



## ANÁLISE DA PAISAGEM APLICADA A BACIA DO RIO GURUPI PA/MA

*Isabela Farias Lima<sup>1</sup> & Tatiana Chagas Prata<sup>2</sup> & Aline Maria Meiguins de Lima\*<sup>3</sup>*

**Resumo** – A avaliação do potencial hídrico da bacia hidrográfica do rio Gurupi teve por objetivo identificar as áreas de maior pressão pela associação do comportamento a precipitação pluviométrica e das vazões, com suas unidades de relevo. O rio Gurupi é formado pela confluência dos rios Itinga e Açailândia, drena em direção ao oceano Atlântico, tendo influência de maré. A metodologia adotou a caracterização da distribuição das chuvas e regionalização do comportamento das vazões, testando o método de razão de área de drenagem e a avaliação do potencial de reversão da chuva em vazão a partir da análise de regressão. O trimestre junho-julho-agosto (JJA) é período mais seco (25-135 mm). As sub-bacias que apresentam maior probabilidade de variação do seu regime com a distribuição das chuvas x vazão são as dos rios Açailândia, Itinga e Gurupizino, tornando as cidades de São Francisco do Brejão, Açailândia, Itinga do Maranhão, Dom Eliseu e Ulianópolis as mais vulneráveis durante o trimestre menos chuvoso da região (JJA). As unidades de relevo componentes das cabeceiras e médio curso são as que apresentam maior potencial erosivo e as formadoras da foz, o de acumulação e retrabalhamento pela ação integrada da dinâmica fluvial e marinha.

**Palavras-Chave** – Região Hidrográfica, hidrogemorfologia, vazões.

## LANDSCAPE EVALUATION APPLIED TO THE GURUPI RIVER BASIN PA/MA

**Abstract** – The hydric potential of the Gurupi River basin aimed to identify the areas of higher pressure by the association between rainfall and streamflow behavior, with the relief units components. The Gurupi River starts by the confluence of Itinga and Açailândia rivers, drains into the Atlantic Ocean, having influences tide. The method characterized the distribution of rainfall and the streamflow regionalization, testing the drainage-area ratio method and the evaluation of the reversal rain potential in to streamflow, using the regression analysis. The June-July-August (JJA) is drier period of BHRG (25-135 mm). The sub-basins more vulnerable are the Açailândia, Itinga and Gurupizino (cities of São Francisco do Brejão, Açailândia, Itinga do Maranhão, Dom Eliseu and Ulianópolis) during the less rainy quarter (JJA). The high and middle course present the greater erosive potential, according its relief units components. The accumulation and relief reworking are potential in the lower course by the integrated action between river and marine dynamics.

**Keywords** – Hydrographic Region, hydrogeomorphology, flow rates.

## INTRODUÇÃO

A dinâmica de uso e ocupação do solo no estado do Pará segue a tendência observada para a região Amazônica, onde as áreas de maior vulnerabilidade ambiental (ecológica ou hidrológica) não representam limites para evolução deste processo (Carvalho *et al.*, 2002; Becker, 2005; Ros-Tonen, 2007); ficando sob a responsabilidade das unidades de conservação a proteção destes espaços (Abell *et al.*, 2007).

<sup>1</sup> Faculdade de Geologia. Universidade Federal do Pará. isabelafariaslima@gmail.com.

<sup>2</sup> Faculdade de Geologia. Universidade Federal do Pará. tatianaprata06@gmail.com.

\* Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Pará. ameiguins@ufpa.br.



A distribuição da precipitação pluviométrica, associada a densidade de drenagem observadas na região garantem uma “segurança” hídrica (Limberger e Silva, 2012), que favorece os baixos investimentos em monitoramento hidrometeorológico e hidrológico. Por consequência, são necessários instrumentos complementares para que sejam avaliadas as formas de pressão existentes e suas consequências sobre os sistemas de recargas naturais (Akkala *et al.*, 2010; Coe *et al.*, 2011).

Os mecanismos de avaliação da oferta hídrica podem ser caracterizados a partir das componentes (Collischonn e Tucci, 2001): vazão (águas superficiais), precipitação pluviométrica e potencial hidrogeológico (águas subterrâneas). De forma geral, as bacias hidrográficas amazônicas são monitoradas por postos fluviométricos, com uma distribuição insuficiente para suas dimensões; e as estações pluviométricas são irregularmente distribuídas com muitas falhas de medição, necessitando da complementação das informações via satélite (Belz e Engel, 2003).

A demanda hídrica depende de informações institucionais, sobre o quanto cada categoria de usuário de água (doméstico, industrial, agropecuário) utiliza, considerando inclusive as taxas de desperdício (perdas) associadas (Brasil, 2007). Os estados da região como um todo, estão ainda em um processo de construção de seus sistemas de gestão de recursos hídricos, logo, tais informações são na sua maioria subestimadas, pela falta ou insuficiência de mecanismos aferição.

As bacias que caracterizam o nordeste do estado do Pará, compõem a denominada Região Hidrográfica Costa Atlântica Nordeste (Resolução n. 04/2008 CERH). É composta pelas bacias que drenam em direção ao Atlântico (Sub Região da Costa Atlântica), pela bacia do rio Gurupi e pela bacia do rio Guamá (com seus afluentes – Moju, Acará e Capim). Com 138.830,38 km<sup>2</sup>, destes 87,6% no estado do Pará (11% do território), abrangendo 67 municípios, incluindo 59 sedes municipais. No estado do Maranhão (12,4% da área da região hidrográfica) recobre 19 municípios e contém 6 sedes municipais. Trata-se da área de maior dinâmica socioeconômica do estado do Pará, representado a principal fronteira com o estado do Maranhão.

A forte vocação hídrica da região nordeste do estado do Pará e sua relação com as atividades produtivas e de ocupação territorial, indicam que a base do planejamento deve estar associada ao melhor entendimento do comportamento dos sistemas hidrológicos locais que permitam mecanismos de avaliação qualitativos que adéquem a espacialização das informações a percepção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento do território e limítrofe para o zoneamento ecológico voltado à manutenção dos ecossistemas amazônica. As bacias hidrográficas como unidade de planejamento são abordadas na pesquisa científica para melhor adequar o proposto na legislação de recursos hídricos com o já discutido no processo de estudo da dinâmica de uso e ocupação do território contemplando os limites político administrativos (Porto e Porto, 2008).

Tendo como unidade de paisagem as bacias hidrográficas do nordeste do estado do Pará, observa-se que os problemas associados ao uso inadequado do solo podem ser ordenados em três categorias (Frank *et al.*, 2000): degradação dos solos, devido ao uso com finalidades que extrapolam a capacidade de sustentação do sistema, sobretudo nas áreas de intensa atividade agrícola; degradação dos cursos d'água, devido ao uso inadequado das áreas marginais e das planícies de inundação, a intervenções com obras de engenharia insuficientemente estudadas e a contaminação com dejetos gerando problemas de saúde pública; e degradação das florestas, devido à exploração não-sustentável da vegetação primária e secundária. Disto, advém a necessidade de avaliar as características que influenciam da disponibilidade hídrica de suas bacias, considerando a adoção de indicadores que associem as informações fornecidas pelas estações pluvio e fluviométricas, e as unidades de relevo componentes, tendo como área de estudo a bacia do rio Gurupí localizada na divisa entre os estados do Pará e Maranhão.

## MATERIAIS E MÉTODO

A metodologia adotou a caracterização da distribuição das chuvas (média do acumulado anual do período - estações da Agência Nacional de Águas/ANA, 1985 até 2014) (Figura 1), associadas as informações do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission, 1998 até 2014) e aos dados mensais do GPCC (Global Precipitation Climatology Center, 1981 até 2010).

Na proposição de regionalização das vazões (estações/ANA Fazenda Rural Zebu, de 1996 a 2015 e Cafezal, de 1996 a 2012) foram utilizados dois métodos: o método de razão de área de drenagem proposto por Stedinger et al (1992), onde foram utilizadas também as estações do rio Caeté - Nova Mocajuba e rio Piriá - Tararua-Ponte, localizadas na mesma região hidrográfica e que drenam em direção ao oceano Atlântico. E a avaliação do potencial de reversão da chuva em vazão, adotando-se como critério a regressão linear (Naghetini e Pinto, 2007).

Na definição das unidades de relevo foram utilizados os modelos digitais de elevação (DEM) SRTM com Resolução Espacial de 30 metros. A metodologia de classificação de terrenos baseia-se na obtenção de atributos de formas de terrenos (geofomas), que caracterizam unidades de mapeamento de terrenos ou simplesmente Unidades de Terreno (UT); estas compõem uma associação natural em termos de geologia, geomorfologia e distribuição de solos. Correspondem a classificações paramétricas ou geomorfométricas, que contém algumas variáveis ou atributos tais como: amplitude de relevo, micro-relevo, declividade das encostas, classes de vertentes e padrão de geofoma (PETAN *et al.*, 2010).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do rio Gurupí (BHRG) localiza-se na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, nos estados do: Maranhão (70%) e Pará (30%) (Figura 1). Abrange as sedes municipais de: PA - Paragominas, Ulianópolis e Dom Eliseu; MA - São Francisco do Brejão, Açailândia, Itinga do Maranhão, Centro Novo do Maranhão, Junco do Maranhão, Boa Vista do Gurupi e Carutapera. O clima (Köppen) é tropical (Aw); com temperaturas média mínima de 22°C e máxima de 30°C; período chuvoso de janeiro a junho e outro seco de julho a dezembro.

A montante da bacia o relevo é constituído pelas morfoesculturas do Oeste Maranhense, e a jusante tem-se o predomínio das baixas altitudes, com cerca de 90% de sua superfície abaixo de 300 m. A rede de drenagem (5ª ordem - Strahler) é principalmente N-S (canal principal) e E-W (variações para NE-SW e NW-SE); com padrão treliça/angular, localmente paralelo; e maior densidade na porção ocidental. O rio Gurupi (35.057,96 km<sup>2</sup>) é formado pela confluência dos rios Itinga (1.950,80 km<sup>2</sup>) e Açailândia (3.225,54 km<sup>2</sup>), apresentando cerca de 719 km de extensão; drena em direção ao oceano Atlântico, tendo influência de maré.

Na bacia do rio Gurupí o trimestre junho-julho-agosto (JJA) é período mais seco (25-135 mm), abrangendo mais de 50% da bacia (Paragominas, Ulianópolis, Dom Eliseu, São Francisco do Brejão, Açailândia e Itinga do Maranhão); tendo melhores índices apenas as cidades próximas a foz (Vizeu, Boa Vista do Gurupi, Carutapera, Junco do Maranhão e Centro Novo do Maranhão) (Figura 2).

As vazões (média mensal do período) são de: 121 m<sup>3</sup>/s (Fazenda Rural Zebu, no rio Gurupi, médio curso) e 69 m<sup>3</sup>/s (Cafezal, sub-bacia do rio Uraim, 4ª Ordem, baixo curso). A regionalização obtida (R<sup>2</sup> = 0,92), tendo como base a equação fornecida pela relação chuva x vazão (incluindo as duas bacias que drenam em direção ao Atlântico (rio Caeté e Piriá), indicaram para as sub-bacias de alto curso dos rios: Açailândia (3.225,54 km<sup>2</sup>), 3ª Ordem, 62 m<sup>3</sup>/s e Itinga (1.950,80 km<sup>2</sup>), 3ª Ordem,

56 m³/s; de médio curso dos rios - Gurupizinho (2.586,15 km²), 4ª Ordem, 59 m³/s e Piriá (2.095,79 km²), 3ª Ordem, 55m³/s; e de baixo curso do rio Coraci Paraná (1.726,25 km²), 3ª Ordem, 55 m³/s.

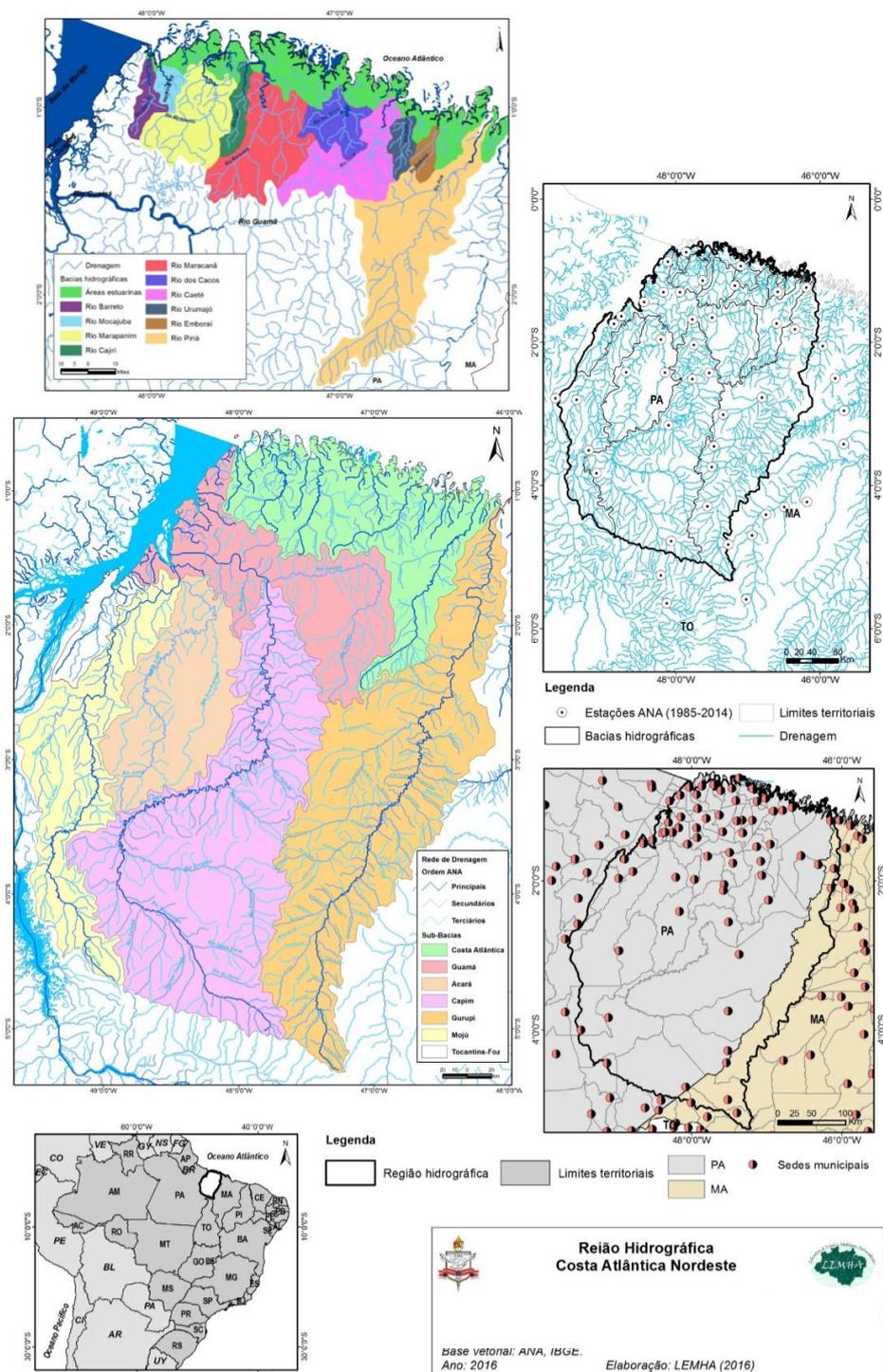


Figura 1 - Região Costa Atlântica Nordeste.

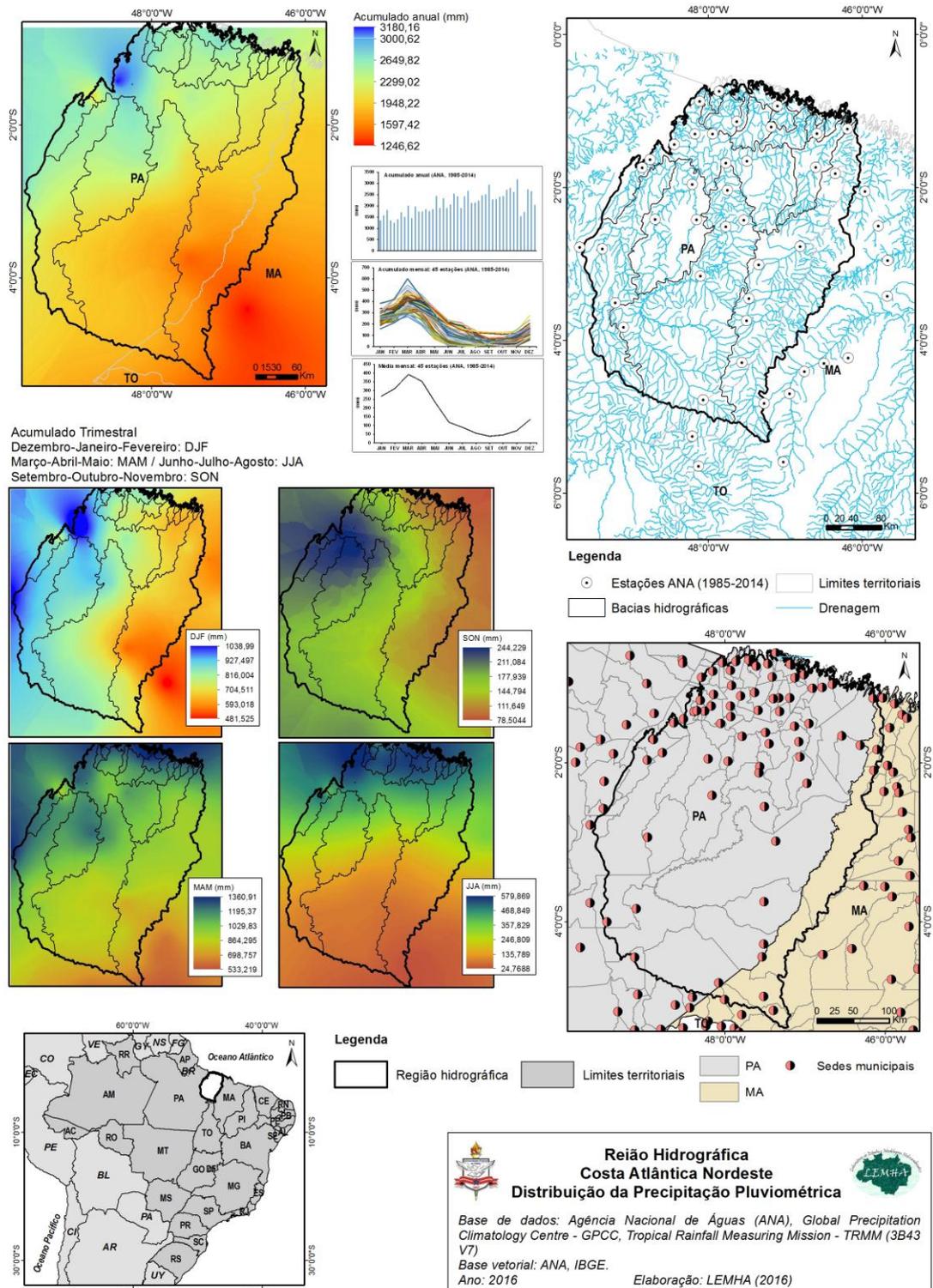


Figura 2 - Região Costa Atlântica Nordeste – distribuição da precipitação pluviométrica.

Os resultados obtidos para a relação vazão x área drenada, não foram consistentes, uma vez que na bacia só existem dois postos fluviométricos com dados de vazão. Samuel *et al.* (2011) indicam que a aplicação de métodos de regionalização de vazões deve ser uma alternativa técnica para minimizar a carência de informações hidrológicas em locais com pouca ou nenhuma disponibilidade de dados. A alternativa adotada para a bacia do rio Gurupi, apesar de limitada, forneceu indicativos de comportamento que podem ser a posterior avaliados por outros métodos. Assani *et al.* (2011) também avaliaram a transferência espacial de informações dentro de uma área de comportamento hidrológico e Mamum *et al.* (2010) optaram pela regressão multivariada na regionalização de vazões mínimas.

O hidrograma unitário (estação Fazenda Rural Zebu) indica o máximo das chuvas em março e das vazões em abril; e mínimo das chuvas em outubro e das vazões em novembro; logo, uma defasagem de 1 mês na relação chuvas-vazão. As sub-bacias que apresentam maior probabilidade de variação do seu regime com a distribuição das chuvas são as dos rios Açailândia, Itinga e Gurupizinho; tornando as cidades de São Francisco do Brejão, Açailândia, Itinga do Maranhão, Dom Eliseu e Ulianópolis as mais vulneráveis durante o trimestre menos chuvoso da região (JJA).

Na Figura 3 são ilustradas as unidades de relevo componentes da bacia do rio Gurupi. Em relação ao potencial hidrológico destas, destacam-se:

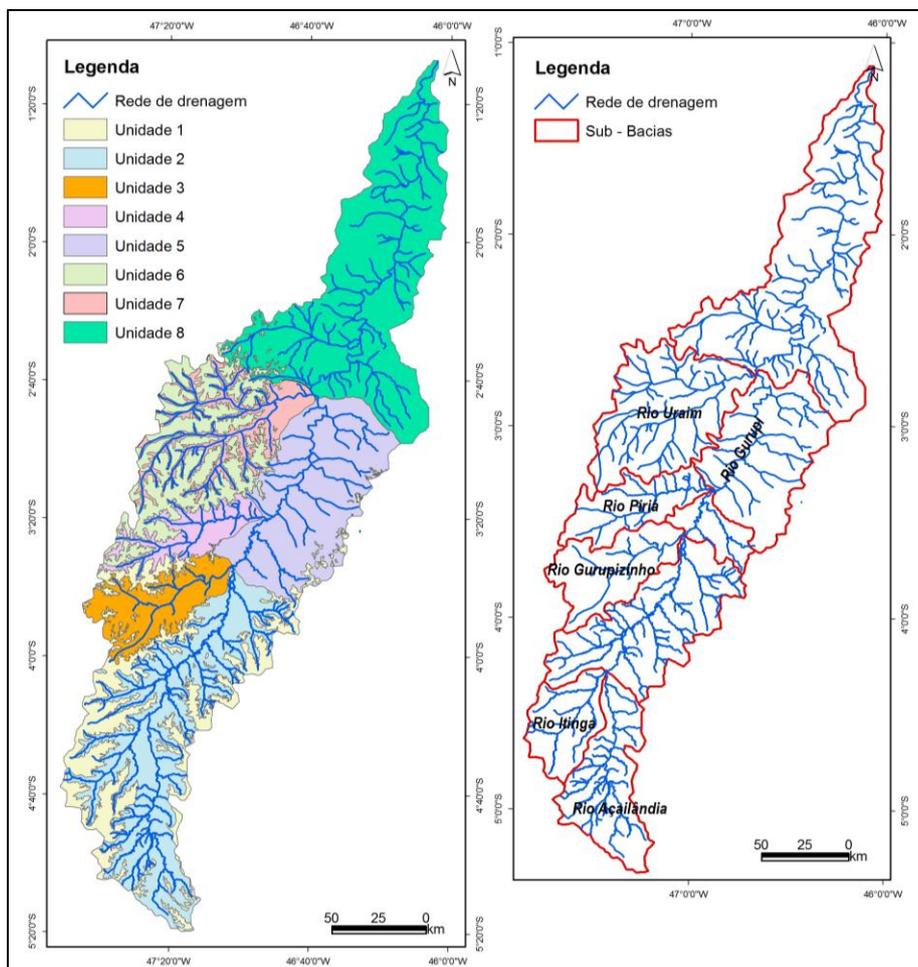


Figura 3 - Unidades de relevo da bacia do rio Gurupi.

a) Área de maior efeito da variação entre o período chuvoso e menos chuvoso, onde destacam-se as sub-bacias de cabeceira. O controle estrutural da rede de drenagem favorece as condições de escoamento. Sistema hidrogeomorfológico principal - dissecação pelo efeito da drenagem pluvial.

- Unidade 1: relevo levemente ondulado, em regiões de alta atitude, constituído por topos tabulares delimitados por escarpas. Próximo a nascente há morros residuais alongada de topos tabulares a angulosos.

- Unidade 2: relevo ondulado formado por vales abertos, com fundo em forma de “V”, com vertentes côncavas de altas declividades. Com forte aprofundamento das incisões próximo a nascente e com incisões mais suaves ao afastar-se desta.

- Unidade 5: relevo de superfície aplainada, suavemente ondulado, constituída por vale aberto de vertentes côncavas, com presença de morros residuais de topo anguloso de vertentes retilíneas de declividade alta a média e grau de aprofundamento das incisões fraco.

b) Área onde a transição entre o período chuvoso e menos chuvoso ocorre de forma mais intensa nos trimestres DJF e JJA, onde destacam-se as sub-bacias de médio curso. Sistema hidrogeomorfológico principal - dissecação pelo efeito da drenagem pluvial.

- Unidade 3: relevo suavemente ondulado formado por vale aberto de vertentes predominantemente retilíneas de declividade alta a oeste e vertentes côncavas de declividade moderada a leste. O grau de aprofundamento de incisões é fraco a médio.

- Unidade 4: relevo suavemente ondulado, constitui por vales abertos de vertentes côncavas de declividade média e localmente vertentes retilíneas de alta declividade com aprofundamento das incisões fraco.

- Unidade 6: relevo levemente ondulado, constituído de topos tabulares delimitados por escarpas na porção leste da unidade e topos tendendo a arredondados delimitados por vertentes de menor declividade na porção oeste.

- Unidade 7: relevo suavemente ondulado, constituído por vales abertos com vertentes côncavo-retilíneas e convexo-retilíneas variando de declividades altas a moderadas e aprofundamento das incisões fracas a médias.

c) Área de menor efeito da variação entre o período chuvoso e menos chuvoso, onde destacam-se as sub-bacias de foz. Nesta região ocorre efeito de maré. Sistema hidrogeomorfológico principal – acumulação sedimentar e retrabalhamento pela ação dos sistemas fluvial e marinho.

- Unidade 8: relevo ondulado, caracterizado por um vale aberto, associado à drenagem meandrante, com morros residuais angulosos a arredondados com vertentes retilíneas de alta declividade, localmente apresenta morros residuais de crista alongada com orientação NW-SE, os quais não apresentam influência sobre a drenagem.

## CONCLUSÕES

A realização de estudos hidrológicos dá suporte na compressão do comportamento do funcionamento do balanço hídrico e seus reflexos advindos das mudanças do uso da terra sobre a quantidade e qualidade da água. A bacia hidrográfica como unidade de gestão é associada diretamente a sua capacidade de produção de água.

Os resultados obtidos para a bacia do rio Gurupi ilustram a necessidade de fomento em estudos hidrológicos para a região. A distribuição da precipitação pluviométrica, indica que a capacidade de recarga, se dependente desta é alta, porém a dificuldade de se estabelecer esta relação com as vazões

existentes, compromete uma aplicação mais direta. As vazões estimadas foram atreladas a séries históricas de curto período e regionalizadas para as demais sub-bacias componentes.

As unidades de relevo componentes retratam a relação entre os sistemas hídricos atuantes e o potencial erosivo/deposicional da bacia. De forma geral, a compreensão do conjunto de processos físicos que ocorrem na bacia é necessária para o correto dimensionamento da sustentabilidade local, sendo um fator limitante para a aplicação de métodos de regionalização da relação chuva vazão e de sua aplicabilidade a outras regiões.

## REFERÊNCIAS

- ABELL, R.; ALLAN, J.D.; LEHNER, B. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. *Biological Conservation*, v.134, p.48-63, 2007.
- AKKALA, A.; DEVABHAKTUNI, V.; KUMAR, A. Interpolation techniques and associated software for environmental data. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, v. 29, p.134- 141, 2010.
- ASSANI, A. A.; CHALIFOUR, A.; LÉGARÉ, G.; MANOUANE, C.; LEROUX, D. Temporal regionalization of 7-day low flows in the St. Laurence watershed in Quebec (Canada). *Water Resources Management*, v. 25, p. 3559-3574, 2011.
- BECKER, B. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados*, v. 19, n. 53, 2005.
- BELZ, J.; ENGEL, H. Optimization of surface water observation networks. *International workshop on hydrological networks for integrated and sustainable water resources management*, Koblenz, Alemanha, 2003, p. 115-122.
- BRASIL. *Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil*. Brasília: ANA, 2007, 125 p.
- CARVALHO, G. O. et al. Frontier expansion in the Amazon. Balancing development and sustainability. *Environment*, v. 44, n. 3, p. 34-46, 2002.
- COE, M. T.; LATRUBESSE, E. M.; FERREIRA, M. E.; AMSLER, M. L. The effects of deforestation and climate variability on the streamflow of the Araguaia River, Brazil. *Biogeochemistry*, p. 1-13, 2011.
- COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação hidrológica de grandes bacias. *R. Bras. de Recursos Hídricos*, v. 6, p. 95-118, 2001.
- FRANK, B.; PINHEIRO, A.; BOHN, N. Relações entre a gestão de recursos hídricos e uso do solo: o caso da bacia do Rio Itajaí – SC. In: MUÑOZ, H. R. *Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997*. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2000. 421p.
- LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação e vazão mensal na Amazônia. *Revista GEONORTE*, v. 1, n. 5, p. 719-728, 2012.
- MAMUM, A. A.; HASHIM, A.; DAOUD, J. I. Regionalisation of low flow frequency curves for the Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology*, Reston, n. 381, p. 174-180, 2010.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. A. Correlação e regressão. In: NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. A. *Hidrologia estatística*. Belo Horizonte: CPRM, 2007. cap. 9, p. 355-400.
- PETAN, S.; MIKO, M.; PAIS-BARBOSA, J. Modelação da erosão do solo da bacia hidrográfica do Rio Leça, com a equação RUSLE e SIG. *Revista Recursos Hídricos*, v. 31, n. 1, p.: 99-110, 2010.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, vol. 22, n.63, p. 43-60, 2008.
- ROS-TONEN, M. Novas perspectivas para a gestão sustentável da floresta amazônica: explorando novos caminhos. *Ambiente & Sociedade*, v. X, n. 1, p. 11-25, 2007.
- SAMUEL, J.; COULIBALY, P.; METCALFE, R. A. Estimation of Continuous Streamflow in Ontario Ungauged Basins: Comparison of Regionalization Methods. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 16. n. 5, p. 447-459, 2011.
- STEDINGER, J. R.; VOGEL, R. M.; FOUFULA-GEORGIU, E. Regionalization. In: MAIDMENT, D. R. *Handbook of hydrology*. New York: McGraw Hill, p. 1833-1866, 1992.