

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
MESTRADO PROFISSIONAL EM REDE NACIONAL EM GESTÃO E
REGULAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA

JONATHAN SANTOS PERICINOTO

CATÁLOGO DE MAPAS DA BACIA HIDROGRÁFICA RIO PIAVA – PR

Produto apresentado ao Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulamentação de Recursos Hídricos, área de concentração em Instrumentos da Política de Recursos Hídricos.

Orientador: Ericson Hideki Hayakawa

CAMPO MOURÃO

2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. METODOLOGIA.....	6
2.1 Procedimentos	7
3. MAPAS TEMÁTICOS	10
REFERÊNCIAS.....	31

APRESENTAÇÃO

O catálogo de mapas é um produto resultante da pesquisa intitulada “Utilização de Geotecnologias para Caracterização dos Canais de Ordem Zero da APA da Bacia Hidrográfica Rio Piava – Umuarama, PR” do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão, tendo o objetivo de caracterização da bacia hidrográfica Rio Piava com ênfase na APA do Rio Piava no município de Umuarama – PR.

O material tem como proposta a apresentação dos dados gerados em formato cartográfico. Os mapas elaborados retratam as seguintes temáticas: Hidrografia, Declividade, Geologia, Geomorfologia, Hipsometria, Pedologia, Uso do Solo, Índice Máximo de Fluxo e Índice Topográfico de Umidade.

Os mapas produzidos podem auxiliar na análise das características da bacia hidrográfica Rio Piava, bem como a APA do Rio Piava do município de Umuarama, de forma que auxilie o planejamento e a tomada de decisões para preservação e manutenção da área.

Autor: Jonathan Santos Pericinoto

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido mundialmente como um país de ampla disponibilidade hídrica. Embora com uma posição geográfica que garante na maior parte do território a ocorrência de precipitações distribuídas ao longo do ano, há regiões em que períodos de estiagem reduzem a capacidade de captação da água, bem como outros problemas que impedem o acesso a água potável para todos. Adicionalmente, os núcleos urbanos são um dos principais desafios. Segundo a Agência Nacional de Águas (2012), mesmo com os avanços, o Brasil ainda tem dificuldade de oferecer água potável e principalmente saneamento para todos os seus cidadãos.

Nas últimas décadas, diversos municípios brasileiros tiveram a expansão das áreas de seus núcleos urbanos. Infelizmente, em alguns casos, a expansão urbana deu-se de forma desorganizada, o que segundo Tucci (2008), promoveu problemas relacionados à infraestrutura de água. Com o aumento da população urbana, é natural que o consumo de água também aumentasse. Por outro lado, na maioria das vezes, os mananciais que abasteciam o menor contingente de pessoas no passado mantiveram-se os mesmos na atualidade. Em alguns casos, foram reduzidos em função da própria expansão urbana ou da poluição desencadeada pelo mau uso e ocupação do espaço na área do manancial do abastecimento. Adiciona-se a essa configuração fatores como intempéries climáticas que podem potencializar a ocorrência de cortes e racionamento no abastecimento de água urbano. De modo geral, segundo Tucci (2008), as maiores dificuldades concernentes aos serviços de água são: preservação dos mananciais, perda de água na distribuição e ausência de racionalização de uso da água (doméstico e industrial).

No quesito preservação dos mananciais, mesmo com a aplicação de leis de proteção de mananciais na maior parte dos municípios, o crescimento das cidades aliadas à pressão imobiliária ainda tem comprometido os recursos hídricos (TUCCI, 2008). Ainda segundo o autor, considerando-se como de utilidade pública, a bacia hidrográfica do manancial deveria ser adquirida pelo poder público ou criar valor econômico para a propriedade, por meio da geração

de mercado indireto para a área (por exemplo: compensação ambiental, solo criado, etc.), bem como outros benefícios para os proprietários, para compensar a proibição pelo uso da área e incentivá-lo a preservar.

Diante do exposto, em muitos municípios, a garantia de abastecimento de água na zona urbana depende única e exclusivamente da preservação do manancial. Não há mananciais sobressalentes ou alternativas viáveis financeiramente ou de fácil execução em termos de engenharia para essa problemática. Em específico, o município de Umuarama, localizado no noroeste do estado do Paraná e de expressiva importância estadual, apresenta com certa frequência problemas relacionados ao abastecimento de água urbano. O único manancial que abastece o núcleo urbano é o conjunto de canais do segmento montante da bacia do rio Piava. Em períodos de estiagem ou chuvas concentradas, a captação de água por vezes é comprometida.

Adicionalmente, em função da sua proximidade com a área urbana, há interesse de agentes imobiliários para o loteamento de bacia. A posição geográfica também facilita o descarte de lixo doméstico ou entulhos em trechos da bacia, bem como observam-se processos erosivos na área em função do manejo e conservação dos solos inadequados. Mesmo que a área seja protegida por lei em função da ampliação da área de APA do rio Piava pela Lei Municipal n. 3.849 de 17 de maio de 2012 (UMUARAMA, 2012) e presencie várias ações de preservação, os problemas supracitados são verificados na área. São essenciais ações de gestão e planejamento do uso e cobertura da área do manancial, como também da bacia como um todo. Dentre as ações que podem compor a gestão e planejamento, a ampliação da faixa de vegetação ripária é uma das mais eficientes para a manutenção de áreas úmidas e na proteção contra o carreamento de sedimentos para o canal (SILVA; KOBAYAMA, 2004).

No caso do rio Piava, uma análise prévia de imagens de satélites indica que as várias ações de preservação e o cumprimento das leis ambientais no manancial foram eficientes, especialmente na ampliação da faixa de vegetação ripária e construção de terraços. Nota-se que a vegetação ripária ampliou principalmente em largura. Possivelmente, delimitaram-se as nascentes e a

partir desses pontos definiu-se a área de preservação obedecendo a legislação em vigor. Os locais de nascentes ou cabeceiras de drenagem foram considerados como estáticas no tempo. Nas áreas de cabeceiras do segmento montante da bacia do rio Piava, não se considerou a expansão longitudinal do canal e sua conseqüente preservação com vegetação ripária. Porém, a rede de drenagem é dinâmica e se modifica temporalmente, a exemplo das áreas de cabeceiras ou nascentes (SILVA; KOBIYAMA, 2004).

Não é incomum em mapeamentos de cabeceiras ou nascentes a definição de áreas efêmeras e intermitentes. Com isso, a mesma análise prévia de imagens de satélite atuais demonstra a ampliação longitudinal das áreas úmidas em várias cabeceiras de drenagens do rio Piava. A definição das áreas de nascentes no passado pode ter sido subestimada, em função, por exemplo, da ausência de dados topográficos precisos ou de demais variáveis fisiográficas. Também pode ter sido influenciada pelo anseio dos agricultores em cultivar em maior parte da área possível, tornando para fins agrícolas ambientes com canais efêmeros. Considerando a importância desse único manancial para o município de Umuarama, a correção e o adequado mapeamento das nascentes ou cabeceiras podem garantir maior eficiência na conservação dos recursos hídricos. Destaca-se a conservação das nascentes e o próprio corpo do rio por meio da vegetação ripária (SILVA; KOBIYAMA, 2004).

Neste contexto, a atual disponibilidade de dados de geotecnologias pode contribuir na caracterização dos mananciais, bem como identificar demais elementos que contribuam na gestão e planejamento do uso da área. Em específico, o uso de dados de topografia obtidos por drones e atributos morfométricos têm contribuído na identificação de áreas úmidas, e em alguns casos, dependendo da resolução espacial, na identificação de canal de ordem zero ou áreas propícias ao fluxo de água em eventos de precipitação (SILVA, 2016; OLIVEIRA, 2019). Tais dados são relevantes no contexto de planejamento, pois podem impedir ações de erosão, além de definir a ampliação de áreas de preservação das cabeceiras de drenagem. O trabalho está dividido na seguinte forma: revisão de literatura sobre rede de drenagem e canais de

ordem zero; área de preservação permanente; mananciais urbanos e rurais; geotecnologias aplicadas em bacia hidrográfica, seguido da metodologia aplicada, resultados obtidos, o produto e as considerações finais.

O produto obtido organiza as representações cartográficas, em formato de catálogo, geradas durante o desenvolvimento da pesquisa, indicando as áreas que devem ser revistas considerando os canais de ordem zero ou canais intermitentes/efêmeros, que possam apoiar ações de ampliar as áreas de vegetação ciliar.

2. METODOLOGIA

Os materiais utilizados neste trabalho consistem de dados públicos disponibilizados em diferentes fontes, como descritos abaixo:

- Dados vetoriais em formato *shapefile* de Geologia e Geomorfologia obtidos do ITCG - Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (www.itcg.pr.gov.br). A geologia e os dados de solos estão na escala cartográfica de 1:250.000;
- Dados vetoriais em formato *shapefile* de Solos produzidos com base no mapa de Solos na EMBRAPA. Solos na escala cartográfica de 1:250.000, obtidos em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/339505>;
- Dados vetoriais em formato *shapefile* de Limite de Bacias obtidos do HydroSHEDS (<https://www.hydrosheds.org/page/hydrobasins>);
- Cartas topográficas: SF.22-Y-C-V-1 - MI-2780/1 (Xambê) e SF.22-Y-C-V-2 - MI- 2780/2 (Maria Helena), obtidos em formato .jpg e *shapefile* do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – www.itcg.pr.gov.br e do Águas Paraná, respectivamente – <http://www.aguasparana.pr.gov.br/pagina-79.html>, via Acesso FTP;
- Imagens de satélite do Landsat-8, sensor OLI, com resolução espacial de 30 metros datadas de 24/03/2020 — órbita/ponto: 223/076, obtidos gratuitamente em <https://earthexplorer.usgs.gov/>;
- Software de Sistema de Informação Geográfica utilizado para a manipulação

etratamento dos dados espaciais – QGIS (versão 3.4).

2.1 Procedimentos

De posse dos materiais cartográficos e demais dados, procedeu-se com a organização dos itens em ambiente SIG, com o georreferenciamento dos dados que exigiam esse procedimento, com o posterior recorte, limitando-se espacialmente à área do estudo e por fim, elaboração dos materiais temáticos. Dos dados obtidos, as cartas topográficas em formato .jpg foram georreferenciadas com a ferramenta GDAL disponível no QGIS. As coordenadas posicionais presentes nas cartas são de Datum SAD 69. As cartas foram reposicionadas na importação do banco de dados com Datum SIRGAS 2000 para padronização dos posteriores a serem gerados.

O limite espacial da bacia hidrográfica do Rio Piava foi obtido inicialmente dos dados provenientes do HydroSheds. O limite da área do estudo foi editado baseando-se nas cartas topográficas anteriormente georreferenciadas. O limite em formato vetorial da APA do rio Piava foi obtido por meio do recorte vetorial da bacia hidrográfica Rio Piava, estando presente apenas no território municipal de Umuarama.

A rede de drenagem e demais corpos hídricos da área do estudo foram obtidos em formato *shapefile* do ftp do Águas Paraná, conforme mencionado anteriormente. Os dados vetoriais da rede de drenagem também foram utilizados para a hierarquização dos canais em ordem, conforme Stralher (1952). Os dados em formato *shapefile* referentes às curvas de nível com equidistância vertical de 20 m oriundas das cartas topográficas em escalas 1:50 000 e disponibilizadas no Águas Paraná foram utilizadas para obtenção de um Modelo Digital do Terreno (MDT).

As cartas topográficas foram mescladas, tornando-se um único arquivo raster. Em seguida, os arquivos foram vetorizados no QGIS, com o uso da ferramenta *v.to.rast.attribute*, o qual converte ou vetoriza uma camada raster para uma camada vetorial. Neste caso, adotou-se arbitrariamente o tamanho de

célula de 10 m. Adotou-se o método de interpolação do GRASS, implementado no QGIS a partir do algoritmo *r.surf.contour* que gera superfícies contínuas a partir de contornos rasterizados. Adotou-se arbitrariamente o tamanho de célula de 10 m. Este método de interpolação é determinístico, exato e local e que interpola as áreas vazias linearmente entre as linhas mais próximas (RÚBIO & SARRIA, 2007; GRASS GIS, 2018).

Os dados vetoriais de Geologia, Geomorfologia e Solos foram recortados, limitando-se a área do estudo utilizando como máscara de recorte o limite da área da bacia obtido anteriormente e pautando-se no uso da ferramenta Recortar do QGIS.

Os dados do MDT foram utilizados para a representação da hipsometria, declividade e obtenção dos atributos morfométricos: Índice Topográfico de Umidade (ITU) e Índice de Máximo Fluxo (IMF). Inicialmente procedeu-se com o recorte espacial dos dados, limitando-se a área do estudo e utilizando-se do software QGIS. A representação hipsométrica foi obtida por meio da classificação “falsa-cor”, presente no software QGIS, no MDT, gerando as cinco classes de forma automática, tendo uma média da área de estudo. A declividade foi obtida aplicando a função presente na ferramenta GDAL com a função “declividade”. O raster gerado, possibilitou a manipulação das classes que foram organizadas em cinco e confeccionados em categorias com “falsa-cor”. Nesse estudo, optou-se pelas classes de declividade da EMBRAPA (2018), conforme Quadro 01.

Quadro 1 - Classes de declividades conforme EMBRAPA (2018).

Classes de Declividade	(%)
Plano	Até 3%
Suave ondulado	3 a 8%
Ondulado	8 a 20%
Forte ondulado	20 a 45%
Montanhoso	>45%

Fonte: EMBRAPA (2018).

O IMF e ITU foram elaborados a partir dos dados do MDT oriundo das cartas topográficas no aplicativo QGIS combinado com as ferramentas do SAGA GIS. Os procedimentos seguiram os exemplos dos trabalhos executados por Silva (2016) e Oliveira (2019). Especificamente, a partir do MDT procede-se também com o preenchimento de vazios dos dados com a função (r.fill.dir) do conjunto de ferramentas GRAS (*Geographic Resources Analysis Support System*) no QGIS. A etapa seguinte é a obtenção da declividade em radianos, com o uso da ferramenta *Slope, Aspect, Curvature*. A área de contribuição foi obtida com o uso da ferramenta 'análise hidrológica do terreno', pelo método *Multiple Flow Direction*, algoritmo desenvolvido por Quinn et al. (1991). O ITU é obtido com a área de contribuição específica (A_c) e com o gradiente local ($\tan\beta$) expressa em radianos, sendo descrito pela seguinte equação:

$$ITU = (A_c/\tan\beta) \quad \text{Eq. 1}$$

Os valores elevados do ITU indicam áreas com maior umidade no solo e associados às áreas mais baixas, possibilitando a identificação de hidromorfismo, ou zonas preferenciais de concentração de escoamento superficial na vertente. Os valores de ITU baixos indicam condições de boa drenagem (MOORE et al., 1991; SILVEIRA, 2010; NOWATZKI, 2013). Esse índice é obtido pela interface SAGA no QGIS com o uso da ferramenta *Topographic Wetness Index (TWI)*, desenvolvido por Beven e Kirkby (1979). É necessário converter a área de contribuição para área de contribuição específica.

Por sua vez, o IMF compreende a declividade, o comprimento da rampa, e a forma da vertente (Equação 3) (MOORE et al., 1991; SILVEIRA et al., 2010; MINELLA & MERTEN, 2012). O índice calcula o potencial erosivo da água em movimento, ressaltando locais com maior propensão a perda de solo por unidade de área.

$$\Omega = A_c \tan \beta \quad \text{Eq.3}$$

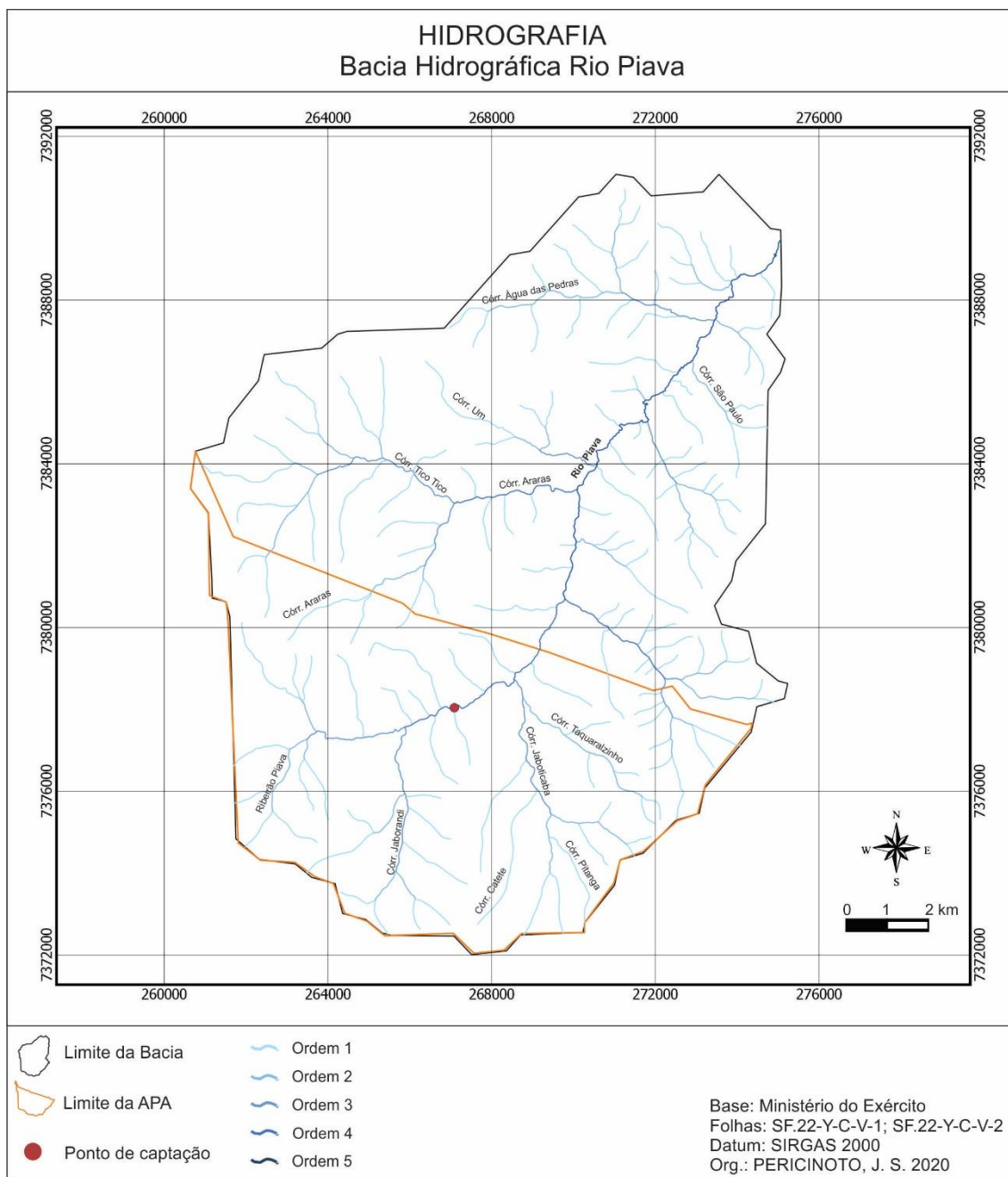
Os maiores valores de IMF indicam os locais preferenciais de escoamento superficial e produção de sedimentos. Os menores valores de IMF sugerem os locais de deposição. O IMF foi obtido com o uso da interface SAGA — Índice de Máximo Fluxo ou *stream power index*, em inglês)

O mapa de uso e cobertura foi obtido a partir das imagens do Landsat-8/OLI. A visualização da área foi conseguida a partir de diferentes composições coloridas que auxiliaram na seleção das amostras de treinamento para a classificação. O classificador utilizado foi o **Dzetsaka** — ferramenta de Classificação Supervisionada com plugin disponível para o QGIS. A seleção das amostras pauta na utilização de um arquivo vetorial em que cada polígono se refere a um tipo de classe. Nesse caso, “vegetação” e “agricultura”.

Os resultados obtidos foram confrontados com observações em campo. Dez pontos de visita foram pré-definidos e visitados em campo, pautando-se em acessibilidade e nas características de relevância encontrados nos resultados. De modo geral, o percurso deu-se na Estrada Jaborandi (Acesso ao ponto de captação hídrica), seguindo pela Estrada Boiadeira, posteriormente na BR-247 e contornando pela PR-482.

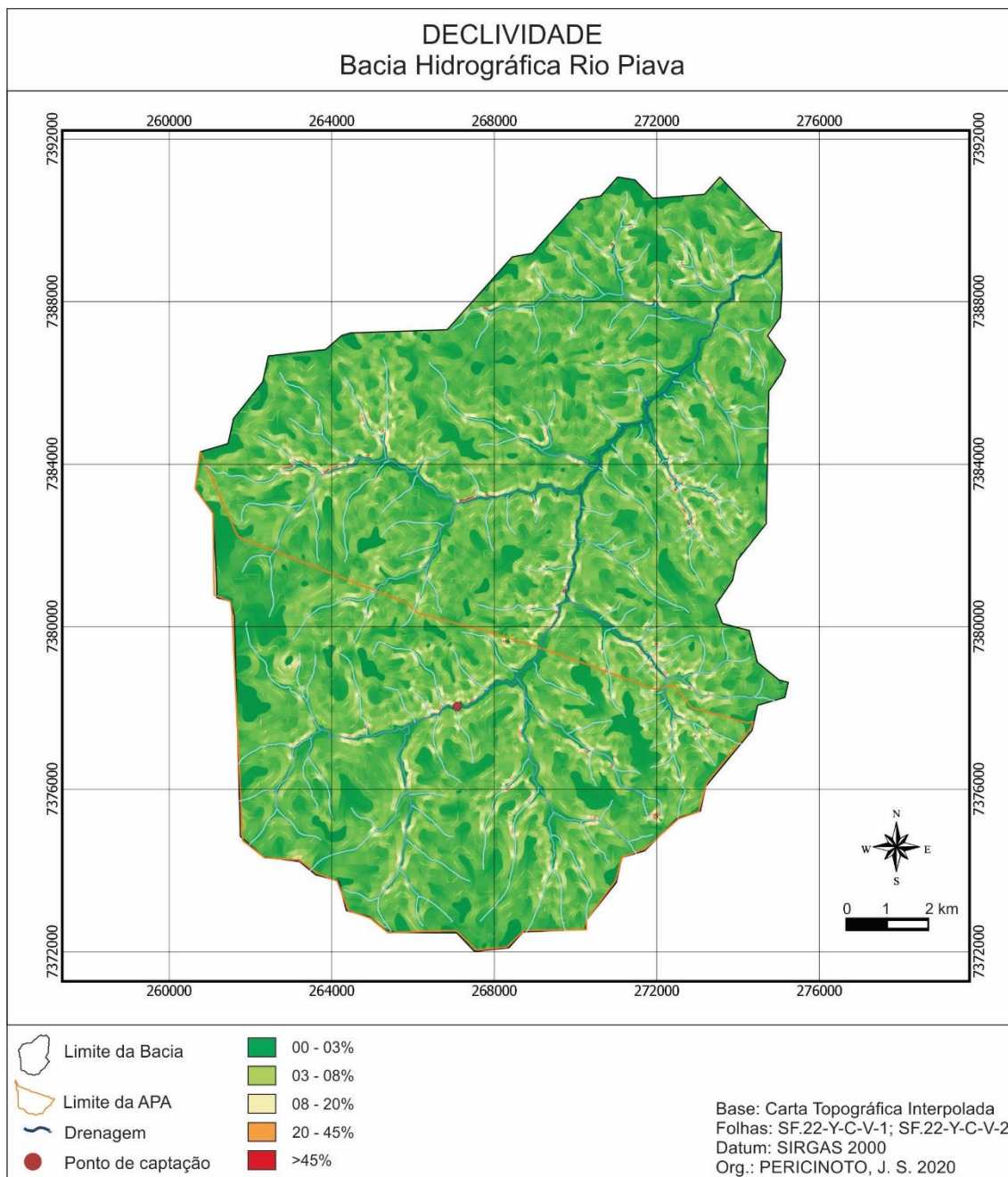
3. MAPAS TEMÁTICOS

Figura 1 – Hidrografia da Bacia Hidrográfica Rio Piava – PR.



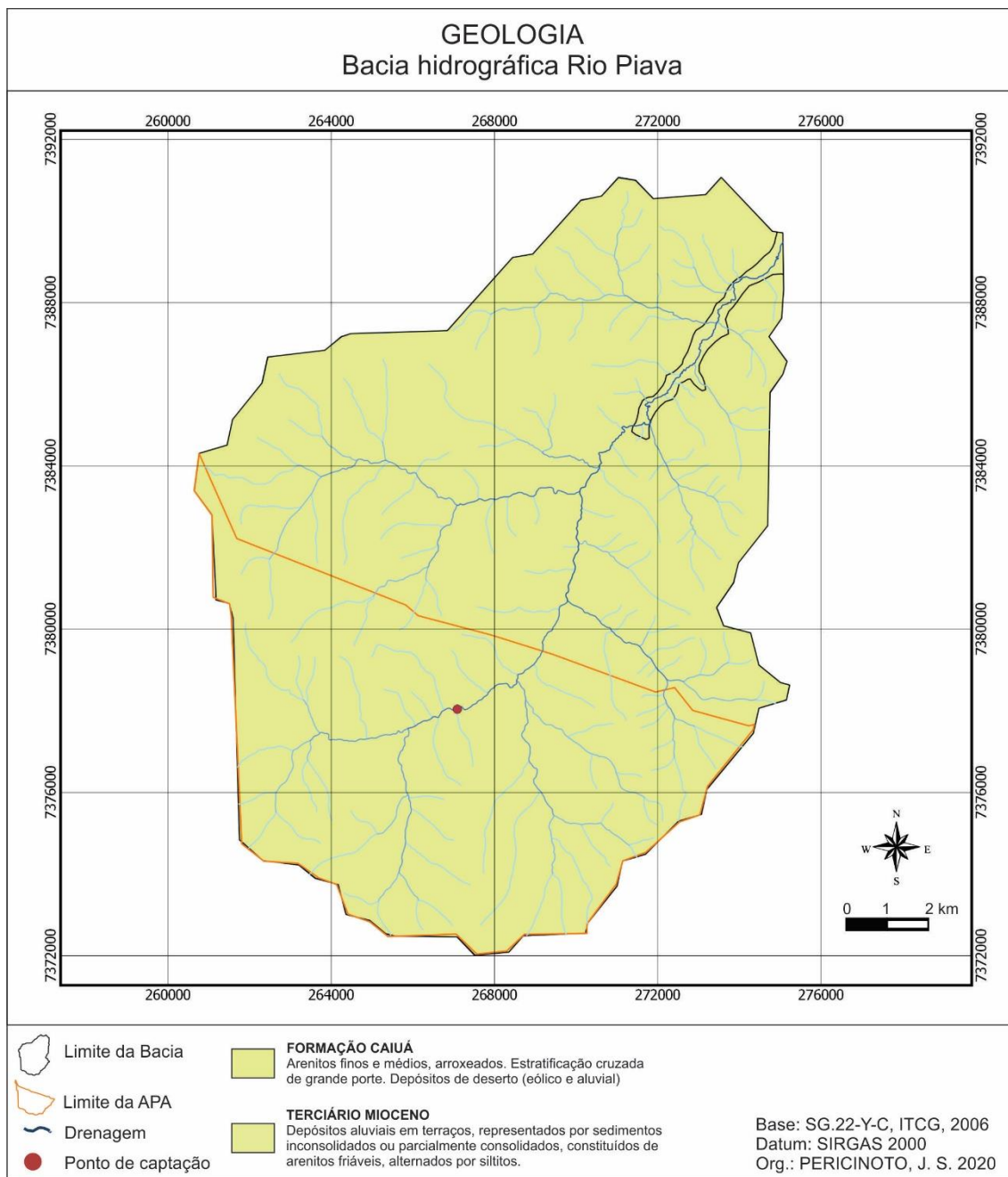
Fonte: Autoria própria.

Figura 2 – Declividade da Bacia Hidrográfica Rio Piava - PR.



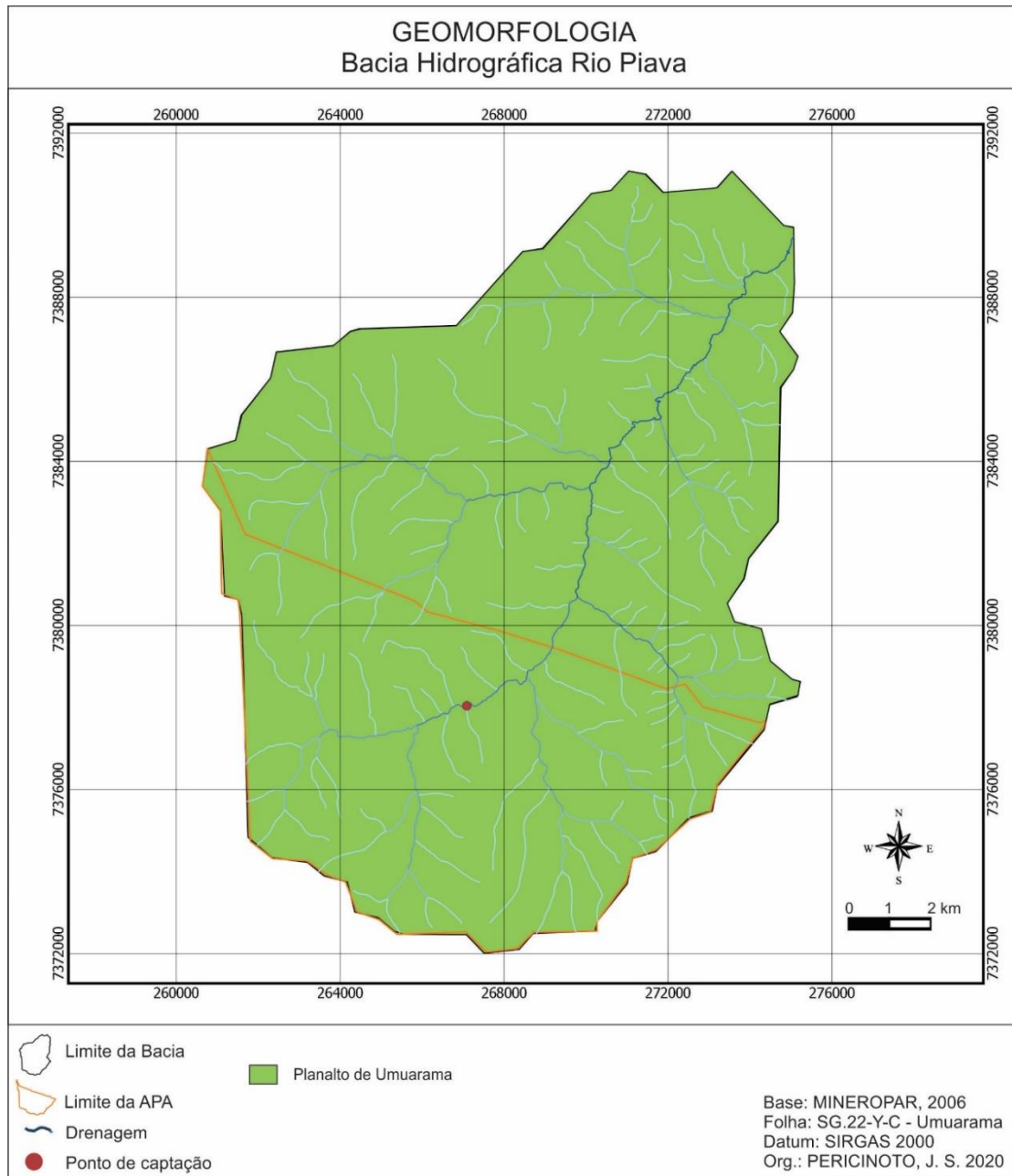
Fonte: Autoria própria.

Figura 3 – Geologia da Bacia Hidrográfica Rio Piava - PR.



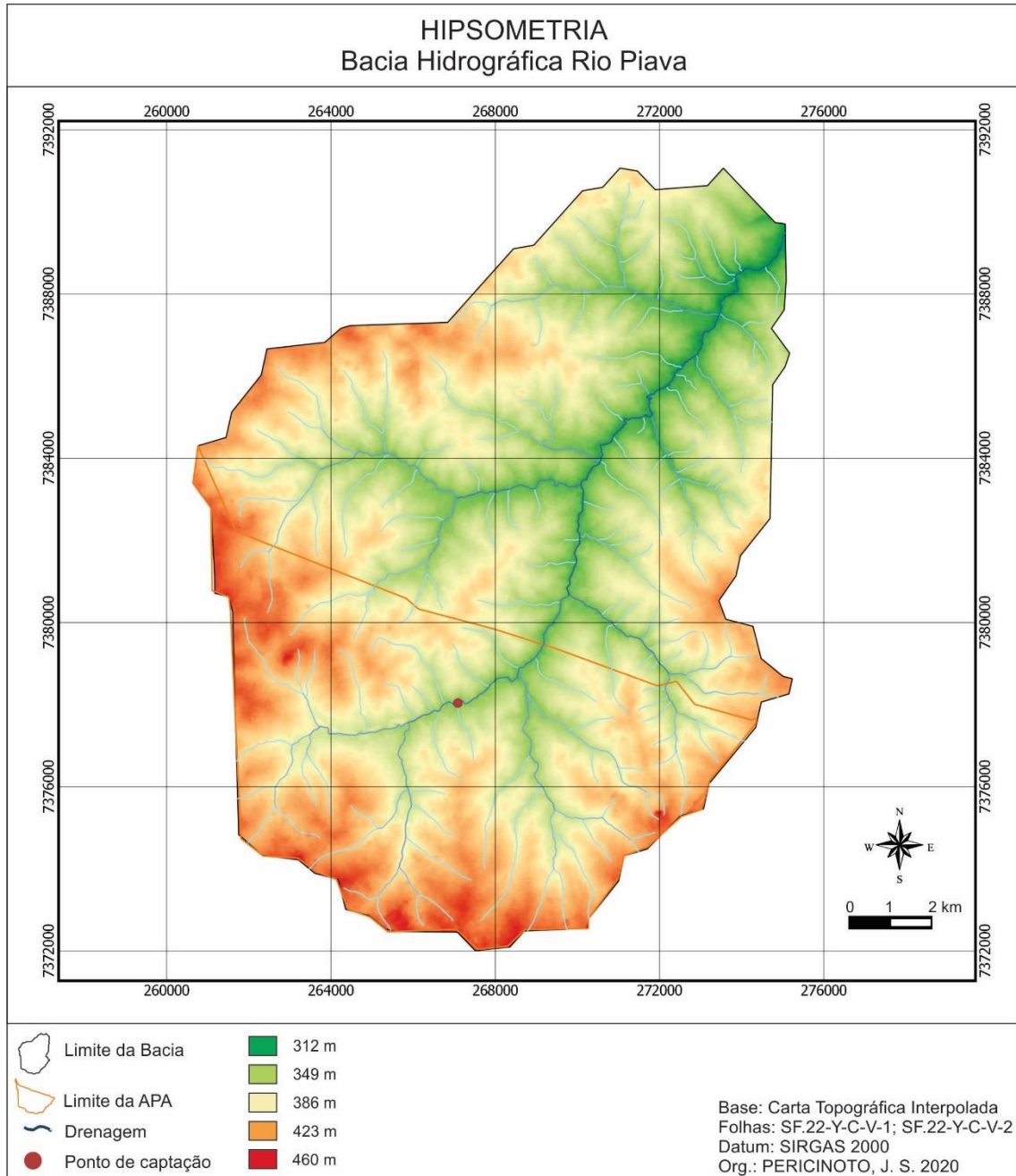
Fonte: Autoria própria.

Figura 4 – Geologia da Bacia Hidrográfica Rio Piava - PR.



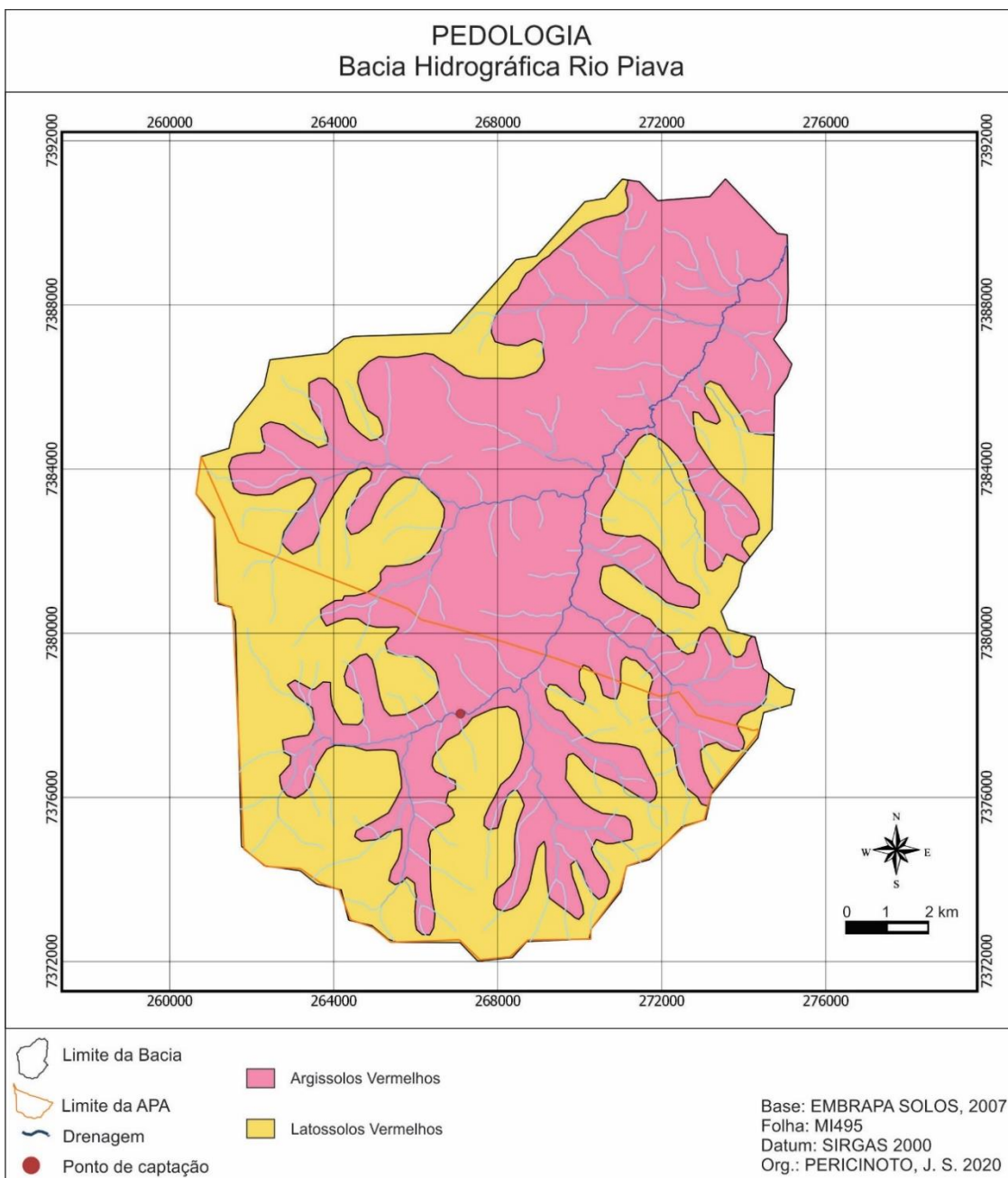
Fonte: Autoria própria.

Figura 5 – Hipsometria da Bacia Hidrográfica Rio Piava - PR.



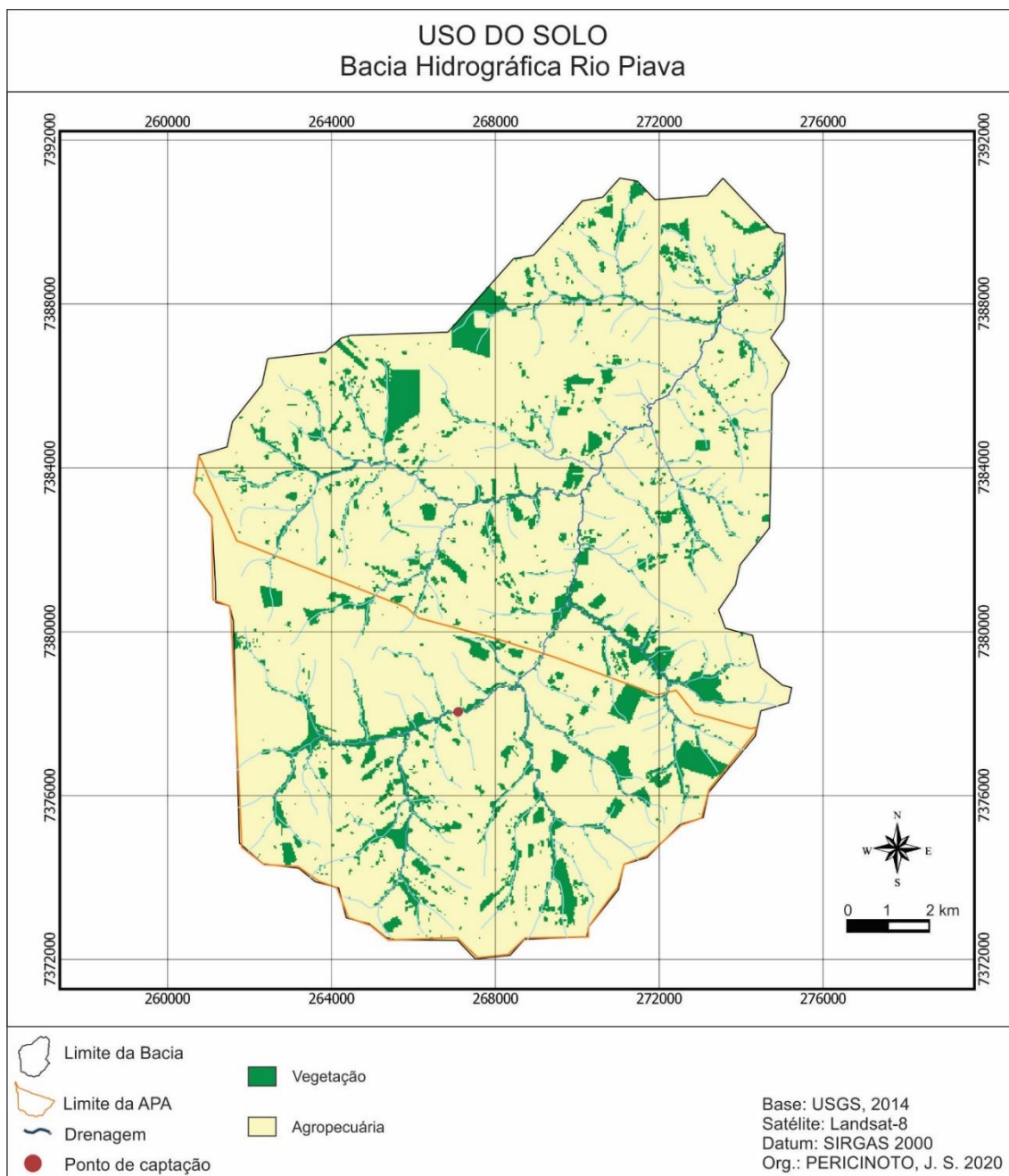
Fonte: Autoria própria.

Figura 6 – Pedologia da Bacia Hidrográfica Rio Piava - PR.



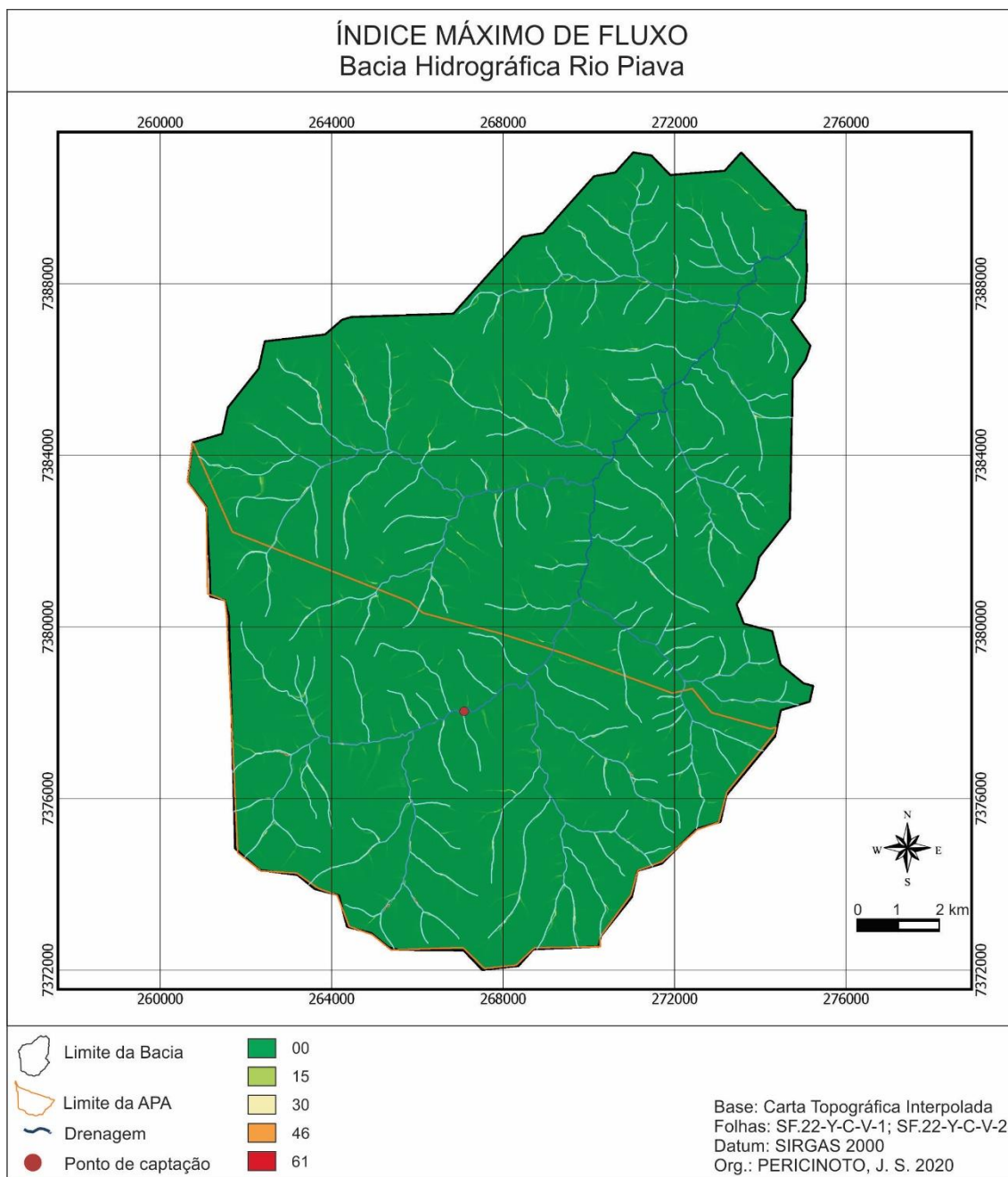
Fonte: Autoria própria.

Figura 7 – Uso do Solo da Bacia Hidrográfica Rio Piava - PR.



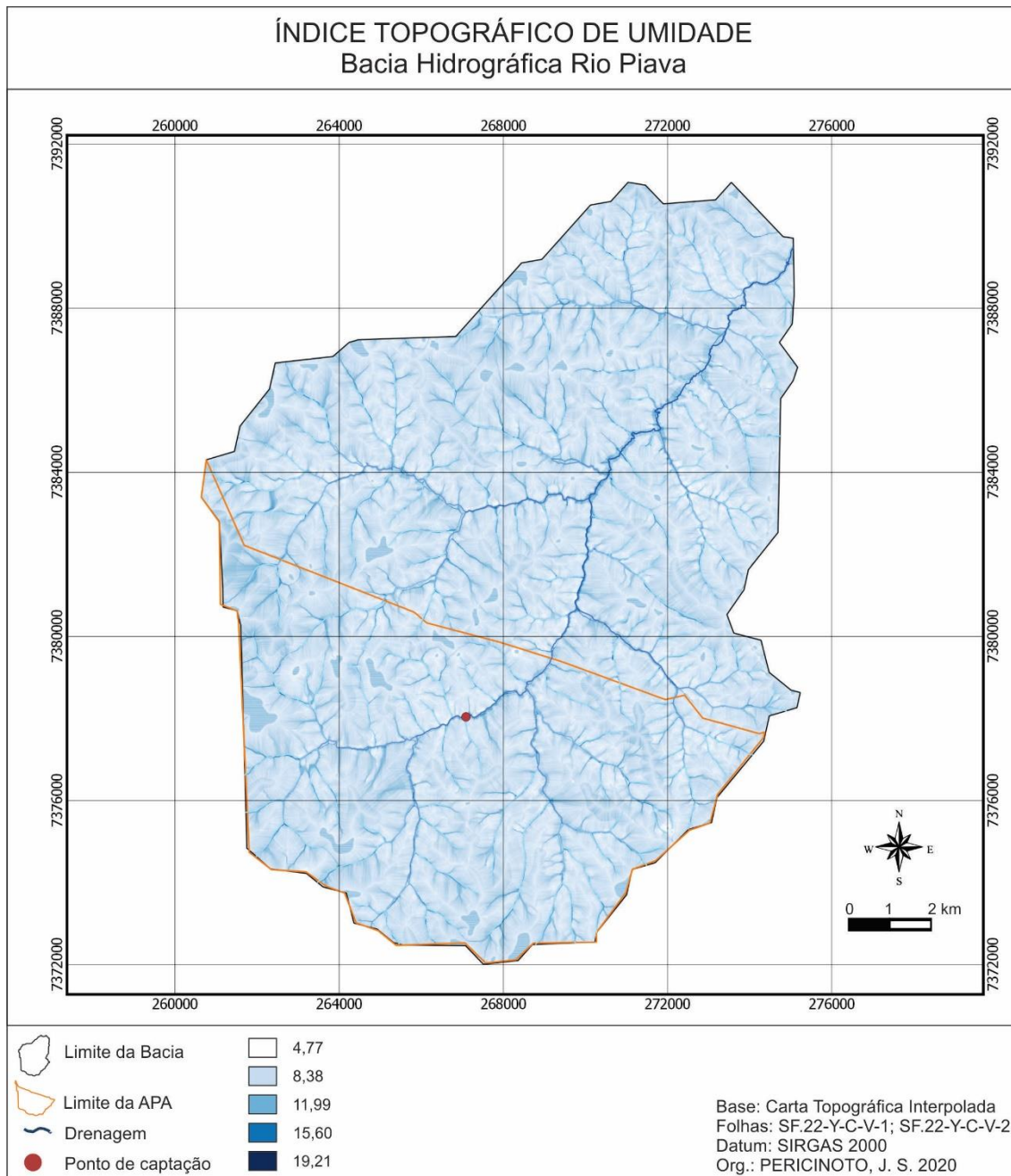
Fonte: Autoria própria.

Figura 8 – Índice Máximo de Fluxo (IMF) da Bacia Hidrográfica Rio Piava - PR.



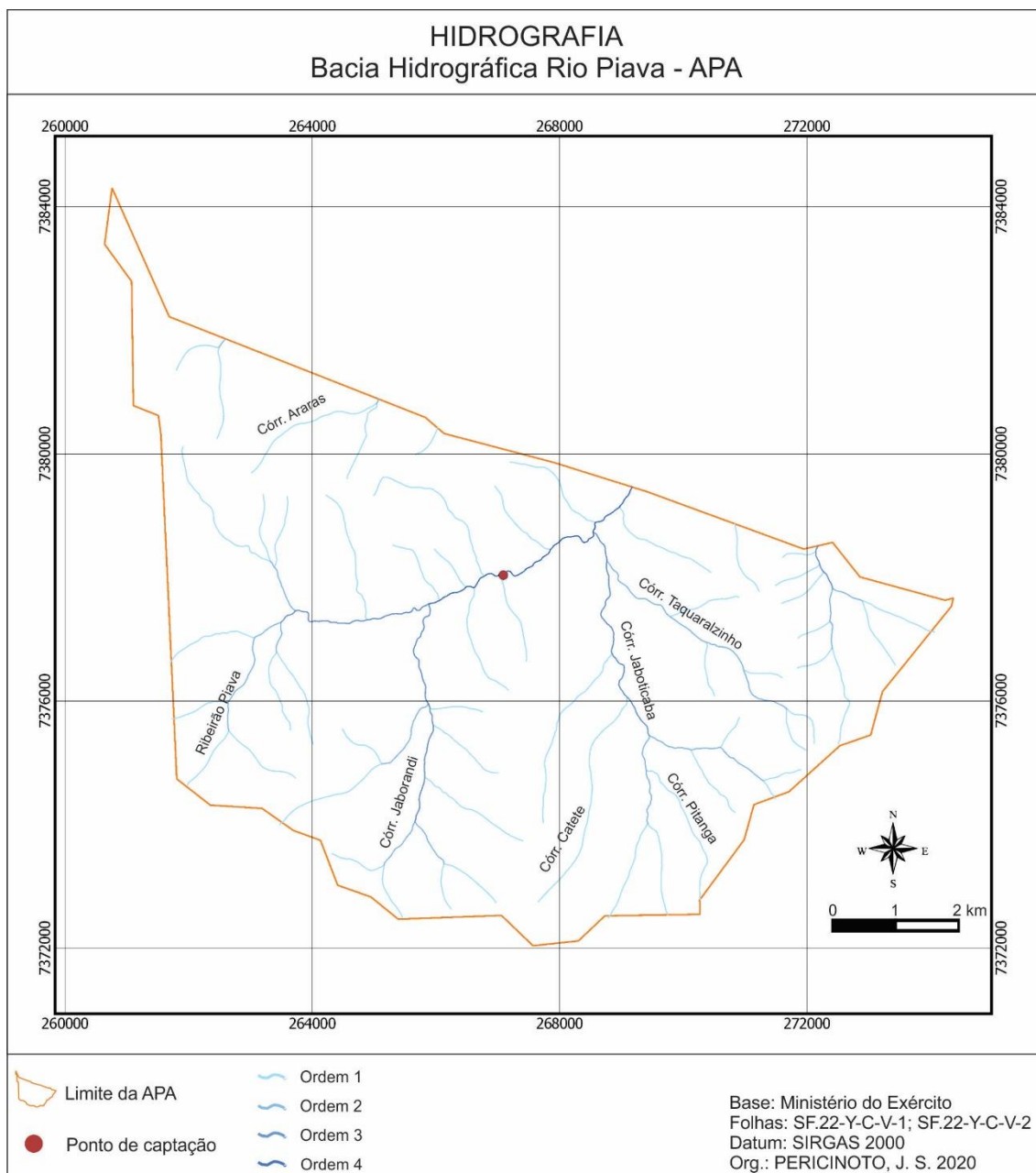
Fonte: Autoria própria.

Figura 9 – Índice Topográfico de Umidade (ITU) da Bacia Hidrográfica Rio Piava - PR.



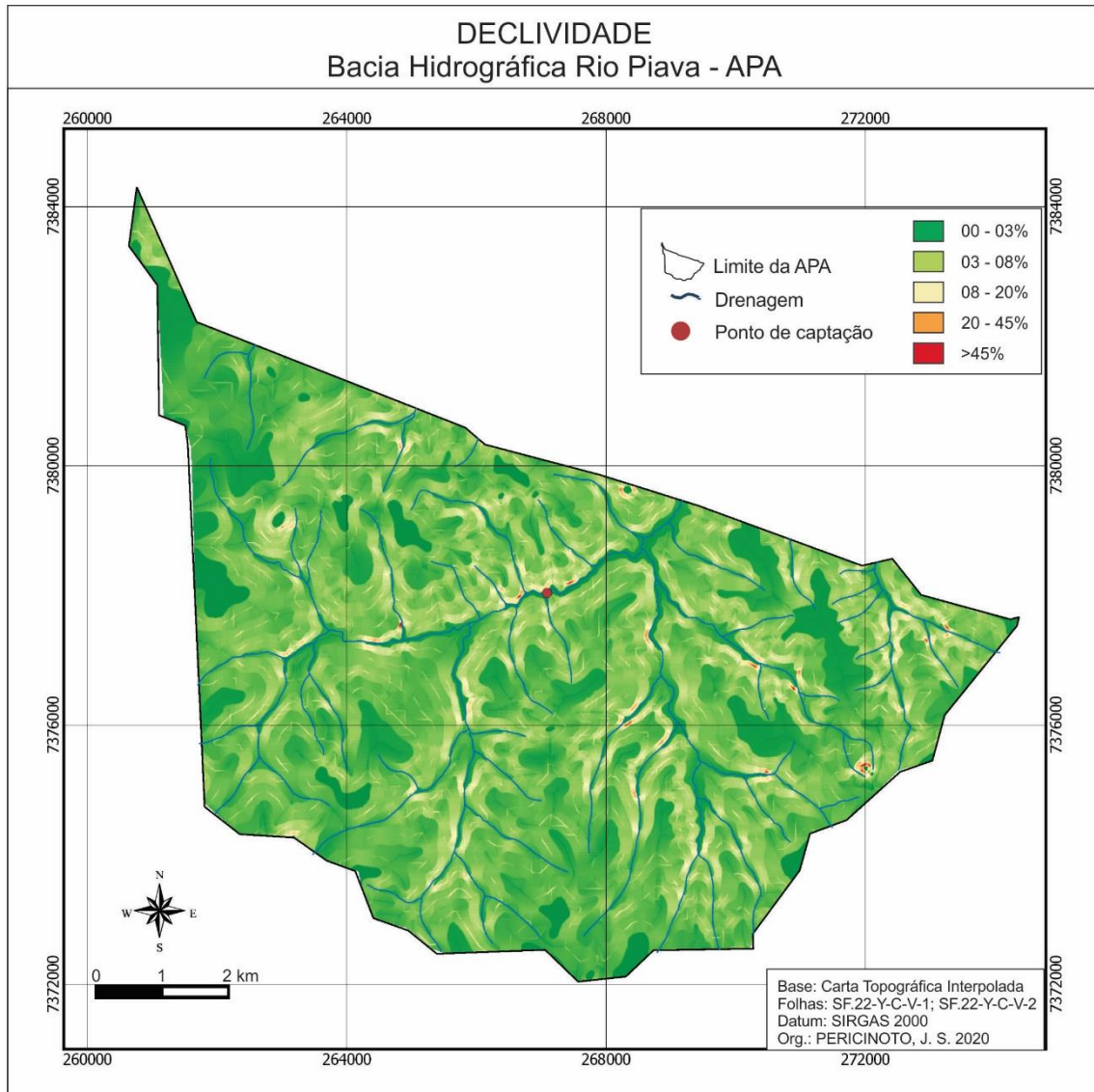
Fonte: Autoria própria.

Figura 10 – Hidrografia da APA do Rio Piava, Umuarama - PR.



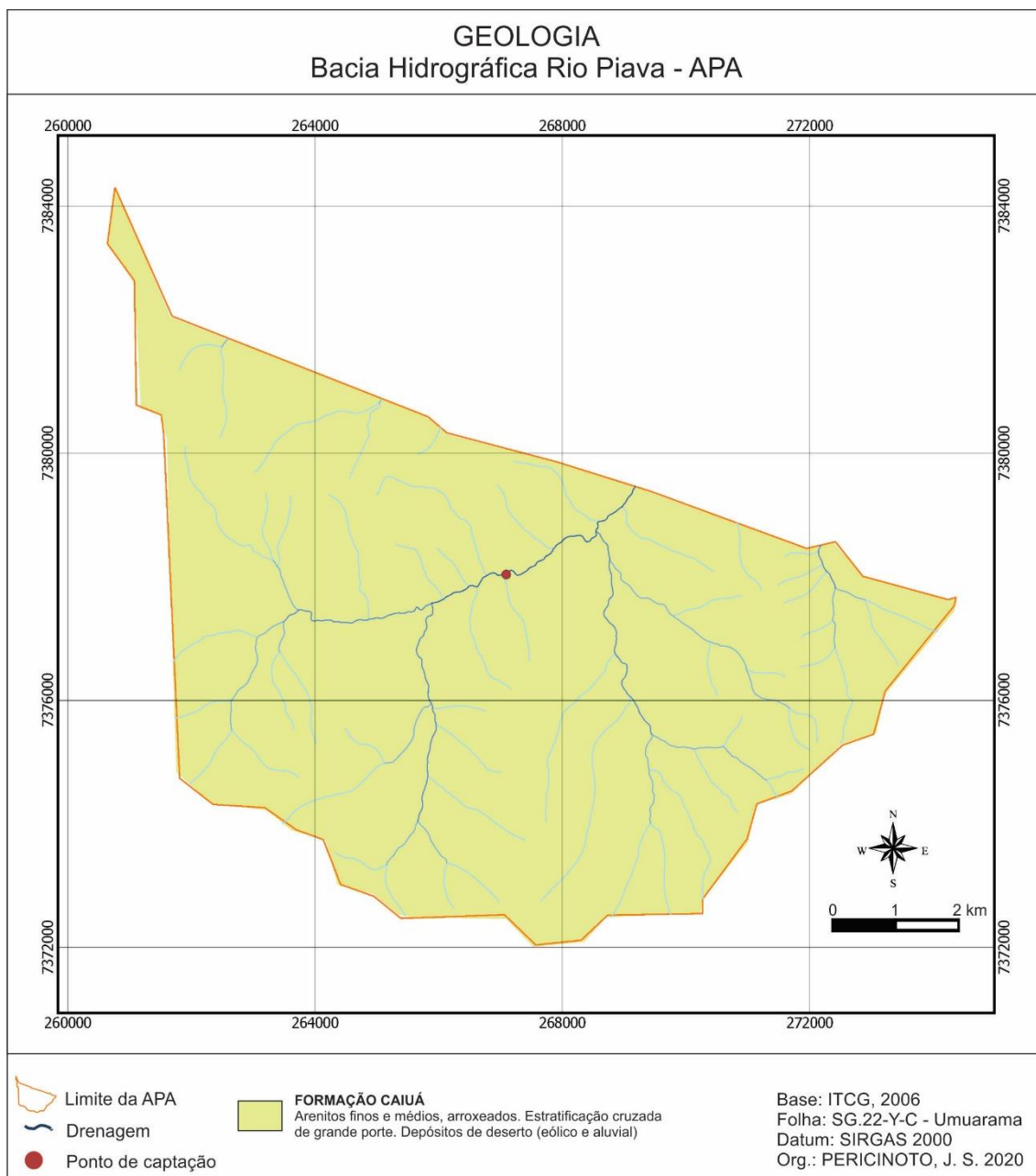
Fonte: Autoria própria.

Figura 11 – Declividade da APA do Rio Piava, Umuarama - PR.



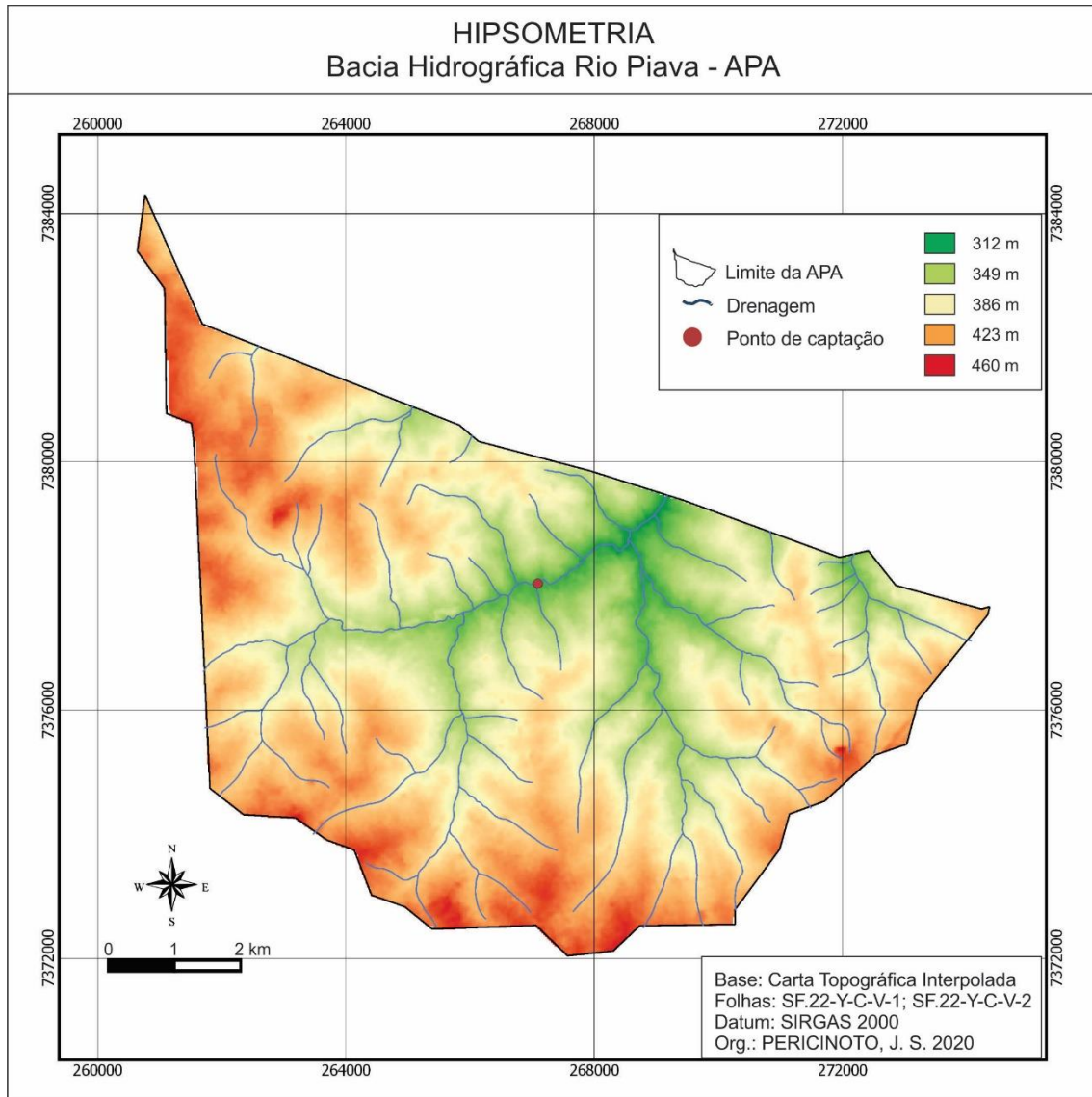
Fonte: Autoria própria.

Figura 12 – Geologia da APA do Rio Piava, Umuarama - PR



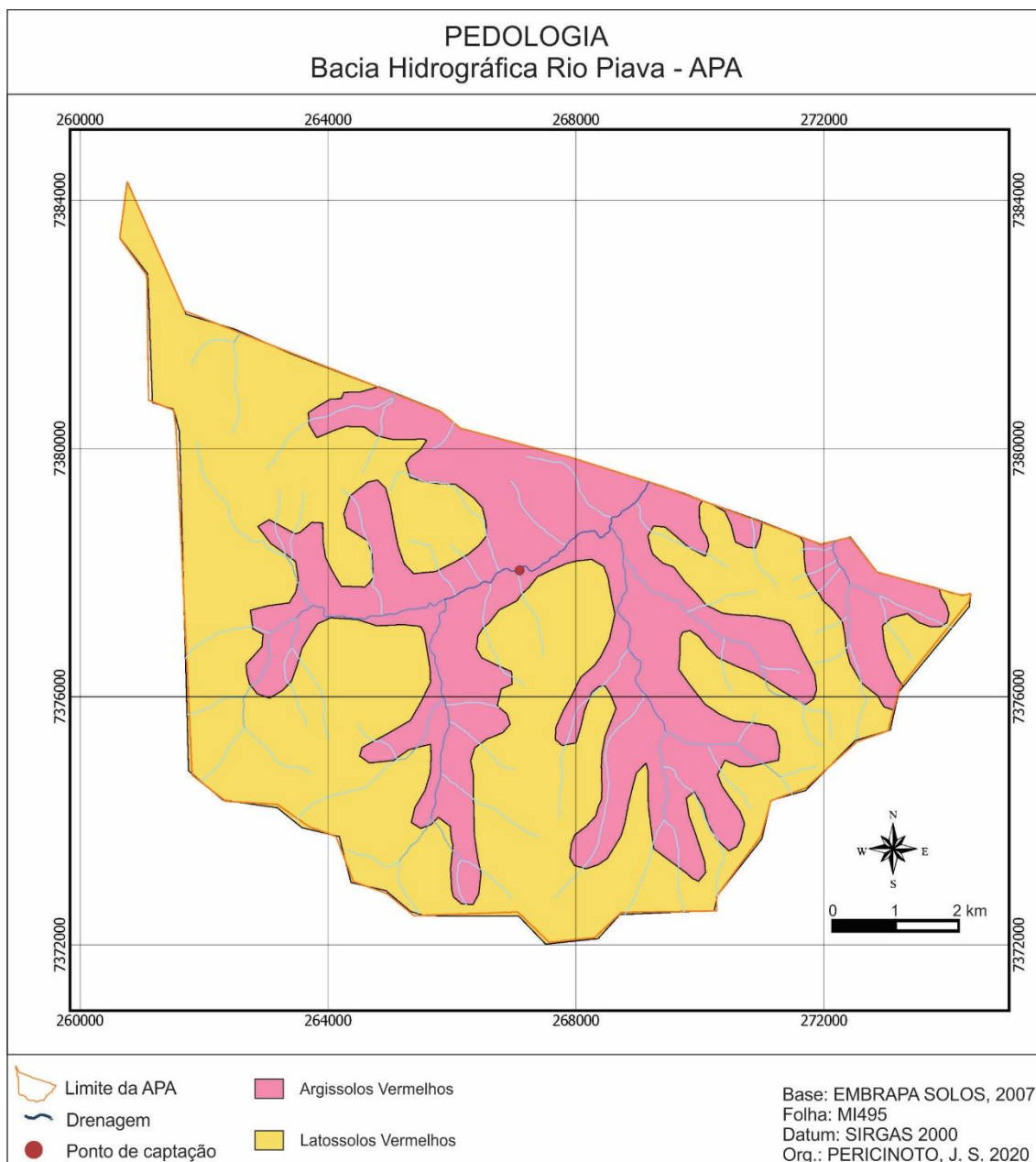
Fonte: Autoria própria.

Figura 13 – Hipsometria da APA do Rio Piava, Umuarama - PR



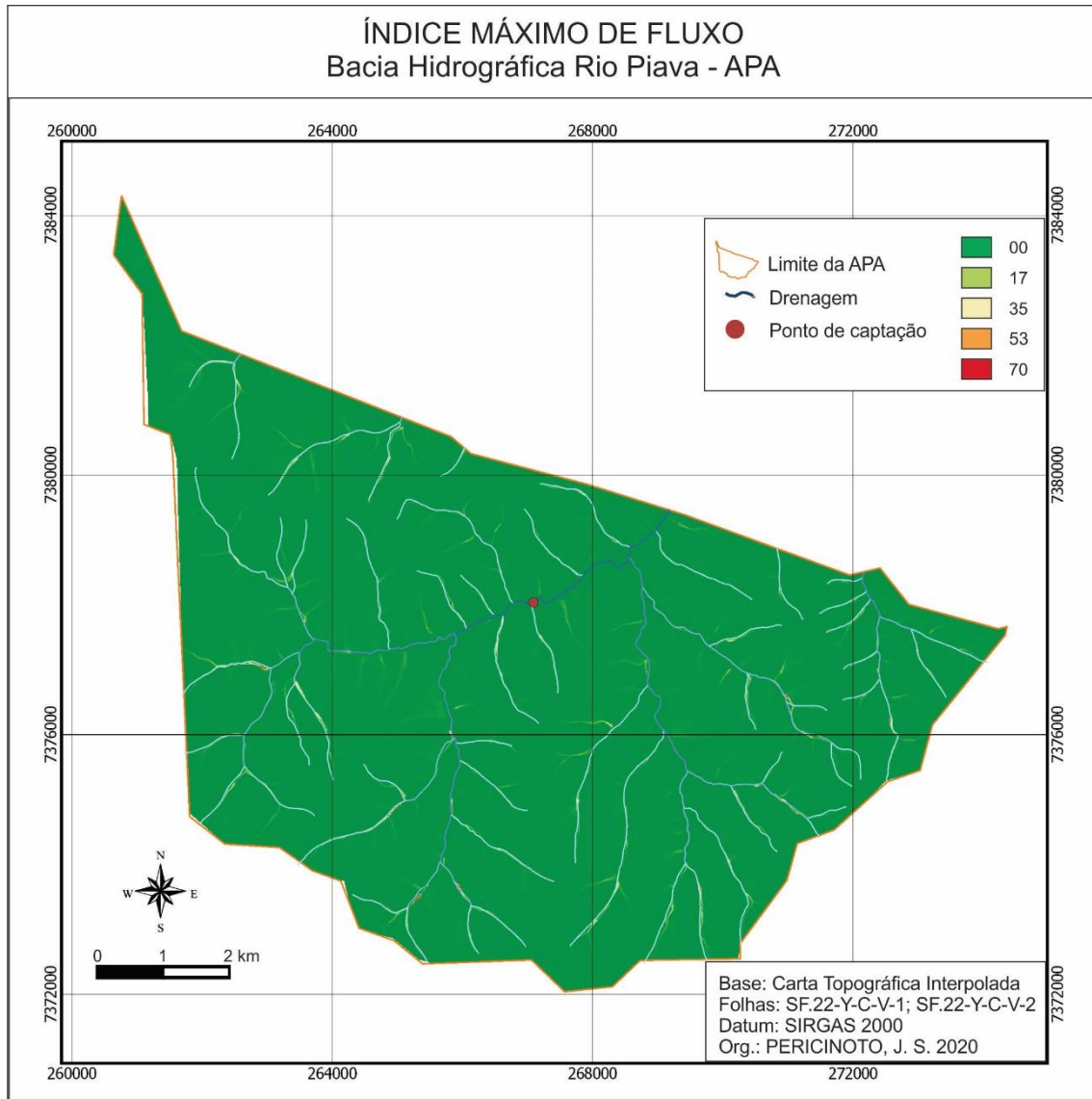
Fonte: Autoria própria.

Figura 14 – Pedologia da APA do Rio Piava, Umuarama - PR



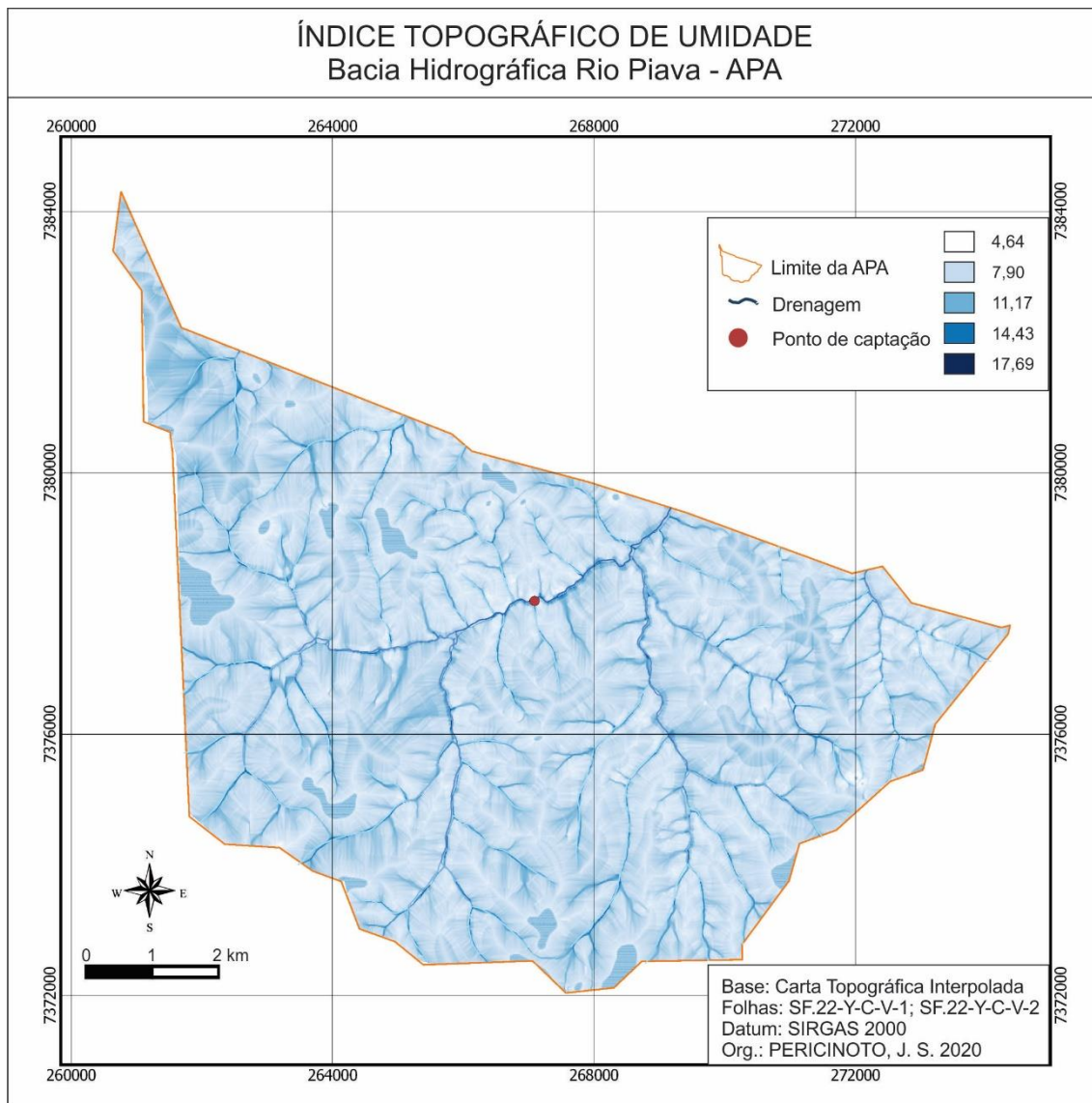
Fonte: Autoria própria.

Figura 15 – Índice de Máximo de Fluxo da APA do Rio Piava, Umuarama – PR



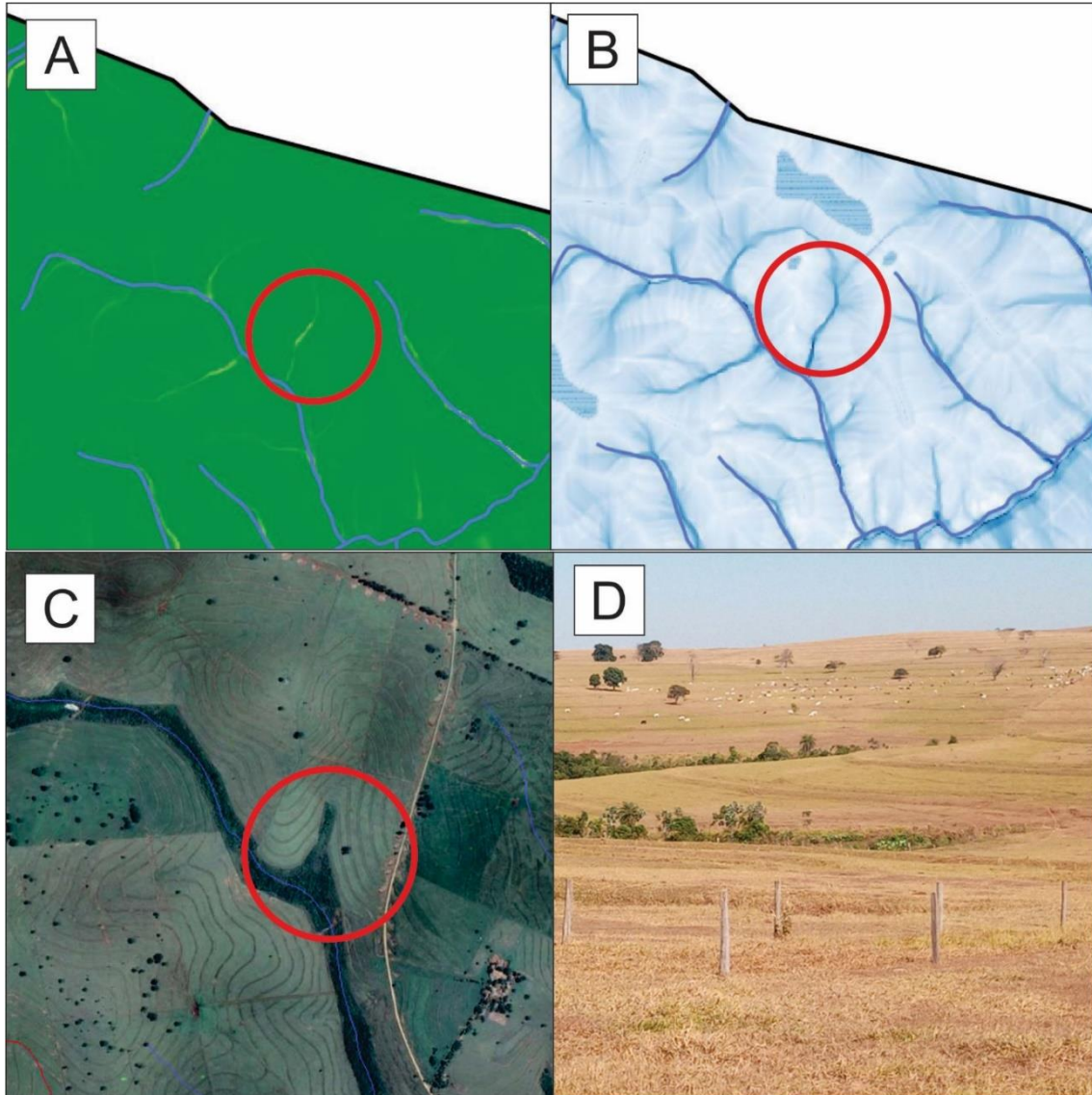
Fonte: Autoria própria.

Figura 16 – Índice Topográfico de Umidade da APA do Rio Piava, Umuarama – PR.



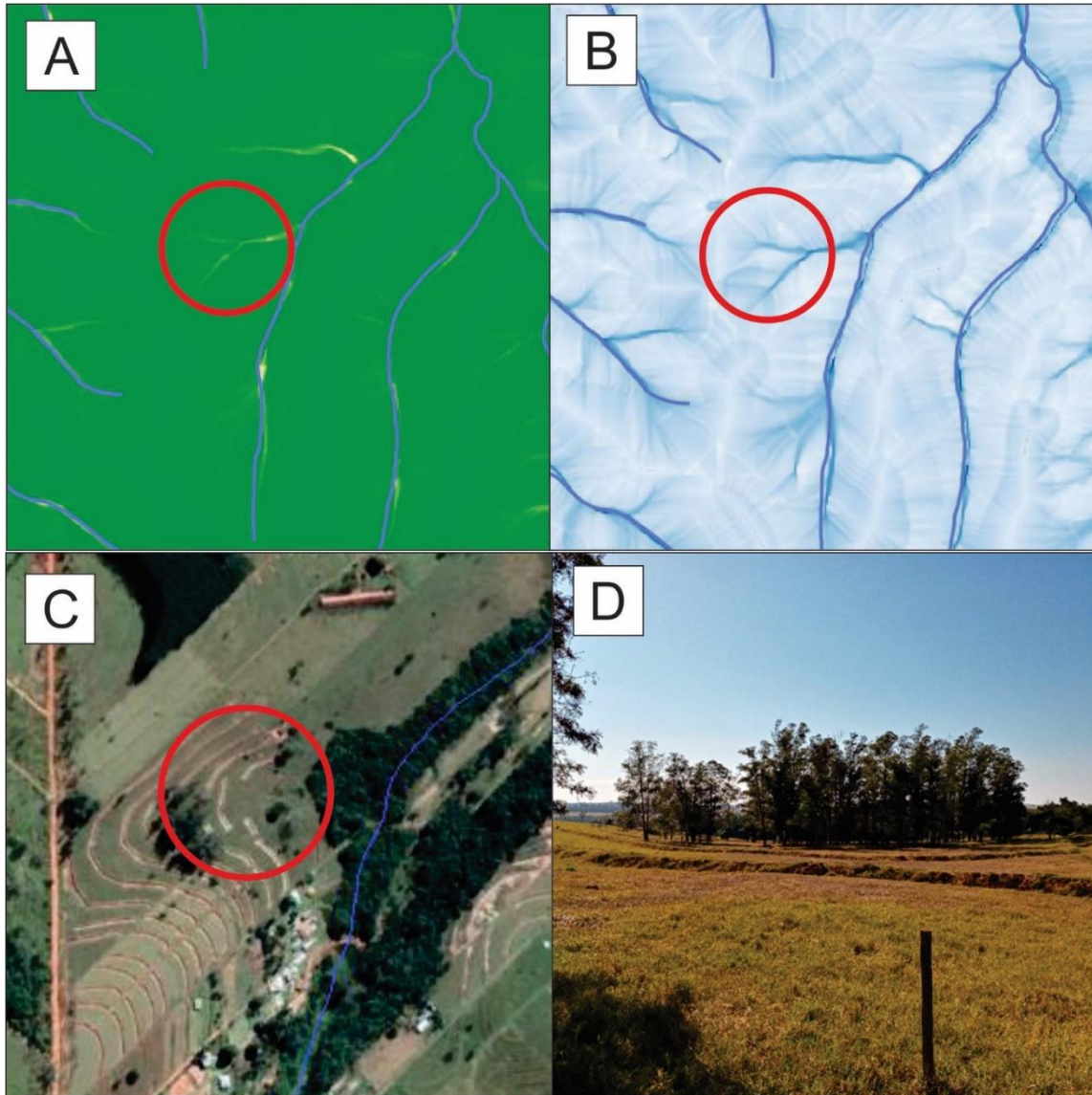
Fonte: Autoria própria.

Figura 17 – Comparativo a área úmida identificado pelo IMF (A), ITU (B), *Google Earth Pro* (C) e na pesquisa de campo (D)



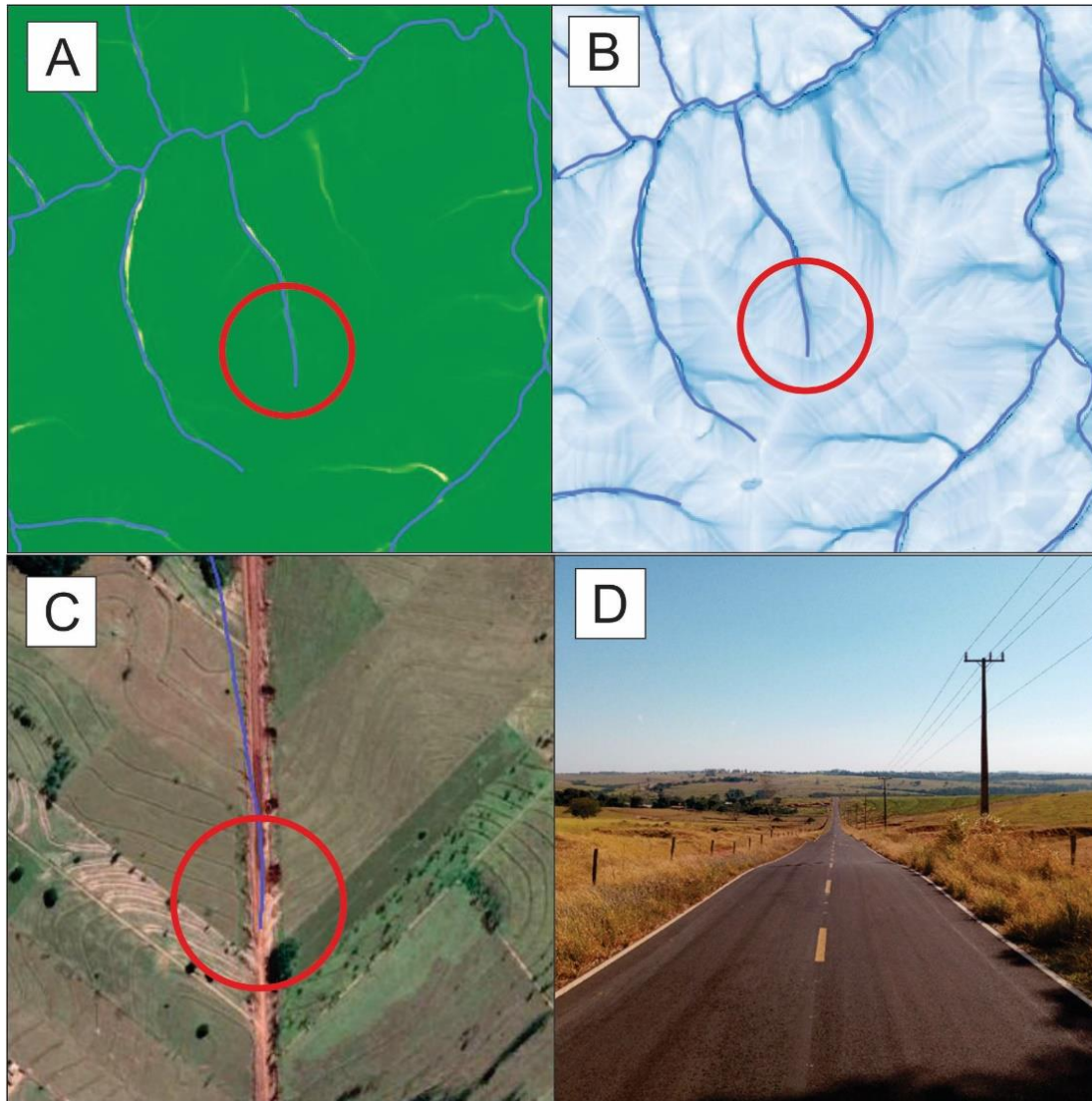
Fonte: Autoria própria.

Figura 18 – Comparativo do IMF (A), ITU (B), *Google Earth Pro* (C),
observação da configuração da área em campo (D)



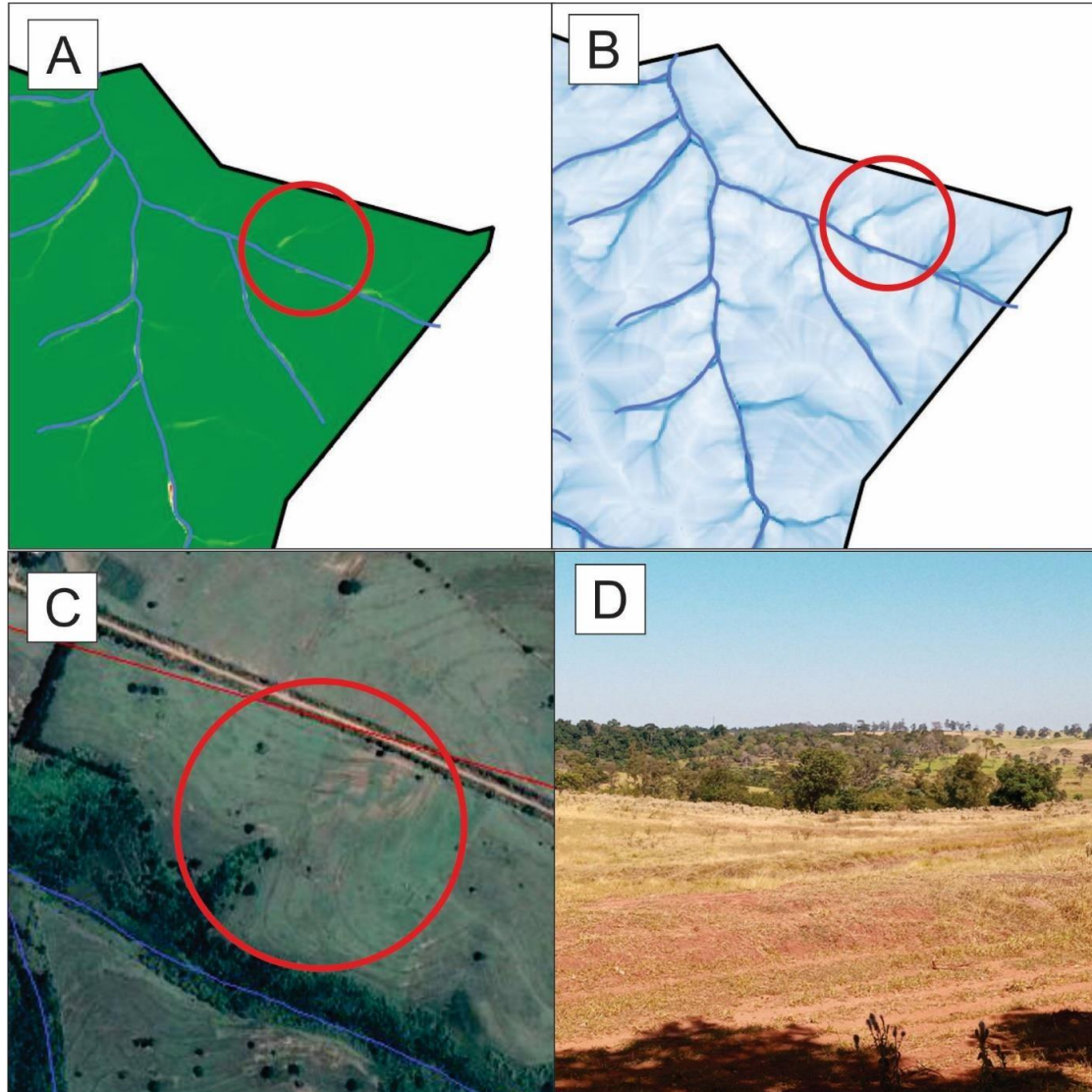
Fonte: Autoria própria.

Figura 19 – Comparativo do IMF (A), ITU (B), *Google Earth Pro* (C), não identificação do corpo hídrico em campo que está registrado em carta topográfica (D).



Fonte: Autoria própria.

Figura 20 – Comparativo do IMF (A), ITU (B), *Google Earth Pro* (C), identificação de processos erosivos (D).



Fonte: Autoria própria.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**: 2012. Brasília, 2012.
- BEVEN, K. J.; KIRKBY, M. J. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Bulletin**, v. 24, p. 43-69, 1979.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed., Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- MINELLA, J. P. G.; MERTEN, G. H. Índices topográficos aplicados à modelagem agrícola e ambiental. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, 2012.
- MOORE, I. D. et al. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. **Hydrological Processes**, v.5, p.3-30, 1991.
- NOWATZKI, A. **Utilização de atributos topográficos no mapeamento preliminar de solos da bacia hidrográfica do rio Pequeno (Antonina/PR)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- OLIVEIRA, D. V. **Avaliação da acurácia posicional de dados espaciais gerados a partir do uso da RPA**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- QUINN, P. et al. The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 59–79, 1991.
- SILVA, R. V. da; KOBAYAMA, M. Delineamento automático da rede de drenagem em bacias hidrográficas com ênfase em trechos de zero ordem. *In*: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA, 21., 2004, São Pedro, SP. **Anais [...]** Campinas: IAHR/UNICAMP, 2004, p. 1-10.
- SILVA, R. K. I. L. **Avaliação das imagens do Google Earth de alta resolução espacial em relação às ortofotos para o mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APP)**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.
- SILVEIRA, C. T. **Análise digital do relevo na predição de unidades preliminares de mapeamento de solos: Integração de atributos topográficos em Sistemas de Informações Geográficas e redes neurais artificiais**. 2010. Tese (Doutorado em geografia) - Departamento de Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SILVEIRA, C. T. et. al. Pedometria apoiada em atributos topográficos com operações de tabulação cruzada por álgebra de mapas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 13, nº 2, 2012.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos avançados**. São Paulo: USP, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

UMUARAMA, 2012. **Altera o artigo 2º da lei nº 3796, de 20 de dezembro de 2011, que instituiu a área de proteção ambiental - APA, da bacia de captação do rio piava, localizada no município de Umuarama**. Lei Nº 3849, 2012. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/pr/u/umuarama/lei-ordinaria/2011/380/3796/lei-ordinaria-n-3796-2011-institui-a-area-de-protecao-ambiental-apa-da-bacia-de-captacao-do-rio-piava-localizada-no-municipio-de-umuarama-estado-do-parana-2012-05-17-versao-compilada>. Acesso em: 24 fev. 2020.