

# As mudanças no uso e cobertura da terra e o comportamento hidrológico da bacia do rio Capim

*Gustavo Francesco de Moraes Dias<sup>1</sup>*  
*Aline Maria Meiguins de Lima<sup>2</sup>*  
*Milena de Nazaré Silva Santos<sup>3</sup>*



## RESUMO

A bacia do Rio Capim localiza-se no nordeste do Estado do Pará e é marcada por intensos graus de antropização, neste contexto estudos indicam que as implicações ocasionadas pelas mudanças no uso e cobertura da terra têm afetado o comportamento hidrológico de bacias hidrográficas. O estudo teve como objetivo relacionar o comportamento da vazão com as mudanças no uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Capim, para os anos de 2004, 2008, 2010 e 2014. A fim de se identificar a proporção das classes na bacia e nas Áreas de Proteção Permanentes (APP's) utilizou-se os dados de uso e cobertura da terra do projeto TerraClass; para avaliação do comportamento hidrológico analisou-se a vazão média anual e os trimestres de maior e menor vazão, além do comportamento da precipitação no período de 1983 a 2014. Os resultados apontaram para uma redução na classe floresta para a bacia do rio Capim, e aumento das classes pastagem e agricultura, porém nas APP's identificou-se um aumento da classe floresta no período 2004 a 2014. Espera-se que os indicativos apresentados na pesquisa auxiliem a interpretação dos fenômenos espaciais que modulam o cenário hídrico e ambiental existente na região.

**Palavras-chave:** Estudo da paisagem. Vazão. Áreas de preservação permanente.

---

1 Mestre em Ciências Ambientas, PPGCA/UFPA. E-mail: gustavo\_dias01@hotmail.com.

2 Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientas, PPGCA/UFPA. E-mail: ameiguins@ufpa.br.

3 Mestre em Ciências Ambientas, PPGCA/UFPA. E-mail: milenasantos45@yahoo.com.br.

## **ABSTRACT**

The River Capim Basin is located in the northeast of the state of Pará and is marked by intense degrees of antropização, in this context, studies indicate that the implications caused by changes in the use and coverage of the land have affected their hydrological behavior. The objective of the study was to relate the flow behavior with the changes in the use and coverage of the land of the river Capim Basin, for the years 2004, 2008, 2010 and 2014. In order to identify the proportion of the classes in the Capim Basin and in the permanent protection areas (APP's) used the land use and coverage data of the TerraClass project; For the evaluation of hydrological behaviour, the average monthly flow and the quarters of greater and lesser flow were analyzed, in addition to spatialization and precipitation behavior in the period from 1983 to 2014. The results pointed to a reduction in the forest class to the Capim River basin, and the increase of pasture and agriculture classes, however in the APP's identified an increase of the forest class in the period 2004 to 2014. The indications presented in the research are expected to assist in the interpretation of spatial phenomena that modulate the water and environmental scenery in the region.

**Keywords:** Landscape study. Flow rate. Permanent preservation areas.

## INTRODUÇÃO

O aumento do desmatamento na Amazônia é ocasionado principalmente pelas atividades agropecuárias, criação de gado e plantação de soja, que se expandem seguindo à lógica da economia privada (Oliveira et al., 2011). Meirelles Filho (2014) avalia que, se o número médio de hectares desmatados nos últimos 50 anos na Amazônia fosse dividido pela população brasileira, obter-se-ia a cifra de 0,396 ha/capita (3.960 m<sup>2</sup>). Apesar disso, os índices de desmatamento monitorados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) vêm diminuindo consideravelmente a partir de 2004, nesse ano foi detectado cerca de 27.772 km<sup>2</sup>, já no ano de 2014 a taxa de desmatamento foi de 5.012 km<sup>2</sup>, a menor taxa de desmatamento nesse período foi no ano de 2012 cerca de 4.571 km<sup>2</sup> (INPE, 2018).

Matricardi et al. (2010) afirmam que a extração madeireira e a criação e distância de rodovias podem estar relacionados a supressão vegetal na Amazônia. O cenário de alterações antropogênicas tem ocasionado uma grande fragmentação florestal e ocupação irregular das áreas de preservação permanente (APP's) dos recursos hídricos da região amazônica (BIZZO; FARIAS, 2017). De acordo Brienens et al. (2015) o desmatamento além de reduzir a flora amazônica prejudica a sua capacidade de atuar como sumidouro de carbono e afeta a manutenção do ciclo hidrológico.

Diversos estudos (COSTA et al., 2003; VANZELA et al., 2010; SOUZA-FILHO et al., 2016) já comprovaram a relação entre o uso e cobertura da terra e o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, e identificaram que mudanças na cobertura vegetal influenciam diretamente na evapotranspiração, infiltração, escoamento superficial e qualidade da água. Logo, a troca de uma cobertura por outra certamente alterará o comportamento hidrológico das bacias, influenciando diretamente no comportamento das vazões.

Outro problema relacionado às mudanças espaciais de terra na Amazônia associa-se ao incremento dos usos agrícolas e de pastagem, a exemplo da região do nordeste paraense, essas atividades começaram a se estabelecer em áreas próximas aos cursos d'água. Logo, estas e outras atividades exercem pressão sobre áreas de vegetação ciliar ou ripária, as quais são fundamentais para a proteção dos recursos hídricos; com a supressão da vegetação ciliar essas áreas ficam mais sujeitas aos processos erosivos, perda de solos, assoreamento de canais e redução da biodiversidade (ABRÃO; KUERTEN, 2016).

O estudo da resposta hidrológica relacionada ao uso da terra na Amazônia é um desafio tanto metodológico, pela base insuficiente de informações considerando as dimensões das bacias hidrográficas existentes, quanto pela complexidade socioambiental envolvida. Assim, dentro da perspectiva da gestão integrada dos recursos hídricos na Amazônia existe a real necessidade do planejamento de uso e ocupação do território contemplar a sustentabilidade hídrica visando o uso múltiplo das águas e manutenção dos sistemas ecológicos. Disto advém a necessidade de acoplar o estudo espacial das formas de uso da terra a um zoneamento hídrico que preserve as áreas prioritárias à recarga dos mananciais superficiais e subterrâneos.

Logo, visando identificar possíveis modificações no uso e cobertura da terra e as suas dinâmicas no nordeste paraense, este estudo tomou como base a bacia hidrográfica do rio Capim. A água presente na região abastece os centros urbanos e também é utilizada para outras atividades como agricultura e pecuária. Dessa forma, tendo em vista a importância da bacia do rio Capim para o Estado do Pará buscou-se compreender como as mudanças no uso e cobertura da bacia se relacionam as vazões.

## MATERIAIS E MÉTODOS

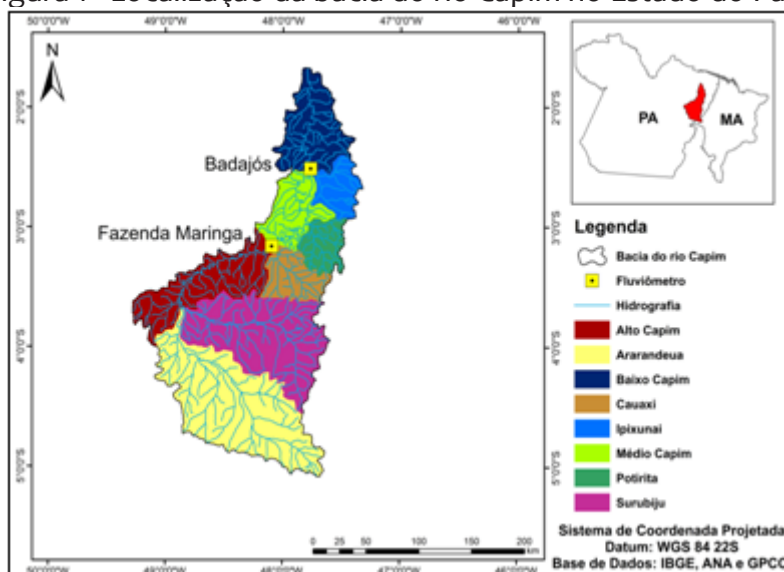
### Área de estudo

A bacia do rio Capim está localizada no nordeste do Estado do Pará (Figura 1), compondo o eixo de maior circulação econômica do Estado direcionado ao longo da Rodovia Belém-Brasília (BR 010). Destaca-se por concentrar ações de infraestrutura voltadas ao desenvolvimento econômico local, tais como: a hidrovía Guamá-Capim, os projetos industriais e mineiros e a expansão das atividades extrativistas e agropecuárias, nos municípios da região (LIMA; PONTE, 2012).

Entre os municípios que estão localizados no Estado do Pará estão São Domingos do Capim, Aurora do Pará, Ipixuna do Pará, Paragominas, Ulianópolis, Goianésia do Pará, Dom Eliseu e Rondon do Pará. Já no Estado do Maranhão estão localizados apenas os municípios de Açailândia, Cidelândia e Vila dos Marítimos. Além desses municípios citados existem os municípios de borda que apresentam apenas uma pequena área dentro da bacia.

No estudo adotou-se os limites definidos pelo Sistema Ottobacias (Resolução n. 30/2002 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos), na “Ordem 4”. No qual a bacia do rio Capim apresenta oito sub-bacias (Figura 1), entre elas estão a do Baixo Capim, Médio Capim, Alto Capim, Potirita, Cauaxi, Ipixunai, Ararandeuá e Surubiju.

Figura 1 - Localização da bacia do rio Capim no Estado do Pará



### Caracterização do uso e cobertura da terra da bacia

A caracterização do uso e cobertura da bacia do rio Capim foram utilizados dados do Projeto TerraClass (INPE, 2017), referentes aos anos de 2004, 2008, 2010 e 2014 (Quadro 1). Os dados do projeto TerraClass estão disponíveis em órbitas-ponto, tendo por base o satélite Landsat 5 (sensor TM) no Sistema de Projeção Lat/Long e Sistema Geodésico de Referência SAD 69.

Quadro 1 - Classes, descrição e reclassificação do TerraClass

Classe temáticas adotadas no TerraClass	Descrição	Classes temáticas utilizadas no estudo
Agricultura anual	Áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual, sobretudo de grãos.	Agricultura
Mosaico de ocupações	Áreas representadas por uma associação de diversas modalidades de uso e cobertura da terra, não sendo possível discriminar os componentes da paisagem	Mosaico de ocupações
Área urbana	Manchas urbanas decorrentes da concentração populacional formadora de lugarejos, vilas ou cidades que apresentam infraestrutura diferenciada da área rural	Mosaico de ocupações
Mineração	Áreas de extração mineral em clareiras abertas envolvendo desflorestamento	Mineração
Pasto limpo	Áreas de pastagem em processo produtivo, com predomínio de vegetação herbácea	Pastagem
Pasto sujo	Áreas de pastagem em processo produtivo, com predomínio da vegetação herbácea e com a presença de vegetação arbustiva esparsa, apresentando diferentes estágios de degradação	Pastagem
Regeneração com pasto	Áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontram-se no início do processo de regeneração da vegetação nativa	Pastagem
Pasto com solo exposto	Áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, apresentam o solo exposto ou com baixíssima cobertura vegetal	Pastagem
Não floresta	Vegetação pertencente a diferentes fitossomias de vegetação não florestal	Pastagem
Vegetação secundária	Áreas que, após a supressão total da vegetação encontravam-se em processo avançado de regeneração natural da vegetação arbustiva e arbórea nativa	Floresta
Reflorestamento	Áreas que após o corte raso foram reflorestadas com espécies exóticas ou nativas	Floresta
Floresta	Vegetação arbórea pouco alterada ou inalterada, com formação de dossel contínuo, composta por espécies nativas	Floresta
Desflorestamento	Áreas em que ocorreu supressão total da vegetação florestal, ou corte raso.	Desmatamento
Hidrografia	Classe referente às águas da superficiais	Hidrografia
Área não observada	Áreas que não puderam ser identificadas em função da presença de nuvens e de suas sombras	Área não observada
Outros	Classe temática que reúne distintos objetos presentes na superfície, os quais não se enquadram nas demais classificações	Outros

Fonte: Adaptado de TerraClass (2013).

Para a delimitação da bacia do rio Capim foi utilizado um arquivo em formato digital shapefile obtido por meio da base cartográfica digital da ANA. Os dados vetoriais provenientes do projeto TerraClass foram sistematizados e reprojeto para o Sistema de Projeção Cartográfica Universal Transversa de Mercator – UTM WGS 84 Zona 22S, para a área de estudo. Para a bacia do Capim utilizou-se os dados das órbitas/ponto do Pará 223/061, 223/062, 223/063, 222/062 e 222/063 e do Maranhão as órbitas/ponto 223/063 e 222/063.

### Delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP's)

Para a análise do uso e cobertura das APP's dos recursos hídricos da bacia do rio Capim utilizou-se as imagens geradas por meio do programa TerraClass (2004, 2008, 2010 e 2014), foram



consideradas as florestas e vegetação secundária como sendo apenas floresta. Em relação a espacialização das APP's utilizou-se os requisitos mínimos impostos para enquadramento em áreas não consolidadas da Lei Federal n. 12.651/2012 (BRASIL, 2012) (Tabela 1).

Tabela 1 - Dimensões mínimas de faixa marginal a serem preservadas

<b>Cursos de água (largura) e nascentes</b>	<b>Faixa mínima a ser preservada</b>
Até 10 metros	30 m em cada margem
Entre 10 e 50 metros	50 m em cada margem
Entre 50 e 200 metros	100 m em cada margem
Entre 200 e 600 metros	200 m em cada margem
Superior a 600 metros	500 m em cada margem
Nascentes	50 m no entorno da nascente

Fonte: Adaptado de BRASIL (2012).

As APP's ao longo dos cursos d'água foram dimensionadas utilizando-se como base a rede hidrográfica da Agência Nacional de Águas na escala de 1:250.000. Os cursos de água foram medidos por meio da ferramenta "measure" (largura dos rios), em seguida utilizou-se o comando "buffer", para delimitar a largura das APP's em função das exigências previstas no Código Florestal. O mapeamento das APP's ao redor das nascentes foi obtido de forma semelhante ao dos cursos d'água. Na delimitação das APP's das nascentes executou-se novamente o comando "buffer", delimitando-se um raio de preservação de 50 metros no seu entorno (MOREIRA et al., 2015).

## **Análise do comportamento hidrológico**

Para a análise da precipitação da bacia do rio Capim foram utilizados os dados de precipitação do Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) . Adquiriram-se os dados mensais de 1983 a 2014 referentes ao quadrante que cobre todo o limite da bacia do rio Capim, o qual compreende as latitudes entre 6°S a 1°S e as longitudes entre 50°W a 46°W. Para o estudo temporal da precipitação na bacia do rio Capim foram produzidos gráficos com as médias das precipitações mensais e anuais para o período em estudo.

Para se analisar a vazão anual, trimestre de maior vazão e o trimestre de menor vazão foi realizado o levantamento dos dados sobre séries históricas a partir de consultas às estações fluviométricas mantidas pela Agência Nacional de Águas. Foram obtidos os dados mensais para as duas estações fluviométricas estudadas da bacia do rio Capim, Fazenda Maringá e Badajós, para os anos de 1983 a 2014, a estação Fazenda Maringá abrange as sub-bacias Ararandeu, Surubiju, Cauaxi e Alto Capim e a estação Badajós abrange as sub-bacias Ararandeu, Surubiju, Cauaxi, Alto Capim, Médio Capim, Potirita e Ipixunai (Figura 1). A única sub-bacia da bacia do rio Capim que não foi abrangida pelos fluviômetros foi a do baixo Capim.

Utilizou-se a curva chave para realizar o preenchimento de falhas de vazão mensais do rio Capim nas duas estações, Fazenda Maringá e Badajós, por intermédio do software Hidro 1.2 da ANA. Para isso, foram utilizados 43 valores da curva de descarga para ambas

as estações, correspondentes a relação cota-vazão numa determinada seção do rio, para a construção da curva chave tendo obtido o coeficiente de correlação ( $R^2 = 0,99$ ) para Fazenda Maringá e ( $R^2 = 0,98$ ) para Badajós. Os dados de resumo de descarga são do ano de 1983 a 2014 para ambas as estações. Como esse método não foi suficiente para o preenchimento total das falhas mensais utilizou-se o método linear, o qual consiste na média das vazões do mesmo mês na série histórica de 1983 a 2014, o qual não altera a estatística da série (SOUZA et al., 2017).

Para a análise do uso e cobertura da bacia do rio Capim procedeu-se duas divisões, primeira a estação fluviométrica Badajós (EF Badajós) que abrange as sub-bacias Ararandeu, Surubiju, Cauaxi, Alto Capim, Médio Capim, Potirita e Ipixunai, segundo a estação fluviométrica Fazenda Maringá (EF Maringá), correspondente as sub-bacias Ararandeu, Surubiju, Cauaxi e Alto Capim.

Em relação aos municípios ambas sub-divisões abrangem Ipixuna do Pará, Paragominas, Ulianópolis, Goianésia do Pará, Dom Eliseu, Rondon do Pará, Açailândia, Cidelândia e Vila dos Marítimos. Porém na região EF Maringá a área dos municípios Ipixuna do Pará e Paragominas é menor, cerca de 6.400 km<sup>2</sup> no total.

### **Associação entre o uso e cobertura da terra e a vazão do rio Capim**

O conjunto de dados da pesquisa passou por análises estatísticas utilizando-se os métodos de correlação e de regressão linear simples. A análise de correlação mede a relação entre duas ou mais variáveis. O coeficiente de Pearson e o p-valor serviram para validar as hipóteses decorrentes das correlações (GUAJARATI, 2011). Realizaram-se as correlações entre as variáveis, testando seu nível de significância a 5% ( $p < 5\%$ ) de probabilidade.

Na avaliação do potencial de correlação entre as variáveis estudadas na pesquisa foram utilizados os coeficientes  $r$  e  $r^2$ . Com o objetivo de verificar a correlação do uso e cobertura da terra da bacia e do equivalente as áreas de APP's; com as variáveis dependentes (vazão média mensal, média do trimestre de maior vazão e média do trimestre de menor vazão), possibilitando uma visão global do relacionamento entre todos os determinantes.

Segundo Vasconcelos (2015) o valor de  $r$  está sempre entre -1 e +1, com  $r = 0$  correspondendo à não associação linear. Valores de  $r$  menor que 0 ( $r < 0$ ) indicam uma associação negativa, ou seja, à medida que  $x$  cresce,  $y$  decresce (inversamente proporcionais). Porém, quando o valor de  $r$  for maior que 0 ( $r > 0$ ), temos uma correlação positiva e à medida que  $x$  cresce,  $y$  também cresce (diretamente proporcionais). Quanto maior o valor de  $r$  (positivo ou negativo), mais forte será a associação entre as variáveis. O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) indica o quanto da variância da variável dependente foi explicado pela variável independente, onde sua amplitude apresenta um intervalo de 0 a 1, sendo como o  $r$  um coeficiente adimensional (SOUZA, 2016).

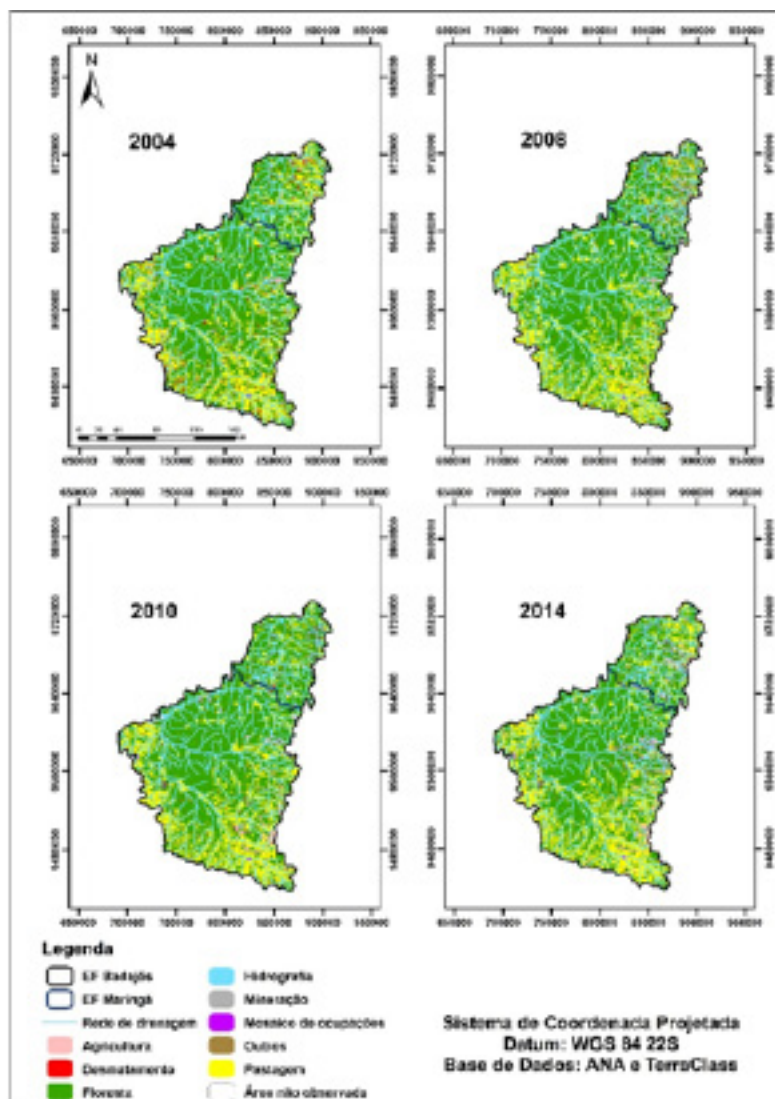
As correlações foram realizadas com base nas duas estações fluviométricas (Fazenda Maringá e Badajós) para obter as vazões referentes aos anos 1983-2004, 1983-2008, 1983-2010 e 1983-2014. Esses anos de vazões foram correlacionados com os dados envolvendo o uso e cobertura da terra, referentes aos anos de 204, 2008, 2010 e 2014.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Evolução temporal do uso e cobertura da terra nas sub-bacias do rio Capim

Visando identificar mudanças no uso e cobertura da terra das regiões EF Badajós e EF Maringá (Figura 2), foi realizado o mapeamento das regiões a partir dos dados do projeto TerraClass, para os anos de 2004, 2008, 2010 e 2014.

Figura 2 - Uso e cobertura da terra na bacia do rio Capim até a estação Badajós e Fazenda Maringá



Observou-se, para o período estudado de 2004-2014, a redução brusca da classe desmatamento. Outra classe que sofreu redução de área foi a floresta. Já em relação ao aumento de área, algumas classes como mosaico de ocupações, agricultura e pastagem tiveram incremento no período estudado.

Na região EF Badajós ocorreu uma diminuição da classe floresta, que passou de 21.457,32 km<sup>2</sup> em 2004 (64,88%) para 21.039,64 km<sup>2</sup> em 2014 (63,61%) e da classe desmatamento que passou de 1.827,92 km<sup>2</sup> (5,53%) em 2004 para 48,48 km<sup>2</sup> (0,15%) em 2014. Já as classes



pastagem, agricultura e mosaico de ocupações aumentaram no período estudado, o uso pastagem passou de 8.667,24 km<sup>2</sup> em 2004 (26,21%) para 9.077,59 km<sup>2</sup> em 2014 (27,45%). O aumento mais expressivo foi na classe agricultura que foi de 112,71 km<sup>2</sup> (0,34%) em 2004 para 744,33 km<sup>2</sup> (2,25%) em 2014, aumentando aproximadamente seis vezes (Tabela 2).

Tabela 2 - Áreas do uso cobertura da terra na bacia do rio Capim até a estação Badajós

Classes	2004		2008		2010		2014	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Agricultura	112,71	0,34%	221,49	0,67%	616,22	1,86%	744,33	2,25%
Area não observada	761,40	2,30%	3.098,81	9,37%	510,84	1,54%	1.509,31	4,56%
Desmatamento	1.827,92	5,53%	228,18	0,69%	220,79	0,67%	48,48	0,15%
Floresta	21.457,32	64,88%	20.631,54	62,38%	22.131,88	66,92%	21.039,64	63,61%
Hidrografia	87,55	0,26%	87,29	0,26%	87,49	0,26%	87,47	0,26%
Mineração	4,51	0,01%	9,58	0,03%	21,41	0,06%	7,28	0,02%
Mosaico de ocupações	90,01	0,27%	66,64	0,20%	103,94	0,31%	526,40	1,59%
Outros	64,89	0,20%	10,21	0,03%	21,35	0,06%	33,04	0,10%
Pastagem	8.667,24	26,21%	8.719,78	26,36%	9.359,64	28,30%	9.077,59	27,45%
Total	33.073,55	100%	33.073,53	100%	33.073,56	100%	33.073,54	100%

Em relação à região EF Maringá, observou-se que a classe floresta passou de 17.375,28 km<sup>2</sup> em 2004 (65,19%) para 17.127,67 km<sup>2</sup> em 2014 (64,26%) e a classe desmatamento passou de 1.560,52 km<sup>2</sup> (5,86%) para 42,51 km<sup>2</sup> em 2014 (0,16%). Já as classes pastagem, agricultura e mosaico de ocupações aumentaram no período estudado, o uso pastagem passou de 6.819,12 km<sup>2</sup> em 2004 (25,59%) para 7.347,84 km<sup>2</sup> em 2014 (27,57%). No entanto, diferente da região EF Badajós o aumento mais expressivo na região EF Maringá foi na classe mosaico de ocupações que foi de 52,26 km<sup>2</sup> (0,20%) em 2004 para 438,05 km<sup>2</sup> (1,64%) em 2014, aumentando aproximadamente oito vezes (Tabela 3).

Tabela 3 - Áreas do uso cobertura da terra na bacia do rio Capim até a estação Fazenda Maringá

Classes	2004		2008		2010		2014	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Agricultura	82,66	0,31%	204,87	0,77%	524,12	1,97%	570,75	2,14%
Area não observada	662,17	2,48%	1.832,39	6,88%	297,36	1,12%	1.036,88	3,89%
Desmatamento	1.560,52	5,86%	167,16	0,63%	154,53	0,58%	42,51	0,16%
Floresta	17.375,28	65,19%	16.986,21	63,73%	17.463,46	65,52%	17.127,67	64,26%
Hidrografia	58,61	0,22%	58,52	0,22%	58,74	0,22%	58,52	0,22%
Mineração	0,05	0,00%	0,00	0,00%	0,94	0,00%	2,99	0,01%
Mosaico de ocupações	52,26	0,20%	25,32	0,10%	64,10	0,24%	438,05	1,64%
Outros	41,29	0,15%	7,62	0,03%	12,07	0,05%	26,72	0,10%
Pastagem	6.819,12	25,59%	7.369,84	27,65%	8.076,59	30,30%	7.347,84	27,57%
Total	26.651,95	100%	26.651,93	100%	26.651,94	100%	26.651,93	100%

Analisando a proporção das classes de uso e cobertura da terra para a região EF Badajós e EF Maringá, identifica-se que as classes mais presentes na região para os anos estudados foram: Floresta e Pastagem. Nos estudos realizados por Pereira et al. (2012), Sousa et al. (2017) e Oliveira et al. (2016), para regiões do Estado do Pará, também se identificou como uso e cobertura da terra preponderante a Floresta.

A partir das Tabelas 3 e 4, identifica-se que as classes florestas e pastagem apresentaram uma pequena variação em porcentagem, sendo que a cobertura florestal teve uma diminuição no período estudado, podendo ter sido ocasionada pelo aumento das pastagens para criação de gado. As florestas foram ao longo do período a classe mais representativa da bacia, correspondendo aproximadamente 62% a 67% na região EF Badajós e cerca de 63% a 65% na região EF Maringá.

O aumento da classe pastagem nas duas regiões, para o período estudado, foi de cerca de 1.800 km<sup>2</sup>. Rivero et al. (2009) e Bizzo e Farias (2017), apontam como os principais fatores historicamente indutores do desmatamento na Amazônia, a pecuária e a agricultura. Sousa et al. (2017), a partir dos dados do projeto TerraClass, identificaram que quanto ao desmatamento ocorrido de 2008 até 2012 no estado do Pará, 63% tornaram-se pastagem (17.515 km<sup>2</sup>), 19% vegetação secundária (5.424 km<sup>2</sup>) e 2% agricultura (513 km<sup>2</sup>), porém na região de Paragominas a agricultura foi a que mais ocupou as áreas anteriormente desmatadas. Neves et al. (2014) afirmam que o desmatamento no município de Paragominas não teve forte correlação com o aumento da pecuária na região, tendo sido ocasionado pela inserção de outras atividades econômicas como o plantio de grãos, principalmente, soja e a extração de madeira para geração de energia térmica (carvão vegetal).

Destaca-se que a região da bacia do rio Capim foi inserida na “Lista dos municípios amazônicos prioritários para ações de prevenção, monitoramento e controle do desmatamento ilegal”, na qual estavam presentes os municípios Paragominas, Dom Eliseu, Ulianópolis e Rondon do Pará o seu maior efeito foi restringir o acesso dos produtores dos municípios ao crédito bancário oficial (CARNEIRO; ASSIS, 2015); os municípios Paragominas, Dom Eliseu, Ulianópolis são considerados Municípios Verdes, porém Rondon do Pará continua na lista de municípios prioritários no combate ao desmatamento.

Ao se analisar a região estudada identifica-se que a bacia do rio Ararandeuá é uma das bacias hidrográficas mais desmatadas de toda região do bioma amazônico. Para Magalhães e Barp (2014) o desmatamento vinculado à pecuária na região está associado à redução do número de madeiras, este modelo de desenvolvimento provocou grandes problemas socioambientais, entre os quais se destaca a degradação das nascentes e assoreamento dos córregos.

Cabe mencionar que além dos passivos ambientais ocasionados pela intensificação da pecuária na região de estudos outros passivos identificados são os sociais. Segundo Mathis et al. (2006), na região de Rondon do Pará com o aumento da pecuária também ocorreu o aumento do trabalho escravo na região, esse município foi o que teve o maior número de resgates efetuados pelo Ministério do Trabalho, cerca de 32, na região do Nordeste Paraense.

Nota-se nas áreas EF Badajós e EF Maringá o aumento da classe mosaico de ocupações (áreas onde a agricultura familiar é realizada de forma conjugada ao subsistema de pastagens para criação tradicional de gado), cabe ressaltar que devido a metodologia de reclassificação do uso e cobertura do TerraClass, a classe mosaico de ocupações foi associada à área urbana. A

área do mosaico de ocupações teve um incremento significativo no período tendo sua área em porcentagem aumentada 2004 (0,27%) para 2014 (1,59%) na EF Badajós e 2004 (0,20%) para 2014 (1,64%) na EF Maringá.

Identifica-se a partir do uso e cobertura da bacia que esses aumentos ocorreram principalmente próximos às sedes municipais de Ipixuna do Pará, Goianésia do Pará e Rondon do Pará. Segundo Castelo e Almeida (2015) o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) tem fomentado o desenvolvimento dos agricultores familiares por meio de crédito rural para as suas atividades ligadas à agricultura e pecuária, na região do Nordeste Paraense, o que tem promovido a diversificação dos sistemas de produção com a regularização fundiária e o incremento de renda. Dessa forma, programas como o PRONAF tem promovido o desenvolvimento dos pequenos agricultores na região do Capim, podendo ter ocasionado o incremento da classe mosaico de ocupações das áreas EF Badajós e EF Maringá.

Associando as culturas tradicionais a que mais se destacou em termos de produção na bacia do rio Capim na década de 90 foi a mandioca, porém na última década essa produção reduziu acima de 50%, tendo apenas no município de Ipixuna do Pará ocorrido aumento da sua produção no período de 2000-2011 (ALVES et al., 2014; GUSMÃO et al., 2016). Segundo Rebello et al. (2011) esse aumento na produção de mandioca em Ipixuna do Pará pode estar ligado ao investimento em assistência técnica na região, uma vez que apresenta cerca de 35% das propriedades rurais com acesso aos serviços de assistência técnica e extensão rural (ATER).

Em relação a mineração na região do Capim o minério de maior importância para a região é o Caulim, explorado pela empresa Imerys Rio Capim Caulim S/A na mina Ipixuna localizada no município de Ipixuna do Pará. A Amazônia Oriental tem importantes jazidas de caulim e a região do rio Capim é considerada como a maior reserva mundial de caulim atualmente em produção (SABEDOT et al., 2014).

Em termos de porcentagem a mineração nas regiões de estudo oscilou entre aumentos e diminuições cerca de (0,01%, 0,03%, 0,06% e 0,02%) nos anos estudados para a região EF Badajós e cerca de (0,05%, 0,00%, 0,00% e 0,01%) para a região EF Maringá. A partir da análise multitemporal das regiões identifica-se que a área de uma das empresas de mineração localizadas na bacia aumentou constantemente no período, porém pequenas áreas espalhadas pela bacia oriundas principalmente da exploração de areia e seixo para a construção civil perderam lugar para outros usos.

Segundo Barbosa e Marin (2010), a extração do caulim na região do Alto Capim é apontada pela população como a principal causa da contaminação dos recursos hídricos. De acordo com a comunidade, a exploração mineral na região tornou a água imprópria para o consumo, como também, para a reprodução da fauna aquática. Nascimento et al. (2015) afirmam que a expansão de grandes projetos mineradores na região do Capim, em virtude do fomento governamental, tem atingido negativamente as populações ribeirinhas, indígenas, tradicionais e extrativistas. Essas populações ficam dessa forma a mercê de políticas públicas, tendo como principal destino as áreas periféricas das cidades presentes na bacia e os bolsões de pobreza próximos aos grandes projetos.

A agricultura na região obteve um incremento modesto e contínuo em termos de porcentagem, correspondente aos valores de 0,34% (2004), 0,67% (2008), 1,86 (2010) e 2,25 (2014). Nas regiões

em estudo os municípios que sofreram aumento da classe agricultura foram Paragominas, Ulianópolis, Dom Eliseu e Rondon do Pará, o avanço do agronegócio sobre a região exigiu extensas áreas de terra para a cultura da soja, a qual é a mais expressiva atualmente na região.

Um dos principais municípios produtores de soja no Pará são Paragominas e Ulianópolis, essa cultura normalmente é plantada nas áreas de pastagem velha, porém também tem impacto direto sobre o desmatamento, a sua expansão no Pará tem sido realizada de maneira intensa (CASTELO; ALMEIDA, 2015). Segundo Sousa et al. (2017), o avanço da agricultura foi maior no município de Ulianópolis, devido a economia do município ser baseada no extrativismo (vegetal e mineral). A partir dos dados do IBGE, identifica-se que a plantação de soja apresenta um crescimento contínuo a partir de 2001 para o Pará (IBGE, 2018).

Vale mencionar que nos quatro anos estudados, observou-se uma pequena porcentagem de nuvens, o que não prejudicou a avaliação realizada. A área não observada apresentou os percentuais de 2,30% (2004), 9,37% (2008), 1,54% (2010) e 4,56% (2014) para a região EF Badajós, já para a região EF Maringá a porcentagem foi de 2,48% (2004), 6,88% (2008), 1,12% (2010) e 3,89% (2014). No estudo realizado por Sousa et al. (2017), o qual também utilizou os dados do projeto TerraClass, a classe área não observada não foi analisada separadamente, mas sim em conjunto com outras classes.

Em relação à classe outros ela apresentou um percentual bem baixo no decorrer do período estudado, tendo a sua área diminuída no período 2004-2014, na região EF Badajós essa cobertura foi reduziu de 64 km<sup>2</sup> (0,20%) em 2004 para 33,04 (0,10%) em 2014, na região EF Maringá também ocorreu a sua redução de 41,29 km<sup>2</sup> (0,15%) em 2004 para 26,72 km<sup>2</sup> (0,10%) em 2014. Essa classe é definida pela presença de afloramentos rochosos, bancos de areia, praias fluviais, dentre outros.

A principal contribuição da identificação dos usos e coberturas das áreas EF Badajós e EF Maringá é evidenciar a situação ambiental dessas e fornecer informações ao poder público sobre as mudanças nos usos e coberturas dessas regiões importantes tanto economicamente como ambientalmente por meio dos seus recursos hídricos. Somente a partir de uma maior governança ambiental e que se pode reduzir os prejuízos ocasionados até o momento nessas regiões.

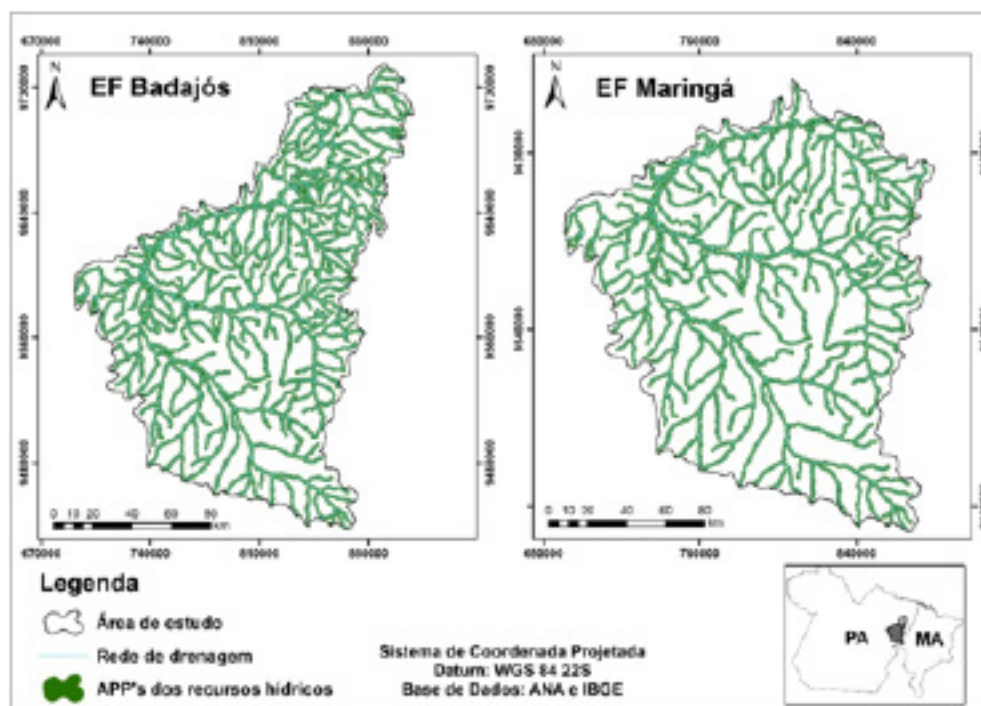
A partir disso, deve-se aplicar uma visão estratégica em relação à conversão de uso e cobertura do territorial delimitado pelas bacias hidrográficas, visando à gestão dos recursos hídricos, pois uma postura antecipatória em relação à gestão da água e do meio ambiente trará grandes benefícios a população como uma melhor qualidade da água para consumo e estabilidade no regime de vazões (MAGALHÃES; BARP, 2014; DING et al., 2015).

## **Evolução temporal do uso e cobertura da terra nas APP's das sub-bacias do rio Capim**

Á área destinada as APP's nas áreas EF Badajós e EF Maringá (Figura 3) é da ordem de 594,29 km<sup>2</sup> e 444,44 km<sup>2</sup>, respectivamente, o que representa, 1,79% e 1,66% das áreas estudadas.



Figura 3 - APP's dos recursos hídricos das regiões EF Badajós e EF Maringá



Contudo, APP's com vegetação natural representam em média no período estudado 65% nas duas regiões (Tabelas 4 e 5), logo o desmatamento nas APP's da região do Capim ainda não tomou grandes proporções, porém se o desmatamento avançar sobre essas áreas de preservação nos próximos anos futuramente poderá ser um grande problema para região. Segundo Macfarlane et al. (2016), as condições da variação das áreas vegetativas próximas aos rios, por menor que sejam, tendem a criar instabilidade nas zonas ripárias, levando em consideração o encadeamento da estrutura hídrica em si.

Tabela 4 - Áreas do uso cobertura da terra das APP's dos recursos hídricos na bacia do rio Capim até a estação Badajós

Classes Classes	2004		2008		2010		2014	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Agricultura	1,14	0,19%	2,02	0,34%	3,34	0,56%	3,83	0,64%
Área não observada	14,61	2,46%	54,66	9,20%	7,27	1,22%	27,67	4,66%
Desmatamento	26,16	4,40%	2,49	0,42%	2,11	0,35%	0,53	0,09%
Floresta	360,89	60,73%	364,09	61,27%	390,98	65,79%	369,39	62,16%
Hidrografia	22,27	3,75%	22,25	3,74%	22,35	3,76%	22,25	3,74%
Mineração	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,08	0,01%	0,04	0,01%
Mosaico de ocupações	2,23	0,38%	2,21	0,37%	2,32	0,39%	11,53	1,94%
Outros	8,68	1,46%	0,16	0,03%	0,80	0,13%	2,01	0,34%
Pastagem	158,30	26,64%	146,42	24,64%	165,04	27,77%	157,03	26,42%
<b>Total</b>	<b>594,29</b>	<b>100%</b>	<b>594,29</b>	<b>100%</b>	<b>594,29</b>	<b>100%</b>	<b>594,29</b>	<b>100%</b>



Tabela 5 - Áreas do uso cobertura da terra das APP's dos recursos hídricos na bacia do rio Capim até a estação Fazenda Maringá

Classes	2004		2008		2010		2014	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Agricultura	1,12	0,25%	1,96	0,44%	2,92	0,66%	3,23	0,73%
Área não observada	13,47	3,03%	32,99	7,42%	4,22	0,95%	21,31	4,79%
Desmatamento	22,73	5,11%	1,31	0,29%	1,24	0,28%	0,42	0,09%
Floresta	271,94	61,19%	281,35	63,30%	289,89	65,23%	281,25	63,28%
Hidrografia	7,37	1,66%	7,35	1,65%	7,38	1,66%	7,35	1,65%
Mineração	0,00	0,00%	0,00	0,00%	0,08	0,02%	0,04	0,01%
Mosaico de ocupações	0,94	0,21%	0,31	0,07%	0,79	0,18%	9,17	2,06%
Outros	5,46	1,23%	0,15	0,03%	0,32	0,07%	1,29	0,29%
Pastagem	121,40	27,32%	119,03	26,78%	137,61	30,96%	120,40	27,09%
<b>Total</b>	<b>444,44</b>	<b>100%</b>	<b>444,44</b>	<b>100%</b>	<b>444,44</b>	<b>100%</b>	<b>444,44</b>	<b>100%</b>

Cardoso e Aquino (2013) identificaram valores próximos de cobertura vegetal nas APP's para uma bacia hidrográfica no Maranhão, cerca de 72%, o principal uso em desacordo com a legislação nas APP's foi a classe pastagem, também se identificou esse uso como o principal em conflito com a legislação nas APP's das regiões EF Badajós e EF Maringá, o que demonstra que o problema da pecuária em APP é recorrente em outras bacias. No município de Moju as APP's com uso irregular estão ocupadas principalmente por pastagens, essas áreas de preservação são muito importantes para os recursos hídricos, pois quando existente atendem às principais funções ecológicas para a preservação dos mananciais e nascentes de rios (ALMEIDA; VIEIRA, 2014).

Em um estudo realizado por Venturieri et al. (2005) para a região de Paragominas, identificou-se grandes perdas de vegetação natural nas APP's, no ano de 1996 havia cerca de 20,7 km<sup>2</sup> de vegetação natural no raio de 1000 m dos recursos hídricos, porém em 2004 esse valor foi reduzido para somente 1,2 km<sup>2</sup>.

O aumento da classe floresta nas APP's no período estudado é justificado pelo fato de Paragominas, Dom Eliseu, Ulianópolis e Rondon do Pará terem aderido ao plano "Municípios Verdes", os quais tiveram que adotar algumas medidas como promover a redução do desmatamento, se adequar a legislação ambiental, manejar adequadamente a floresta, entre outras especificações (COSTA; FLEURY, 2015; SOUSA et al., 2017). Além disso, as ações ilegais de acordo com o Código Florestal Brasileiro, em relação às áreas ripárias, provocaram uma governança florestal mais forte no Estado do Pará a partir de 2007, com a exigência da recomposição florestal de APP's e reservas legais por decretos e leis estaduais (ALMEIDA; VIEIRA, 2014).

O nível de desmatamento sofreu uma redução de 26,16 km<sup>2</sup> (4,40%) em 2004 para 0,53 km<sup>2</sup> (0,09%) em 2014 na área EF Badajós e também sofreu redução de 22,73 km<sup>2</sup> (5,11%) em 2004 para 0,42 km<sup>2</sup> (0,09%) em 2014 na área EF Maringá. Também com uma redução na sua área encontra-se a classe pastagem que em 2004 tinha 158,30 km<sup>2</sup> (26,64%) e em 2014 apresentou 157,03 km<sup>2</sup> (26,42%) na região EF Badajós e na EF Maringá para o ano de 2004 apresentou 121,40 km<sup>2</sup> (27,32%) e em 2014 diminuiu para 120,40 km<sup>2</sup> (27,09%) ambas nas APP's dos recursos hídricos das respectivas regiões.

No mesmo sentido dessa análise Sousa et al. (2017) expõem que para o município de Paragominas, a classe pastagem teve redução de sua área total, durante o período estudado. Da área total de APP presente na EF Badajós e EF Maringá, cerca de 594,29 km<sup>2</sup> e 444,44 Km<sup>2</sup>, respectivamente, foram identificados como em desacordo com a legislação ambiental cerca de 196,51 km<sup>2</sup> (35,25%) na EF Badajós e 151,66 km<sup>2</sup> (35,80%) na EF Maringá. Esse levantamento acerca dos conflitos no uso e cobertura da terra nas APP's das regiões EF Badajós e EF Maringá é muito importante para a conservação ambiental, pois as APP são fundamentais para a preservação dos recursos hídricos. O percentual de APP em conflito com a cobertura florestal está coerente com os valores encontrados por outros autores (PINHEIRO et al., 2011; CARDOSO; AQUINO, 2013; CAMPAGNOLO et al., 2017) em diversos estudos a respeito da caracterização dos usos e coberturas da terra em APP.

Os dados das Tabelas 6 e 7 apontam para as regiões EF Badajós e EF Maringá como tendo, respectivamente, 64,75% e 64,20% de sua área de APP preservadas ou de acordo com as recomendações da legislação ambiental. Segundo Cardoso e Aquino (2013), ao estudar microbacia do riacho do Roncador, Maranhão, consideraram o percentual de 72,1% do total da área de APP preservada de acordo com a legislação ambiental como sendo uma situação “confortável”, levando em consideração o panorama crescente de degradação ambiental pelas atividades antrópicas.

Foi observado que do total das áreas em conflito de uso, a classe pastagem é responsável pela maior área em desacordo com a legislação ambiental, ocupando em média 26% e 28% para as regiões EF Badajós e EF Maringá, respectivamente, no período de 2004-2014. Resultados próximos aos obtidos por Pereira et al. (2016) para a bacia hidrográfica de Peixe-Boi, Pará, a qual carece segundo os autores de um planejamento para o uso e cobertura da terra das APP's dos recursos hídricos.

A presença de pastagem em APP também foi evidenciada no estudo desenvolvido por Souza et al. (2012), o qual identificou o aumento do risco de compactação do solo ocasionado pelo pisoteamento do gado, dificultando assim a regeneração natural, essa compactação diminuiu sensivelmente o poder de infiltração da água em regiões mais profundas, desencadeando processos erosivos e fluxos maiores de vazão.

Esse aumento das áreas de pastagem nas APP's dos recursos hídricos ocasiona diversos problemas, entre eles o acesso do gado ao leito do rio ocasionando danos nas margens e contaminando as águas pelas fezes dos animais (ALMEIDA; VIEIRA, 2014). Nos estudos realizados por Souza et al. (2012) e Pereira et al. (2016), identificou-se a situação alarmante com relação aos conflitos de uso da terra, em que se encontram as APP's do nordeste paraense.

Nesse sentido, a vegetação que recobriria a rede de drenagem contribuiria para a regularização do fluxo hídrico, tanto na manutenção dos aspectos de porosidade da superfície do solo como na viabilização da evapotranspiração das plantas, favorecendo também o aumento da umidade atmosférica e, conseqüentemente, a manutenção das chuvas (SOUZA et al., 2012).

Em relação à classe agricultura identificou-se que do total das áreas em conflito de uso, essa classe é responsável por uma pequena porcentagem 2004 (0,20%), 2008 (0,39%), 2010 (0,59%) e 2014 (0,70%) na região EF Badajós e 2004 (0,27%), 2008 (0,48%), 2010 (0,67%) e 2014 (0,78%) na região EF Maringá. Resultados próximos aos obtidos por Pereira et al. (2016), para a bacia hidrográfica de Peixe-Boi, a qual apresenta um sistema de agricultura tradicional de baixa sustentabilidade, mesmo a área de conflito da agricultura correspondendo a somente 4% identificou-se interferência na qualidade dos recursos hídricos por essa classe.

Diversos estudos (MOREIRA et al., 2015; CAMPAGNOLO et al., 2017) tem constatado a classe agricultura em APP em diversas regiões do país, por mais que a legislação não permita. Além da agricultura em larga escala a pequena agricultura, também, é favorecida pela proximidade dos recursos hídricos, justificando porcentagens elevadas dessa classe em APP, como a identificada por Cardoso e Aquino (2013), os quais identificaram cerca de 24,3% desse uso nas APP's de uma microbacia do Maranhão.

Para Nardini et al. (2015), a gravidade do desflorestamento é função do tipo de cobertura substituída, que em muitos casos ocorrem pelas classes agricultura e pastagem, atividades produtivas que desvalorizam a cobertura vegetal, principalmente nas regiões de APP; como já visto as florestas são de extrema importância para a estabilidade dos recursos hídricos e para regularização do seu fluxo, uma vez que contribuem para a infiltração da água no solo, na qualidade da água, na minimização dos processos erosivos, atenuam a lixiviação e servem de abrigo e alimento para fauna. Na classe mosaico de ocupações também se identificou incrementos na área de APP, acompanhando o crescimento desse uso nas duas regiões estudadas, nas APP's da região EF Badajós esse uso subiu de 2,23 km<sup>2</sup> (0,38%) em 2004 para 11,53 km<sup>2</sup> (1,94%) e na região EF Maringá esse uso também teve um acréscimo tendo passado de 0,94 km<sup>2</sup> (0,38%) no ano 2004 para 9,17 km<sup>2</sup> (2,06%) em 2014. Na região de Rondon do Pará a presença dos mosaicos de ocupações, nas APP's, próximo ao rio Pebas é muito preocupante, pois além de construções comuns, foi identificado por Rego et al. (2011) e Rego et al. (2013), a presença de matadouros e laticínios nessas áreas, os quais despejam os seus efluentes no curso d'água sem o tratamento adequado.

A área não observada nas APP's obteve os percentuais de 2,46% (2004), 9,20% (2008), 1,22% (2010) e 4,66% (2014) para a região EF Badajós, já para a região EF Maringá a percentagem foi de 3,03% (2004), 7,42% (2008), 0,95% (2010) e 4,79% (2014), percentuais semelhantes aos obtidos para o uso e cobertura da área total das duas regiões. Em relação à classe outros ela apresentou um percentual bem baixo no decorrer do período estudado, tendo a sua área diminuída no período 2004-2014, na região EF Badajós esse uso reduziu de 8,68 km<sup>2</sup> (1,46%) em 2004 para 2,01 (0,34%) em 2014, na região EF Maringá esse uso também sofreu redução de 5,46 km<sup>2</sup> (1,23%) em 2004 para 1,29 km<sup>2</sup> (0,29%) em 2014. Essa classe é definida pela presença de afloramentos rochosos, bancos de areia, praias fluviais, dentre outros.

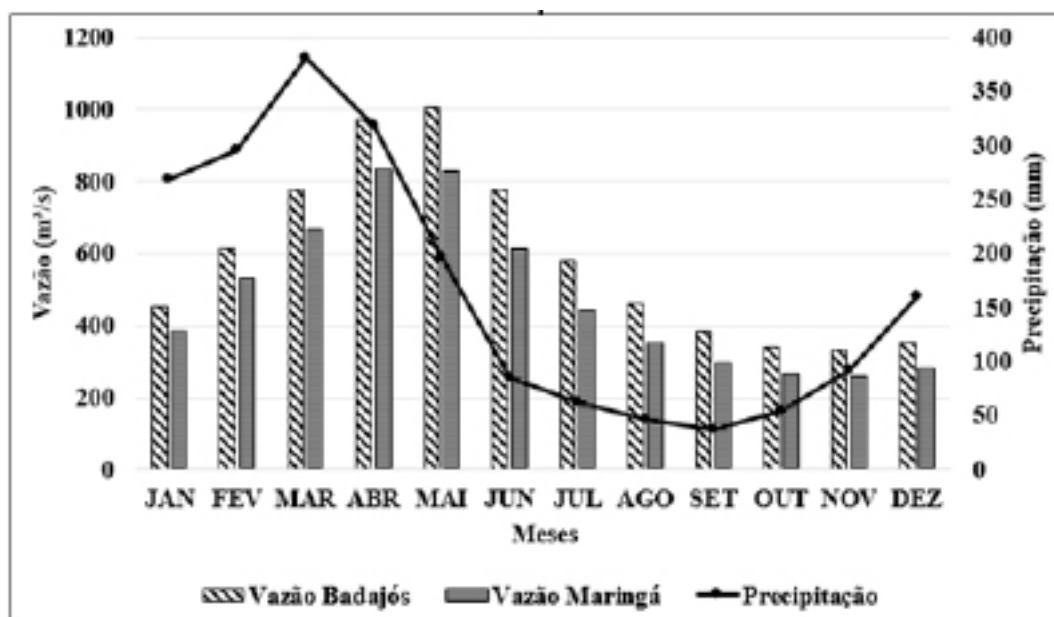
De acordo com diversos autores como Carmo et al. (2014), Moreira et al. (2015) e Luppi et al. (2015), a preservação da vegetação no entorno das nascentes, sistemas ambientais naturais, é muito importante para a disponibilidade da água nos rios por ela abastecidos, pois sem a proteção adequada nessas áreas nota-se um processo de degradação dos recursos hídricos. Logo, a falta de vegetação ao redor das nascentes da área de estudo pode resultar no seu assoreamento, devido ao carreamento das partículas contidas na superfície do solo.

Como já identificado, a supressão da vegetação ripária nas áreas de estudo pode ocasionar modificações na quantidade e qualidade da água dos recursos hídricos, em diversos estudos realizados sobre a qualidade da água: Dechen et al. (2015), Souza e Gastaldini (2014) e Pereira et al. (2016) identificaram que a presença ou ausência da mata ciliar afeta as suas características físico-químicas e que a distância das áreas antropizadas é inversamente proporcional à melhores níveis de qualidade da água.

## Análise da pluvi-fluviométrica da bacia do rio Capim

Durante o período analisado (1983-2014) na região da bacia do rio Capim, a média da precipitação anual foi de 1993 mm, tendo o mês de março como o de maior quantidade precipitada, cerca de 380 mm, já o mês de menor média precipitada foi setembro, cerca de 37 mm (Figura 4). Albuquerque et al. (2010) observaram para a região do Capim, uma precipitação anual média de 1837 mm. Já no estudo realizado por Amanajás e Braga (2012), identificaram uma precipitação anual média em torno de 2100 mm.

Figura 4 - Precipitação e vazão média mensal na bacia do rio Capim (série histórica de 1983-2014)



A precipitação apresentou maior volume entre os meses de dezembro e maio (1619 mm), período mais chuvoso. De acordo com Amanajás e Braga (2012) e Moraes et al. (2015), na região central e norte da Amazônia, o sistema precipitante de maior importância é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e na região sul, os principais sistemas são a Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Sistemas Frontais.

Segundo Moraes et al. (2005), a variação sazonal da precipitação no Estado do Pará é caracterizada por uma estação chuvosa, que na maioria das localidades compreende os meses de dezembro a maio, e por uma estação menos chuvosa que corresponde geralmente ao período de junho a novembro. Observa-se que o trimestre mais chuvoso na bacia do rio Capim é fevereiro a abril com um total médio no trimestre de 994 mm, que representa aproximadamente 50% do total médio anual.

Para Albuquerque et al. (2010) a transição da sazonalidade da precipitação em todas as mesorregiões do Estado do Pará ocorre de maneira muito brusca do período chuvoso para o período menos chuvoso, com diminuição abrupta da precipitação; e em relação ao período menos chuvoso ele ocorre normalmente durante os períodos de inverno e primavera e o mais chuvoso ocorre durante os períodos de verão e outono para o Estado do Pará.



Menezes et al. (2015), na região do Capim, o período de estiagem sofre antecipação julho, agosto e setembro indicando a influência da ZCAS nestas regiões, conjuntamente com a ZCIT. Para a região do Capim observa-se uma marcha sazonal, com aumento da precipitação a partir de dezembro e fim da estação chuvosa em maio, com picos em março, a precipitação decresce significativamente nos meses posteriores, com um período menos chuvoso de junho a novembro, isto ocorre porque nesse período a região sofre influência da migração sazonal da ZCIT.

A Figura 4 ilustra a vazão média mensal para os postos fluviométricos Badajós e Fazenda Maringá (série histórica de 1983-2014). Verificou-se que o mês de maior vazão na estação Fazenda Maringá ocorre em abril (835,03 m<sup>3</sup>/s) e o mês de menor vazão em novembro (258,21 m<sup>3</sup>/s), a sua vazão média no período foi de 586,55 m<sup>3</sup>/s, em termos quantitativos pode-se afirmar que o mês de maior vazão está 42,36% acima da média enquanto o mês de menor vazão está 55,98% abaixo.

Na estação Badajós o mês que apresentou maior vazão foi maio (1004,67 m<sup>3</sup>/s) e o mês de menor vazão novembro (330,87 m<sup>3</sup>/s), a sua vazão média no período foi de 479,11 m<sup>3</sup>/s, em termos quantitativos pode-se afirmar que o mês de maior vazão está 109,69% acima da média enquanto o mês de menor vazão está 46,10% abaixo. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Hachem (2016), a partir da análise de vazão dos anos de 1995-2013, das estações Badajós e Fazenda Maringá.

O período de dezembro a maio apresentou os maiores valores de precipitação e vazão, embora o mês de maior vazão não corresponda ao mês de maior precipitação, visto que maio apresentou a maior vazão média mensal (1004,67 m<sup>3</sup>/s) na estação Badajós e abril (835,03 m<sup>3</sup>/s) na estação Fazenda Maringá, enquanto a maior precipitação média mensal foi registrada para o mês de março (380 mm). No período menos chuvoso, a vazão mensal reduziu, sendo o mês de novembro o de menor valor (330,87 m<sup>3</sup>/s), diferente do mês de ocorrência da menor precipitação, que foi o mês de setembro, com 41,13 mm.

A fim de verificar a sazonalidade da vazão nas duas estações estudadas foram identificados os trimestres de maior e menor vazão para os períodos 1983-2004, 1983-2008, 1983-2010 e 1983-2014. No que diz respeito à descarga da bacia para o período 1983 a 2014, a estação Badajós apresentou os meses de maior vazão de abril a junho (943,15 m<sup>3</sup>/s), já a estação Fazenda Maringá ocorreu de março a maio (798,16 m<sup>3</sup>/s) e os meses de menor vazão foram de outubro a dezembro 334,57 m<sup>3</sup>/s e 261,28 m<sup>3</sup>/s, nas estações Badajós e Fazenda Maringá, respectivamente. Os demais períodos apresentaram resultados semelhantes, apresentando variação de no máximo 16 m<sup>3</sup>/s para os trimestres de maior vazão e no máximo 6 m<sup>3</sup>/s nos trimestres de menor vazão.

Observou-se ainda uma redução média de aproximadamente 64,59% e 67,59%, no período de 1983 a 2014, nos valores médios registrados de maior vazão em relação ao período de menor vazão para as estações Badajós e Fazenda Maringá, respectivamente. Esses resultados foram considerados próximos para os demais períodos, apresentando uma redução média de no mínimo 60%.



## Relação entre o uso e cobertura da terra e a vazão

A Tabela 8 apresenta a matriz de correlação de Pearson entre as três variáveis resposta (vazão anual, média do trimestre de maior e menor vazão) e a variável preditora (uso e cobertura da bacia do rio Capim). Conforme os resultados, foram estatisticamente significativos a 5% de probabilidade e apresentaram um coeficiente de correlação de Pearson, que indica a existência de uma forte correlação positiva, os coeficientes entre as variáveis: floresta e pastagem. Já a classe de mosaico de ocupações apresentou correlação negativa indicando decréscimo dos trimestres de maior e menor vazão com o aumento dessas áreas. Foram excluídas da análise as classes: área não observada, hidrografia e mineração, esta última pelo caráter pontual na bacia.

Tabela 8 - Matriz de correlação entre as áreas das classes de uso e cobertura da bacia e a média anual e médias dos trimestres de maior e menor vazão

	Anual	Média do trimestre de maior vazão	Média do trimestre de menor vazão
Agricultura	0,22	0,14	0,31
Desmatamento	0,04	0,05	0,03
Floresta	0,98*	0,86*	0,94*
Mosaico de ocupações	0,17	-0,30	-0,01
Outros	0,27	0,07	0,21
Pastagem	0,92*	0,86*	0,94*

\* valores significativos a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Resultado similar ao obtido nesse estudo foi encontrado por Vanzela et al. (2010) e Aparecido et al. (2016) de acordo com esses autores, as áreas ocupadas por floresta favorecem o aumento da vazão em virtude da maior cobertura, estabilidade e infiltração de água no solo, promovendo a redução do escoamento superficial.

Correlações positivas para a floresta e pastagem foram identificadas para a bacia Ibiá-MG, nessa houve um aumento para a vazão média nos cenários de 100% de cobertura vegetal e 100% de pastagem (SILVA, 2014a). Na pesquisa realizada por Souza Filho et al. (2016), a correlação entre a vazão média anual e as classes floresta e pastagem foram de -0,859 e 0,858, respectivamente. A correlação positiva entre a pastagem e a vazão está associada à exposição contínua do solo nu, à compactação da camada superficial do solo pelo pastoreio e ao desaparecimento da atividade faunística do solo que contribuem para a infiltração de precipitação nas bacias hidrográficas.

Foram aplicados testes utilizando regressão linear as variáveis floresta e pastagem ( $\text{km}^2$ ), associando com os trimestres de maior e menor vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). O valor de  $r^2$  indica que aproximadamente 96% da variável média do trimestre de maior e menor vazão são explicadas pela floresta e o valor de  $r^2$  para pastagem explica aproximadamente 85% dos trimestres de maior e menor vazão. Valores altos de  $r^2$  também foram observados em trabalhos como os de Latuf (2007) e Aparecido et al. (2016).

Segundo Costa et al. (2003) os resultados de experiências de captação de 94 bacias permitiram concluir que a remoção da floresta para implantação de pastagem quase invariavelmente leva a maior vazão. Assim como na pesquisa realizada por Beserra et al. (2016), quanto às mudanças das vazões causadas pelas mudanças no uso da terra, também foi constatado que a remoção da cobertura vegetal provoca reduções das vazões nas bacias analisadas.

As mudanças nos usos e coberturas também devem ser priorizadas pelas políticas públicas, pois com a conversão de floresta em pastagem ocorre a redução dos processos de infiltração e interceptação; essas modificações tornam as bacias hidrográficas mais propensas a vazões máximas, inundações e erosão do solo, como a ocorrida em 2012 na cidade de Rio Branco (AC), na qual a inundação resultou em uma perda de 60 milhões de reais para a cidade (LIMA et al., 2014).

### Relação entre o uso e cobertura das APP's dos recursos hídricos e a vazão

Segundo Barbosa e Marin (2010), a mata ciliar da bacia do rio Capim foi muito afetada pelos projetos de colonização que ocorreram nos municípios da região e pelo pasto destinado a atividade da pecuária. Dessa forma, buscou-se identificar as relações entre as classes presentes nas APP's dos recursos hídricos e a vazão na bacia do rio Capim. Apresenta-se na Tabela 9, a matriz de correlação de Pearson entre as três variáveis dependentes (vazão anual e médias dos trimestres de maior e menor vazão) e a variável independente (área de APP's dos recursos hídricos). Conforme os resultados, manteve-se a forte correlação positiva entre as variáveis: floresta e pastagem. Foram excluídas da análise as classes: área não observada, hidrografia e mineração, esta última pelo caráter pontual na bacia.

Tabela 9 - Matriz de correlação entre o uso e cobertura das APP's dos recursos hídricos e a média anual e médias dos trimestres de maior e menor vazão

	Anual	Média do trimestre de maior vazão	Média do trimestre de menor vazão
Agricultura	0,20	0,22	0,21
Desmatamento	0,03	0,00	0,02
Floresta	0,99*	0,99*	0,99*
Mosaico de ocupações	0,25	0,25	0,26
Outros	0,16	0,13	0,15
Pastagem	0,93*	0,93*	0,93*

\* valores significativos a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

A forte correlação com a variável floresta pode estar relacionada com a contribuição das matas ciliares para a manutenção do escoamento e aumento da capacidade de armazenamento da água nas bacias hidrográficas (PEREIRA et al., 2016). No estudo realizado por Aparecido et al. (2016), a vazão também apresentou correlação positiva com a floresta das APP's dos recursos hídricos, demonstrando que a presença dessa classe nas APP's pode estar relacionada com a maior disponibilidade hídrica nas bacias. A partir das altas correlações entre as classes floresta e pastagem e as vazões, realizou-se a regressão linear dessas variáveis com os trimestres de maior e menor vazão. Os resultados positivos entre escoamento (vazão) e as alterações extremas (floresta x pastagem) também foram observadas nos limites das APP's.

Aparecido et al. (2016) também identificou  $r^2$  alto é significativo para essa análise. Logo, os resultados obtidos neste estudo confirmam a importância da cobertura vegetal nas APP's para a manutenção da vazão do rio Capim e subsidiam futuras tomadas de decisões no sentido de conservação das matas ciliares pelo poder público.

## Uso da terra e sustentabilidade hídrica

A bacia do rio Capim é de importante relevância para o estado do Pará dada sua localização estratégica, por compor o eixo Guamá-Capim que congrega uma grande diversidade de usuários, seja para o abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação e/ou uso industrial. A informação hidrológica existente é insuficiente para uma real avaliação de demanda e disponibilidade hídrica, pois a contabilidade da demanda dependeria da informação oriunda a partir do setor usuário, e da disponibilidade da rede fluviométrica. As maiores aproximações para este quadro foram realizadas apenas por programas de nível nacional que utilizaram indicadores regionais que acabam não ressaltando as diferenças (ANA, 2009, 2012).

Tais fatores justificam o fomento sobre a discussão da sustentabilidade hídrica aplicada a bacias Amazônicas. Onde a abordagem seria tanto no sentido da garantia de oferta de água para os usos múltiplos associados ao território delimitado pela bacia hidrográfica, ou em um âmbito maior envolvendo toda a geometria das águas subterrâneas e as variações das águas atmosféricas (HOEKSTRA et al, 2007; HERMANOWICZ, 2008; MEKONNEN et al, 2011); concorrendo diretamente com os modelos de uso da terra historicamente implantados na região Amazônica (FEARNSIDE, 1982; BECKER, 2005; CASTRO, 2005).

De forma geral, as formas de uso da terra priorizaram os eixos viários que geometricamente seccionam as bacias hidrográficas sem considerar a preservação das áreas de recarga hídrica (AGUIAR et al, 2007; SILVA JUNIOR et al, 2014). A bacia do rio Capim é predominantemente paraense com uma menor parte no estado do Maranhão, porém a movimentação de produtos e pessoas por meio da BR 010 (Belém-Brasília) influencia diretamente o seu território (LIMA; PONTE, 2012; PIKETTY et al, 2015).

O resultado observado é a fragmentação da paisagem semelhante ao verificado na bacia do rio Capim, cuja evolução depende de forças motrizes socioeconômicas que em parte são externas as unidades administrativas internas da bacia, seja o estado ou os municípios (FEARNSIDE, 2005; ROSA et al, 2017). Na bacia do rio Capim o exemplo mais claro é o município de Paragominas que apresenta a maior parte do seu território contido nesta (ambiente potencialmente rural), porém a sede municipal encontra-se na sua outra bacia formadora, a bacia do rio Gurupi (que congrega os ambientes rural e urbano), compondo a divisa natural do Pará com o Maranhão.

O efeito hidrológico desta dinâmica foi contabilizado apenas sob a perspectiva das estações localizadas no curso principal do rio Capim, sem a avaliação do efeito conjugado das águas subterrâneas. O verificado indicou um retardo de 1 a 2 meses entre a conversão das chuvas em vazão. O mesmo resultado foi obtido para as bacias dos rios Tapajós e Xingu (SANTOS et al, 2016; FRANCO et al, 2018), com uma dinâmica de alteração de uso da terra intensa.

A distribuição irregular das estações fluviométricas e pluviométricas na região Amazônica fragiliza de forma significativa a compreensão da resposta hídrica as alterações de uso da terra. Questionamentos referentes ao grau de impacto pela substituição da floresta por pastagens; ou o quanto o efeito conjugado da redução do volume de chuvas e o aumento da evapotranspiração podem mudar o balanço hídrico local, ainda não são conclusivas dada a grande variabilidade de fatores que podem intervir em uma mesma bacia (MARENGO, 2006; NOBREGA, 2014; KHANNA et al, 2017).

## CONCLUSÃO

O cenário observado na bacia do rio Capim demonstra que existe uma forte tendência de comprometimento dos sistemas hídricos da bacia em função das pressões exercidas pelas formas de uso da terra. Os fatores que mais ressaltaram o fato foram: o avanço das áreas ocupadas pelas atividades agropecuárias nas áreas de cabeceira da bacia, destacando o alto curso do rio Capim que sofreu um significativo percentual de alteração de 2004 a 2014; a distribuição da alteração da cobertura florestal desassociada de um zoneamento para a manutenção da disponibilidade hídrica da bacia, como observado pela pressão das áreas de pastagem nas APP's; e pelas correlações obtidas com a resposta hidrológica para as áreas de pastagem, tanto durante o período mais quanto no menos chuvoso.

A relação com o comportamento hidrológico poderia fornecer respostas mais conclusivas se houvesse um número maior de estações na bacia, principalmente que abrangessem a área dos seus tributários, permitindo assim a identificação das sub-bacias que mais comprometeriam a bacia como um todo. Porém, o observado a partir das correlações efetuadas é que o efeito do deslocamento de 1 a 2 meses do pico das chuvas (março) para o maior volume das vazões (abril - maio), deve ser analisado com maior cuidado, uma vez que a alteração da cobertura florestal obteve boa resposta nos extremos de maior ou menor chuva. Assim, efeitos locais de mudanças no regime das chuvas podem induzir efeitos sobre a recarga da bacia.

Dentre as possibilidades para estudos futuros, destaca-se a modelagem de cenários futuros para a região da bacia do rio Capim identificando situações de maior e menor desmatamento e as possíveis influências na evapotranspiração e vazão da bacia. Sugere-se também a intensificação de trabalhos de campo a fim de validar as análises associadas aos estudos hidroambientais na região. Neste ínterim, compreender as modificações nos usos e coberturas da bacia e seus impactos sobre os recursos hídricos é imprescindível para garantir a sustentabilidade dos recursos naturais existentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRÃO, C. M. R.; KUERTEN, S. Avaliação da área de preservação permanente do rio Santo Antônio na colônia Santo Antônio em Guia Lopes da Laguna – MS: aplicação do novo código florestal. *Boletim Goiano de Geografia (Online)*. Goiânia, v. 36, n. 2, p. 265-284, mai.-jul. 2016.

AGUIAR, A. P. D.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: exploring intra-regional heterogeneity. *Ecological Modelling*, v. 209, n. 2, p. 169-188. 2007.

ALBUQUERQUE, M. F.; SOUZA, E. B.; OLIVEIRA, M. C. F.; SOUZA JÚNIOR, J. A. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 6, p. 151-168. 2010.

ALMEIDA, A. S.; VIEIRA, I. C. G. Conflitos no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente em um polo de produção de biodiesel no Estado do Pará. *Revista Ambiente & Água*, v. 9 n. 3, jul-set. 2014.

ALMEIDA, C. A. et al. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. *Acta Amazonica*, v. 46, p. 291-302, 2016.

ALVES, J. D. N.; SOUZA, F. C. A.; LIMA, J. V.; CORRÊA, A. S. S.; OKUMARU, R. S. Crescimento da produção de mandioca e pimenta-do-reino na microrregião do Guamá, Estado do Pará, no período de 2000-2011. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 8, p. 1792-1799. 2014.

AMANAJÁS, J. C.; BRAGA, C. C. Padrões Espaço-temporal Pluviométricos na Amazônia Oriental Utilizando Análise Multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 27, n. 4, p. 423 - 434, 2012.

ANA. *Plano estratégico de recursos hídricos da bacia Tocantins-Araguaia*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2009, 256 p.

ANA. *Plano estratégico de recursos hídricos dos afluentes da margem direita do rio Amazonas: resumo executivo*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos, 2012, 144 p.

APARECIDO, C. F. F.; VANZELA, L. S.; VAZQUEZ, G. H.; LIMA, R. C. Manejo de bacias hidrográficas e sua influência sobre os recursos hídricos. *Irriga*, Botucatu, v. 21, n. 2, p. 239-256. 2016.

ARAUJO, R. C.; PONTE, M. X. Efeitos do desmatamento em larga-escala na hidrologia da bacia do Uraim, Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 9, n. 7, p. 2390-2404, 2016.

BARBOSA, M. B. T.; MARIN, R. E. A. Manejo e uso comum dos recursos naturais em populações quilombolas no Vale do Rio Capim. *Novos Cadernos NAEA*, v. 13, n. 1, p. 27-45, jul. 2010.

BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 19, n. 53, p. 71-86. 2005.



BESERRA, P.S. *Avaliação dos efeitos das alterações na cobertura e uso do solo sobre o regime de vazões via modelagem hidrológica considerando incerteza paramétrica*. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

BIZZO, E.; FARIAS, A. L. A. Priorização de municípios para prevenção, monitoramento e controle de desmatamento na Amazônia: uma contribuição à avaliação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 42, p. 135-159. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012. *Código florestal brasileiro*: promulgada em 17 de outubro de 2012. Lei que revoga a lei 4.771 de 15 de setembro de 1965 e altera e complementa à lei nº 12.651. Brasília, 2012.

BRIENEN, R. J. W. et al. Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, v. 519, p. 344-348. 2015.

CAMPAGNOLO, K. SILVEIRA, G. L.; MIOLA, A. C.; SILVA, R. L. L. Área de preservação permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 3, p. 831-842, jul.-set., 2017.

CARDOSO, J. A.; AQUINO, C. M. S. Mapeamento dos conflitos de uso nas áreas de preservação permanente (APPs) da microbacia do riacho do Roncador, Timon (MA). *Boletim Goiano de Geografia (Online)*. Goiânia, v. 33, n. 3, p. 477-492, set.-dez. 2013

CARMO, L. G.; FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Áreas de preservação permanente no entorno de nascentes: conflitos, lacunas e alternativas da legislação ambiental brasileira. *Boletim Goiano de Geografia (Online)*. Goiânia, v. 34, n. 2, p. 275-293, maio-ago. 2014.

CARNEIRO, M. S.; ASSIS, W. S. O controle do desmatamento na Amazônia como um processo de modernização ecológica: a experiência do projeto município verde. *Revista Pós Ciências Sociais*, v. 12, n. 24, jul.-dez. 2015.

CASTELO, T. B.; ALMEIDA, O. T. Desmatamento e uso da terra no Pará. *Revista de Política Agrícola*, v. 24, n. 1. 2015.

CASTRO, E. M. R. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. *Novos cadernos NAEA*, Belém, v. 8, n. 2, p. 5-39. 2005.

COSTA, J. M.; FLEURY, M. F. O programa “Municípios Verdes”: estratégias de revalorização do espaço em municípios paraenses. *Ambiente & Sociedade*, v. 18, n. 2, p. 61-76. 2015.

COSTA, M. H.; BOTTA, A. CARDILLE, J. A. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, v.283, p.206–217, 2003.

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARAES, M. F.; MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia*, v. 74, n. 2, p. 224-233, 2015.

DING, J.; JIANG, Y.; FU, L.; LIU, Q.; PENG, Q.; KANG, M. Impacts of Land Use on Surface Water Quality in a Subtropical River Basin: A Case Study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. *Water*, v. 7, p. 4427-4445. 2015.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 680-688. 2005.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia Brasileira: Com que intensidade vem ocorrendo?. *Acta Amazônica*, v. 12, n. 3, p. 579-590. 1982.

FRANCO, V. S.; SOUZA, E. B.; LIMA, A. M. M. SOUSA, A. L.; PINHEIRO, A. N.; DIAS, T. S.; AZEVEDO, F. M. Previsão hidrológica de cheia sazonal do rio Xingu, Altamira-PA. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 22, p. 01-19, 2018.

GUAJARATI, D. N. *Econometria básica*. Elsevier, Brasil, 2011.

GUSMÃO, L. H. A.; HOMMA, A. K. O.; WATRIN, O. S. Análise cartográfica da concentração do cultivo de mandioca no estado do Pará, Amazônia brasileira. *Geografia, Ensino & Pesquisa*, v. 20, n. 3, p. 51-62, 2016.

HACHEM, B. P. *Análise do comportamento da precipitação e da vazão em bacias hidrográficas amazônicas*. 2016. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Instituto de Tecnologia, Belém, 2016.

HERMANOWICZ, S. W. Sustainability in water resources management: changes in meaning and perception. *Sustainability Science*, v. 3, n. 2, p. 181-188. 2008.

HOEKSTRA, A. Y; CHAPAGAIN, A. K. Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, v. 21, n. 1, p. 35-48. 2007.

IBGE. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES): desflorestamento nos municípios da Amazônia Legal*. 2018. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Projeto TerraClass*. Belém - PA, 2017. Disponível em: <[http://www.inpe.br/cra/projetos\\_pesquisas/dados\\_terraclass.php](http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php)>. Acesso em: 10 jan. 2017.

KHANNA, J.; MEDVIGY, D.; FUEGLISTALER, S.; WALKO, R. Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. *Nature Climate Change*, v. 7. 2017.

LATUF, M. O. *Mudanças no Uso do Solo e Comportamento Hidrológico nas Bacias do Rio Preto e Ribeirão entre Ribeiros*. 2007, 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

LIMA, A. M. M.; PONTE, M. X. Dinâmica da Paisagem da Bacia do Rio Capim-PA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 1, p. 127-142, 2012.

LIMA, L. S. et al. Feedbacks between deforestation, climate, and hydrology in the Southwestern Amazon: implications for the provision of ecosystem services. *Landscape Ecology*, v. 29, p. 261–274. 2014.

LUPPI, A. S. L.; SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; FEITOSA, L. S. Utilização de Geotecnologia para o Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Município de João Neiva, ES. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 1, p. 13-22. 2015.

MACFARLANE, W. W. et al. Riparian vegetation as an indicator of riparian condition: Detecting departures from historic condition across the North American West. *Journal of Environmental Management*, v. 202, p. 447-460. 2016.

MAGALHÃES, R. C.; BARP, A. R. B. Novações metodológicas para construção de cenários estratégicos. *Revista de Administração e Inovação*, São Paulo, v. 11, n. 3, p. 200-226, jul./set. 2014.

MARENGO, J. A. On the hydrological cycle of the Amazon basin: a historical review and current state-of-the-art. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 21, n. 3, p. 1-19. 2006.

MATHIS, A. A.; NASCIMENTO, M. A. C.; NASCIMENTO, N. S. F.; GOMES, V. L. B. Desenvolvimento, neodesenvolvimentismo e impactos sobre o trabalho na Amazônia brasileira. *Novos Cadernos NAEA*, v. 19, n. 1, p. 259-252, jan-abril. 2016.

MATRICARDI, E. et al. Assessment of tropical forest degradation by selective logging and fire using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, v. 114, n. 5, p. 1117-1129, 2010.

MEIRELLES FILHO, J. C. de S. É possível superar a herança da ditadura brasileira (1964-1985) e controlar o desmatamento na Amazônia? Não, enquanto a pecuária bovina prosseguir como principal vetor de desmatamento. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, v. 9, n. 1, p. 219-241, jan.-abr. 2014.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, v. 15, n. 5, p. 1577-1600. 2011.

MENEZES, F. P.; FERNANDES, L. L.; ROCHA, E. J. P. O uso da estatística para regionalização da precipitação no estado do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 16, jan.-jul., p. 64-71. 2015.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta Amazônica*, v. 35, n. 2, p. 207 – 214. 2005.

MORAES, B. C.; SODRÉ, G. R. C.; SOUZA, E. B.; FERREIRA, D. B. S.; OLIVEIRA, J. V. Sensoriamento remoto como ferramenta para a determinação da estação chuvosa na Amazônia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8 n. 5, p. 1374-1382. 2015

MOREIRA, T. R.; SANTOS, A. R.; DALFI, R. L.; CAMPOS, R. F.; SANTOS, G. M. A. D. A.; EUGENIO, F. C. Confronto do Uso e Ocupação da Terra em APPs no Município de Muqui, ES. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 2, p. 141-152. 2015.

NARDINI, R. C.; CAMPOS, S.; RIBEIRO, F. L.; GOMES, L. N.; FELIPE, A. C. CAMPOS, M. Avaliação das áreas de conflito de uso em APP da microbacia do Ribeirão Morro Grande. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia, v. 16, n. 55, p. 104-113. 2015.

NASCIMENTO, C. P.; SILVA, M.; FERREIRA, M. B. P. A pecuária como atividade primaz na Amazônia: uma discussão acerca dos seus aspectos ambientais, das populações humanas envolvidas e do papel das instituições na dinâmica desta atividade. *Revista de Estudos Sociais*, v. 17, n. 33, p. 208-227. 2015

NEVES, P. A. P. F. G.; SILVA, L. M.; PONTES, A. N.; PAULA, M. T. Correlação entre pecuária e desmatamento em municípios da mesorregião sudeste do estado do Pará, Brasil. *Ambiência*, v. 10, n. 3, p. 795-806, set./dez. 2014.

NOBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 29, n. spe, p. 111-120. 2014.

OLIVEIRA, R. C. O.; ALMEIDA, E.; FREGUGLIA, R. S.; BARRETO, R. C. S. Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia legal. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 49 n. 3, jul-set. 2011.

OLIVEIRA, R. R. S.; VENTURIERI, A.; SAMPAIO, S. M. N.; LIMA, A. M. M.; ROCHA, E. J. P. Dinâmica de uso e cobertura da terra das regiões de integração do Araguaia e Tapajós/PA, para os anos de 2008 e 2010. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.68, n.7, p. 1411-1424, jul./ago. 2016.

PEREIRA, B. W. F. et al. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, v. 11, n. 2, apr./jun. 2016.

PEREIRA, B. W.; JESUIN, S. A.; MACIEL, M. N.; OLIVEIRA, F. A.; CREÃO, L. G. C. Fragmentação da vegetação arbórea na bacia hidrográfica do Rio Apeú, Nordeste do Estado do Pará. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 55, n. 4, p. 297-305. 2012.

PIKETTY, M. G.; POCCARD-CHAPUIS, R.; DRIGO, I.; COUDEL, E.; PLASSIN, S.; LAURENT, F.; THÂLES, M. Multi-level governance of land use changes in the Brazilian Amazon: Lessons from Paragominas, State of Pará. *Forests*, v. 6, p. 1516-1536. 2015.

PINHEIRO, A.; BERTOLDI, J.; VIBRANS, A. C.; KAUFMANN, V.; DESHAYES, M. Uso do solo na zona ripária de bacias agrícolas de pequeno a médio porte. *Revista Árvore*, v. 35, n. 6, p. 1245-1251, 2011.

REBELLO, F. K.; SANTOS, M. A. S.; HOMMA, A. K. O. Modernização da agricultura nos municípios do nordeste paraense: determinantes e hierarquização no ano de 2006. *Revista de Economia e Agronegócio*, v. 9, n. 2. 2011.



REGO, A. G.; FERNANDES, L. L.; BLANCO, C. J. C.; BARP, A. R. B. Evaluation of sustainability in the use of water within the Amazon deforestation area: a case study in Rondon do Pará, Pará State, Brazil. *Acta Scientiarum. Technology*, Maringá, v. 35, n. 2, p. 237-245, Apr.-Jun, 2013.

REGO, A. G.; FERNANDES, L. L.; LIMA, A. C. M. Diagnóstico da potencial poluição nos rios do arco do desmatamento brasileiro: estudo de caso dos rios Ararandeuá e Pebas em Rondon do Pará. *Traços*, Belém, v.13, n. 27, p. 47-61, jun. 2011.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. *Nova Economia*, Belo Horizonte, v. 1, n. 19, p. 41-66, jan.-abr. 2009.

ROSA, I. M. D.; GABRIEL, C.; CARREIRAS, J. M. B. Spatial and temporal dimensions of landscape fragmentation across the Brazilian Amazon. *Regional Environmental Change*, p. 1-18. 2017.

SABEDOT, S.; KAUTZMANN, R. M.; PETTER, C. O.; SAMPAIO, C. H. Minerais contaminantes do caulim da mina Ipixuna, no estado do Pará: características e interferências no beneficiamento mineral. *Holos*, v. 3, n. 30, 2014.

SANTOS, C. A.; LIMA, A. M. M.; FRANCO, V. S.; ARAÚJO, I. B.; MENEZES, J. F. G.; GOMES, N. M. O. Distribuição espacial da precipitação na bacia hidrográfica do rio Xingu. *Nucleus*, v. 13, p. 223-230. 2016.

SILVA JUNIOR, C. A.; NANNI, MA. R.; SILVA, A. A.; CEZAR, E.; ROMAGNOLI, F. Conversion of land use and cover in northwest Amazon (Brazil). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, n. 3, p. 230-237. 2014.

SILVA, M. K. A. *Modelagem hidrológica aplicada ao estudo da vazão da bacia hidrográfica do rio Araguari - MG, a partir das mudanças do uso da terra e cobertura vegetal nativa*. 2014. 196 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2014.

SOUSA, L. M. *Estoques de carbono resultantes de mudanças de uso e cobertura do solo e sua relação com os indicadores socioeconômicos nos municípios de Paragominas e Ulianópolis, Pará*. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

SOUSA, L. M.; ADAMI, M.; LIMA, A. M. M.; RAMOS, W. F. Avaliação do uso e cobertura da terra em Paragominas e Ulianópolis-PA, utilizando dados do projeto TerraClass. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 69, n. 3, p. 421-431, 2017.

SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 3, p. 263-274, jul.-set. 2014.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. J.; CARDOSO, J. M. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 3, p. 453-462, mai.-jun. 2017.

SOUZA, S. R.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; JESUÍNO, S. A. Caracterização do conflito de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do rio Apeú, nordeste do Pará. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 42, n. 4, p. 701 - 710, out.-dez. 2012.

SOUZA-FILHO, P. W. M.; SOUZA, E. B.; JÚNIOR, R. O. S. NASCIMENTO JUNIOR, W. R.; MENDONÇA, B. R. V.; GUIMARÃES, J. T. DALL'AGNOL, R.; SIQUEIRA, J. O. Four decades of land-cover, land-use and hydroclimatology changes in the Itacaiúnas River watershed, southeastern Amazon. *Journal of Environmental Management*, v. 167, p. 175-184, 2016.

TERRACLASS. *Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal: Terra-Class 2008*. Brasília, DF; Belém: Embrapa; INPE, 2013.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 1, p.55-64, 2010.

VASCONCELOS, P. G. A. *Determinantes do desmatamento na Amazônia brasileira*. 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

VENTURIERI, A.; FIGEIREDO, R.; WATRIN, O. S.; MARKEWITZ, D. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2005. v. 1., p. 1127-1134.