

DINÂMICA ESPAÇO-TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NA VÁRZEA DO LAGO JANAUCÁ, NO ESTADO DO AMAZONAS

Tainá Sampaio Xavier Conchy^{1,3}, Lucas Garcia Magalhães Peres², Sebastien Pinel^{1,3}, Joecila Santos da Silva³

¹Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Av. André Araújo, 2936 – CEP 69067-375 – tainaconchy@gmail.com; sebastienpinel@gmail.com

²Universidade de Brasília – UnB/Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde – LAGAS, Campus Darcy Ribeiro – CEP 70910-900 – lucasgarciamp@gmail.com

³Universidade do Estado do Amazonas – UEA / Laboratório de Recursos Hídricos e Altimetria Espacial da Amazônia – RHASA, Av. Darcy Vargas, 1.200 – CEP 69050-020 – jsdsilva@uea.edu.br

RESUMO

A várzea de Janauacá está localizada na região central da Amazônia, na margem esquerda do rio Solimões, sendo um sistema representativo das planícies de inundação da região amazônica. O presente estudo buscou com base em dados de sensoriamento remoto, para um período de quatro décadas, entre os anos de 1972 e 2016, estudar a dinâmica temporal do uso e cobertura da terra na região. Foram utilizadas imagens orbitais dos satélites Landsat 1, 5 e 8, que a partir de processos de classificação de imagens, produziram cinco mapas de uso do solo, que foram validados através do índice Kappa e acurácia global, obtendo valores satisfatórios de concordância para a classificação. Foram aplicadas métricas de paisagem para mensurar as mudanças da cobertura. A partir dos resultados, foi possível identificar um decréscimo das áreas de vegetação natural e consequente incremento de classes representativas de atividades antrópicas, como áreas de roça e de pastagem.

Palavras-chave — Sensoriamento Remoto, Detecção de Mudanças, Planície de Inundação, Amazônia, uso da terra.

ABSTRACT

The Janauacá floodplain is located in the central region of the Amazon, on the left bank of the river Solimões, being a representative system of the floodplains of the Amazon region. The present study searched based on remote sensing data, for a period of four decades (between 1972 and 2016), to study the temporal dynamics of land use and land cover in the region. We used orbital images of the Landsat satellites 1, 5 and 8, that from processes of classification of images, produced five maps of land use, which have been validated by Kappa index and overall accuracy, obtaining satisfactory values of agreement for the classification. We applied Landscape metrics to measure changes in coverage. From the results, it was possible to identify a decrease in natural vegetation areas and consequent increase of representative classes of human activities, as areas of farm and pasture.

Keywords — Remote Sensing, Change Detection, Floodplain, Amazon, land use.

1. INTRODUÇÃO

A bacia amazônica é a maior bacia hidrográfica do mundo, responsável por aproximadamente 15% da descarga de água doce dos oceanos do mundo (Molinier, 1995). De grande representação na bacia, as zonas úmidas ocupam uma extensão estimada de 800 mil km², conforme Hess et al. (2015). São consideradas zonas úmidas todas as extensões de pântanos, charcos ou superfícies cobertas de água, de regime natural ou artificial, constantes ou transitórias, que contém água seja parada ou corrente, doce, salobra ou salgada. Na bacia amazônica, as zonas úmidas constituem uma rede complexa de lagos conectados ao leito principal dos rios, que cobrem grandes planícies de inundação.

As zonas úmidas auxiliam na regulagem do regime hídrico dos rios, e são fundamentais no transporte e deposição de sedimentos. Em razão da baixa velocidade das águas nas planícies de inundação, o material é depositado, criando condições favoráveis para o desenvolvimento dos organismos. As zonas úmidas se comportam como um reservatório de carbono, assumindo um papel importante sobre a mitigação das mudanças climáticas e também fornecem serviços ecológicos fundamentais para as espécies de fauna e flora, assim como para o bem-estar de populações ribeirinhas.

Dessa forma, torna-se fundamental compreender de que forma ocorre, no espaço-tempo, o uso e a ocupação nesse tipo de ambiente. Estudos a respeito das dinâmicas temporais de uso e ocupação em zonas úmidas amazônicas já foram desenvolvidos (Hess, 2003; Affonso, 2007; Renó; 2010), constatando diminuição na cobertura vegetal original dessas áreas.

Representativa das zonas úmidas da Amazônia, A várzea do lago Janauacá está localizada na porção central da bacia amazônica, na margem direita do rio Solimões, distanciando-se aproximadamente 40 km a sudeste de Manaus (AM). Diante desse contexto, o objetivo desta pesquisa é analisar a dinâmica espaço-temporal de uso e cobertura da terra da várzea de Janauacá, utilizando técnicas de processamento de

imagens oriundas de sensores orbitais. Para a identificação das dinâmicas foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 1, 5 e Landsat 8, num intervalo entre os anos de 1972 e 2016.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A várzea de Janauacá (Figura 1) tem sua área delimitada pela bacia hidrográfica do lago de mesmo nome, totalizando uma superfície total de 786 km² (Pinel et al., 2015). A zona que pode ser alagada é de 438 km² (correspondente a 50% da bacia) para um nível de água de 25 metros no lago. O lago está conectado ao Rio Solimões ao norte por um canal permanente (Pinel et al., 2017).

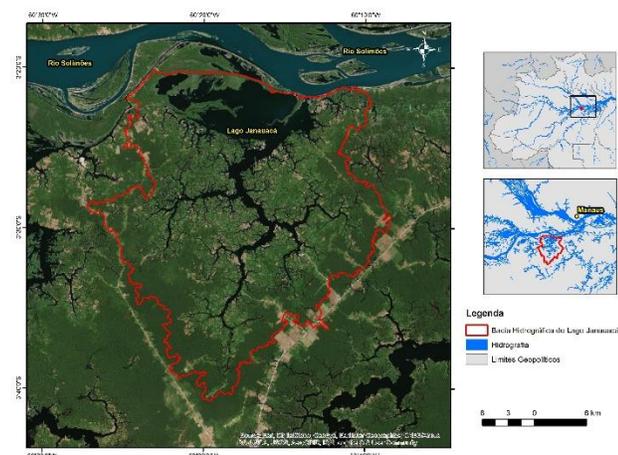


Figura 1. Localização da várzea do Lago Janauacá

Para a identificação das dinâmicas de ocupação da várzea do lago Janauacá foram classificadas imagens dos satélites Landsat 1 (referente ao ano de 1972), Landsat 5 (referentes aos anos de 1986, 1994 e 2005) e Landsat 8 (referente ao ano de 2016), compreendendo um intervalo de mais de 40 anos de análise. As imagens utilizadas são dos meses de julho e agosto, período de vazante e com menor cobertura de nuvens. As especificações técnicas das imagens apresentam-se na Tabela 1.

Tabela 1. Imagens Landsat utilizadas

Órbita/Ponto	Resolução espacial (m)	Dia	Mês	Ano	Sensor
231/62	60	31	Julho	1972	MSS
231/62	30	10	Agosto	1986	TM
231/62	30	25	Agosto	1994	TM
231/62	30	20	Julho	2005	TM
231/62	30	28	Julho	2016	OLI

Após a aquisição das imagens, as mesmas foram georreferenciadas, utilizando-se como referência imagens Geocover. Posterior ao georreferenciamento, realizou-se a classificação espectral das imagens, utilizando-se do algoritmo da máxima verossimilhança. Esse algoritmo considera as características médias da assinatura espectral de

cada categoria de dados e a covariância entre as categorias, permitindo uma discriminação precisa das mesmas (Alatorre et al., 2011). As classes de uso e cobertura foram determinadas a partir de fotointerpretação das imagens de satélite, sendo definidas as classes de “floresta de terra firme”, “floresta de várzea”, “vegetação secundária”, “pasto”, “pasto natural”, “roça”, “hidrografia” e “resíduo”, sendo essa última classe o agrupamento das áreas cobertas por nuvens e sombras de nuvens.

Subsequente a classificação com o algoritmo da máxima verossimilhança, foram realizadas edições dos resultados obtidos, onde foi utilizada uma ferramenta de filtro majoritário. Baseando-se na classificação, foi realizado o cálculo das áreas das classes, de forma a quantificar as mudanças ocorridas na zona de estudo durante os últimos 40 anos.

Para o cálculo, foi utilizada a extensão “Patch Analyst”, do ArcGIS. Tal ferramenta consiste num agrupamento de índices e métricas de ecologia de paisagens. Segundo Forman & Godron (1986), a ecologia de paisagens busca compreender as relações estabelecidas entre a estrutura, a função, e a dinâmica dos ecossistemas, os quais são interativos e característicos de uma determinada região. A ecologia de paisagens apresenta-se como relevante para a mensuração de mudanças na paisagem, pois oferece um conjunto de métricas que possibilitam caracterizar, no espaço e no tempo, os padrões de uso e cobertura da terra (Turner e Carpenter, 1998). No presente trabalho foi utilizada a métrica “Área da Classe”, que faz a soma de todas as manchas pertencentes a uma determinada classe.

Após o processo de classificação das imagens, foi realizada a medição da acurácia da classificação, onde foi utilizado o índice Kappa. O índice Kappa é uma medida do quanto a classificação está de acordo com os dados de referência (Congalton, 1991). Como referência, foram utilizadas as áreas de coleta de amostras dos pixels das classes utilizadas na classificação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado da acurácia da classificação apresentou-se satisfatório, conforme, a Tabela 2. A acurácia global de um mapa é expressa pela razão total de pontos de referência pelo total de pontos corretamente classificados (Congalton, 1991). Com exceção do ano 1972, o índice Kappa fica superior a 0,80 (“excelente”).

Tabela 2. Resultado do índice Kappa e a acurácia global de cada classificação

Ano	Índice Kappa	Concordância global (%)
1972	0,673	80,8
1986	0,935	97,03
1994	0,815	91,64
2005	0,91	94,28
2016	0,94	96,484

Após o processamento das imagens, foi produzido um mapa temático (Figura 2), onde é possível notar uma diminuição das áreas florestadas e um grande incremento de vegetação secundárias e áreas de roça e pastagens.

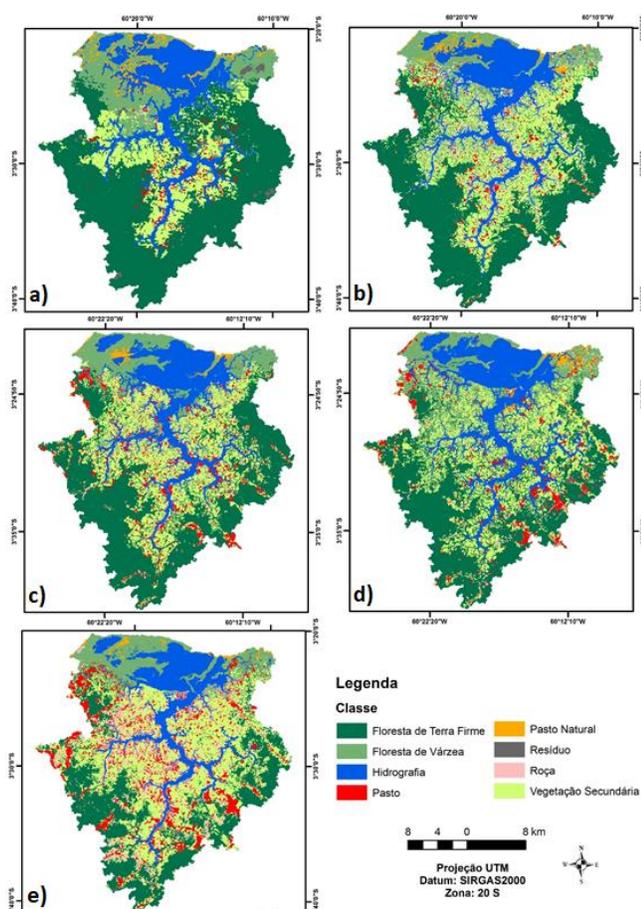


Figura 2. Mapas de uso e cobertura da terra da região do Lago Januacá. A- Ano de 1972; B- Ano de 1986; C- Ano de 1994; D- Ano de 2005; E- Ano de 2016.

Analisando o resultado da aplicação da métrica “área da classe” (Tabela 3 e Figura 3), verifica-se uma diminuição acentuada das áreas de “floresta de terra firme”. Concomitantemente, as classes de atividades antrópicas (pasto e roça) apresentam um crescimento elevado. De forma geral, o decréscimo de “floresta de terra firme” é constante entre as datas analisadas, mas acentua-se intervalo entre 2005

e 2016, quando ocorre uma redução de mais de 7,53 mil hectares. No mesmo período, as classes de atividades antrópicas apresentam comportamento semelhante: as áreas de “pasto” aumentam em cerca de 3,75 mil hectares e as da classe “roça” aumentam pouco mais de 6,00 mil hectares.

Tabela 3. Áreas das classes mapeadas (em hectares)

Classe	Área da Classe (1972)	Área da Classe (1986)	Área da Classe (1994)	Área da Classe (2005)	Área da Classe (2016)
Floresta Terra Firme	37596,86	30510,73	28969,11	26825,32	19288,64
Floresta Várzea	11684,33	10281,29	9600,83	10641,69	7607,88
Hidrografia	14203,00	13415,51	13268,67	15277,63	11085,79
Pasto	1262,87	2674,23	4693,16	4039,87	7793,30
Pasto Natural	1681,99	1025,68	625,25	695,00	506,16
Resíduo	652,59	0,00	233,00	455,17	0,00
Roca	532,44	3411,89	2224,30	1743,40	7749,96
Vegetação Secundária	11005,72	17300,47	19005,47	18941,75	24588,08

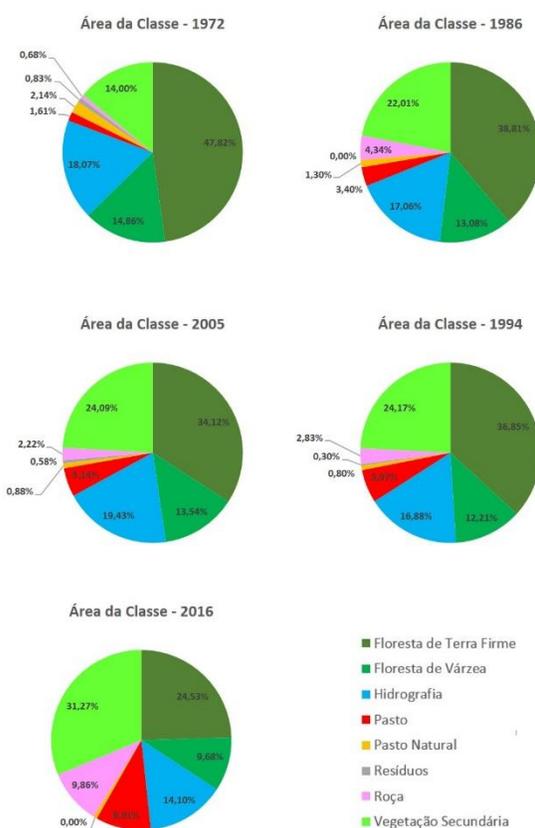


Figura 3. Gráfico da evolução das classes de uso e cobertura da terra

As áreas de “hidrografia” possuem pouca alteração no intervalo analisado, sendo que essa oscilação é fruto da variação do nível d’água na zona de estudo, embora as

imagens sejam do mesmo período climático. A classe “pasto natural” tem pouca variação, decorrente também da variação do nível d’água. As áreas de “floresta de várzea” também sofrem influência do nível d’água, pois anos com uma lâmina d’água mais elevada tendem a cobrir algumas zonas de “floresta de várzea”. Entretanto, as áreas de “floresta de várzea” também sofreram substituição da cobertura natural para usos antrópicos. A variação da classe de “resíduos” é oriunda da ocorrência ou não de nuvens nas imagens selecionadas, embora tenha se buscado imagens com menos cobertura de nuvens.

A classe “vegetação secundária” também teve um considerável incremento, passando de 13,99% da área (11,00 mil hectares) para 31,27% da área (24,58 mil hectares). Conforme Brown e Lugo (1990), a vegetação secundária é característica de áreas de cobertura florestal original que sofreram algum grau de perturbação antrópica, como também podem representar um estágio inicial de áreas que foram completamente desmatadas.

4. CONCLUSÕES

De acordo com as classificações obtidas das 5 datas, a forma de uso da terra alterou o tipo de vegetação ao longo dos anos. As áreas cobertas inicialmente por floresta de terra firme, floresta de várzea, pasto natural e hidrografia diminuíram drasticamente de 1972 até 2016 e representam 51,30%, 65,11%, 78,05% e 30,09%, respectivamente, dos seus valores cedendo espaço às coberturas de solo como pasto, roça e vegetação secundária que tiveram uma taxa de incremento de 617,11%, 1455,55%, 223,41%, respectivamente.

Na área de estudo, é notável o decréscimo da cobertura florestal original. O grande incremento da classe “vegetação secundária” na zona de estudo, associado ao aumento de “pasto” e “roça” demonstra o significativo grau de alteração da paisagem, associada a diminuição da cobertura florestal original e sua substituição por áreas de atividades antrópicas.

Destacam-se dois vetores de expansão das áreas antrópicas na zona de estudo, sendo as margens da rodovia federal BR-174 (ao sul) e da rodovia estadual AM-354 (ao leste) concentradoras das áreas alteradas no decorrer das datas. Nas margens do lago Janauacá também estão presentes muitas áreas de pastagens e roça associadas a mosaicos de vegetação secundária.

5. REFERENCIAS

[1] Molinier, M. "Régionalisation des débits du bassin amazonien: premiers résultats", *Régionalisation en hydrologie: application au développement*, Paris, 489-502 pp, 1995.

[2] Hess, L.L.; Melack, J.M.; Affonso, A.G.; Barbosa, C.; Gastil-Buhl, M.; Novo, E.M. "Wetlands of the lowland Amazon basin: Extent, vegetative cover, and dual-season inundated area as mapped with JERS-1 synthetic aperture radar". *Wetlands*, v. 35, n. 4, 745-756pp, 2015.

[3] Hess, L.L.; Melack, J.M.; Novo, E.M.; Barbosa, C.C.; Gastil, M. "Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin". *Remote sensing of environment*, v. 87, n. 4, 404-428pp, 2003.

[4] Affonso, A.G.; Novo, E.M.L. M.; Melack, J.M.; Hess, L.L. "Identificação e quantificação do desflorestamento nas áreas alagáveis nos municípios à margem do Rio Solimões / Amazonas nos estados do Pará e Amazonas". *Proc. Brazilian Society of Remote Sensing*, 2007.

[5] Renó, V.F. "Avaliação do desflorestamento da várzea do Baixo Amazonas com imagens Landsat obtidas em 1975/1981 e 2008". Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 99pp, 2010.

[6] Pinel, S.; Bonnet, M. P.; Santos Da Silva, J.; Moreira, D.; Calmant, S.; Satgé, F.; & Seyler, F. "Correction of interferometric and vegetation biases in the SRTMGL1 spaceborne DEM with hydrological conditioning towards improved hydrodynamics modeling in the Amazon Basin." *Remote Sensing*, v. 7, n. 12, 16108-16130pp, 2015.

[7] Pinel, S. "Amazonian floodplain hydrodynamics: characterization and local modeling with in situ and remotely sensed data". Tese (Doutorado em Clima e Ambiente – CLIAMB) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 245pp, 2017.

[8] Alatorre, L.C.; Sánchez-Andrés, R.; Cirujano, S.; Beguería, S.; Sánchez-Carrillo, S. "Identification of mangrove areas by remote sensing: The ROC curve technique applied to the northwestern Mexico coastal zone using Landsat imagery". *Remote Sensing*, v. 3, n. 8, 1568-1583pp, 2011.

[9] Forman, R.; Godron, M. "Landscape ecology". 619pp, John Wiley & Sons, Nova York, 1986.

[10] Turner, M.; Carpenter, S. "At last: a journal devoted to ecosystems". *Ecosystems*, v. 1, n. 1, 1-4pp, 1998.

[11] Congalton, R.G. "A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data". *Remote sensing of environment*, v. 37, n. 1, 35-46pp, 1991.

[12] Brown, S.; Lugo, A.E. "Tropical secondary forests". *Journal of tropical ecology*, v. 6, n. 1, 1-32pp, 1990.