



Variabilidade espaço-temporal de áreas alagadas em uma sub-bacia do rio Purus, Sul do Amazonas

Spatio-temporal variability of flooded areas in a sub-basin of the Purus River, Southern Amazonas

Luana Celestino Calista¹
José Maurício da Cunha¹
Milton César Costa Campos^{2*}
Elilson Gomes de Brito Filho²
Douglas Marcelo Pinheiro da Silva¹
Lucas Santos Campos²
Flavio Pereira de Oliveira²

¹ Universidade Federal do Amazonas,
68.800-000, Humaitá, Brasil

² Universidade Federal da Paraíba,
58.397-000, Areia, Brasil.

* Autor Correspondente:
mcesarsolos@gmail.com.

Palavras-chave:

Cheias dos rios
Águas pluviais
Amazônia

Keywords:

Floods of rivers
Rainwater
Amazon

Histórico do artigo:

Recebido: 27/02/2022
Aceito: 27/03/2022

RESUMO: As alterações da cobertura vegetal vêm promovendo mudanças significativas nas características climáticas de diversos ambientes, e isso tendo influência direta e indiretamente na dinâmica das bacias hidrográficas, e particularmente em planícies de áreas alagadas. Assim, o objetivo desta pesquisa será de avaliar a variabilidade espaço-temporal de áreas alagadas em uma sub-bacia do Rio Purus, em uma área de abrangência no Município de Lábrea/AM, no sul do Amazonas. Para isso, delimitaremos uma área de estudo localizada no município, da sub-bacia hidrográfica do rio Purus, situa na porção sul - ocidental amazônica. Os dados serão obtidos a partir do tratamento das imagens TM-Landsat 5 e OLI/TIRS-Landsat 8, adquiridos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, entre os anos de 2007 a 2017. Para o entendimento da dinâmica das margens, serão utilizadas além dos dados multiespaciais e multitemporais, os dados referentes à morfometria do rio Purus, como exemplo, largura média da planície de inundação, caracterização do relevo, extensão do canal e o índice de sinuosidade. A partir desta investigação, será possível compreender melhor a dinâmica da sub-bacia do rio Purus quanto às mudanças climáticas no período em estudo.

ABSTRACT: The Madeira River, is one of the main rivers in Brazil and is among the most powerful in the world, it is so extensive that it bathes two countries, in addition to Brazil. Its waters are differentiated due to the amount of sediment they carry; its bed is still in formation; it is home to one of the greatest biodiversity in the world; and it is vital for the economy of many regions, as it provides fishing, waterway transport and, on its banks, agriculture. This study presents a multitemporal analysis of the river dynamics of the Madeira River from images obtained from Landsat5-TM. Images were classified and compared to obtain the results. These results are important because, currently, the river banks are used anthropically for many purposes and this is degrading and modifying nature, so a comparison was made to know how much these areas suffered and changed in the last. Choosing the most appropriate classification technique for the intended study directly influences the quality of the final product, as well as the accuracy of the analyzes to be carried out, proving the effectiveness of using remote sensing instruments for knowledge of forest areas, rivers, lakes, streams, between others.

1. INTRODUÇÃO

A sub-bacia do rio Purus é cortada pelo rio Purus, um dos maiores tributários do rio Solimões. O rio Purus percorre aproximadamente 3.700 km, atravessando no território brasileiro os estados do Acre e Amazonas. Esse rio drena uma área de aproximadamente 376.000,00 km² sendo que deste total 73% se encontra no Estado do Amazonas, 21% no Estado do Acre, 5,5% no Peru e 0,5% na Bolívia, esse rio nasce no Peru, a 500 metros de altitude e deságua no rio Solimões (SANTOS et al. 2018).

A bacia do rio Purus é ainda pouca antropizada, e apresenta-se em patamares superiores em termos de conservação de ambientes naturais. Sua população é composta, sobretudo por assentados, ribeirinhos e indígenas e concentram-se principalmente na calha principal do Purus, se dividindo entre as sedes municipais, as reservas indígenas, os seringais e os assentamentos rurais (SOUZA JUNIOR et al. 2006).

A Bacia Hidrográfica do Purus torna-se local propício para o amparo de estudos voltados para a qualidade das águas amazônicas, pois, formada por vários matizes hidromorfológicos, apresenta baixo impacto antrópico comparado aos múltiplos prognósticos de interesses hídricos e econômicos para essa região, além de sua vocação pesqueira (SANTOS; FURLAN, 2021).

A questão da classificação dos corpos d'água como elemento indispensável à gestão dos recursos hídricos, ainda é vaga e imprecisa, a Resolução Nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, os parâmetros e critérios para o enquadramento em classes de água no Brasil constituem um modelo a ser discutido para as águas amazônicas, pois são considerados desconectados das "realidades locais" e das características naturais para a região, imprimindo erros no processo de enquadramento e, portanto, na bacia.

A contribuição da Bacia Amazônica com a descarga de água doce nos oceanos é de aproximadamente 15%. No entanto apresenta uma escassez de estações hidrológicas convencionais, seja por dificuldade de acesso às extensas áreas remotas da bacia ou inexistência de infraestrutura adequada. Dados disponibilizados pela Agência Nacional das

Águas mostram que até 2007 existiam apenas 465 estações fluviométricas na parte brasileira da bacia Amazônica (ANA, 2011), demandando a necessidade de fortalecer o uso de novas técnicas para responder às questões científicas relacionadas à compreensão dos sistemas hídricos Amazônicos bem como do regime hidrológico dos seus rios (FREITAS et al., 2013).

As técnicas de Sensoriamento Remoto, de ferramentas SIG, aliadas a observações da paisagem in loco possibilitam uma análise retrospectiva da área de estudo, uma alternativa para monitoramento destas regiões são os dados obtidos a partir de sensores remotos que permitem análises multitemporais (LIMA et al., 2013).

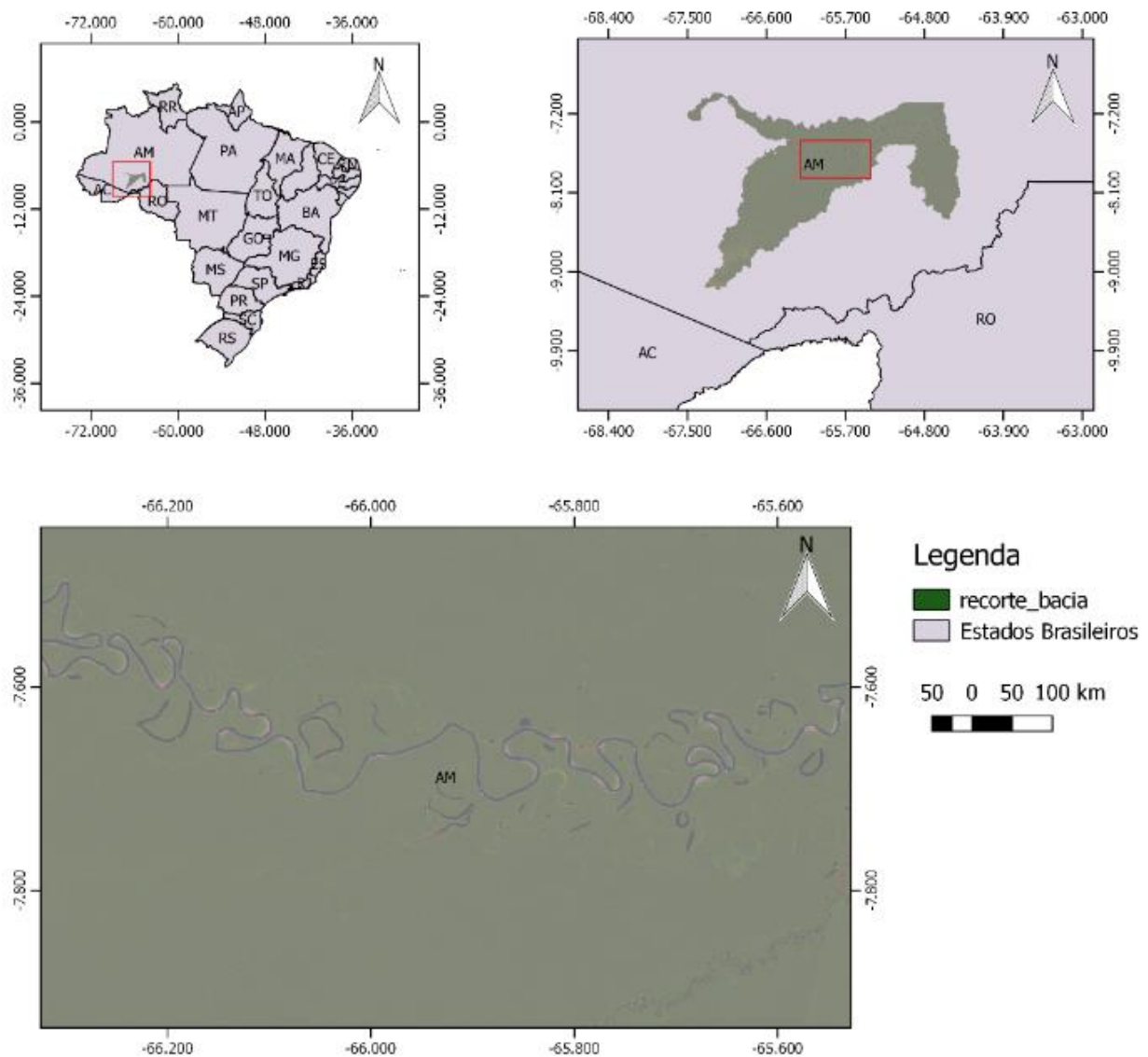
O sensoriamento remoto atua como uma fonte para prover dados para a análise destas variações e para o monitoramento ambiental, vital à preservação da área. A utilização de imagens multitemporais e análise por componentes principais permitem a identificação eficiente de áreas que apresentam comportamento dinâmico e ainda tornam possível o mapeamento das alterações nas propriedades físico-biológicas dos múltiplos alvos presentes (SANTOS et al., 2011). Assim, objetivou-se com esse trabalho analisar a variabilidade espaço-temporal de áreas alagadas em uma sub-bacia do rio Purus, Sul do Amazonas

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Sul do Amazonas no município de Lábrea, AM (Figura 1), a sub-bacia hidrográfica do rio Purus se situa na porção sul-ocidental amazônica. Esta bacia é a quarta maior em extensão (370.000 km²) dentre as sete bacias tributárias da margem direita do rio Amazonas, e abrange territórios no Peru, Bolívia e Brasil. Sua área aproximada em território brasileiro corresponde a 354.000 Km² distribuídos em 32 municípios nos estados do Acre, Amazonas e Rondônia (ANA, 2011).

No que se refere à caracterização climática, o clima da região é Tropical Chuvoso, apresentando período seco de pequena duração. A pluviosidade média parcial varia entre 2.250 e 2.750 mm ao ano, com período chuvoso entre outubro e junho. As temperaturas médias anuais variam entre 25 e 27 °C e a umidade relativa do ar entre 85 e 90% (BRASIL, 1978).

Figura 1 - Mapa de Localização da área de uma sub-bacia do rio Purus, Sul do Amazonas.



Fonte: Autores (2021).

A delimitação da área da bacia foi feita com base na imagem do SRTM (Radar Shuttle Radar Topography Mission), que tem resolução espacial de 90 metros (FARR et al., 2007), onde os limites da bacia foram determinados pelos padrões de drenagem e divisores de águas topográficos, utilizando o software Qgis versão 2.8. as imagens foram obtidas pelo projeto topodata (www.dsr.inpe.br/topodata), foram utilizadas 9 imagens, 06S675, 07S66, 07S645, 07S675, 08S66, 08S645, 08S675, 09S66, 09S675, e posteriormente foi feito o mosaico destas imagens.

Em seguida foi feito o recorte de acordo com a presença da bacia na cidade de Lábrea, AM, para assim tornar o processo mais rápido, no processo do TauDEM foram o primeiro processo,

o algoritmo Pit Remove, para remover todos os poços, depressões, ou buracos presentes no MDE, no raster esses poços são as células mais baixas cercadas por um relevo mais elevado, o segundo processo foi o Algoritmo D8 Flow Directions, o mesmo gera raster que mapeia o escoamento de água através do método D8, que estima para cada pixel presente na imagem oito direções para o fluxo hídrico, o terceiro processo foi o Algoritmo D8 Contributing Area, que corresponde os limites de uma bacia hidrográfica determinados pelo ponto de escoamento.

O quarto processo foi o Algoritmo Stream Definition By Threshold, que gera raster contendo a rede de drenagem, o quinto processo foi a criação de um novo shapefile de pontos posteriormente foi feito a edição do shapefile de

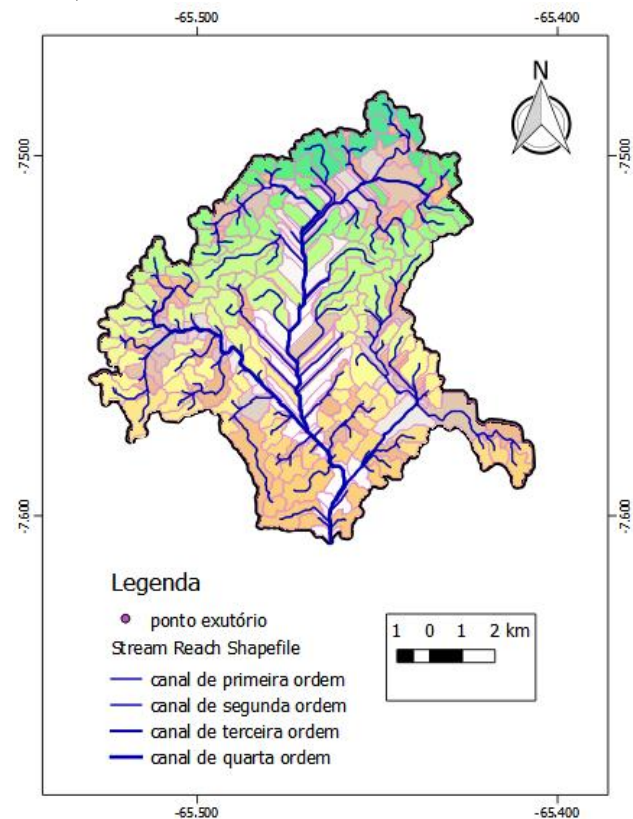
ponto, o algoritmo D8 Contributing área, serve para ampliar a compreensão acerca dos limites de uma sub-bacia, com aplicação de um algoritmo para inverter as cores do raster de contribuição com intuito de gerar uma linha tracejada a partir do ponto de escoamento, foram realizado a delimitação das microbacias e rede de drenagem, ultimo passo para os processos de delimitação de bacias hidrográficas como o TauDEM.

As imagens utilizadas neste estudo foram obtidas pelo TM - Landsat 5 e OLI/TIRS – Landsat 8, que foram obtidas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para aquisição, foi utilizado o critério de ausência de nuvens para a área delimitada, onde foram utilizadas 2 imagens, recortadas as cenas conforme a área de estudo, entre os anos de 2007 a 2017, na mesma época do ano, em dias próximos para os dois anos. No Mapeador Temático (TM) Landsat 5 as imagens foram compostas por três bandas espectrais, também foram incluídas a irradiância solar monocromática ($K\lambda_i$) das bandas reflectivas (bandas 3, 4 e 5), incidente sobre uma superfície normal à direção dos raios solares no topo da atmosfera terrestre.

O sensor TM mede a radiância espectral dos alvos e armazena-os na forma de níveis de cinza, ou número digital (ND), cujos valores variam de 0 a 255 (8 bits), apresentando resolução espacial de 30 m. Após a obtenção das imagens as mesmas foram organizadas de acordo com o ano observado, onde foram realizadas discussões sobre o comportamento do rio Purus no decorrer do tempo. As imagens TM foram processadas no software QGis 2.14.2, onde primeiramente foi realizada correção atmosférica, posteriormente, foi feito o georreferenciamento das imagens, e os pontos de controle foram obtidos a partir das imagens geocover 2000.

Posteriormente foi feito a escolha do triplete de bandas TM (5, 4 e 3) para landsat 5 e bandas TM (4, 3 e 2) para landsat 8 e o mosaico das imagens. E por fim, foi aplicado o aumento do contraste linear. As imagens SRTM foram processadas primeiramente no software QGis 2.14.2, onde serão recortadas e mosaicadas. Posteriormente, as imagens foram processadas no Qgis 3.2.2, no qual será confeccionado, o relevo sombreado e a sobreposição com os dados de elevação (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de delimitação de uma sub-bacia do rio Purus, Sul do Amazonas



Fonte: Autores (2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo a metodologia apresentada utilizando o MDE TauDEM, (Figura 3) a área da bacia é fundamental para definir o potencial de geração de escoamento da bacia hidrográfica, uma vez que o seu valor multiplicado pela lâmina da chuva precipitada define o volume de água recebido pela bacia. É obtida através da projeção vertical da linha do divisor de águas sobre o plano horizontal (TUCCI, 2004). Comprimento do rio principal é determinado a partir do perfil longitudinal do curso d'água medindo-se o comprimento do trecho entre a nascente mais distante e o ponto de interesse ou exutório (TUCCI, 2004).

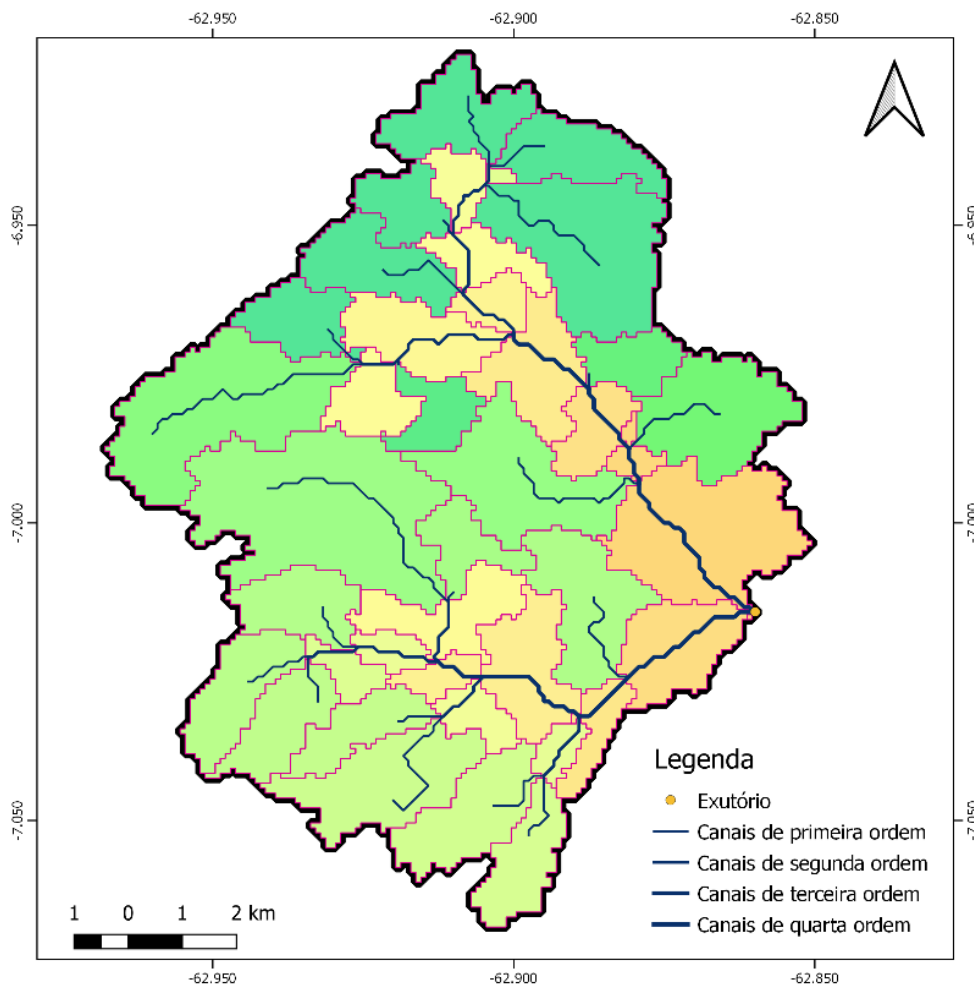
Na hora de obter a área da sub-bacia é necessário cautela e atenção, pois a escolha dessa área é um processo complexo, pois a densidade de drenagem varia de acordo com as características do relevo e geologia. Relevos mais declivosos, por exemplo, tendem a exigir uma menor área de contribuição para o início de um segmento de rio (FAN et al., 2013).

A série LANDSAT foi iniciada no final dos anos 1960, a partir de um projeto desenvolvido

pela Agência Espacial Americana dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. O primeiro satélite da série começou a operar em 1972 e a última atualização ocorreu em 1999, com o lançamento do LANDSAT-7. Atualmente, o único satélite em operação é o LANDSAT-5, que leva a bordo o sensor TM e contribui para o mapeamento temático da superfície terrestre. O LANDSAT-7 iniciou suas atividades em abril de 1999 e encerrou em 2003, utilizando o sensor

ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Este instrumento foi capaz de ampliar as possibilidades de uso dos produtos LANDSAT porque manteve a alta resolução espectral (característica importante desse sistema) e conseguiu ampliar a resolução espacial da banda 6 (Infravermelho Termal) para 60 metros, além de inserir a banda pancromática e permitir a geração de composições coloridas com 15 metros de resolução.

Figura 3 - Mapa da delimitação de uma sub-bacia hidrográfica do rio Purus, Sul do Amazonas.



Fonte: Autores (2021).

Foi realizada a técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens. É normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões. O contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios. A manipulação do contraste consiste numa transferência radiométrica, isto é, uma redistribuição dos níveis de cinza de modo a abranger os 256 níveis

de cinza possíveis (8 bits). A transformação radiométrica é aplicada a cada pixel, com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem. Realiza-se a operação ponto a ponto, independentemente da vizinhança. Esta transferência radiométrica é realizada com ajuda de histogramas, que são manipulados para obter o realce desejado.

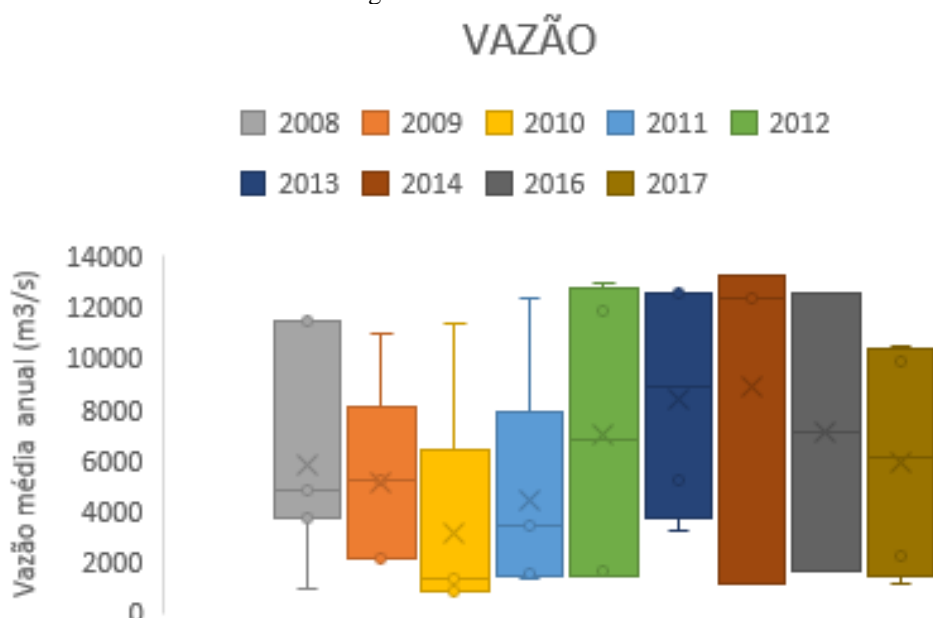
As principais operações de manipulação de características espaciais são as filtragens. As

técnicas de filtragem são transformações da imagem pixel a pixel, que não dependem apenas do nível de cinza de um determinado pixel, mas também do valor dos níveis de cinza dos pixels vizinhos, na imagem original (INPE, 1996; GONZALEZ; WOODS, 1993; JAIN et al., 1995). O processo de filtragem é feito utilizando-se matrizes denominadas máscaras, as quais são aplicadas sobre a imagem, obtivemos os valores de 30,588.73 km² de floresta presente na imagem, 246,83 km² de água presente na imagem e 146,98 km² de solo exposto presente na imagem.

A vazão é a terceira grandeza (Figura 4) mais medida nos processos industriais. As aplicações

são muitas, indo desde aplicações simples como a medição de vazão de água em estações de tratamento e residências, até medição de gases industriais e combustíveis, passando por medições mais complexas. A escolha correta de um determinado instrumento para medição de vazão depende de vários fatores (SOUZA et al., 2017). Dentre estes, pode-se destacar, a exatidão desejada para a medição, tipo de fluido: líquido ou gás, limpo ou sujo, número de fases, condutividade elétrica, transparência, etc., condições termodinâmicas: por exemplo, níveis de pressão e temperatura (CAPOZZOLI et al., 2017).

Figura 4 - Vazão da sub-bacia do Rio Purus na Região Sul do Amazonas.



Fonte: Autores (2021).

4. CONCLUSÕES

Mostrou-se que houve uma acentuada redução na vazão do rio Purus ao longo dos anos impulsionada pelo desmatamento, principalmente, que leva a assoreamento.

Através das técnicas de sensoriamento remoto foi, obtive coleta de informações e obtenção de dados a distância cruciais para conhecimento de adversas características e comportamentos locais.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado do Amazonas (FAPEAM) e a Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Projeto Radambrasil, folha SB. 20, Purus.** Rio de Janeiro, 1978. 561 p.
- CAPOZZOLI, C. R.; CARDOSO, A. D. O.; FERRAZ, S. E. T. Padrões de variabilidade de vazão de rios nas principais bacias brasileiras e associação com índices climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 32, n. 2, p.243-254, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/H6MsDqSqJvBvX8xYnKJgGWk/?lang=pt>. Acesso em: 03 mar. 2022.

- CORRÊA, G. P. O processo do enquadramento dos corpos hídricos superficiais: estudo de caso da bacia do rio Paranaíba, Brasil. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 20, 2013, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: Editora. 2013. 9-14 p. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/7508/processo-enquadramento-paranaiba-correa-2013.pdf>. Acesso em: 11 set. 2021.
- SANTOS, J. S., PEREIRA, G., SHIMABUKURO, Y. E. RUDORFF, B. F. T. Identificação de áreas alagadas no bioma Pantanal–Brasil–utilizando dados multitemporais terra/MODIS. **Geografia**. Rio Claro. v. 34, n. 1, p. 745-755. 2011. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/4864>. Acesso em: 05 mar. de 2022.
- SANTOS, A. L. M. R.; FILIZOLA, N. ; MARTINEZ, J. M. ; ARMIJOS, E. ; ALVES, L. G. S. Purus River suspended sediment variability and contributions to the Amazon River from satellite data (2000-2015). **Comptes Rendus Geoscience**. Amsterdam, v.350, n.2, p. 13-19, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631071317300664?via%3Dihub>. Acesso em 05 mar. 2022.
- FREITAS, L. G. Aplicações da altimetria espacial para monitoramento hidrológico da bacia do rio Purus. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Editora SBSR. 2013. 15-19p. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.40.51/doc/p1313.pdf>. Acesso em: 03 de mar. de 2022.
- GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Digital image processing**. New York: Ed. Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- INPE. Departamento de Processamento de Imagens. **Manual de operação do SPRING:** versão 2.0.1. São José dos Campos, SP. URL: <file:/home/spring/help>, outubro de 1996.
- JAIN, R.; RANGACHAR K. **Machine vision**. USA : McGraw-Hill Inc, 1995.
- LIMA, V. S., NASCIMENTO, F. H., COELHO, A. L. N.; MIRO, J. M. R. Análise de áreas sazonalmente inundáveis com uso de técnicas de sensoriamento remoto: o caso da lagoa Feia, região Norte do estado do Rio de Janeiro. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Editora SBSR. 2013. 20-24p. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.48.34/doc/p0157.pdf>. Acesso em: 03 de mar. 2022.
- REID, J.; SOUSA JÚNIOR, W.C. Infrastructure and conservation policy in Brazil. **Conservation Biology**. Virginia. v. 19, n. 3, p. 740-746, 2005. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3591063>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- SANTOS, A. L. G.; FURLAN, S. A. Quem ganha e quem perde com a falta de proteção aos manguezais?: Aspectos da Resolução Conama n° 303/2002. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo. v. 41, e184973, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/184973>. Acesso em: 03 mar. de 2022.
- SILVA, A. E. S. ANGELIS, C. F. MACHADO, L. A. T. Impactos da precipitação e uso do solo na qualidade da água do Rio Purus. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 14, 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: Editora SBSR. 2009. 4867-4874p. Disponível em: https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/INPA-3_74ecdd5dc6e02ab343459107c678cc80. Acesso em: 03 mar. de 2022.
- SILVA, A. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008. Disponível em:

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/li1-504707>. Acesso em: 03 mar. de 2022.

SOUSA JÚNIOR W.C., WAICHMAN A.V., JAIME A.L.G., SINISGALLI P.A.A. *In: Workshop Gestão Estratégica de Recursos Hídricos*, 1, 2006, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Editora GERH: ABRH. 2006. 4p. Disponível em: <http://meioambiente.am.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/RELATORIO-DE-GEST%C3%83O-Recursos-h%C3%ADricos-sema-2019.pdf>. Acesso em: 03 de mar. de 2022.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. D. J.; CARDOSO, J. M. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**. Rio de Janeiro. v.22, n.2, 453-462, 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/esa/a/jKBdnLybP3rCWK7rdmftPy/?lang=pt>. Acesso em: 03 mar. 2022.

TEIXEIRA, S. G.; MAIA, M. A. M. Análise da dinâmica das margens do Rio Madeira (AM) no período de 1987 à 2007 a partir de imagens de sensores remotos ópticos. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 14, 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: Editora SBSR. 2009. 1559-1566p. Disponível em:

<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.18.28.45/doc/1559-1566.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2022.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004.