

Temporal evolution land use and occupation on the Parauapebas river watershed, Pará

Deborah S. Dias^{*}, Roberta L. de O. Albuquerque^{**}, Rodrigo S. S. Rodrigues^{***}

^{*}Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, Pará, Brasil. E-mail: deborahdias.ufpa@gmail.com (autora correspondente)

^{**}Estudante de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, Pará, Brasil. E-mail: robealbuquerque@gmail.com

^{***}Professor do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia – UNAMA, Doutorando em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA), Belém, Pará, Brasil. E-mail: rssr@ufpa.br

Received 11 April 2020; accepted 28 October 2020

Abstract

The mapping of land use and occupation is an instrument allied to sustainable development, since it favors the monitoring and evaluation of environmental changes. In this study, the objective was to analyze the modification of land use and occupation, in a temporal series (years 1985, 2002 e 2018), in the watershed of the Parauapebas River located mostly in the Carajás Integration Region, in the State of Pará. A Digital Elevation Model was generated from the Alos-Palsar image for the delimitation of the watershed. After that, the land use and cover maps were provided by the Annual Land Cover and Use Mapping Project in Brazil. For the years analyzed, the classifications of forests and agricultural activities were significantly highlighted when considering the variation between 1985 and 2018 (33 years) with the conversion of approximately 4,200 km² of forest areas into rural areas. Between 2002 and 2018, this behavior was maintained, however, with less intensity, showing that the pressures of agricultural activities on forests were stable. Deforestation in the State of Pará is closely linked to the process of occupation and expansion of agricultural activities. The region needs to enhance sustainable practices for agricultural productivity with techniques unrelated to deforestation, as well as paying attention to possible areas that forest restoration contributes to environmental development.

Keywords: geoprocessing, remote sensing, Alos-palsar.

Evolução temporal do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Parauapebas, Pará

Resumo

O mapeamento do uso e ocupação da terra é um instrumento aliado ao desenvolvimento sustentável, uma vez que facilita o monitoramento e a avaliação de alterações ambientais. Neste estudo, o objetivo foi analisar a modificação do uso e ocupação do solo, em uma série temporal (anos de 1985, 2002 e 2018), na bacia hidrográfica do rio Parauapebas localizada em maior parte na Região de Integração Carajás, no Estado do Pará. Gerou-se um Modelo Digital de Elevação a partir da imagem Alos-Palsar para a delimitação da bacia hidrográfica. Posteriormente, utilizaram-se as cartas de uso e cobertura do solo disponibilizadas pelo Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil. Para os anos analisados, as classificações de florestas e atividades agropecuárias obtiveram expressivo destaque ao considerar a variação entre 1985 e 2018 (33 anos) com a conversão de aproximadamente 4.200 km² de áreas de florestas em áreas rurais. Entre os anos de 2002 e 2018 este comportamento se manteve, porém, com menor intensidade, mostrando que as pressões das atividades agropecuárias sobre as florestas encontravam-se estáveis. O desflorestamento no Estado do Pará está intimamente ligado com o processo de ocupação e de expansão das atividades agropecuária. A região necessita potencializar práticas sustentáveis para a produtividade agropecuária com técnicas desvinculadas ao desflorestamento, bem como, atentar para possíveis áreas onde a recomposição florestal contribua com o desenvolvimento ambiental.

Palavras-chave: geoprocessamento, sensoriamento remoto, Alos-Palsar.

1. Introdução

O Ciclo Hidrológico, de acordo com Miranda et al. (2011), é um fenômeno global de circulação fechada e se constitui de uma sucessão de processos na natureza pelos quais a água inicia o seu percurso indo de um estágio inicial até retornar à

posição primitiva ao longo desse ciclo, onde a água está sempre em transição entre os diferentes estados físicos (sólido, líquido e gasoso) e lugares. A bacia hidrográfica é o elemento fundamental de maior interesse para análise, dentro da fase terrestre do ciclo hidrológico. Sendo assim, a bacia hidrográfica é composta por um conjunto de superfícies vertentes e

possui uma área de captação natural da água de precipitação, formada por cursos d'água que confluem até um leito único, chamado de exutório (Silveira, 2001).

A qualidade e a quantidade de água de uma bacia hidrográfica estão diretamente associadas as consequências do uso e ocupação de seu entorno, desta forma, se torna importante o conhecimento espacial da área. Souza et al. (2012) afirmam que o crescimento desordenado das cidades acarreta em transformações ao meio ambiente, podendo gerar impactos positivos e negativos, sendo a análise de uso e cobertura do solo uma forma de avaliar as mudanças decorrentes dessas transformações.

Lopes (2008) indica que o mapeamento pode facilitar a visualização de áreas exploradas de forma inadequada, promovendo uma tomada de decisões pelos órgãos responsáveis pelas análises ambientais e fiscalização. Leite (2013) complementa a informação destacando que uso e ocupação do solo podem ser apresentados por meio de mapas indicando a distribuição espacial da ação antrópica através da análise de imagens remotamente sensoriadas.

A utilização de ferramentas de geoprocessamento para licenciamentos ambientais associados aos recursos naturais e ações antrópicas norteia diversos estudos que dão base para tomadas de decisões que visem a sustentabilidade ambiental da área em análise, como análise espacial de bacias hidrográficas visando a probabilidade de ocorrência de cheias (Rodrigues et al., 2016; Atafde et al., 2017; Santos et al., 2017), distribuição de chuvas intensas (Vieira et al., 2018; Crispim et al., 2019; Ferreira Filho et al., 2019), comportamento do escoamento superficial em resposta às chuvas intensas (Rodrigues et al., 2017; Castro et al., 2020; Rodrigues et al., 2020), e até quanto a infraestrutura de saneamento, saúde pública e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (Crispim et al., 2016; Crispim et al. 2020).

De acordo com Câmara e Medeiros (1996) o geoprocessamento é uma ferramenta que objetiva o fornecimento de mecanismos computacionais para que analistas possam determinar das evoluções espaciais e temporais de um determinado fenômeno geográfico. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), de acordo com Silva e Pereira (2018), possibilitam o manuseio de diversos dados e informações georreferenciadas e podem integrar dados compatíveis com informações coletadas em

trabalhos de campo.

A área de estudo do presente trabalho é o município de Parauapebas, localizado no estado do Pará, é banhado pelos rios Parauapebas e Itacaiúnas, no entanto, o primeiro rio apresenta maior destaque, pois de acordo com Siqueira et al. (2012) é a principal fonte de fornecimento de água de abastecimento público para o município, assim como também é utilizado para recreação e pesca. Os autores afirmam que a preservação e conservação ambiental do rio Parauapebas não é gerenciada com a devida importância resultando em conflitos sociais e ambientais na região.

Esta região caracteriza-se pela intensa ocupação e exploração dos recursos naturais a partir da década 1960, na qual as atividades mais evidentes ligadas às políticas de desenvolvimento na região eram o crescimento das cidades em detrimento da especulação de terra ao longo das estradas; o aumento dramático da pecuária bovina; a exploração madeireira e agricultura familiar (mais recentemente a agricultura mecanizada) (Fearnside, 2003; Alencar et al., 2004; Laurance et al., 2004).

De tal modo, torna-se interessante à gestão dos recursos hídricos pelas entidades envolvidas, a realização de uma análise das transformações espaciais de uso e ocupação do solo onde pode-se orientar o planejamento, considerando o cenário ambiental da região. Diante do exposto, este estudo tem como objetivo analisar a evolução temporal de uso e ocupação do solo, para os anos de 1985, 2002 e 2018, da bacia hidrográfica do rio Parauapebas.

2. Material e métodos

Área de estudo

A pesquisa foi realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Parauapebas (BHRP), localizada, em maior parte, na Região de Integração Carajás, no estado do Pará (Figura 1). A região possui forte influência das cidades de Marabá e Parauapebas, ambas afetadas pelos processos migratórios decorrentes da extração de recursos naturais e da indução de acesso à terra. O fluxo migratório para o município de Parauapebas ocorre por conta da intensa busca de oportunidades de trabalho e negócios gerados, diretos e indiretamente, associados às atividades de mineração (Prefeitura de Parauapebas, 2018).

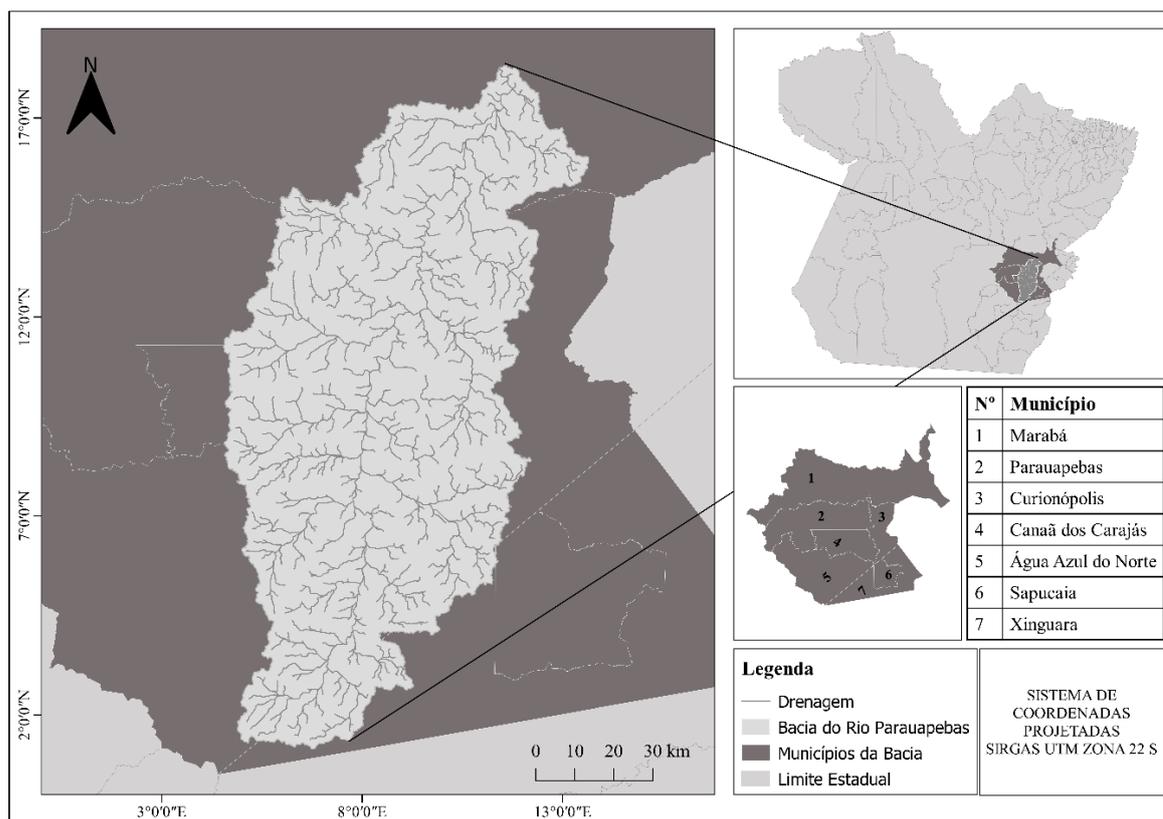


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Parauapebas, Pará.

A BHRP está inserida em sete municípios paraenses, são eles: Água Azul do Norte, Canaã dos Carajás, Curionópolis, Marabá, Parauapebas,

Sapucaia e Xinguara. Na Tabela 1 apresentam-se os percentuais da área integrada dos municípios à bacia.

Tabela 1– Área do município e percentual da área integrante à bacia do rio Parauapebas, Pará.

Município	Área do Município (km ²)		Percentual da Área Integrada (%)
	Total	Parcial Integrada à bacia	
Água Azul do Norte	7.115,40	2.413,21	33,92
Canaã dos Carajás	3.146,63	2.663,62	84,65
Curionópolis	2.372,82	650,74	27,42
Marabá	15.048,11	1.196,86	7,95
Parauapebas	6.951,51	2.122,62	30,53
Sapucaia	1.292,97	0,78	0,06
Xinguara	3.787,91	575,77	15,20

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2020c).

O acesso da população e escoamento da produção é feita por uma rede de rodovias federais, como a BR-153, BR-222, BR-230 e BR-155, e estaduais, PA-150, PA-275, PA-477 e PA-160 (Prefeitura de Parauapebas, 2018). A população dessa região em 2014, foi estimada em pouco mais de 629 mil habitantes, correspondendo a 7,7% do total do Estado. Marabá é o município de maior contingente populacional representando 41% seguido de Parauapebas com 29% (PPA, 2015).

Entre os setores econômicos que constituem o PIB da Região de Integração, o de maior valor adicionado é a Indústria, com 57,14% do PIB da

Indústria do Pará. A extração de minério de ferro em Parauapebas é o principal expoente da geração do PIB na região, contribuindo para a pauta exportadora do Estado (PPA, 2015).

A região é caracterizada por um clima tropical, quente e úmido do tipo “Am”, segundo a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013).

A região sudeste possui o trimestre de fevereiro a abril como o período mais chuvoso e os meses de agosto, setembro e outubro como o período menos chuvoso. A temperatura do ar apresenta médias acima de 26 °C, e a umidade relativa do ar fica em torno de 80% (Moraes et al., 2005).

O principal curso d'água da bacia é o rio Parauapebas, um importante curso d'água para muitas comunidades por onde passa, cortando cerca de 350 quilômetros no sudeste paraense; nasce na Serra Arqueada e corre na direção sul-norte; é formado pela junção do ribeirão do Caracol e do córrego da Onça; recebe pela margem esquerda os rios Córrego da Goiaba, Sossego, Igarapé da Gal, Gelado e Sapucaia; e pela margem direita, os rios Plaqué e Verde, Igarapé Ilha do Coco e os rios Novo e Caracol (Siqueira et al., 2012).

Modelo Digital de Elevação (MDE) e delimitação de bacia

Para este estudo, foram utilizadas imagens de radar do sensor ALOS PALSAR – FBS, disponibilizadas pelo EarthData/Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA), na plataforma Alaska Satellite Facility, para construção do MDE (Modelo Digital de Elevação) com resolução espacial de 12,5 m.

Em posse das imagens foi preciso projetá-las para o sistema de coordenadas projetadas SIRGAS 2000 UTM 22S, visto que a BHRP se encontra completamente inserida nesta referida zona. Posteriormente, seguiu-se com o pré-processamento das imagens para a delimitação da bacia. As bases de dados e as análises foram geradas através do SIG, utilizando-se o software ArcGis 10.5 e ArcHydro Tools.

Classificação do uso e ocupação do solo

Para realizar a classificação do uso e cobertura do solo na BHRP, foram adquiridas imagens geradas através do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil – MapBiomas. O projeto utiliza imagens do satélite Landsat (5 – TM, 7 – ETM+ e 8 – OLI) para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo dos biomas brasileiros (MapBiomas, 2020a). O processamento

das imagens Landsat é conduzido na plataforma Google Earth Engine, onde são automatizadas e distribuídas.

A plataforma possui uma base para todos os processamentos desenvolvidos de acordo com cada bioma brasileiro, mas também se utiliza de procedimentos específicos que selecionam e avaliam os dados a serem processados e de métodos estatísticos que diagnosticam a mudança da cobertura do solo ao longo do tempo e do espaço (MapBiomas, 2020b). De acordo com Ganem (2017), essa metodologia permite verificar fatores que podem estar associados com o grau de preservação da vegetação nativa, o padrão de urbanização e o nível de degradação ambiental de cada bioma.

Foram produzidas seis coleções de mapas do MapBiomas desde o início do projeto. As coleções representam alterações nos períodos de abrangência dos mapas anuais, mudanças na legenda ou correções frente a versão anterior. Para este trabalho, foram adquiridas imagens da coleção 4, lançada em agosto de 2019 que cobre o período de 1985 a 2018.

Para a análise da evolução temporal do uso e cobertura do solo da bacia, foram descarregadas da plataforma 7 cartas correspondentes aos municípios integrantes da BHRP para os anos de 1985, 2002 e 2018, totalizando 21 imagens. A escolha dos anos se deu pela possibilidade uma análise com períodos equidistantes.

De posse das imagens e com o auxílio das ferramentas do programa ArcGis 10.5, foi realizado o mosaico das imagens para cada ano a ser analisado, seguido de recorte para a BHRP e posterior reprojeção do Datum para coordenadas projetadas UTM Zona 22 S.

A partir da vetorização do raster resultante, realizou-se a definição das classes na aba Symbology do ArcGis, em função dos valores de ID (Tabela 2) obtidos na plataforma do MapBiomas, bem como a paleta de cores RGB para cada classe da legenda.

Tabela 2 – Classes de uso e ocupação do solo e seus respectivos identificadores.

Classes	ID
Floresta	3, 4
Formação Natural não Florestal	13
Agropecuária	15, 19
Infraestrutura Urbana	24
Mineração	30
Rio, Lago e Oceano (Hidrografia)	33

Fonte: Adaptado de MapBiomas (2020c).

A paleta de classificação do MapBiomas (2020a) apresenta temas transversais para “Agricultura” e “Pastagem” que neste estudo foram unificadas em “Agropecuária”.

Por fim, determinou-se com o auxílio da

ferramenta de cálculo, as áreas correspondentes a cada classe de uso e ocupação do solo da bacia. O programa *Excel* foi utilizado para sintetizar e calcular o percentual de cada classe em relação a área total da bacia.

3. Resultados e discussões

A partir da vetorização do DEM, foi possível delimitar a área da bacia hidrográfica do Rio Parauapebas, obtendo-se o valor de 9.628,5 km². Para

o conhecimento da dinâmica de uso e ocupação do solo foram utilizados os dados mapeados do MapBiomias, onde foram realizadas as classificações para os anos de 1985, 2002 e 2018, apresentados na Figura 2.

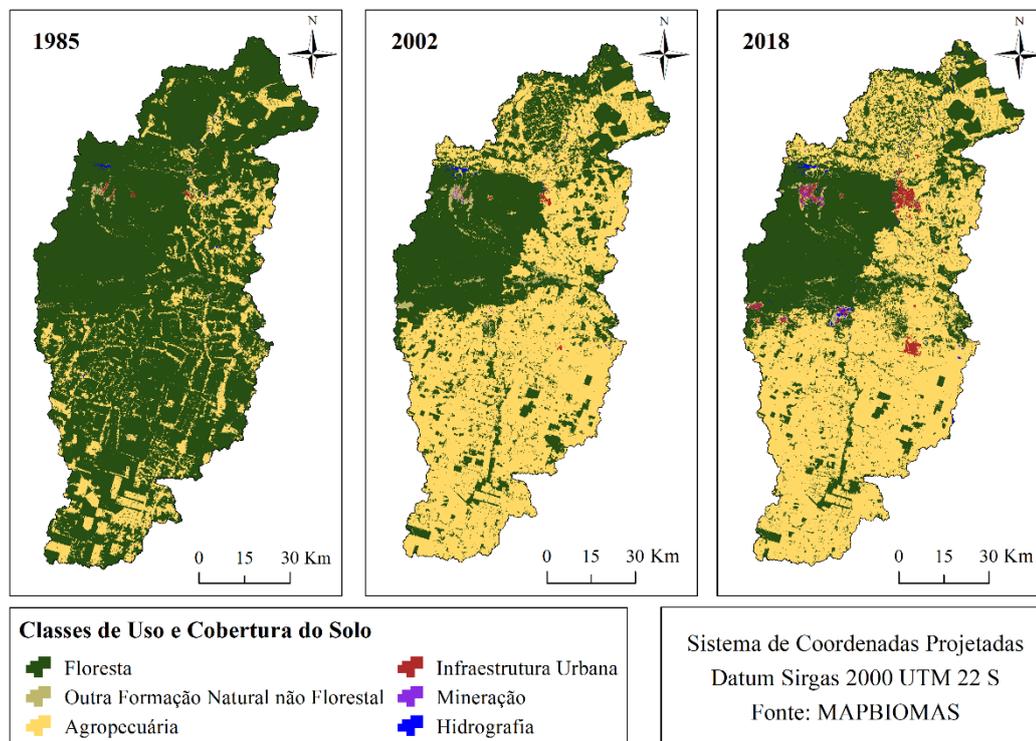


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Parauapebas, Pará.

Foram analisadas as classificações de mineração, hidrografia, infraestrutura urbana, agropecuária, outra formação natural não florestal e floresta. Observa-se o grande destaque para a área de floresta e a de agropecuária, em relação às outras classificações, obtendo as porcentagens mais significativas.

Nota-se com a Figura 2, que no ano de 1985 se destaca a fração classificada como floresta, compondo 82,43% da área total da bacia, seguindo pela fração identificada na classificação como agropecuária ocupando 15,85%. Analisando então a

dinâmica preponderante nos anos seguintes, de 2002 e 2018, é possível observar a inversão destes de resultados, de a agropecuária se destaca em relação à floresta.

Com suporte do processamento de dados apresentados no mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica (Figura 2), foram produzidas a Tabela 3 e a Figura 3, as quais quantificam o uso e ocupação do solo em percentual de áreas correspondentes, durante os anos de 1985, 2002 e 2018.

Tabela 3 - Quantificação das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Parauapebas para os anos de 1985, 2002 e 2018.

Classe	1985		2002		2018	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Floresta	7.936,72	82,43	3.944,89	40,99	3.668,56	38,10
Outra Formação Natural não Florestal	142,33	1,48	88,13	0,92	182,52	1,90
Agropecuária	1.526,00	15,85	5.564,77	57,77	5.627,03	58,44
Infraestrutura Urbana	12,00	0,12	14,80	0,15	107,32	1,11
Mineração	0,08	0,00	4,62	0,05	12,42	0,13
Hidrografia	11,43	0,12	11,35	0,12	30,71	0,32

Na Tabela 3 apresentam-se os valores percentuais em relação cada atividade classificada estabelecida anteriormente na Figura 2.

As classificações com maiores destaques são “Floresta” e “Agropecuária”, quantificadas em 82,43% e 15,85% da área da BHRP, respectivamente, no ano de 1985.

Em 2002 houve considerável variação em relação aos valores percentuais para cada classificação. A área de “Floresta” foi reduzida para 40,99% da BHRP, e “Agropecuária” aumentou significativamente para 57,77% da região da bacia.

Em 2018 os percentuais em relação às duas classificações em destaque, mantiveram o comportamento de decréscimo florestal (porém menos acentuado) e crescimento de atividades rurais, onde “Floresta” passou a 38,10% da BHRP e “Agropecuária” a 58,44% da área.

Nascimento e Fernandes (2016) alcançaram como resultado na bacia hidrográfica do Igarapé da Prata no município de Capitão Poço/PA, um comportamento de estabilidade para a classe de florestas no período de 2008 a 2012.

Compreende-se que, a partir dos anos 2000, atividades comuns a degradação florestal se encontrava estabilizadas em diversas regiões do Estado.

Mais de 80% da BHRP em 1985 era classificada como “Floresta”, e em 2018 está classificação possuía uma abrangência de apenas 38,10% da área. Uma perda de 4.268,16 km² de florestas em uma janela temporal de 33 anos.

Em resposta direta a perda de áreas florestais, visualiza-se o crescimento das atividades rurais com aumento de área de 4.101,03 km² da cobertura pela classificação “Agropecuária”, na mesma janela temporal de 33 anos (1985 a 2018). Fica claro o avanço do agronegócio sobre a composição florestal da BHRP. Segundo Carvalho (2012), o desmatamento da floresta na fronteira econômica do Estado do Pará está intimamente ligado com o processo de ocupação e de expansão das atividades agropecuária, madeireira e de mineração.

Verificou-se, também, na BHRP, um pequeno avanço de atividades de mineração. Este dado não pode passar despercebido diante do potencial de degradação das atividades mineradoras e sua elevada pressão sobre os recursos hídricos, como exposto em diversos estudos (Rocha et al., 2020; Rodrigues e Szlafsztein, 2020; Silva et al., 2020).

Na Figura 3 apresenta-se a evolução das classificações de uso e cobertura do solo em relação aos percentuais obtidos na Tabela 3.

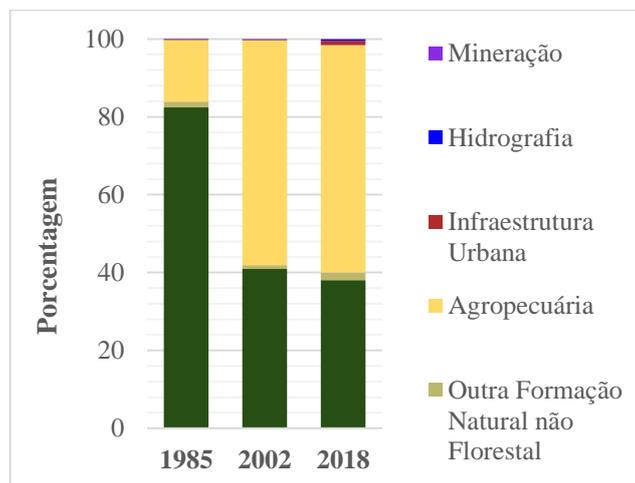


Figura 3 – Dinâmica de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Parauapebas, Pará.

4. Conclusões

A partir do processamento de dados georreferenciados foi possível realizar uma análise de uso e cobertura do solo da BHRP onde se destacou o avanço de atividades rurais sobre as áreas florestais. Dentre as 6 classificações analisadas, “Agropecuária” e “Floresta” obtiveram maior destaque devido suas significativas inversões de áreas de ocupação. Não obstante, atividades menos representativas em termos de área na BHRP, não devem ser desconsideradas devido seus potenciais implicações sobre a degradação da qualidade ambiental.

Em uma janela temporal de 33 anos ocorreram significativas modificações nas características da BHRP. O Estado do Pará vem implementando políticas públicas que visam à potencialidade do agronegócio mediante as práticas sustentáveis sem avanço sobre florestas, sem desmatamento. Assim, a análise realizada neste estudo pode auxiliar na tomada de decisões a respeito de medidas de controle da preservação natural, a fim de evitar a vulnerabilidade ambiental da BHRP.

Referências

- Alencar, A., Nepstad, N., McGrath, D., Moutinho, P., Pacheco, P., Diaz, M.D.C.V., Soares Filho, B., 2004. Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica. Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), Manaus.
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2013. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711-728.
- Ataíde, L.C.P., Rodrigues, R.S.S., Pessoa, F.C.L., 2017. Caracterização morfométrica da bacia

- hidrográfica do rio Tauá, nordeste paraense. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental* 11, 130-138.
- Câmara, G., Medeiros, J.S., 1996. Geoprocessamento para Projetos Ambientais. INPE, São José dos Campos.
- Carvalho, A.C., 2012. Expansão da fronteira agropecuária e a dinâmica do desmatamento na Amazônia Paraense. Tese (Doutorado em Economia). Campinas, UNICAMP.
- Castro, D.C.C., Rodrigues, R.S.S., Ferreira Filho, D.F., 2020. Escoamento superficial na área convergente aos lagos Bolonha e Água Preta em Belém e Ananindeua, Pará. *Research, Society and Development* 9, 1-30.
- Crispim, D.L., Rodrigues, R.S.S., Vieira, A.S.A., Oliveira, R.N.P., Silveira, L.L.F., 2016. Espacialização da cobertura do serviço de saneamento básico e do índice de desenvolvimento humano dos municípios do Marajó, Pará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 11, 112-122.
- Crispim, D.L., Rodrigues, R.S.S., Vieira, A.S.A., Pessoa, F.C.L., Fernandes, L.L., 2020. Health indicators in Amazonian cities: case study in the State of Pará, Brazil. *Research, Society and Development* 9, 1-17.
- Crispim, D.L., Rodrigues, R.S.S., Vieira, A.S.A., Silveira, R.N.P.O., Pessoa, F.C.L., 2019. Análise estatística da precipitação do Município de Brasília – Acre, Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental* 8, 104-122.
- Fearnside, P.M., 2003. A Floresta Amazônia nas Mudanças Globais. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Manaus.
- Ferreira Filho, D.F., Bezerra, P.E.S., Silva, M.N.A., Rodrigues, S.S.R., Figueiredo, N.M., 2019. Aplicação de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas da rede hidrográfica: estudo de caso calha norte – PA. *Revista Brasileira de Climatologia* 24, 277-299.
- Ganem, K.A., 2017. Classificação da cobertura do solo na caatinga a partir de imagens do Landsat-8 e da Engine: uma comparação entre dados com e sem correção atmosférica. Dissertação (Mestrado em Geociências). Brasília, UNB.
- Laurance, W.L., Albernaz, A.K.M., Fearnside, P.M., Vasconcelos, H, Ferreira, L.V., 2004. Deforestation in Amazonia. *Science* 304, 1109-1111.
- Leite, E.F., Rosa, R., 2013. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. *Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia* 4, 90-106.
- Lopes, L.H.M., 2008. Uso e cobertura do solo em município de Tailândia-PA utilizando o TM/Landsat e técnica de classificação não supervisionada. *Engevista* 10, 126-132.
- MapBiomas. Visão geral da metodologia. Disponível: <http://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia>. Acesso: 10 fev.2020a.
- MapBiomas. Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível: <http://mapbiomas.org/>. Acesso: 10 fev. 2020b.
- MapBiomas. MapBiomas General “Handbook”. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). Collection 5. Version 1.0. Disponível: http://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/ATBD_Collection_5_v1.pdf. Acesso: 10 fev. 2020c.
- Miranda, R.A.C., Oliveira, M.V.S., Silva, D.F., 2010. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. *Geo Uerj* 1, 109-119.
- Moraes, B.C., Costa, J.M.N., Costa, A.C.L., 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no Estado do Pará. *Acta Amazônica* 35, 207-214.
- Nascimento, T.V., Fernandes, L.T., 2017. Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. *Ciência e Natura* 29, 169-177.
- Prefeitura de Parauapebas, 2018. Plano municipal de saneamento básico de Parauapebas. TOMO I – caracterização do município. Disponível: <http://www.parauapebas.pa.gov.br/images/2018/PMSB-DE-PARAUAPEBAS---TOMO-1---CARACTERIZAO.pdf>. Acesso: 5 ago. 2020.
- Rocha, G.S., Pinheiro, A.V.R., Costa, C.E.A.S., 2020. Water resource management in the city of Parauapebas (PA): usage assessment, changes in scenarios and possible impacts. *Research, Society and Development* 9, e194943042.
- Rodrigues, G.S., Szlafsztein, C.F., 2020. Barragens de rejeitos da mineração no estado do Pará: Análise preliminar do banco de dados quanto ao risco e dano potencial. *Jornal Aplicado em Hidro-Ambiente e Clima* 1, 1-19.
- Rodrigues, R.S.S., Bittencourt, G.M., Fernandes, L.L., 2017. Escoamento Superficial em uma pequena bacia hidrográfica rural da Amazônia. *Revista Brasileira de Cartografia* 70, 605-628.
- Rodrigues, R.S.S., Fernandes, L.L., Crispim, D.L., Vieira, A.S.A., Pessoa, F.C.L., 2016. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé da Prata, Capitão Poço–Pará–Brasil. *Revista Verde* 11, 143-150.
- Rodrigues, S.S.R., Silva, M.N.A., Ferreira Filho, D.F., Bezerra, P.E.S., Figueiredo, N.M., 2020. Análise dos efeitos de um evento extremo de chuva sobre o escoamento superficial em uma pequena bacia hidrográfica rural amazônica. *Revista Brasileira de Climatologia* 26, 368-392.
- Santos, L.L.M., Rodrigues, R.S.S., Bittencourt, G.M.,

2017. Morfometria das bacias hidrográficas dos rios Caraparu e Maguari-Açú, Região Metropolitana de Belém, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental* 11, 66-75.
- SEPLAN. Secretaria de Estado de Planejamento, 2015. Plano Plurianual (PPA) 2016-2019 do Governo do Estado Do Pará. Diretoria de Planejamento, Belém.
- Silva, A.C., Pereira, R., 2018. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e geodados como técnica para análise da distribuição espacial da população idosa (Ponta Grossa – Paraná). *Revista de Geografia e Interdisciplinaridade* 4, 348-361.
- Silva, S.A., Azevedo, L.E.C., Lima, G.V.B.A., Pereira, M.M., Araújo, I.R.S., 2020. Statistical optimization of surface water quality parameters in environmental monitoring in mining activities in the Amazon. *Research, Society and Development* 9, e99932596.
- Silveira, A.L.L., 2001. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica, in: Tucci, C.E.M. (Org.), *Hidrologia: ciência e aplicação*. EDUSP, São Paulo, pp. 35-51.
- Siqueira, G.W., Aprile, F., Migueis, A.M., 2012. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará - Brasil). *Acta Amazônica* 42, 413-422.
- Souza, C.F., Cruz, M.A.S., Tucci, C.E.M., 2012. Desenvolvimento urbano de baixo impacto: planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas Urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 17, 9-18.
- Vieira, A.S.A., Crispim, D.L., Rodrigues, R.S.S., Silva, I.Q., Pessoa, F.C.L., 2018. Resposta hidrológica às mudanças climáticas em Capanema-PA, um município da Amazônia. *Revista Geonorte* 9, 67-79.