



RBES

Revista Brasileira de
Engenharia e Sustentabilidade

ISSN 2448-1661

Pelotas, RS, UFPel-Ceng

<https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBES/index>

v. 11, p. 26-42 dez. 2023

DELIMITAÇÃO, ANÁLISE TEMPORAL E CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA E USO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TARUMÃ-MIRIM, MANAUS-AM

SILVA, J. S.¹; LEMOS, D. S.¹; MORAIS, I. L. L.¹; HOLANDA, J. S.¹; GONÇALVES, V. M. M.¹; MENDONÇA, A. L. A.¹

¹Universidade Federal do Amazonas

Palavras-chave:

gestão ambiental, bacias hidrográficas, uso e ocupação do solo, sensoriamento remoto

Resumo

O estudo enfoca a análise temporal do uso e cobertura do solo na Bacia Hidrográfica do Tarumã-Mirim, próxima a Manaus-AM, utilizando dados de satélite Landsat dos anos 1991, 2001, 2011 e 2021. A delimitação da bacia foi realizada com algoritmos do GRASS GIS, enquanto códigos em JavaScript foram empregados para a classificação do solo. Os resultados revelam uma predominância de floresta na região, mas indicam uma redução de 10% na área florestada ao longo de três décadas. Índices de concordância global e kappa destacam alta precisão na classificação, enquanto o Índice de Transformação Antrópica (ITA) sugere um estado de conservação regular. A delimitação da bacia foi essencial para compreender a dinâmica de uso e ocupação do solo, fornecendo uma base valiosa para estudos de monitoramento ambiental, implementação de políticas públicas e gestão de recursos hídricos na região.

DELIMITATION, TEMPORAL ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF COVERAGE AND LAND USE OF THE TARUMÃ-MIRIM BASIN, MANAUS-AM.

Keywords: environmental management, river basin, land use and occupation, remote sensing

Abstract

The study focuses on the temporal analysis of land use and land cover in the Tarumã-Mirim Watershed, near Manaus, AM, using Landsat satellite data from 1991, 2001, 2011, and 2021. The watershed delineation employed GRASS GIS algorithms, while JavaScript codes were utilized for land classification. Findings reveal a predominance of forest in the region but indicate a 10% reduction in forested area over three decades. Global concordance and kappa indices highlight high accuracy in classification, while the Anthropogenic Transformation Index (ATI) suggests a state of moderate conservation. The watershed delineation was essential for understanding the dynamics of land use and occupancy, providing a valuable foundation for environmental monitoring studies, the implementation of public policies, and water resource management in the region.

Artigo Submetido dia 22/09/2023

Artigo Aceito dia 04/12/2023

INTRODUÇÃO

Na Amazônia brasileira, foram detectadas mais de 11 mil e quinhentos km² de áreas desmatadas no ano de 2022, segundo o PRODES (2023). Dentre essas, apenas no estado do Amazonas, a estimativa alcançou pouco mais 2.594 km², correspondendo a cerca de 22,37% do total de áreas desmatadas no cálculo de taxa acumulada por estado do Programa.

Ao se considerar a análise histórica de desmatamento na região, observa-se uma estimativa de mais de 480 mil km² ou 48 milhões de hectares desmatados no período compreendido entre 1988 e 2022, ainda conforme relatado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em 2023.

Dentre as causas de desmatamento está o crescimento urbano, que afeta várias esferas do meio ambiente incluindo as bacias hidrográficas, esse desenvolvimento urbano tem sido impulsionado por diversos fatores, incluindo o aumento da população, a expansão das atividades econômicas e a migração de pessoas para áreas urbanas em busca de oportunidades de trabalho e serviços (Arraes et al., 2012, Almeida Pinheiro et al., 2023).

As bacias hidrográficas são áreas de drenagem delimitadas pela topografia do terreno, nas

quais a água da chuva é coletada e escoada em direção a um rio principal ou corpo d'água (Barrella, 2001). Podem ainda ser consideradas unidades homogêneas para o entendimento de uma paisagem e são usualmente utilizadas para definir diretrizes de uso e ocupação, além de estudos sobre vulnerabilidade ambiental (Antonelli e Thomaz, 2007; Collares, 2000, Teodoro et al., 2007).

A urbanização na Amazônia é um processo complexo, que envolve tanto o crescimento das cidades já existentes quanto a criação de novos centros urbanos. As áreas urbanas têm experimentado uma rápida expansão, levando a mudanças significativas no uso do solo e a impactos ambientais importantes, como o desmatamento, a fragmentação de ecossistemas e a degradação dos recursos hídricos (Matsushita et al., 2006).

Isso posto, o presente estudo visa delimitar, classificar e verificar a área da Bacia Hidrográfica do Tarumã-Mirim, assim como realizar uma análise temporal para avaliar se a urbanização ocorrida na Bacia Tarumã-Açu afetou diretamente ou indiretamente a Bacia do Tarumã-Mirim ambas localizadas próxima à zona urbana da cidade de Manaus-AM.

REFERENCIAL TEÓRICO

A delimitação e classificação do uso do solo em bacias hidrográficas é fundamental para compreender características e comportamentos hidrológicos, uma vez que torna possível a análise histórica do uso da terra, o entendimento e quantificação da disponibilidade de recursos hídricos, a vulnerabilidade a inundações e a análise da qualidade da água, pensadas em uma unidade de planejamento (Alves, 2010).

Essas informações são essenciais para a gestão sustentável dos recursos hídricos, a previsão de eventos hidrológicos, a definição de áreas prioritárias para a conservação e tomada de decisões em projetos de infraestrutura, agricultura, abastecimento de água e proteção ambiental (Santana et al., 2020).

Diversos métodos têm sido desenvolvidos para o estudo de bacias, com base em análise topográfica, geomorfologia e geoprocessamento. A classificação de bacias permite categorizá-las em ordens, dependendo do número de afluentes e do tamanho dos rios que as compõem, utilizando ferramentas disponibilizadas em softwares de geoprocessamento

(Melo, 2012).

Diante disso, essa classificação fornece informações valiosas sobre a rede de drenagem e a estrutura hierárquica dos cursos d'água, auxiliando na compreensão da dinâmica hidrológica.

Sendo a urbanização um processo contínuo que afeta significativamente as bacias hidrográficas, o estudo do uso e ocupação do solo se torna imprescindível para o entendimento das alterações das paisagens naturais, pois permite a obtenção de informações que promovem o desenvolvimento de políticas públicas com vista ao desenvolvimento sustentável de uma determinada região (Santos e Santos, 2010; Mendoza et al., 2011).

Métodos como a classificação supervisionada de imagens que é um processo de processamento de imagens e aprendizado de máquina, no qual um algoritmo é treinado para atribuir rótulos a pixels ou regiões de interesse em uma imagem, com base em um conjunto de amostra previamente rotulada podem ser utilizados para esta finalidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo está localizada no Igarapé Tarumã-mirim (3°1'53,6" S, 60°9'49" W), situado à margem esquerda do Rio Negro, na zona rural do município de Manaus, Estado do Amazonas. O clima da região de estudo, segundo a classificação de Köppen é Af, clima tropical úmido, sem estação seca (Alvares et al. 2013). A temperatura oscila entre 23,5 °C a 31,3 °C. com precipitação média anual é de 3001 mm.

Na área encontra-se o Projeto de Assentamento do Tarumã-Mirim, criado em 1992 pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) com o objetivo de proporcionar a produção de alimentos para a cidade de Manaus após a criação de seu polo industrial, apresentando uma extensão de 42.910,76 ha e capacidade para 1.042 lotes com tamanho médio de 25 ha destinados à agricultura familiar e 7.088,62 ha de reservas florestais (Machado et al. 2009; Costa et al. 2011, Incra, 1999).

Além disso, foram criadas as unidades de conservação como a Área de Proteção Ambiental Margem Esquerda do Rio Negro -

Setor Tarumã Açú - Tarumã-Mirim, por meio do decreto nº 16.498 de 02/04/1995. A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Puranga Conquista, por meio da Lei nº 4015 de 24/03/2014. E a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, por meio de Decreto Municipal nº 8.044 de 25/08/2005, com o intuito de preservar as bacias hidrográficas do Tarumã-Mirim e do Tarumã-Açu e frear o crescimento desordenado da área urbana de Manaus (INCRA, 1999).

Delimitação da Bacia Hidrográfica

Para a delimitação da bacia foram utilizados dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizados no banco de dados geomorfométricos do Brasil através do projeto TOPODATA, que disponibilizam dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Estes dados foram inseridos em ambiente SIG utilizando coordenadas no sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000, zona 20S. Realizou-se então um mosaico e refinamento das imagens por meio de algoritmos do GRASS GIS com a utilização da ferramenta *r.fill.dir*, que filtra e gera uma camada de elevação sem depressão e uma camada de

direção de fluxo. Após essa etapa, por meio da ferramenta *r.watershad* foram determinadas as direções de drenagem e o segmento de fluxo dos rios presentes na área de interesse. A, além disso, foram geradas curvas de nível de 5 metros por meio dos dados de altitude disponíveis na imagem SRTM, com o intuito de facilitar a identificação do comportamento do terreno e o fluxo dos rios. Com isso, utilizando a direção de drenagem, as curvas de nível e o exutório, gerou-se a bacia hidrográfica do Tarumã-Mirim, com a ferramenta *r.water.outlet*.

Classificação de imagens

Foram selecionadas imagens dos anos de 1991, 2001, 2011 e 2021 dos satélites Landsat-5 e Landsat-8, órbita/ponto 232/062, disponibilizadas na plataforma EARTHEXPLORER do United States Geological Survey (USGS). As imagens obtidas foram georreferenciadas e reprojetaadas para o sistema SIRGAS 2000 UTM 20S, com todas as bandas de 30m sendo usadas para classificação e para visualização uma composição colorida RGB: 5, 4, 3 para as cenas do Landsat-5 e bandas 6,5,4 para as cenas obtidas do Landsat-8.

As imagens obtidas foram processadas na plataforma Google

Earth Engine (GEE) por meio de códigos desenvolvidos em linguagem de programação Javascript, em conjunto com uso da biblioteca do GEE e seus dados disponíveis em nuvem. Assim, realizou-se a classificação supervisionada por meio do algoritmo Random Forest que, segundo Cho et al. (2021), baseia-se no princípio de árvores de decisão e que durante a classificação, cada árvore escolhe, para cada pixel, a classe temática com maior probabilidade de acerto e a classe de uso e cobertura de solo mais votada é retornada pelo classificador.

Para a classificação foi necessária a inserção de amostras correspondentes as classes de água, floresta, solo exposto e floresta secundária, sendo assim foram delimitadas 20 amostras de treinamento e 20 amostras de validação, utilizando-se outro operador com conhecimento da área, de forma cruzada, sem viés de tendência. Para testar a veracidade da classificação, é necessário analisar a sua acurácia, ou seja, a capacidade de representar autenticamente os dados reais (Souza, 2020).

Dessa forma, de acordo com Ferreira et al., (2007), a avaliação da verdade de campo pode ser

obtida construindo-se uma matriz de confusão, expressa por meio da correlação de informação dos dados de referência (compreendido como verdadeiro) com os dados classificados, ou ainda, pela análise das amostras de treinamento juntamente com os dados classificados (Prina e Trentin, 2015).

A partir da obtenção da matriz é possível aplicar medidas para avaliar a acurácia dos dados, dentre eles a acurácia geral, acurácia de produtor, acurácia do consumidor e índice Kappa (Souza, 2020).

Índice de Transformação Antrópica

Para o cálculo de índice de transformação antrópica (ITA), foi utilizado o método desenvolvido por Lèmechey (1982), que ao ser aplicado em estudos ambientais mensura a pressão antrópica sobre a paisagem em conjunto com técnicas de geoprocessamento, e fornece subsídio para embasamento na avaliação da situação antropogênica local (Pandovanni et al., 2018).

O cálculo deste índice considerou as porcentagens das classes de uso do solo, sendo atribuídos pesos específicos para cada classe considerada na classificação da

imagem, conforme Equação 01 proposta por Lèmechey (1982). Para determinar os pesos específicos para cada classe, foi analisado a natureza e intensidade de interferência antrópica em cada classe, assim como a importância de cada uma como indicador de antropização. O nível de transformação antrópica da bacia foi definido conforme os quartis propostos por Cruz et al., (1998), conforme detalhado no Quadro 01.

$$\text{Equação 01: ITA} = \sum \frac{\% \text{CLASSE} \cdot \text{PESO}}{100}$$

Onde: ITA= Índice de Transformação Antrópica; Classe= área (em valores percentuais) da classe de uso e cobertura do solo; Peso= peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura quanto ao grau de alteração antrópica (varia de 1 a 10, em que 10 indica as maiores pressões).

Quadro 1 - Classificação do Índice de Transformação Antrópica (ITA)

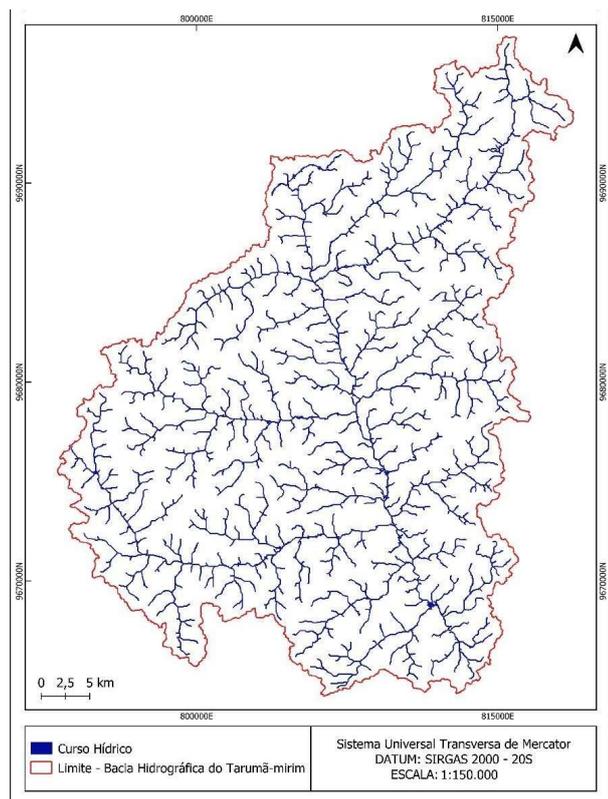
Escore	Classificação
0 - 2.5	Pouco degradada
2.5 - 5	Regular
5 - 7.5	Degradada
7.5 - 10	Muito degradada

Fonte: Cruz et al. (1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os dados da delimitação constatou-se que a bacia (Figura 1) possui uma área total de 47.799,91 hectares, correspondendo a 4,2% da área de Manaus (IBGE, 2021).

Figura 1. - Delimitação da bacia hidrográfica.

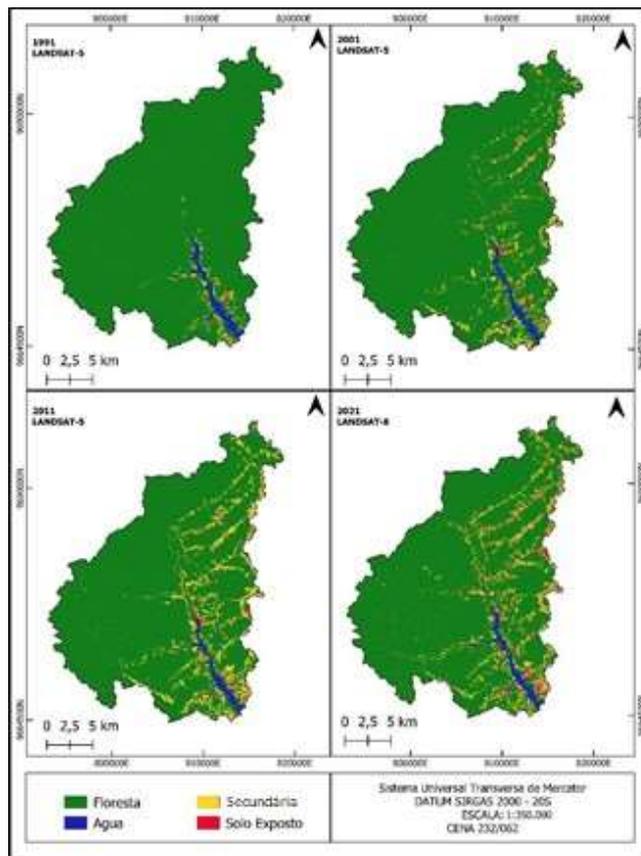


Fonte: Os autores (2023).

Análise temporal do uso e ocupação do solo ao longo de 30 anos (1991-2021)

Através da análise do mapa de uso e ocupação do solo ficou evidente que grande parte da área de interesse foi classificada como floresta, conforme Figura 2.

Figura 2. - Uso e Ocupação do solo da BHTM ao longo de 30 anos.



Fonte: Os autores (2023).

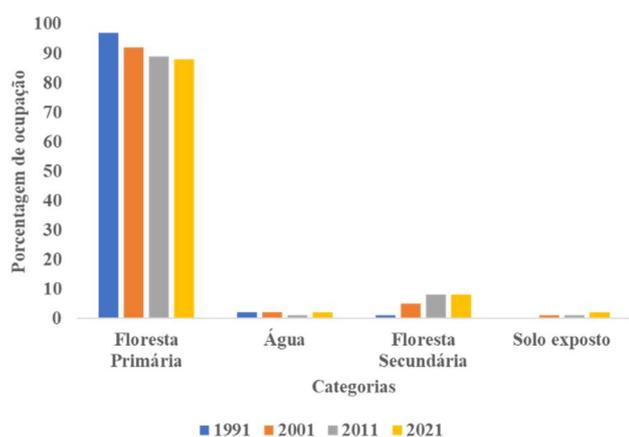
No ano de 1991, a proporção de vegetação florestal primária na bacia era de 96%, porém, em 2001, esse valor diminuiu para 92,4%. Em 2011, ocorreu uma nova redução, e essa vegetação passou a representar 89% da área total da bacia. Em 2021, essa classe de vegetação correspondeu a 87,7% da bacia, demonstrando, ao longo de três décadas, uma redução de aproximadamente 9% na área coberta por florestas (Figura 3).

Consequentemente as áreas classificadas como desflorestadas tiveram um aumento ao longo do

tempo, destaca-se que houve uma maior incidência no Assentamento Tarumã-Mirim.

O avanço do desmatamento ao longo dos anos, concentrou-se as margens dos igarapés. No entanto, após a criação do assentamento em 2011, as áreas desflorestadas tornaram-se evidentes em torno de ramais e comunidades, esse padrão de desmatamento é conhecido como Espinha de Peixe, de ocorrência característica em projetos de assentamentos rurais (Saito, 2011).

Figura 3. Porcentagem de ocupação das classes de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica ao longo dos 30 anos.



Fonte: Os autores (2023)

Em se tratando das mudanças das classes ocorridas no período de 30 anos, houve uma redução de 10% na área de floresta primária, visto que, no ano de 1991, havia cerca de 46.187,724 ha de floresta, já no ano de 2021, esse valor

reduziu para aproximadamente 41.911,344 há (Figura 3). Em contrapartida, as áreas de floresta secundária apresentavam um total de 649,03 ha em 1991, já em 2021 essa classe apresentou um aumento de 83% que representa 3.912,841 ha. A classe de solo exposto apresentava em 1991 cerca de 116 ha e passou a apresentar cerca de 1.115,441 hectares em 2021, um aumento de 90% nessa classe de uso do solo.

Com isso, nota-se que no período analisado houve um aumento das áreas de floresta secundária e solo exposto o que pode ser explicado como parte dos impactos ambientais da implementação do projeto de assentamento nesta região.

Estudos de Nascimento (2010) na Área de Preservação Ambiental Margem Esquerda do Rio Negro, que abrange trechos da área da Bacia Hidrográfica do Tarumã Açu e da Tarumã-Mirim demonstram uma perda semelhante da classe de floresta, registrando de 1990 a 2009 uma redução de 12,91% de sua cobertura vegetal, indicando a influência da mudança de uso e ocupação do solo da área da Bacia do Tarumã Açu, para a bacia hidrográfica subsequente, a Tarumã-Mirim. Esses dados podem

ser explicados pela possível influência da criação do assentamento Tarumã-Mirim. Segundo Nascimento (2010), o Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim ocupa 83% da área da APA Margem Esquerda do Rio Negro e é responsável por 78% de todo o desflorestamento ocorrido na Unidade de Conservação até o ano de 2009.

De acordo com Costa et al., (2008), um fator que agrava o processo de degradação de uma área protegida legalmente é a existência de Projetos de Assentamento sobrepondo a Unidade de Conservação. Bühring (2010), destacou que o objetivo do assentamento Tarumã-Mirim em fixar o homem no campo ainda não foi alcançado, pois o solo da região não permite uma produção agrícola sustentável devido a deficiência de nutrientes, assim, as famílias recorreram à prática da extração de madeira de forma desordenada e ilegal.

Amorim (2012), em seu estudo destacou que apesar do assentamento ser uma Área de Preservação Ambiental e ser proibido queimar árvores para produção de carvão, esta era uma atividade comum exercida em várias comunidades. Assim como Pinto and Carvalho (2007) no

trabalho realizado em campo, constataram, a retirada maciça da cobertura vegetal está relacionada a atividades adversas como a prática da agropecuária, a produção de carvão vegetal e a produção de lenha.

Além disso, parte da área da bacia é ocupada por condomínios residenciais de alto padrão, clubes de lazer, marinas, restaurantes flutuantes, cemitérios (Tarumã e Parque Tarumã), hotéis de selva e demais tipos de ocupação. Nesse sentido, em especial a implantação de condomínios pode causar danos à flora e a fauna, descobrimento do solo, assoreamento dos recursos hídricos. Deve-se atentar ao respeito das regras relativas à proteção das Áreas de Preservação Permanente (APP), o que não ocorreu em várias situações nessa área de estudo (Nascimento, 2009).

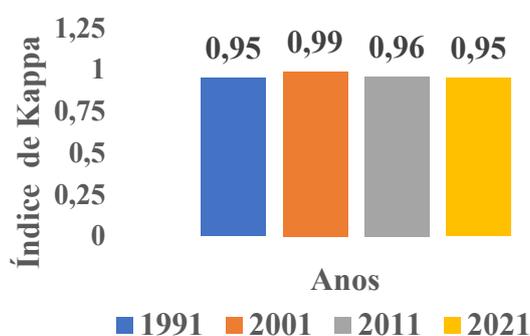
Com isso, a floresta primária vem sendo substituída por vegetação secundária, com a presença de capoeiras. Estudos de Santana e Barroncas (2007), afirmam que parte dos afluentes do Rio Tarumã-Açu possui algum tipo de contaminação devido a percolação do chorume produzido no aterro sanitário da Rodovia AM-010.

Matriz de Confusão, Acurácia e

Índice Kappa

A partir da obtenção da matriz de confusão do classificador é possível observar que para todos os anos avaliados, se obteve um índice Kappa acima dos 90% (Figura 4), valores considerados excelentes pela escala de qualidade proposta por Landis & Koch (1977) onde valores acima de 0.81 já são considerados satisfatórios.

Figura 4. Valores do índice de Kappa para os diferentes anos avaliados.



Fonte: Os autores (2023)

No que se diz respeito aos índices de concordância para cada classe no geral obteve, calculou-se a acurácia dos produtos, que indica o percentual de acerto da classificação por classe, e a acurácia do consumidor que indica se o pixel classificado realmente pertencente à classe proposta. Com isso, a acurácia do produtor indicou que as classes com melhores rendimentos foram água e solo exposto, no entanto, as classes de capoeira/plantio e

floresta apresentaram um desempenho inferior na classificação, o que é demonstrado na acurácia do consumidor.

Esses resultados indicam que em determinado momento do processo de classificação das amostras houve confusão na determinação dos pixels caracterizados como floresta e capoeira/plantio. De modo que na matriz de confusão, em 2021, dos 84 pixels classificados como capoeira/plantio, 10 apresentam indícios de que pertencem a classe de floresta. Conforme estudos de Amaral et al., (2009) e Espírito-Santo (2005), no mapeamento e classificação de uma floresta em sucessão florestal, as classes espectrais são estreitamente semelhantes, nesse sentido é necessário ir a campo para validação.

Estado de conservação da bacia

Com base no índice de transformação antrópica (ITA), a bacia hidrográfica do Tarumã-Mirim apresenta um estado regular de conservação, com um valor de ITA igual a 2.634. Embora a taxa de perda de floresta primária seja relativamente baixa em termos percentuais (10%) os 4.276 hectares degradados se concentram em sua maior parte nas margens dos cursos d'água e

isso tem um impacto significativo nos recursos contidos nesses ecossistemas aquáticos. A remoção da vegetação ciliar, ou seja, das árvores e vegetação ao redor das margens dos igarapés, rios e riachos, resultam em diversos problemas ambientais. Ribeiro et al., (2017) revela que a retirada da cobertura vegetal nas proximidades de corpos d'água aumenta a erosão do solo, o que leva a um maior carreamento de sedimentos para os cursos d'água.

Esses sedimentos, carregados de nutrientes e poluentes, podem prejudicar a qualidade da água, tolerar a disponibilidade de oxigênio para organismos aquáticos e afetar a fauna e a flora locais. Costa et al., (2011) obteve resultados semelhantes em um estudo na bacia do Tarumã-Açu – vizinha a presente área de estudo - onde a mesma se encontrou em estado de conservação regular, conforme indicado pelo Índice de Transformação Antrópica (ITA) com valor igual a 2,73.

Além disso, a remoção da vegetação ciliar também tem um efeito direto na biodiversidade aquática, de modo que a degradação das áreas marginais reduz a disponibilidade de habitats para peixes, anfíbios e invertebrados aquáticos,

influenciando na diversidade de espécies e o equilíbrio ecológico desses ecossistemas. A vegetação ciliar desempenha um papel crucial na oferta de alimentos e na proteção dos cursos d'água, fornecendo sombra, refúgio e abrigo para muitos organismos aquáticos. Portanto, a preservação das áreas ciliares é essencial para a manutenção da saúde e da funcionalidade dos recursos hídricos (Gonçalves e Braga, 2008).

A cidade de Manaus apresenta crescimento desordenado e ausência de planos para as suas bacias hidrográficas. Para a iniciar a discussão e gestão destes planos, faz-se necessária a delimitação e o reconhecimento físico da área da bacia hidrográfica como visão estratégica do planejamento, nesse sentido a Bacia Hidrográfica do Tarumã-Mirim deve ser tratada como unidade compartimental fitogeográfica.

CONCLUSÕES

Entender a dinâmica de uso e ocupação do solo na região é elemento primordial para se discutir o plano diretor ambiental da cidade, com alternativas para o desenvolvimento sustentável da sétima maior cidade do Brasil

(IBGE 2023), com respostas para questões de arborização urbana, áreas verdes e a questão da temperatura e integração social e ecológica.

Estudos do nível de conservação da bacia apresentam informações a respeito da fragilidade ambiental da região e da integridade do ecossistema em relação as mudanças no uso do solo, que envolve a manutenção do seu funcionamento hidrológico, e o futuro da capacidade natural de suporte produtivo da bacia (Santos et al., 2007). Este tipo de estudo dá subsídio para a confecção de planos de uso e gerenciamento da bacia e permite que haja um posicionamento embasado sobre questões de uso e ocupação, que vem sendo debatidas no âmbito das organizações públicas e da sociedade civil.

A plataforma GEE para a classificação do uso e ocupação do solo, utilizando o algoritmo Random Forest, e para a determinação do índice de vegetação, como o NDVI, mostrou-se eficaz na verificação de mudanças de cobertura e uso da Terra, transformando-se em uma importante ferramenta para os estudos de monitoramento ambiental e de uso e ocupação do solo.

O manejo adequado dos recursos naturais na área de estudo é importante para o seu desenvolvimento sustentável, visto que esta bacia hidrográfica tem extensão representativa na área do município de Manaus e está localizada em Unidades de Conservação e Projeto de Assentamento. Portanto, a criação de um comitê para a gestão dessa região torna-se necessário para discutir ações que possam conter impactos ambientais e assegurar a preservação dos recursos hídricos, a implementação de auxílios e técnicas de manejo adequadas para a realidade da região.

Apesar do aumento de áreas desflorestadas ao longo de 30 anos, a classe de maior predominância na bacia hidrográfica é a de floresta, onde a maior parte de área desflorestada encontra-se no Assentamento Tarumã-Mirim, tendo em vista as atividades que provocam degradação ambiental na localidade. Dessa forma, é importante a realização de pesquisas voltadas para análises de degradação da área de floresta, como por exemplo a ocorrência de cortes seletivos e abertura de trilhas e ramais.

A sobreposição da APA Margem Esquerda do Rio Negro

com o Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim é fator determinante na alteração do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica. Isso implica que políticas públicas de uso e ocupação do solo influenciam diretamente na manutenção e conservação dos recursos naturais. Além disso, entende-se que os órgãos públicos devem dialogar de forma que se fortaleçam ações e decisões dar subsídios para o gerenciamento da área da bacia, incluso as atividades permitidas e o controle do uso.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, M. J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. 2013. Meteorologische Zeitschrift, DOI. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 20 mar. 2022.
- AMARAL, Marcos Vinícius Fernandes et al. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. *Revista Árvore*, v. 33, p. 575-582, 2009.
- ALVES S., T., OLIVEIRA, P.T.S., RODRIGUES, D.B.B., AYRES, F.M., Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. *Engenharia Agrícola*, v. 30, p. 46-57, 2010.
- AMORIM, B. C. Recursos naturais e meios de produção: o caso da produção de carvão vegetal no Assentamento Tarumã-Mirim, Manaus - AM. Anais. In: XXI Encontro Nacional de Geografia, nº 21, 2012, Uberlândia. Disponível: http://www.lagea.ig.ufu.br/xx1enga/anais_enga_2012/eixos/1423_1.pdf.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Rev. Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.
- ARRAES, R. A; MARIANO, F.Z; SIMONASSI, A.G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 50, p. 119-140, 2012.
- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.;

- LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BÜHRING, R. Estudo da Dinâmica de uso do solo e cobertura vegetal e elaboração de uma proposta de zoneamento para a Bacia Hidrográfica do Tarumã, Manaus-AM. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.
- CHO, D. F.; SCHWAIDA, S. F.; CICERELLI, R. E.; ALMEIDA, T.; RAMOS, A. P. M.; SANO, E. E. Desempenho do Algoritmo de Classificação de Imagens Random Forest para Mapeamento do Uso e Cobertura do Solo no Cerrado Brasileiro. Anuário do Instituto de Geociências, v. 44, 37979, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2021_44_37979. Acesso em: 19 jan 2023.
- COSTA, C. A. G.; Avaliação dos dados SRTM através de análise altimétrica e morfométrica de bacias hidrográficas no Semi-Árido. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, 2008.
- COSTA, J.; TAPIA-CORAL, S.; SOARES, E.; MOTA, A.; SILVA, A. Conflitos na Área de Preservação Ambiental Tarumã-Açu/Tarumã-Mirim: proteger para quem? Anais. In: VII Congresso Brasileiro de Agroecologia, v. 6, n. 2, 2011.
- COLLARES, E.G. Avaliação de alterações em redes de drenagem de sub-bacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP. 2000. 211p. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- CRUZ, C. B. M., Teixeira, A. D. A., Barros, R. D., ARGENTO, M. S. F., MAYR, L. M., & Menezes, P. D. Carga antrópica da bacia hidrográfica da Baía de Guanabara. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 9, p. 99-109, 1998.
- ESPÍRITO-SANTO, Fernando Del Bon; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. Validação do mapeamento de uma área de floresta tropical com o uso imagens de videografia aérea e dados de levantamento de campo. Revista Árvore, v. 29, p. 227-239, 2005.

FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; MORAIS, A. R. de.; Exatidão na classificação de fragmentos de matas em imagem do satélite Cbers-CCD, no município de Lavras, MG. Anais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 8, p. 887-894, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manaus, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama>. Acesso em: 16 nov. 2022.

INCRA-AM. Informações do Projeto de Assentamento Tarumã-Mirim. Manaus, 1999. 67p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). PRODES. 2023. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 14 jul. 2023.

LANDIS, J. R., KOCH, G.G.; The measurement of observer agreement for categorical data. *Biométricas*, 33, 159-174, 1977.

MACHADO, M. M. S.; SOUZA, S. C.; COSTA, R. C. Relações de produção e modo de vida no Assentamento

Tarumã-Mirim, Manaus (AM). Anais. In: XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária, São Paulo, p. 1-14, 2009. Disponível em: http://www.lagea.ig.ufu.br/xx1eng/a/anais_enga_2012/eixos/1435_1.pdf. Acesso em: 22 mai. 2022.

MATSUSHITA, B.; XU, M.; FUKUSHIMA, T. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset. *Landscape and Urban Planning*, v.78, p.241-250, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/7hTsMfpbbPzGYzMTWwP6spw/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 21 mai. 2022.

MELO, E. C. Fatores de controle dos fluxos fluviais de material em suspensão em diferentes cenários climáticos na bacia do rio Solimões. 2012. Tese (Doutorado em Clima e Ambiente) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Amazonas, 2012.

MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. Analisando os processos de mudança de cobertura e uso da terra em nível de bacia hidrográfica: um estudo multitemporal na bacia hidrográfica do Lago Cuitzeo,

- México (1975–2003). *Geografia Aplicada*, v. 31, n. 1, pág. 237-250, 2011.
- NASCIMENTO, W. H. S. Impactos Ambientais provocados pela implantação de loteamentos urbanos na Área de Proteção Ambiental Tarumã/ Ponta Negra no Município de Manaus (AM). Dissertação (Mestrado Profissional em Ciências do Ambiente). Manaus: UFAM, 2009. 156 p
- NASCIMENTO, J. L. Uso de geotecnologias no monitoramento de Unidades de Conservação: ocupação peri urbanas na APA Margem Esquerda do Rio Negro - Manaus. 2010. 118 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/2604>. Acesso em: 14 mar. 2022.
- PINTO, W. H.; CARVALHO, A. de S. Geoprocessamento aplicado à análise físico- territorial da área do Tarumã - AM. Anais. In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, nº 13, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3003-3009.
- PRINA, B. Z.; TRENTIN, R., GMC: Geração de Matriz de Confusão a partir de uma classificação digital de imagem do ArcGIS. Anais. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, p. 137, 2015.
- PRODES - Incremento anual de área desmatada no Amazônia Brasileira. Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/map/deforestation?hl=pt-br>. Acesso em: 03 set. 2023.
- SANTOS, Genice Vieira et al. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. *Revista Árvore*, v. 31, p. 931-940, 2007.
- SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. R. Estudo dos metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu (AM). Manaus: *Acta Amazônica*, n. 37, p.111-118, 2007.
- SAITO, Érika Akemi et al. Efeitos da mudança de escala em padrões de desmatamento na Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 63, n. 3, 2011.
- SANTOS, A. L.; SANTOS, F. dos. Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia

hidrográfica do rio Vaza-barris, Sergipe. Saber Acadêmico - n^o 10 - Dez. 2010/ ISSN 1980-5950.

SANTOS, L.A.C.S.; BATISTA, A. C.; NEVES, C. O. M.; CARVALHO, E. V.; SANTOS, M. M.; GIONGO, M. Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em nove municípios do sul do Tocantins, utilizando imagens landsat. Rev. Agroambiente, v. 11, n. 2, Boa Vista, 2017.

SOUZA, J. A. C. Acurácia das métricas de validação da classificação de imagens. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2020.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. Revista Brasileira Multidisciplinar, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236.

Disponível em:
<https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236>.
Acesso em: 6 set. 2023.