

IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES GEOMORFOMÉTRICAS A PARTIR DA DECLIVIDADE E PLANO DE CURVATURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO HENRIQUE, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Identification of geomorphometric units from the slope and plane of curvature in the watershed of river Henrique, Rio Grande do Sul, Brazil

André Ricardo Furlan
Discente PPGGeo, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
andre.ricardofurlan@gmail.com

Romario Trentin
Docente PPGGeo, Universidade Federal de Santa Maria, Brasil
romario.trentin@gmail.com

RESUMO: A bacia hidrográfica torna-se uma célula de suma importância para análise geomorfológica. A difusão nas últimas três décadas dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) faz com que o processamento de dados digitais se torne mais eficiente devido ao desenvolvimento de *softwares* e de *hardwares* que possibilitam o processamento de grande volume de dados. A análise geomorfológica apresenta-se como um procedimento de análise geomorfológica, apresentando agilidade e praticidade na análise de vertentes. Aliado a análise laboratorial, encontra-se a trabalho campo, que oferece subsídios a análise geográficas da realidade proporcionando a conferência dos dados obtidos em laboratório. Para realizar essa análise, foi necessário a interpolação dos dados vetoriais transformando-os e matriciais, e a partir de árvore de decisão e processamento em SIG obtém-se seis unidades geomorfológicas (UGs). Como resultado observa-se que as maiores porcentagens em área estão relacionadas as UGs III e IV, porém em áreas de terraços e planícies fluviais encontra-se a UG I e nos topos dos morros e morrotes a UG II, já as UGs V e VI são vistas nas médias e altas vertentes. Dessa forma, a utilização de árvore de decisão para mapeamento geomorfológico aliado ao trabalho de campo, torna-se uma metodologia que permite agilidade e identificação dos processos superficiais.

Palavras-chaves: Morfometria; Modelo Digital Elevação; Árvore de decisão.

ABSTRACT: The watershed becomes a cell of great importance for geomorphological analysis. The diffusion in the last three decades of Geographic Information Systems (GIS) makes digital data processing more efficient due to the development of software and hardware that allow the large volume of data processing. the geomorphometric analysis presents itself as a procedure of geomorphological analysis, showing agility and practicality in the analysis of strand. Allied to laboratory analysis, lies the field work, which provides subsidies to geographic analysis of reality providing ckecking of data obtained in the laboratory. To perform this analysis, it was necessary to interpolate the vector data transforming them and matrix, and from the decision tree and processing in GIS six geomorphometric units (UGs) are obtained. As a result, it can be observed that the highest percentages in area are related to the UGs III and IV, but in areas of terraces and fluvial plains is the UG I and in the tops of the hills and morrotes the UG II, as well as the UGs V and VI are seen in medium and high slopes. Thus, the use of a decision tree for geomorphometric mapping, coupled with field work, becomes a methodology that allows agility and identification of surface processes.

Key-words: Morphometry; Digital Elevation Model; Decision Tree

INTRODUÇÃO

A utilização escalar da bacia hidrográfica para estudos de cunho geográfico se consolida no decorrer dos últimos trinta anos, o emprego dessa escala auxiliada aos elementos do relevo torna-se pertinente para uma análise quantitativa da área de estudo. A importância de análises realizadas em bacia hidrográfica apresenta subsídios ao conhecimento ambiental e geomorfológica conforme salienta Christofolletti (1980, 1981), Cunha (1994), Mendonça (2000), Botelho e Silva (2004), Vieira e Cunha (2005), Coelho-Neto e Avelar (2007), Guerra e Marçal (2009), Botelho (2011, 2015), Cunha e Guerra (2012).

O estudo morfométrico principalmente em bacias hidrográficas é enfatizado por diversos autores, Mark (1975), Wood (1996), Pike (2000), Florenzano, (2008), Valeriano (2008) e Munõz (2009). Nesse sentido, a partir de métodos automatizados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), busca-se realizar a parametrização ou a morfometria do relevo, que propõe identificar e representar quantitativamente as características morfológicas de uma bacia hidrográfica, assim obtendo como resultado o mapeamento desejado.

Compreende-se que a identificação das unidades geomorfológicas, se desenvolve e aplica-se principalmente nos estudos geomorfológicos com ênfase na quantificação da superfície terrestre. Na literatura, observa-se diversos métodos aplicados para delimitar formas do relevo, para este estudo aplica-se a utilização de árvore de decisão, que realiza automaticamente os modelados do relevo, em ambiente de SIG.

O mapeamento das unidades geomorfológicas, resultante da compilação de atributos morfométricos, extraídos de dados topográficos, é importante parâmetro de análise nas questões referentes ao planejamento ambiental. Essa metodologia de análise possibilita agilidade e aplicabilidade, expressando subsídios para implementação do ordenamento territorial em nível de bacia hidrográfica, evidenciando ainda a síntese do modelado do relevo em nível de formas de vertente.

Considera-se ainda, que a evolução das geoinformações aderem agilidade e precisão nas pesquisas geográficas, pois a evolução de técnicas computacionais e matemáticas permitem a modelagem de superfícies e com isso prever a ação de agentes atuantes na formação do relevo. Uma vez que os dados geográficos estão disponibilizados em diferentes formatos e possibilitam manipulação por diversos *softwares*, podem ser usados como importante ferramenta de análise em pequenas e médias escalas.

No entanto, torna-se pertinente a conferência dos dados levantados em laboratório, dessa forma, na busca de legitimidade ao processar os dados, busca-se realizar a conferência das unidades geomorfológicas observadas nos mapas, assim comparando com a realidade.

Justifica-se à pertinência do trabalho, devido à indisponibilidade de materiais cartográficos e análises de cunho geomorfológico sobre a área de estudo. Dessa forma o presente estudo, objetiva, utilizando técnica de classificação automatizada, identificar Unidades Geomorfológicas (UGs) homogêneas na Bacia Hidrográfica

(BH) do rio Henrique, que localizada na porção Norte do estado do Rio Grande do Sul, com emprego de três parâmetros morfométricos: declividade e plano da curvatura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para elaboração dos resultados utilizou-se Sistema de Informações Geográficas (SIG) aplicando procedimento técnicos relatados em Fitz (2008a, 2008b).

Como base para análise utilizou-se as informações disponíveis na Carta topográfica de Erechim de 1979 (SG.22-Y-D-IV-1) com escala de 1:50.000, essas bases de informação foram disponibilizadas digitalmente por Hasenack; Weber (2010). Após aquisição dos dados foi efetuado a transformação da projeção WGS 84 para SIRGAS 2000/UTM 22S no *software* ArcGIS® 10.4.

O procedimento realizado para geração do modelo digital do terreno foi realizado com os dados vetoriais, drenagem, curva de nível, pontos cotados e área da bacia hidrográfica (Figura 1). Utilizou-se o interpolador *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Interpolation* → *Topo to raster*, para chegar ao resultado final foi necessário editar o fluxo dos canais de drenagem, fazendo com que a direção de fluxo seja em direção da jusante das nascentes. Após criação do modelo foi necessário a aplicação a remoção dos pixels espúrios da matriz seguindo a sequência *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Hydrology* → *Fill* realizado no ArcGIS®.

A primeira análise morfométrica aplicada na área de estudo trata da hierarquia fluvial, consiste em um importante parâmetro morfométrico, estabelece o ordenamento no arranjo dos canais e atribui efeitos comparativos entre as sub-bacias representando numericamente pela magnitude (FLORENZANO, 2008);

Os parâmetros referentes ao mapa morfométrico são a declividade e o plano de curvatura. O primeiro consta da declividade, foram utilizadas três classes de declividade, abaixo de 5% entre 5% e 15% e acima de 15%. As áreas abaixo de 5% em muitos casos estão associadas à processo de agregação, por constituírem planícies ou terraços fluviais, também pode estar relacionada à topos de morros e morrotes, esses que sofrem por processos de denudação. À variação entre 5% - 15% apresenta-se sem restrições para uso agrícola e urbano, porém é à partir de 5% que começa à ocorrer processos erosivos. Conforme o IPT (1981) essa classe de declividade torna-se limite para o processo de mecanização agrícola ou em áreas urbanas a necessidade de cortes e aterros em obras de engenharia.

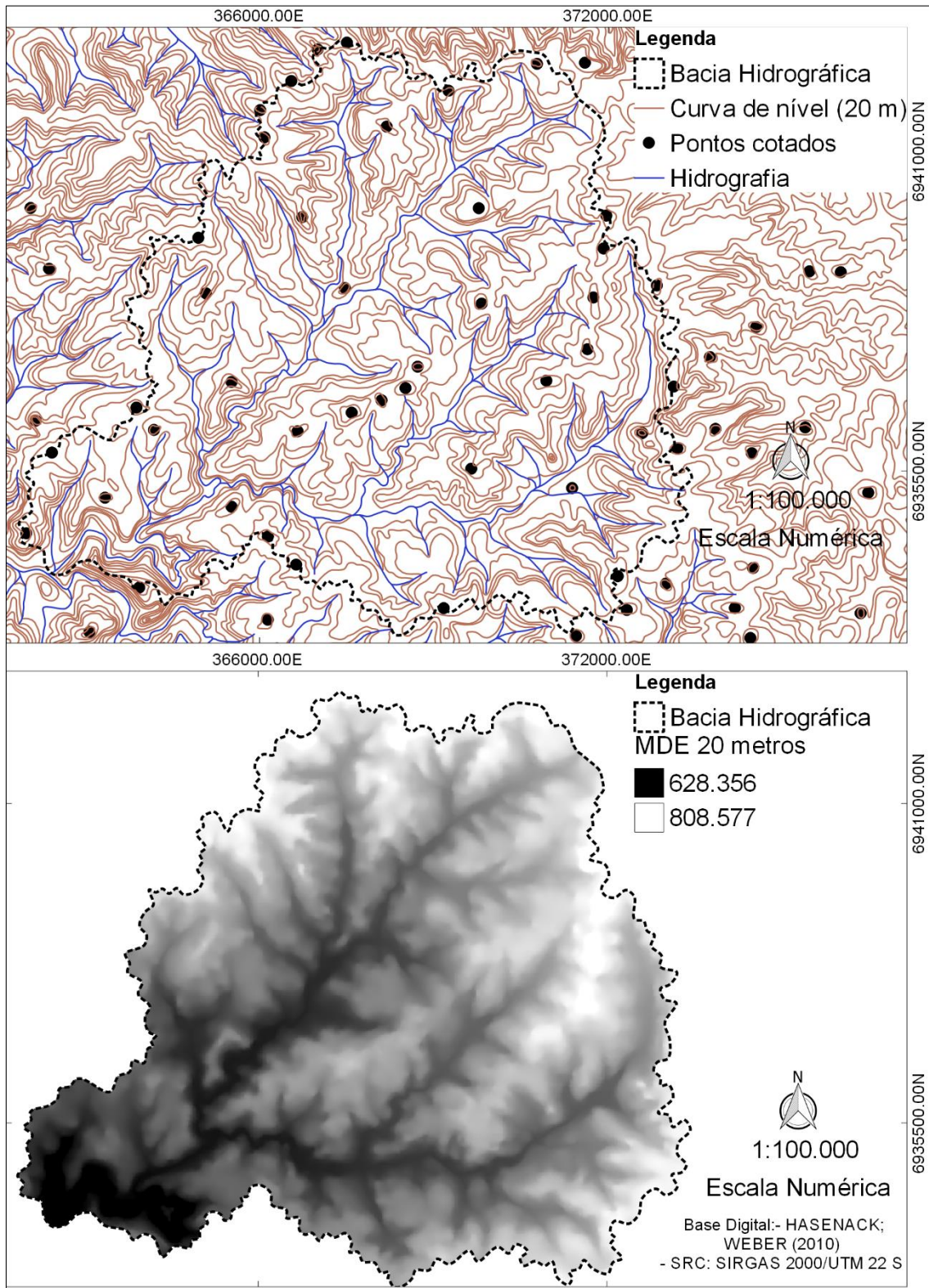


Figura 1. Interpolação dos dados vetoriais para matriciais

O segundo parâmetro utilizado é o plano de curvatura, definido por identificar características de concentração ou dispersão do fluxo da água superficial. A utilização do plano de curvatura expressa formas convergente, planar e divergente, porém essa classificação apresenta algumas discrepâncias, visto que a escolha dos parâmetros para estabelecer um plano de curvatura planar é atribuído de maneira diferenciada e depende das características da área, tornando por vezes muito subjetivo, visto que Valeriano e Carvalho Junior (2003) utilizam valores variando de -0,0380 a 0,0511, Silveira (2010) atribui valores correspondentes a -0,01 a 0,01, Vasconcelos et al (2012) aplicam os valores de -0,33333 a 0,33333.

Com relação ao plano de curvatura, pode-se destacar que ele é extremamente importante para o entendimento dos processos superficiais do relevo (CHAGAS, 2006; SIRTOLI et al, 2008), pois refere-se ao caráter convergente e divergente dos fluxos de matéria sobre o terreno, quando esse é analisado em uma projeção horizontal (VALERIANO; CARVALHO JUNIOR, 2003). O plano de curvatura, está relacionado com as variações dos gradientes de arqueamento, referindo-se a direção ortogonal da vertente, essa que se apresenta como curvatura da superfície perpendicular em relação a direção da inclinação (TRENTIN; ROBAINA, 2016).

Para análise do plano de curvatura optou-se em realizar uma combinação binária utilizando o 0 ou nulo como parâmetro de corte, apresentando formas convergente (positiva) e divergente (negativa), essa designação ocorre devido a raridade em encontrar na área de estudo vertentes com valores nulos, porém pode ser identificado valores em intervalo de tolerância na vizinhança (GUADAGNIN e TRENTIN, 2014; GUADAGNIN, TRENTIN e ALVES, 2015; TRENTIN et al, 2015; DIAS, TRENTIN e MARQUES, 2016; TRENTIN e ROBAINA, 2016; PRINA e TRENTIN, 2016).

Para gerar a declividade utilizou-se a sequência *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Surface* → *Slope* no software *ArcGIS®*. Este parâmetro representa a inclinação das vertentes que condiciona diretamente a relação entre escoamento e infiltração nas encostas.

O plano de curvatura é gerado nas ferramentas *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Surface* → *Curvature* no *ArcGIS®*.

Para criar as matrizes (mde e declividade) com as classes desejadas utilizou-se *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Reclass* → *Reclassify*, para melhor visualização das matrizes classificadas utilizou-se um filtro para agrupamento de quatro celular no algoritimo *ArcToolbox* → *Spatial Analyst Tools* → *Generalization* → *Majority filter*. Os resultados estão expostos na figura 2.

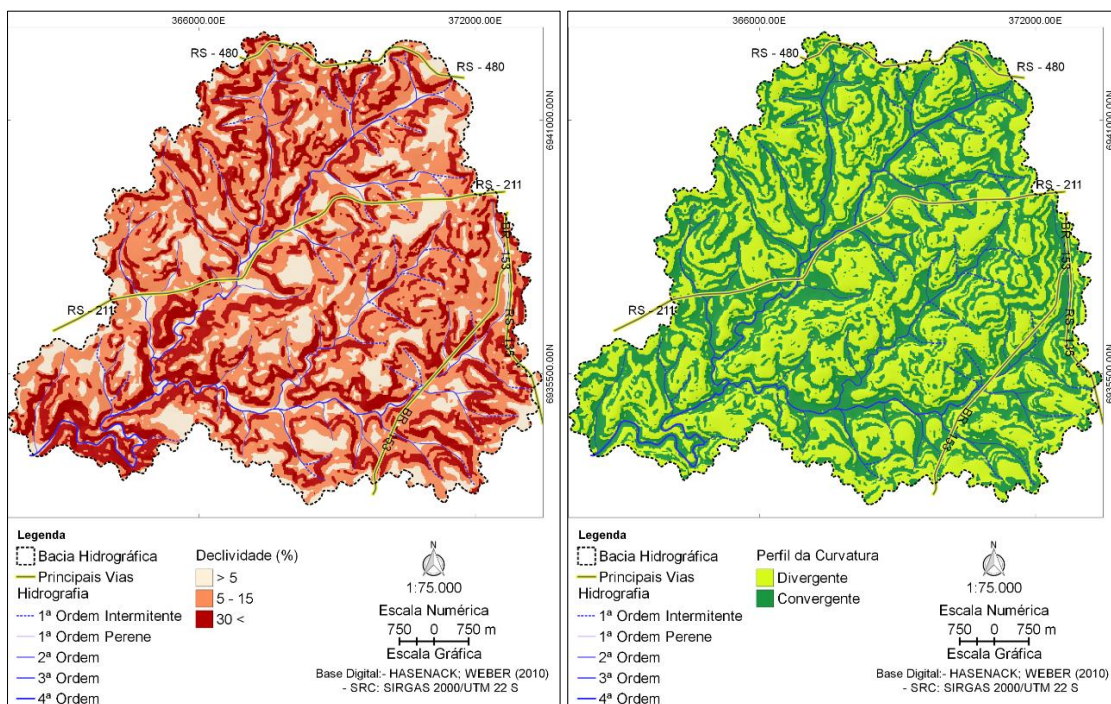


Figura 2. Declividade e Perfil de Curvatura

A partir da Figura 3 observa-se a espacialização dos parâmetros utilizados e a síntese do cruzamento para gerar as Unidades Geomorfométricas (UGs) a partir da combinação da árvore de decisão (GUADAGNIN e TRENTIN, 2014; GUADAGNIN, TRENTIN e ALVES, 2015; TRENTIN et al, 2015; DIAS, TRENTIN e MARQUES, 2016; TRENTIN e ROBAINA, 2016; PRINA e TRENTIN, 2016).

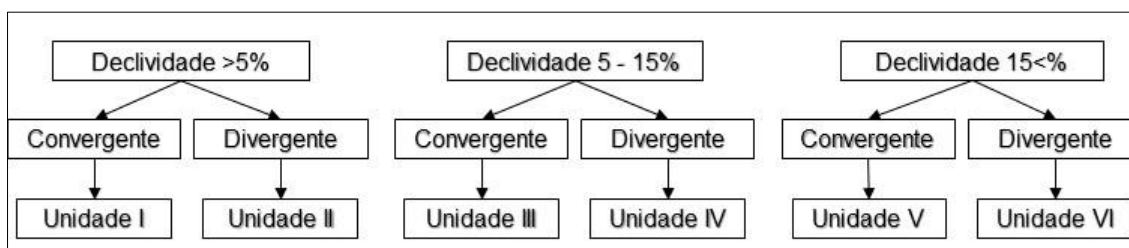


Figura 3. Árvore de decisão.

RESULTADO E DISCUSSÕES

A bacia hidrográfica do rio Henrique está localizada no norte do estado do Rio Grande do Sul, encontra-se no Comitê de Bacia Hidrográfica do Passo Fundo, compondo uma sub-bacia desse rio (Figura 5). A BH do rio Henrique possui área de aproximadamente 77,89 km².

A área em que está contida a bacia hidrográfica do Rio Henrique, chove aproximadamente 1700 – 1900 mm ao ano, os meses mais chuvosos ocorrem na

primavera com um volume de 175 – 215 mm. As altitudes elevadas do Planalto Basáltico associado ao sistema atmosférico favorecem no volume de precipitação. As formas do relevo dessa área contribuem para os elevados totais pluviométricos, visto que a posição em que se encontra o vale do rio Uruguai, localizado no norte do estado do RS, faz com que ocorra ascensão de ar nas direções de Santa Catarina (norte) e Rio Grande do Sul (sul) (ROSSATO, 2011).

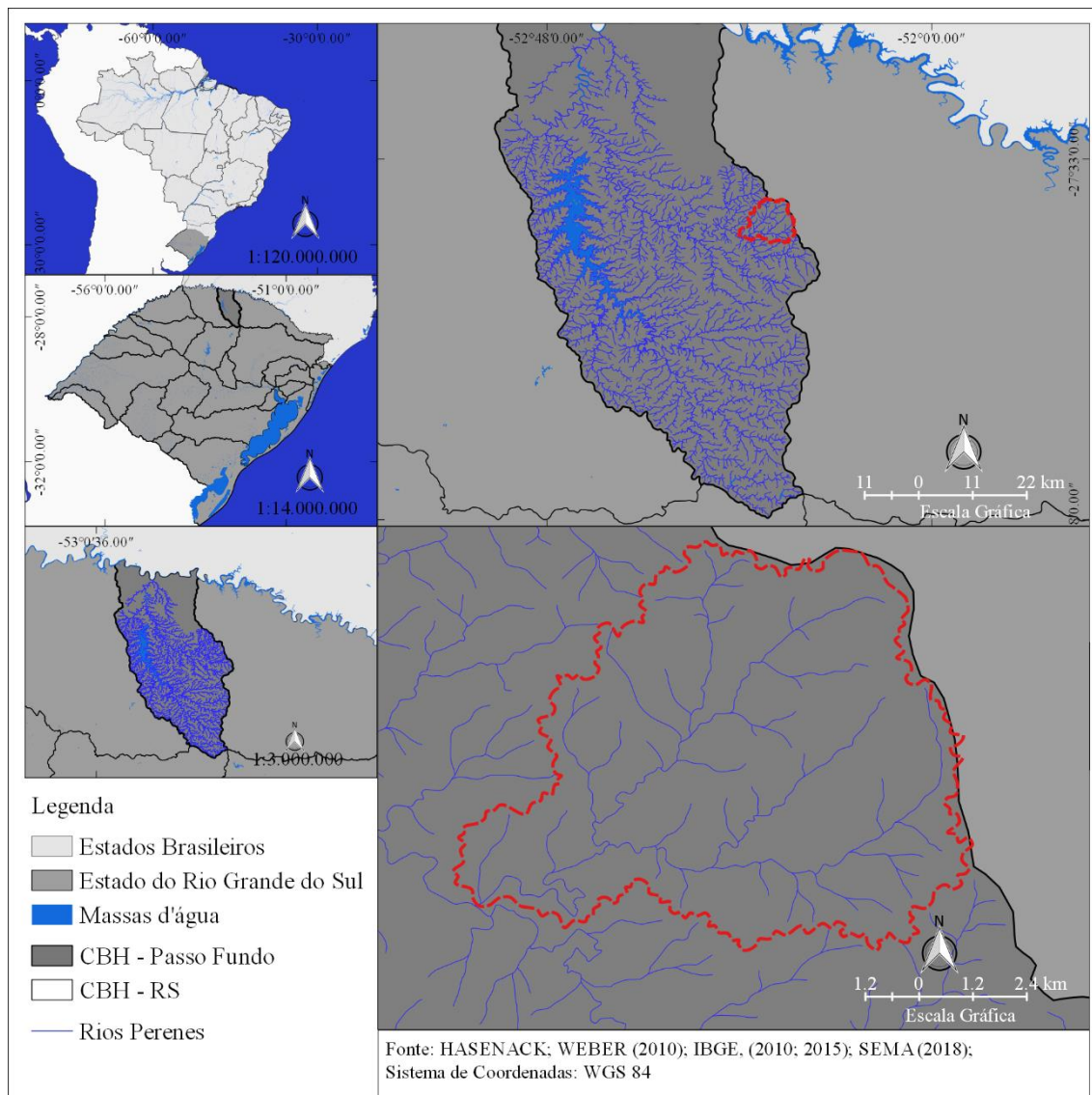


Figura 4. Localização da área de estudo

A litologia na maior porção da bacia, é da Formação Serra Geral representado pelo Fácies Paranapanema (K1 beta pr). A rede hidrográfica apresenta um padrão retangular, controlados por falhas e fraturas que se encontra associada as drenagens (CPRM, 2007). O solo Latossolo Vermelho Alumíniférico (LVaf) predominam na bacia, esse processo ocorre devido a disjunção vertical que favorecem o processo de infiltração de água. Próximo ao baixo curso da bacia encontra-se Nitossolo Vermelho

Eutroférico (N_{Vef}), que ocorrem devido a disjunção horizontal que não propicia a infiltração de água (IBGE, 2003).

Para representação das Unidades Geomorfométricas (UGs) estipuladas para área de estudo através da parametrização por árvore de decisão. As UGs I e II são as menos representativas na bacia hidrográfica (Figura 6).

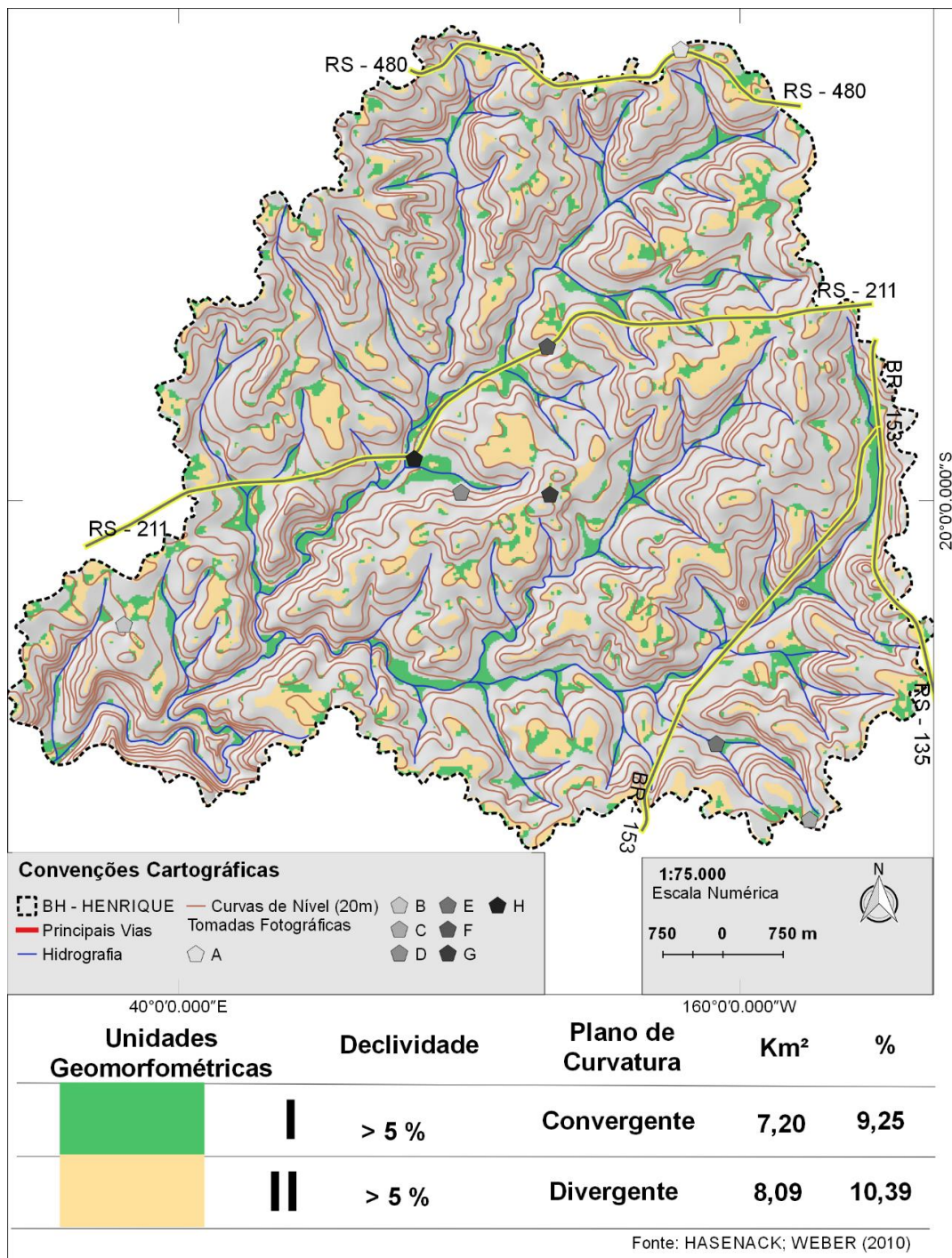


Figura 5. Unidades Geomorfométricas I e II

A UG I de caráter convergente, consta da menor porção morfométrica da área de estudo. Como característica principal, apresenta áreas em que ocorre à concentração de fluxo, predomina em locais de planícies e terraços fluviais, tendo como processo predominante o de agregação. Verifica-se que nessa porção à existência de material erodido das encostas. Porém essa UG também pode ser identificada em alguma área de topo, essas em pequenas porções, são áreas que foi identificado à presença de pequenos olhos d'água e concentração de fluxo em dias de grande precipitação.

A UG II de caráter divergente, possui como características processos de denudação e encontram-se principalmente nos topos dos morros e morrotes, essa unidade possui à segunda menor porção representada em área na bacia hidrográfica.

Na figura 6, em uma tomada fotográfica Sudeste pode-se observar a espacialização das UG I e II em uma área do alto curso da bacia hidrográfica no bairro Paiol Grande.



Figura 6. Tomada fotográfica A (SW)

A figura 7, apresenta área representada no baixo curso, essa área plana encontra-se em um topo de morro, apresenta como características as UGs I e II. A tomada fotográfica em direção Nordeste.



Figura 7. Tomada fotográfica B (NE)

As UGs III e IV (Figura 8), correspondem aos maiores percentuais de área na bacia hidrográfica.

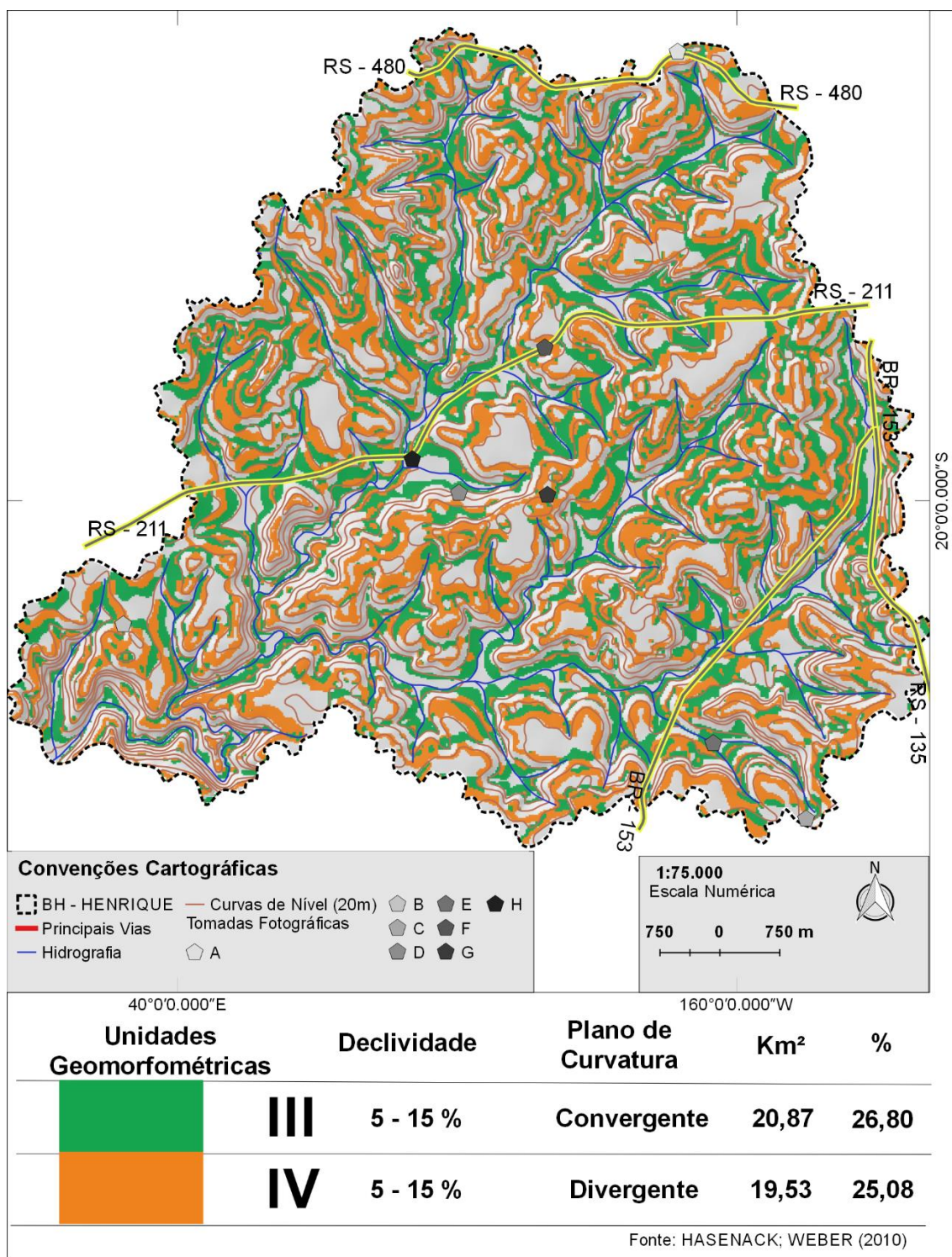


Figura 8. Unidades Geomorfométricas III e IV

A UG III, corresponde à maior porção em área, e podem estar associadas as encostas, próximos aos terraços fluviais ou ainda aos vales com dissecação acentuada, essa UG também se encontra sobre toda à área de estudo e corresponde à maior porção em área da bacia hidrográfica.

A UG IV representa porções da vertente, equivale às áreas de encostas que possuem padrões divergentes de fluxo, se espacializam sobre toda área da bacia, e corresponde à segunda maior porção em área sobre à bacia.

A figura 9 apresenta porção do alto curso, tomada fotográfica C, direção Nordeste, essa área apresenta-se como local de banhado e nascentes (UG I), em local com dissecação média, em detrimento de suas encostas verificar a existência das UGs III e IV na média encosta e a UG VI na alta encosta.

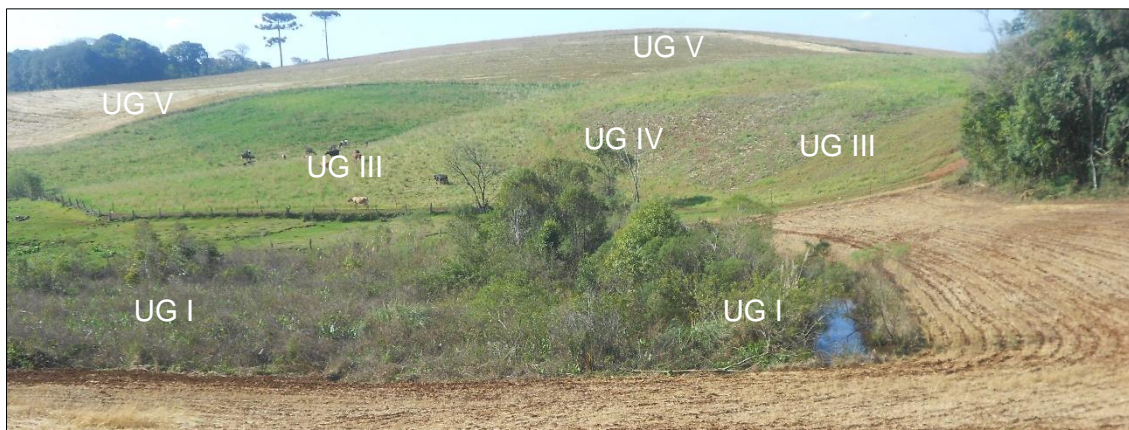


Figura 9. Tomada fotográfica C NE

A figura 10, tomada fotográfica D, apresenta área com vertentes convergente e localiza-se médio curso da bacia hidrográfica, da base da drenagem até meia encosta apresenta as UG I, III e V. O processo predominante dessas áreas verifica-se como terraços fluviais em que se acentua o fluxo convergente da média encosta, assim depositando material nessa área.



Figura 10. Tomada fotográfica D (NE)

A figura 11 apresenta as UGs V e VI, a UG V, apresenta áreas convergentes e corresponde a quarta maior porção em área na bacia hidrográfica, as áreas divergentes correspondendo a UG VI apresenta, terceira maior porcentagem em área, já. Essas UGs encontram-se nas encostas correspondente aos vales e áreas correspondente a média e alta encosta.

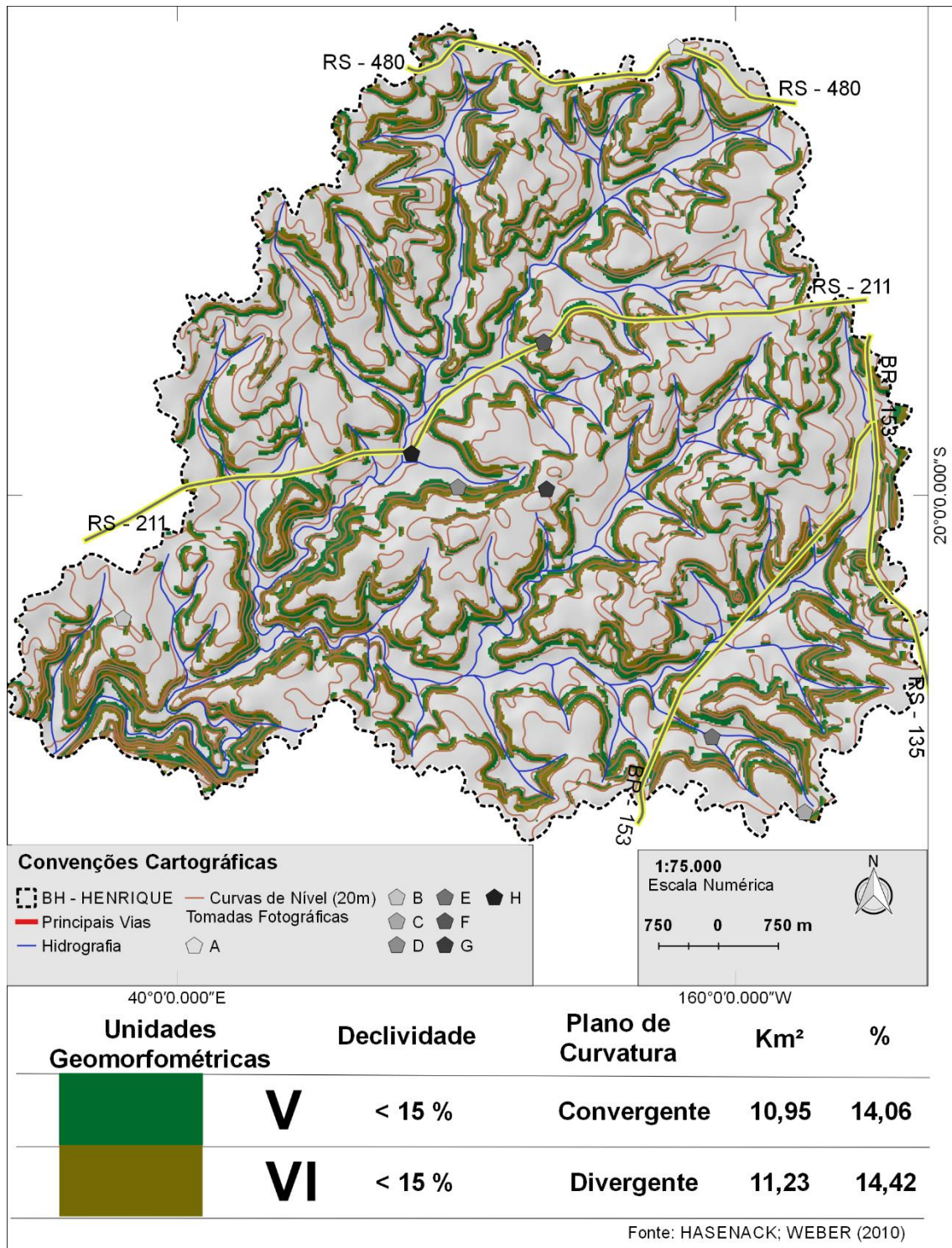


Figura 11. Unidades Geomorfométricas V e VI

A tomada fotográfica E, direção Nordeste (Figura 12), apresenta área em que um canal de 1º Ordem torna-se de segunda, e pode ser identificado a UG I na área de acúmulo de água, na baixa encosta pode ser identificado a UG III, na média encosta

identifica-se a UG V, na alta encosta predomina a UGs VI e V que apresentam fluxo difuso.

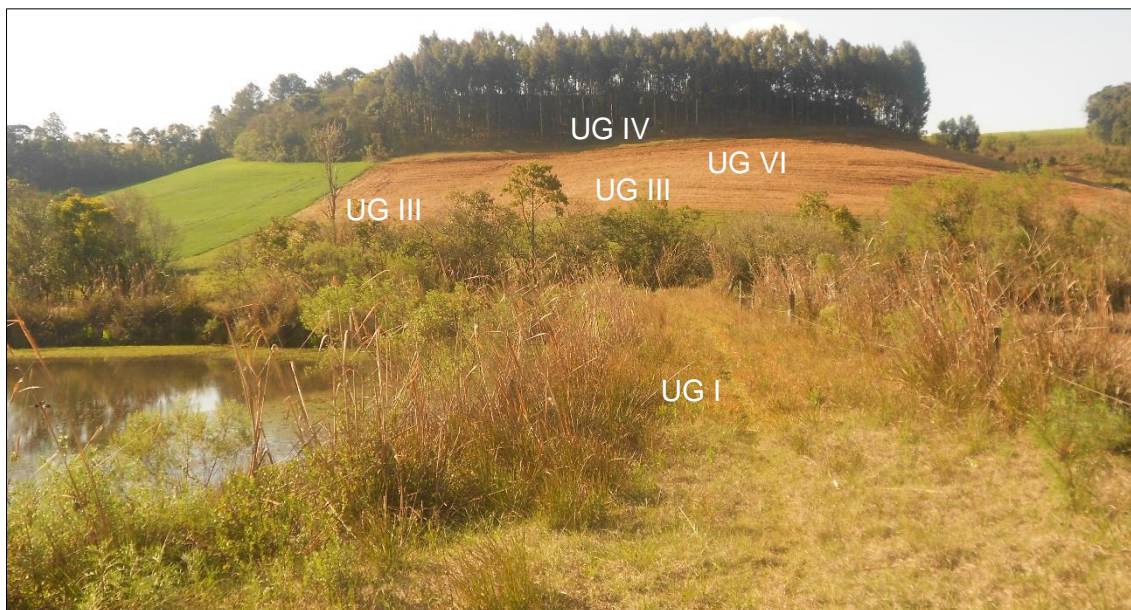


Figura 12. Tomada fotográfica E (NE)

A Sudoeste (Figura 13) do mesmo ponto, apresenta-se o divisor de águas da bacia do rio Henrique, e tem formação de massa d'água, que forma a partir de um canal de 1º Ordem. Pode-se identificar que na UG torna-se área úmida, em sequência a UG IV na base da encosta. Na média encosta observa-se a UG VII e na alta encosta a UG V.

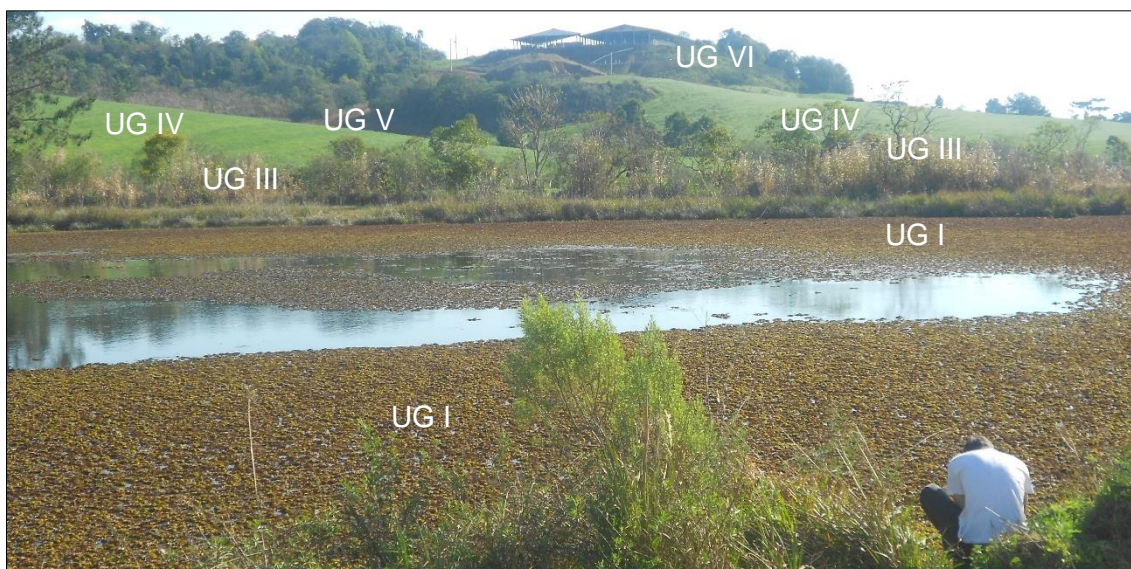


Figura 13. Tomada fotográfica E (SO)

A tomada fotográfica D, direção Sudoeste (Figura 14), apresenta encostas que representam a UG V com características convergentes, na baixa e meia vertente e alta vertente a UG VI de cunho divergente.

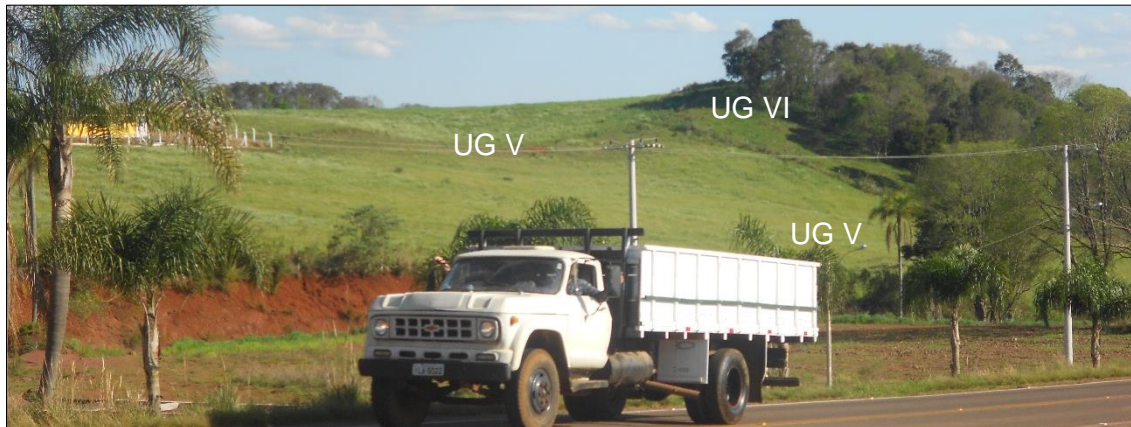


Figura 14. Tomada fotográfica F (SO)

A figura 15, apresenta tomada fotográfica G na direção Sudeste, representa todas as UGs, tendo que da base até a meia encosta visualiza-se as UGs de caráter convergentes (I, III, V), após essa altura da encosta apresenta-se as formas divergentes, principalmente a UG VI, na área de topo pode-se identificar a UG II.



Figura 15. Tomada fotográfica G (SE)

A tomada fotográfica H, direção Oeste (Figura 16), apresenta uma área do médio curso, porém no segundo plano pode-se observar um morrote isolado que se encontra no baixo curso.



Figura 16. Tomada fotográfica H (O)

Essa área apresenta a UG I as áreas planas convergentes, a UG III representa um vale com dissecação média, onde encontra-se o talvegue, na sequencia observa-se presença da UG II de caráter divergente, novamente observa-se a presença da UG I. No segundo plano da figura 16, observa-se o morrote isolado que caracteriza-se pela UG V em sua base e UG VI na média e alta encosta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que a partir da aplicação da metodologia que utiliza árvore de decisão adequa-se completamente para identificação de unidades geomorfológica, e torna-se aplicável para estudos em bacias hidrográficas. Compreende-se que esse estudo, torna-se uma primeira etapa para o planejamento ambiental, pois mapeamento geomorfológico aliado ao trabalho de campo, torna-se uma metodologia que permite agilidade e identificação dos processos superficiais.

REFERÊNCIAS

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. T. (Org.). *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004, p. 153-192.

BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. T. (ORG.). *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 71-115.

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. (Org.). *Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações*. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015, p. 270-300.

CHAGAS, C. S. *Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de mar de morros*. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2006. 286p.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. de. S. O uso da terra e a dinâmica hidrológica comportamento hidrológico e erosivo de bacias de drenagem. In: SANTOS, R. F. dos (Org.). *Vulnerabilidade ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. p.65-73.

COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS. *Gravataí – SH,22-X-C-V, escala 1:100.000: nota explicativa*. Porto Alegre: UFRGS/CPRM, 2007.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA; A. J. T.; CUNHA; S. B (Org.). *Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994, p. 211-252.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B (Org.). *Geomorfologia e Meio Ambiente*. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012, p. 337-379.

DIAS, D. F.; TRENTIN, R.; MARQUES, R. D. Utilização de parâmetros geomorfométricos para a classificação do relevo do município de Mata – RS. *Revista GEOgrafias*, Belo Horizonte, v.12, n.1, p. 90-101, 2016.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. *ArcGIS® 10.1 License Manager and Installation*. Disponível em:
<<http://desktop.arcgis.com/en/desktop/latest/get-started/license-manager-guide/license-manager-installation-and-startup.htm/>>. Acesso em: 10 mar. 2016

FITZ, P. R. *Cartografia básica*. São Paulo: Oficina de textos, 2008a.

FITZ, P. R. *Geoprocessamento sem complicação*. São Paulo: Oficina de textos, 2008b.

FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p.11 - 30.

GUADAGNIN, P M A; TRENTIN, R. Compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do Arroio Caverá - RS. *Geo UERJ*, v. 16, n. 25, p.183-199, 2014.

GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R.; ALVES, F. S. Relação entre as Variáveis Geomorfométricas e a Vegetação Florestal na Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá-Oeste do RS. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 29, p. 246-261, 2015.

GUERRA, A. J. T; MARÇAL, M dos. S. *Geomorfologia Ambiental*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

HASENACK, H.; WEBER, E (ORG.). *Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul*. Série Geoprocessamento, Porto Alegre: Centro de Ecologia da UFRGS, 2010. 1 DVD.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Manual técnico de geomorfologia*. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapeamento Pedológico*. 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2003.

MARK, D. M. Geomorphometric parameters: a review and evaluation. *Geografiska Annaler*. Series A, Physical Geography, v. 57, n. 3-4, p.165-177, 1975.

MENDONÇA, F. A. Diagnóstico e análise ambiental de microbacia hidrográfica: Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. *RA' EGA*, v. 3, p. 67-90, 2000.

MUÑOZ, V. A. *Análise geomorfométrica de dados SRTM aplicada ao estudo das relações solo-relevo*. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009. 112p.

PIKE, R. J. Geomorphometry diversity in quantitative surface analysis. *Progress in Physical Geography*, v. 24, n. 1, p. 1-20, 2000.

PRINA, B. Z; TRENTIN, R. Caracterização detalhada das unidades de relevo do município de Jaguari (RS)/Brasil. *Caderno de Geografia*, v. 26, n. 46, p. 404-426, 2016. DOI: 10.5752/p.2318-2962.

ROSSATO, M. S. *Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologias*. Tese (Tese em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. de S. Classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. *Mercator*, v. 15, n. 3, p. 53-66, 2016.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Itú/RS. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, n. 2, p. 219-237, 2015.

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*. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 153p.

SIRTOLI, A. E. et al. Parâmetros do relevo derivados do modelo digital de elevação e suas relações com solos. *Scientia Agraria*, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 317-329, 2008.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T. G (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p.72-104.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JUNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 4, n. 1, p. 17-29, 2003.

VASCONCELOS, V.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. Sistema de classificação geomorfométrica baseado em uma arquitetura sequencial em duas etapas: árvore de decisão e classificador espectral, no Parque Nacional Serra da Canastra. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.13, n. 2, p. 171-186, 2012.

VIEIRA, V. T; CUNHA, S. B. Mudanças na Rede de Drenagem Urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S.B (Org.). *Impactos Urbanos no Brasil*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil., 2005, p. 111-145.

WOOD, J. *The geomorphological characterisation of digital elevation models*. PhD Thesis (Doctorate in Geography), University of Leicester, Leicester, 1996. 238p.

Recebido em 02/10/2018
Aceito em 30/11/2018