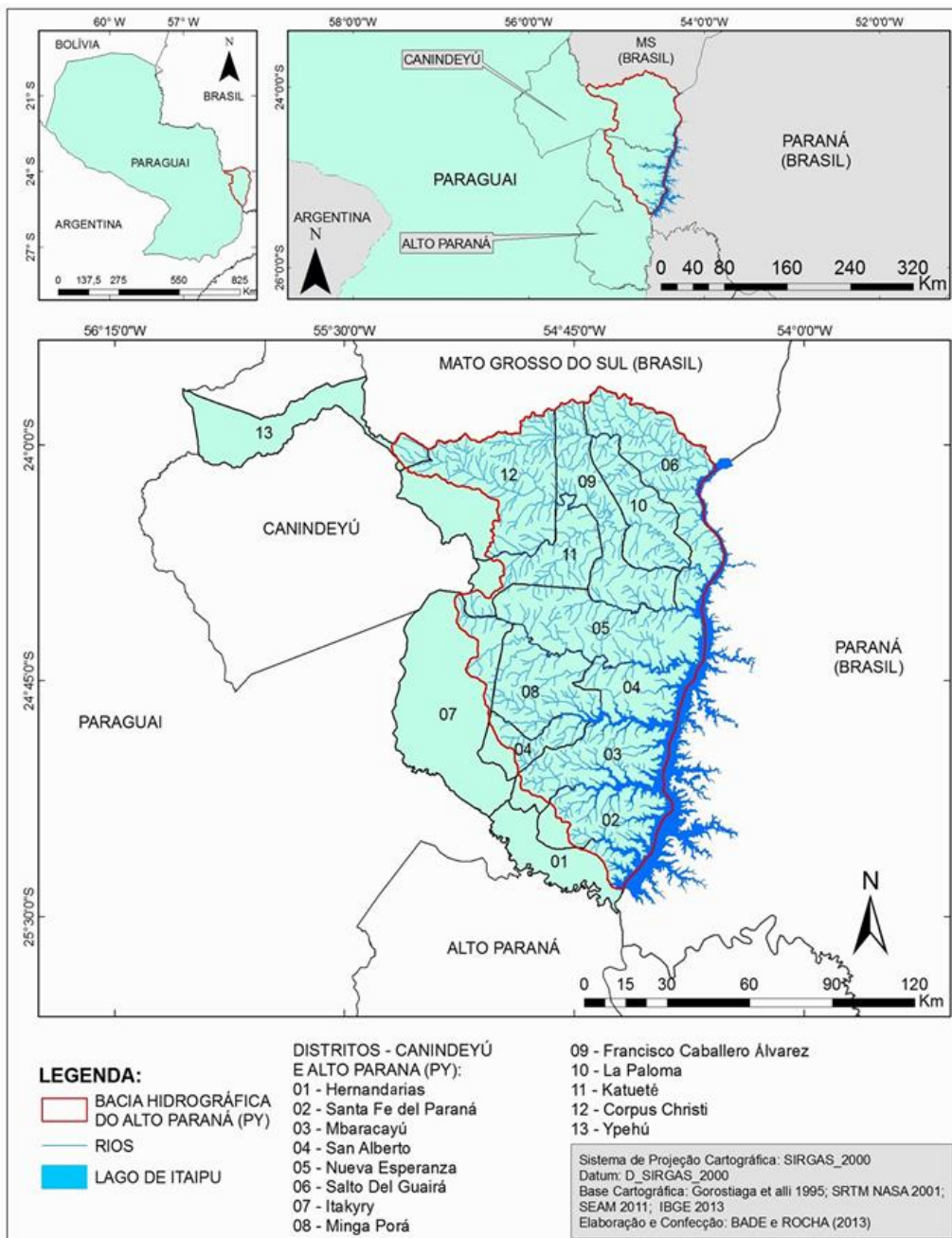
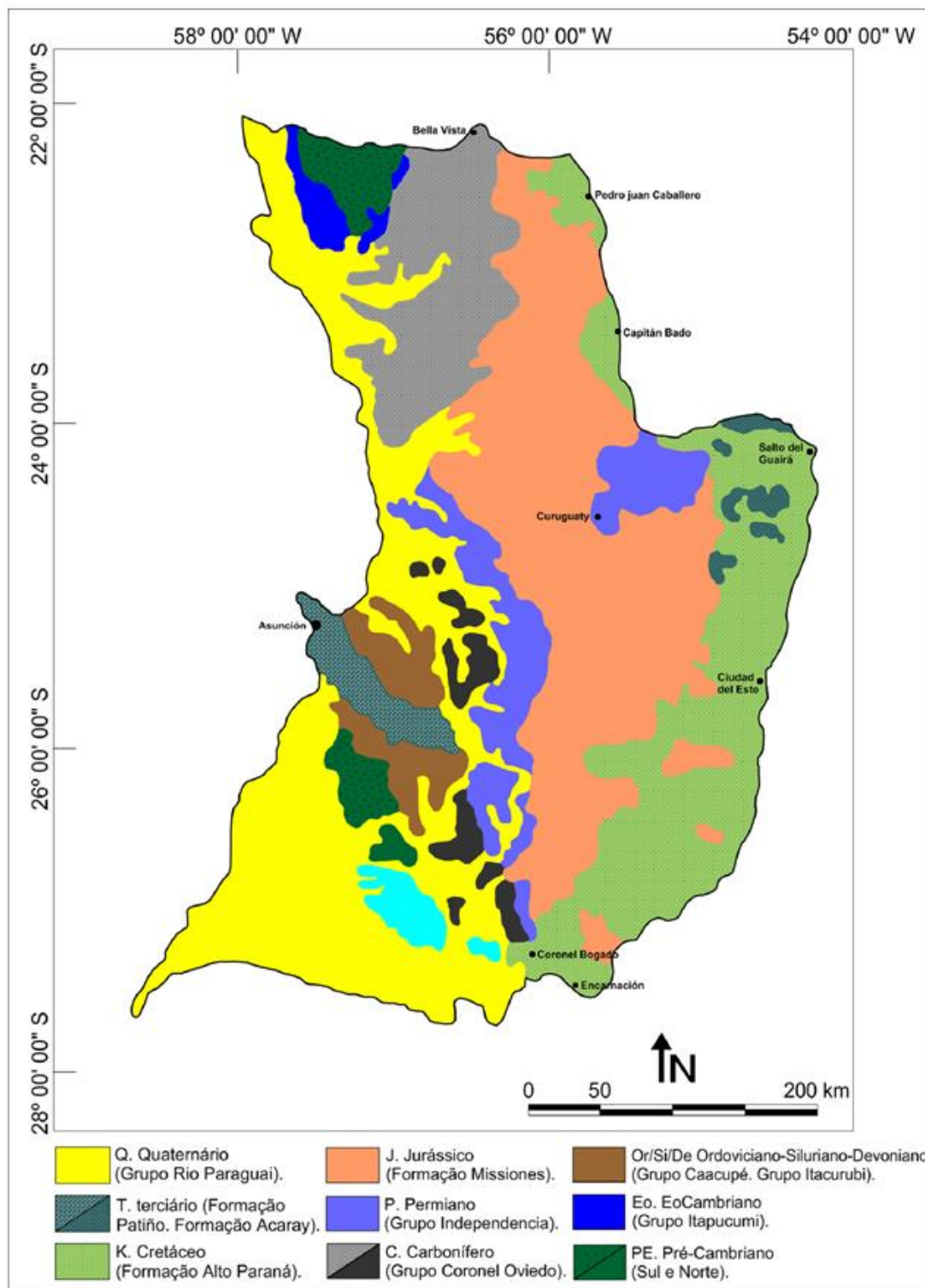


Figura 01. Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Paraná (Paraguai).



**Figura 02.** Mapa geológico esquemático do Paraguai Oriental. Fonte: Adaptado de ORUÉ (1996). Organização e Confecção: BADE (2014).

Segundo a classificação proposta por Ross (1992), a área de estudo apresenta, no primeiro nível taxonômico, a unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná e, no segundo nível, a unidade do Planalto Serra Geral do Paraguai Oriental.

## **MÉTODOS E TÉCNICAS**

Com o objetivo de identificar e caracterizar as unidades geomorfológicas da Bacia do Alto Paraná, desenvolveu-se as seguintes etapas: a) trabalhos de campo com acompanhamento de documentos cartográficos, GPS e câmeras para a tomada de fotos, que permitiram o reconhecimento das principais unidades tectônicas e morfoesculturais; b) elaboração de cartas de declividade, hipsometria, curvatura vertical e relevo sombreado com contribuições das cartas de geologia, solos, hidrografia, já existentes; c) elaboração de carta dos compartimentos morfoesculturais, diferenciadas pelas semelhanças topográficas e de rugosidade do terreno.

Para a compartimentação do relevo, foi utilizada a metodologia de Ross (1992), baseada nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, desenvolvidos pelos russos Guerasimov e Mecerjakov (1968).

A escala adotada nesta pesquisa (1:250.000) permitiu a compartimentação do modelado até o 3º táxon da metodologia abordada. Conforme Ross e Moroz (1997, p. 45), os demais táxons (4º, 5º e 6º) exigem escalas de representação de maior detalhe.

Os dados topográficos para a delimitação da bacia hidrográfica foram obtidos pelo site do INPE (2013), em formato *GeoTiff* (SRTM, resolução de 30m).

Os dados utilizados para a delimitação dos distritos e departamentos, foram vetorizados e georreferenciados a partir de informações encontrados no site da Secretaria del Ambiente do Paraguai (SEAM, 2011), através do *link* GEOPORTAL – Mapas Temáticos *OnLine*.

As informações sobre as principais classes de solos da região Oriental do Paraguai foram obtidas na escala de 1:500.000 (GOROSTIAGA *et al.*, 1995) e, posteriormente, foram georreferenciadas, vetorizadas e compatibilizadas na escala de 1:250.000. No que diz respeito à geologia, foram utilizadas as informações do Esboço Geológico do Paraguai Oriental, elaborado por Orué (1996) e Fariña (2009), em escala não definida. O esboço também foi georreferenciado e vetorizado em escala compatível de 1:250.000.

Para a elaboração das cartas temáticas intermediárias (declividade, hipsometria, curvatura vertical e Relevo Sombreado), foram utilizados os dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Estes dados, disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, através do projeto TOPODATA (INPE, 2013), foram refinados da

resolução espacial original de 3 arco-segundos (~90m) para 1 arco-segundo (~30m). O *software* utilizado para a confecção das cartas (declividade, hipsometria e curvatura vertical) foi o ArcGis 9.3<sup>®</sup>, através de sua extensão ArcMap. Para a confecção da carta de Relevo Sombreado, utilizou-se o *software* Envi 5.0<sup>®</sup>. Já para a delimitação das unidades e subunidades do modelado, o *software* Global Mapper 13<sup>®</sup>.

Os dados SRTM, abrangendo a área de estudo, foram organizados em mosaico e contemplaram as seguintes cartas: 23s555, 23s54, 24s555, 24s54, 25s555 e 25s54 (formato TIFF), em escala compatível de 1:250.000.

A imagem SRTM possibilitou a criação do modelo digital de elevação (DEM) que serviu para a obtenção de informações tridimensionais da área de estudo (latitude, longitude e altitude) e para a confecção das cartas de declividade, hipsométrica, curvatura vertical e do relevo sombreado.

A elaboração da carta com a delimitação das unidades morfoesculturais da Bacia Hidrográfica do Alto Paraná, foi vetorizada manualmente, através de polígonos, no *software* Global Mapper v. 13.00<sup>®</sup>, desenvolvido pela *Blue Marble Geographics*.

A análise e interpretação dos dados obtidos nas cartas de declividade, hipsometria, curvatura vertical e relevo sombreado, permitiram a elaboração da carta de unidades do modelado, que somada às informações básicas de geologia, pedologia e hidrografia, confirmadas no campo, possibilitou a confecção da carta final de unidades do modelado da Bacia Hidrográfica do Alto Paraná (Paraguai).

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Pautado na classificação proposta por Ross (1992) e nos trabalhos de Santos *et al.* (2006) e Oka-Fiori *et al.* (2006), compreende-se que na Bacia Hidrográfica do Alto Paraná, no primeiro nível taxonômico, encontra-se a unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná, representada, neste trabalho, como a unidade de maior nível de grandeza e, no segundo nível, a unidade morfoescultural do Planalto Serra Geral do Paraguai Oriental.

Os dados de hipsometria, declividade, relevo sombreado, curvatura vertical (Figura 03), geologia, solos, hidrografia, posicionamento global (GPS) e caminhamentos a campo,

permitiram o conhecimento de quatro unidades morfoesculturais na Bacia Hidrográfica do Alto Paraná, representadas nesta etapa, pelo terceiro nível taxonômico (Figura 04).

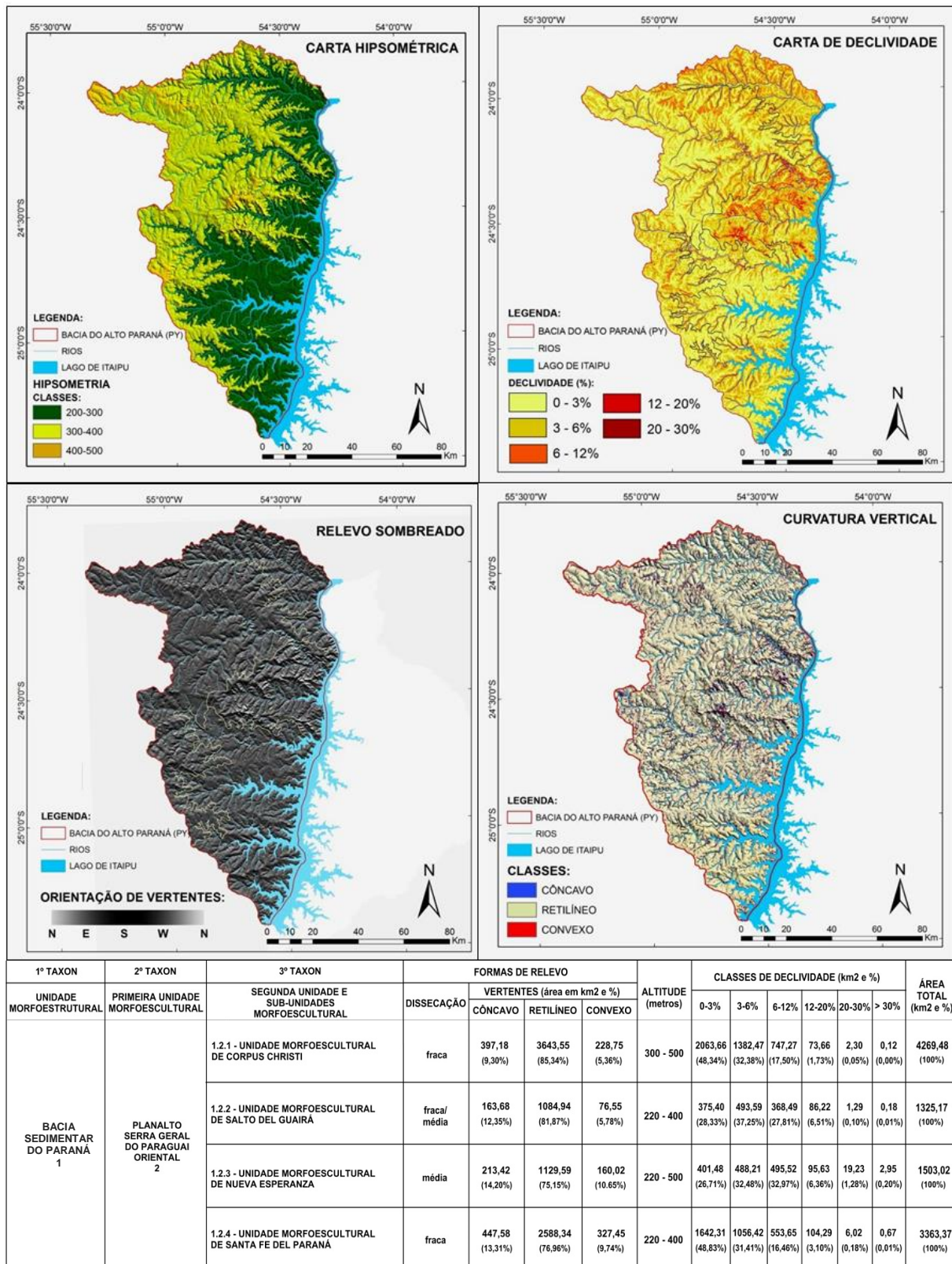


Figura 03. Cartas temáticas e principais aspectos geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Alto Paraná - (Elaboração e Confecção: BADE, 2014).



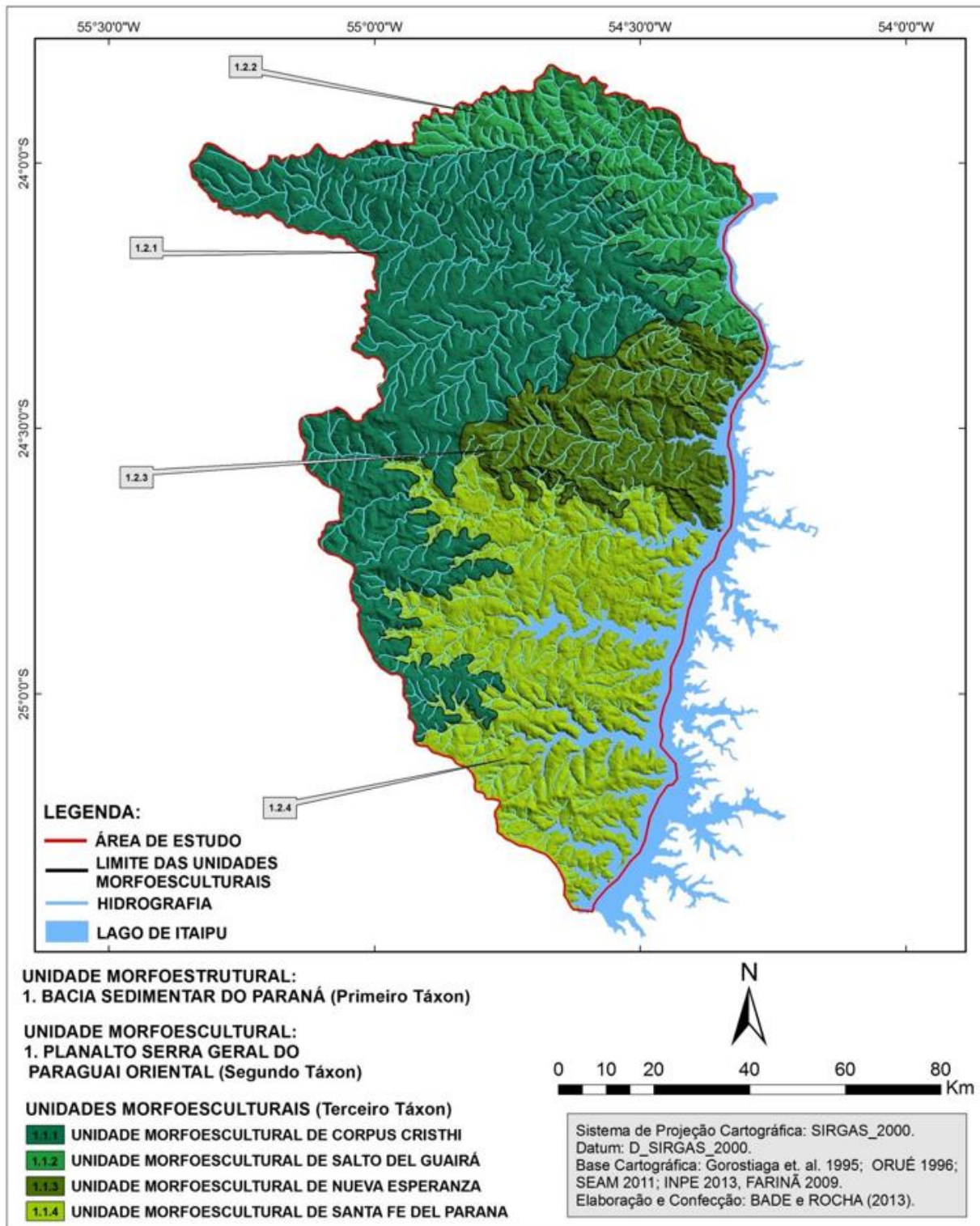


Figura 04. Compartimentação das Unidades e Subunidades Morfoesculturais da Bacia Hidrográfica do Alto Paraná.

Na Bacia do Alto Paraná, o setor de platô é representado pela unidade morfoescultural de Corpus Christi (1.2.1). Com uma área total de 4269,48 km<sup>2</sup>, esta unidade apresenta cotas altimétricas entre 220 e 400 metros, abrangendo todas as nascentes situadas no alto curso da bacia em território paraguaio. Cabe destacar que, nos setores ao sul e noroeste, existem alguns poucos pontos de altitudes superiores a 400 metros.

Com superfície topográfica muito plana, exceto alguns poucos desníveis topográficos, as vertentes desta unidade destacam-se pelo domínio de formas retilíneas de dissecação fraca. Essas vertentes somam um total de 3643,55 km<sup>2</sup>, contemplando 85,34% da área desta unidade. Somente 397,18 km<sup>2</sup> (9,30%) apresentam relevos côncavos e 228,75 km<sup>2</sup> (5,36%), relevos convexos.

Predominam as classes de declividades de 0% a 6% (relevo com formas plana a suave ondulada), ou seja, área total de 3446,13 km<sup>2</sup>, o que representa 80,72% da unidade.

São predominantes os solos do tipo Latossolos (Oxisol) nas declividades entre 0% a 6%. O modelado do relevo e as condições geoambientais exibem características semelhantes ao longo de toda a extensão desta unidade morfoescultural.

O setor norte da área de estudo é representado pela unidade morfoescultural de Salto del Guairá (1.2.2). Com uma área total de 1325,17 km<sup>2</sup>, apresenta características particulares devido às condições geológicas e pedológicas. Esta unidade abrange uma zona de transição da formação basáltica com a arenítica, com ocorrência predominante de solos de textura média a arenosa e areno-argilosa em solos do tipo Argissolos (Alfisol/Ultisol) e Latossolos.

Suas vertentes são predominantemente retilíneas, somando um total de 1084,94 km<sup>2</sup> (cerca de 81,87 % da unidade). Apresentam dissecação de fraca a média, com cotas altimétricas que variam entre 220 e 400 metros.

As classes de declividade entre 0% e 6% (formas de relevo plana a suave ondulada) somam 868,99 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 65,58% da área. Cabe destacar ainda as classes de declividade entre 6% e 12% (formas de relevo ondulada a suave ondulada), que somam um total 368,49 km<sup>2</sup>, o equivalente a 27,81% da extensão desta unidade morfoescultural.

Embora apresente uma topografia plana, evidenciando fracas declividades e vertentes predominantemente retilíneas, devido à litologia (Arenito Caiuá) e solos predominantemente arenosos, a unidade morfoescultural de Salto del Guairá representa o setor de maior fragilidade e suscetibilidade aos processos erosivos.

Devido a essas características, é preciso alertar para os cuidados necessários a esta unidade de paisagem, principalmente em relação ao seu uso e manejo, tanto no sentido de minimizar a ocorrência de processos erosivos, quanto de revitalização das áreas já degradadas.

Com uma área total de 1503,02 km<sup>2</sup>, a unidade de Nueva Esperanza (1.2.3) exhibe setores com vertentes mais inclinadas em relação a outras unidades morfoesculturais localizadas na área de estudo.

Com cotas altimétricas predominando entre 250 e 350 metros, esta unidade apresenta declividades entre 3% e 12% (formas de relevo suave ondulada a ondulada) num total de 983,73 km<sup>2</sup>, o que representa 65,45% da área total.

Apresentando dissecação média, as vertentes encontram-se distribuídas, em sua maioria, em formato retilíneo (área total de 1129,59 km<sup>2</sup>, ou seja, 75,15%), côncavo (213,42 km<sup>2</sup> de área, ou seja, 14,20%) e, em menor quantidade, vertentes com formas convexas, somando uma área total de 160,02 km<sup>2</sup> (10,65% da unidade morfoescultural).

Cabe destacar que esta unidade apresenta, em algumas localidades, declividades entre 12% e 20%, podendo chegar a 30% (relevo ondulado a forte ondulado). Juntas, essas duas classes somam uma área total de 114,86 km<sup>2</sup>, o equivalente a 7,64% da área. Nesses setores com maior declividade, verificam-se, também, principalmente nas rupturas de declive, solos mais rasos, com destaque para os Neossolos, que só são encontrados nessa unidade morfoescultural.

No setor sul da área de estudo, destaca-se a unidade morfoescultural de Santa Fe del Paraná (1.2.4) que abrange grande parte do baixo curso da margem direita do rio Paraná. Com uma área total de 3363,37 km<sup>2</sup>, esta unidade apresenta variações altimétricas entre 220 e mais de 300 metros.

Apresentando dissecação fraca, é composta por formas topográficas semelhantes às das unidades de Corpus Christi e Salto del Guairá. Caracteriza-se por vertentes predominantemente retilíneas, que somam um total de 2588,34 km<sup>2</sup>, representando 76,96% da unidade morfoescultural.

As declividades predominam entre 0% e 6% (formas de relevo plana a suave ondulada), numa somatória de área de 2698,73 km<sup>2</sup> (80,24% da unidade). Nesta unidade, ocorrem os Latossolos (Oxisol) derivados dos derrames basálticos da Formação Serra Geral.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise, interpretação e comparação dos diversos elementos em estudo, como as cartas hipsométrica, de declividade, de curvatura vertical, relevo sombreado, de solos, de geologia e hidrografia, foram determinantes para esta pesquisa porque permitiram a compreensão dos diferentes padrões de organização, tanto horizontal quanto vertical, desses elementos na paisagem, demonstrando, por exemplo, a estreita relação entre o solo, a geologia e o relevo e seus diferentes padrões de ocorrência evidenciados em cada unidade e subunidade delimitada.

As quatro unidades morfoesculturais identificadas na Bacia Hidrográfica do Alto Paraná, que representam como área de estudo um conjunto de bacias hidrográficas em área de fronteira, somam um importante conjunto de dados e informações, tanto para o setor público, como para o setor privado. Esses novos dados são indispensáveis e eficientes para a gestão territorial, pois, além de ultrapassarem os limites políticos e administrativos, priorizam os limites de ordem natural.

Outra consideração significativa desta pesquisa é que as geotecnologias, a exemplo da utilização de dados do Sensoriamento Remoto incorporados ao Geoprocessamento, caracterizam-se como ferramentas indispensáveis no processo de elaboração de cartas temáticas, visto que possibilitam o processamento e a análise de dados georreferenciados de forma rápida e eficiente, garantindo maior agilidade e qualidade dos produtos cartográficos finais.

Por fim, cabe salientar ainda que a delimitação e caracterização das principais unidades morfoesculturais, mapeadas nesta pesquisa, poderão subsidiar futuros trabalhos e pesquisas que busquem a compreensão da evolução espaço-temporal dos processos que formaram o relevo, permitindo, assim, um melhor entendimento das paisagens, com destaque para suas fragilidades e potencialidades, particularmente aqueles desenvolvidos em escalas de maior detalhe.

## REFERÊNCIAS

- BADE, M. R. **Definição e Caracterização das Unidades de Paisagem das Bacias Hidrográficas do Paraná III (Brasil/Paraguai)**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 214, 114 p. (Dissertação de Mestrado).
- DGEEC - Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos. **Población total por área urbana-rural y sexo, según departamento, distrito y edad, Asunción – Paraguay**, 2002.
- FARIÑA, S. **Uso Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní em la Región Oriental del Paraguay**. Cooperación Técnica entre: Secretaria del Ambiente SEAM (PY) e Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales BGR Hannover (Alemanha), 2009.
- GUERASIMOV, I. P. & MECERJAKOV, J. A. 1968. **Morphostructure. The Encyclopedia of Geomorphology**, Reinhold Book, New York.
- GOROSTIAGA, O. L. et al. **Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Región Oriental - PY**. Proyecto de Racionalización del uso de la Tierra, 1995.
- IAPAR. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Curitiba: IAPAR, 1994. 49p.
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Download dos dados SRTM. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 03/05/2013.
- OKA-FIORI, C. *et al.* **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná**: escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Curitiba, MINEROPAR, 2006, 59p.
- ORUÉ, D. **Síntese da Geologia do Paraguai Oriental, com Ênfase para o magmatismo Alcalino Associado**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. São Paulo, 1996. 180p. (Dissertação de Mestrado).
- SANTOS, L. J. C. *et al.* **Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná**. Revista Brasileira de Geomorfologia - Ano 7, nº 2 (2006).
- ROSS, J. L. S. - O registro cartográfico dos fatos Geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n.º 6, 17-29, 1992.
- ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: DG-FFLCH-USP/IPT/Fapesp, 1997. 2v. Escala 1:500.000.
- SEAM – **Secretaria del Ambiente (PY - 2011)**. Departamentos e Distritos do Paraguai. Disponível em: [http://maps.seam.gov.py:8399/Satelital\\_Maps/](http://maps.seam.gov.py:8399/Satelital_Maps/). Acesso em: 12/06/2013.
- VALERIANO, M. de M. **Topodata: Guia Para Utilização de Dados Geomorfológicos Locais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2008, 75 p.