



## Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil

doi:10.4136/ambi-agua.1802

Received: 11 Nov. 2015; Accepted: 16 Feb. 2016

Bruno Wendell de Freitas Pereira<sup>1</sup>; Maria de Nazaré Martins Maciel<sup>1</sup>;  
Francisco de Assis Oliveira<sup>2</sup>; Marcelo Augusto Moreno da Silva Alves<sup>3</sup>;  
Adriana Melo Ribeiro<sup>3</sup>; Bruno Monteiro Ferreira<sup>1</sup>;  
Ellen Gabriele Pinto Ribeiro<sup>1\*</sup>

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA, Brasil

<sup>1</sup>Instituto Ciber Espacial (ICIBE)

<sup>2</sup>Instituto de Ciências Agrárias (ICA)

<sup>3</sup>Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos (ISARH)

\*Autor correspondente: e-mail: ellengpr@gmail.com,

brunowendell@yahoo.com.br, nazamaciel@yahoo.com.br, fdeassis@gmail.com,

marcelo.moreno@ufra.edu.br, anamellory@hotmail.com,

brunoferreiramont@gmail.com

### RESUMO

O trabalho objetivou mapear a cobertura e uso do solo na área da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, nordeste paraense, identificar conflitos de uso nas áreas de preservação permanente e investigar a relação deles com a qualidade da água. Utilizou-se imagem do sensor LISS-3 do satélite Resourcesat com resolução espacial de 23,5 m para classificação supervisionada e obtenção de classes de uso e cobertura da terra com base em 22 amostras de treinamento. Para se determinar a qualidade da água foram coletados 28 pontos amostrais nas redes de drenagem. A relação entre antropização e qualidade da água foi analisada a partir das observações das mudanças de uso da terra, por meio de imagens de satélite e coletas *in loco* das amostras de água. Os resultados obtidos revelam que 46% das APPs encontra-se em conflito de uso, sobretudo pela ocupação indevida das classes área urbana, solo exposto e especialmente pastagem com mais de 84% da área em conflito de uso. Em alguns pontos amostrais, foram observados níveis críticos de oxigênio dissolvido chegando a 2,14 mg L<sup>-1</sup> e pH de 5,12, valores abaixo do estabelecido pela resolução 357/05 do CONAMA para água doce. Constatou-se que as piores condições de qualidade da água podem estar relacionadas às áreas de uso e ocupação irregulares dentro das APPs. Diante do exposto, verifica-se a necessidade, emergencial, de planejamento do uso e ocupação das terras na área da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi para a recuperação ambiental e da qualidade da água.

**Palavras-chave:** cobertura do solo, desmatamento, recursos hídricos.

### Land use and water quality degradation in the Peixe-Boi River watershed

#### ABSTRACT

This study mapped the land use and land cover of the catchment area of the Peixe-Boi

River watershed, in northeast Pará, in order to identify conflicts of land use in the permanent preservation areas, and to relate them to water quality. We used LISS-3 sensor imagery from the Resourcesat satellite with a spatial resolution of 23.5 m for supervised classification of land use and land cover based on 22 training samples. Water quality was determined based on 28 sampling points in drainage network. The relationship between human disturbance and water quality was analyzed based on observations of land use changes using satellite imagery and *in situ* collection of water samples. The results show that 46% of the permanent preservation areas have conflicted uses, especially with respect to urban squatters, exposed soil and, most notably, pasture, with over 84 % of the area in conflict. Critical levels of dissolved oxygen reaching 2.14 mg L<sup>-1</sup> and pH of 5.12 were observed in some sampling points. These values are below the fresh water standards set by Resolution 357/05 of CONAMA. The poorest water quality may be related to irregular use and occupation of areas within the permanent preservation areas. There is therefore an urgent need to develop a plan for the sustainable use and occupation of catchment area land in the Peixe-Boi River watershed in order to restore the environment and improve water quality.

**Keywords:** deforestation, land cover, water resources.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de ocupação do território brasileiro é marcado, historicamente, pela intensa exploração de seus recursos naturais e supressão da vegetação nativa, voltadas para diversas atividades antrópicas, com destaque para a agropecuária e expansão da urbanização. Na região Amazônica, ausência de práticas conservacionistas, voltadas à sustentabilidade ambiental e econômica desencadeou severos problemas e impactos negativos, com destaque a erosão hídrica, perda de qualidade dos solos, redução de oferta hídrica e drástica alteração da cobertura vegetal (Ferreira e Coelho, 2015).

No Estado do Pará, a diminuição foi de 8870 km<sup>2</sup> ano<sup>-1</sup> em 2004, para 1887 km<sup>2</sup>/ano em 2014, o que representa uma redução de 79%, conforme dados mapeamento consolidado pelo Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal (PRODES) ainda em 2014. Contudo, embora os resultados indiquem eficácia no combate ao desmatamento, ainda há muito que ser feito para se atingir níveis aceitáveis de sustentabilidade ambiental para a região (Schmitt e Paiva, 2015).

Para que haja um processo sustentável que possibilite o desenvolvimento da produção agrícola, paralelo à preservação do meio ambiente, faz-se necessárias ações de políticas públicas, que viabilizem o desenvolvimento econômico e a manutenção dos ecossistemas naturais. Assim, com o intuito de disciplinar e limitar as alterações antrópicas negativas ao meio ambiente, o Código Florestal Brasileiro – Lei n.º 4.771, de 15 de setembro de 1965, instituiu a criação das Áreas de Preservação Permanente - APPs (Brasil, 1965), posteriormente modificado pela Lei 12.727/2012.

É importante ressaltar que além do Código Florestal, a Constituição Federal determina no artigo 186 toda propriedade rural deverá cumprir sua função social, promovendo, a “utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente” (Brasil, 1988). Dessa forma, os proprietários de imóveis rurais têm por obrigação adotar as normas de proteção do meio ambiente legalmente instituídas, uma vez que, os benefícios socioambientais de proveito coletivo, prevalecem sobre as garantias individuais de uso do proprietário.

Araújo et al. (2013) reiteram que monitorar as alterações na paisagem da região Amazônica é um fator de primordial importância no controle e planejamento racional de utilização do uso da terra, em função do avanço da ocupação do espaço físico. Nesse sentido,

Pires (2013) complementa e discute a necessidade do mapeamento eficaz das APPs, para manutenção das bacias hidrográficas, para o planejamento territorial, e monitoramento do uso sustentável e legal dos recursos naturais.

Para Pires et al. (2012) e Santos et al. (2015), o estudo de bacias hidrográficas mostra-se cada vez mais necessário na correlação com as Áreas de Preservação Permanente (APPs), pois, a existência de conflitos entre uso e ocupação e o descumprimento da legislação nessas áreas, põem em risco a integridade dos recursos hídricos, afetando a qualidade da água, devido à dinâmica fluvial e ao escoamento superficial da água ao longo da bacia de drenagem.

Desta forma, a análise da qualidade de água dentro das APPs na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi vem como instrumento norteador de políticas públicas para qualificar e quantificar a realidade existente na região da bacia hidrográfica. Com isto será possível estabelecer metas de planejamento dos recursos hídricos nos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica, equalizando a problemática e evitando a contaminação de seus mananciais.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo mapear a cobertura e uso do solo na área de abrangência da bacia do rio Peixe-Boi, identificar conflitos de uso nas áreas de preservação permanente, de acordo com o Código Florestal (Lei 12.727/2012) e, relacioná-los com a qualidade da água na bacia hidrográfica, com base na resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, no uso integrado de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, para subsidiar ações de gestão para minimizar a degradação da qualidade da água nesta bacia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi está localizada na mesorregião do Nordeste Paraense, mais precisamente na microrregião denominada Bragantina (Figura 1). Ela estende-se entre as coordenadas 0°53'57" S e 1°26'10" S de Latitude e 47°24'29" W e 47°7'4" W de Longitude. Esta bacia tem como rio principal o rio Peixe-Boi, com cerca de 60 km de extensão, sendo sua nascente está situada próxima município de Bonito e caminha no sentido norte, até sua foz na confluência com o rio Maracanã. Possui uma área de 103400,42ha, abrangendo um total de seis municípios, sendo que, 43,6% de sua área pertencem ao município de Peixe-Boi, 24,3%, ao município de Bonito, 15,4% Nova Timboteua, 7,4% Capanema, 5,6% Santarém Novo e 3,6% ao município de Primavera (Pereira et al., 2015a).

A região apresenta o clima do tipo Am, segundo a classificação de Köppen. A precipitação pluviométrica média está em torno de 2.200 mm anuais. A temperatura varia entre 29 e 31°C.

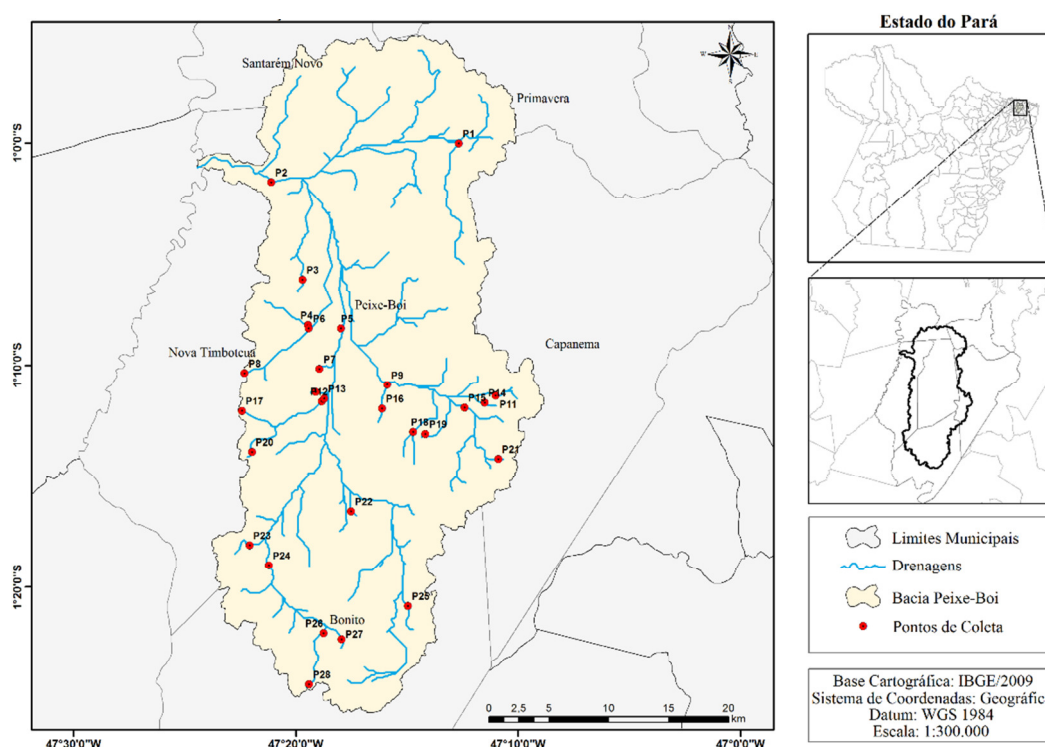
O relevo apresenta formas suaves de tabuleiros e elevações ligeiramente colinoformes, além de planaltos e planícies fluviais. (IBGE, 2008). Os solos que abrangem a área da bacia hidrográfica do rio Peixe Boi são representados pelo tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Típico (IBGE, 2012).

A cobertura vegetal da área da bacia hidrográfica é característica de vegetação secundária em vários estágios de sucessão, por motivo da ação dos desmatamentos demandados para a implantação dos sistemas produtivos locais, representado em geral pelo plantio de espécies agrícolas de subsistência e principalmente por pastagens cultivadas, destinados à pecuária de leite e de corte.

### 2.2. Coleta e avaliação da qualidade da água

As coletas foram realizadas em 28 pontos, no ano de 2013, nos meses de maio (período chuvoso, onde a precipitação pode chegar a 400 mm) e outubro (período seco, onde tem

precipitação não ultrapassa 50 mm), e distribuídos ao longo dos municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Peixe Boi (Figura 1). E os pontos foram distribuídos ao longo dos municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Peixe Boi, a fim de se traçar o background local dos padrões de qualidade das águas da área de estudo dentro das APPs, desde suas nascentes, no município de Bonito, passando pelo seu curso principal, onde a ele contribuem os igarapés que nele deságuam, até sua desembocadura no Rio Maracanã.



**Figura 1.** Localização da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi e dos pontos de coleta de água. Base cartográfica (IBGE, 2009).

No ponto exato de cada estação de amostragem foram registradas as coordenadas geográficas, utilizando-se um GPS de navegação modelo Garmin 76Cx, configurado de acordo com o sistema métrico de coordenadas planas e ajustado para precisão média de 3 m.

As amostragens foram baseadas nas recomendações do guia de coleta e preservação de amostras de água Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB, 1988). Para análise dos padrões ambientais mínimos de qualidade de água foram seguidas a recomendações da Resolução CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), que classifica as águas doces segundo seu uso, em:

**Classe especial:** Águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção. Essa classe não está presente na área de estudo.

**Classe 1** - Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas, recreação, irrigação de hortaliças e frutas consumidas cruas.

**Classe 2** - Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, recreação, irrigação, aquicultura e a atividade de pesca.

**Classe 3** - Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, pesca amadora, recreação de contato secundário, dessedentação de animais.

#### **Classe 4 - Navegação, harmonia paisagística.**

Os equipamentos utilizados para as coletas dos parâmetros de qualidade de água foram as sondas multiparâmetros HANNA HI9828 e YSI 6600, onde foram utilizados para avaliar as seguintes variáveis físicas e químicas: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), turbidez (MTU), sólidos totais dissolvidos (ppm), oxigênio dissolvido - OD ( $\text{mg L}^{-1}$ ), pH, condutividade ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ), Salinidade (ppt), nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ), cloretos ( $\text{mg L}^{-1}$ ), e clorofila-a ( $\text{mg L}^{-1}$ ). Os dados coletados ficam armazenados no sistema integrado dos equipamentos, que gravam as informações específicas de registro.

No Laboratório de Geologia de Ambientes Aquáticos (LGAA/UFRA), as amostras de água foram manipuladas para a medição de outros parâmetros, como por exemplo, a determinação da concentração de nitrato ( $\text{mg L}^{-1}$ ), por meio de uma subamostra.

### **2.3. Processamento digital dos dados espaciais**

Na classificação da cobertura vegetal e uso da terra utilizou-se o software ENVI 4.5, e uma imagem multiespectral de 2013 do satélite Resourcesat-1, sensor LISS III, no Sistema de Coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), datum WGS84, com 7 bits de resolução radiométrica e 23,5 m de resolução espacial das bandas espectrais (vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio). Utilizou-se a metodologia adotada para a classificação supervisionada, por meio do algoritmo de máxima verossimilhança, em oito classes de uso e cobertura da bacia hidrográfica foram consideradas: área urbana, solo exposto, agricultura, pastagens, campos naturais, vegetação arbórea, água e nuvens/sombra, para cada classe obtiveram-se vinte e duas amostras de treinamento. Então, após a coleta de amostras das classes de interesse, foi efetuada a análise do desempenho das mesmas gerando classificação final para obter o maior índice *Kappa*. Diante disso, a relação entre qualidade da água e a antropização da bacia foi elaborada a partir das observações das mudanças de uso da terra, por meio de imagens de satélite, e coletas *in loco* das amostras de água, permitindo que o ambiente de sistema de informação geográfica – SIG determine as alterações presentes.

### **2.4. Delimitação das Áreas de Preservação Permanente**

Para as análises envolvendo os dados espaciais e tabulares referentes à área de estudo, na confecção do buffer das APPs e para a confecção dos mapas, utilizou-se o software ArcGIS 10.1 e suas extensões. Foram consideradas neste trabalho, somente, as APPs ao longo dos cursos d'água e de nascentes, sendo extraídas da rede hidrográfica do IBGE (2010). As delimitações das APPs foram criadas por meio da geração de *buffer's* partindo do leito dos cursos d'água da bacia hidrográfica, seguindo a legislação do Código Florestal Brasileiro (Lei 12.727/2012). A delimitação foi baseada na digitalização dos dados vetoriais dos cursos d'água, com larguras de 10, 50, 100, 200 e maior que 600 metros. Enquanto as APPs das nascentes foram traçadas a partir 50 m, tendo a nascente como ponto central, como determinado pelo Código Florestal.

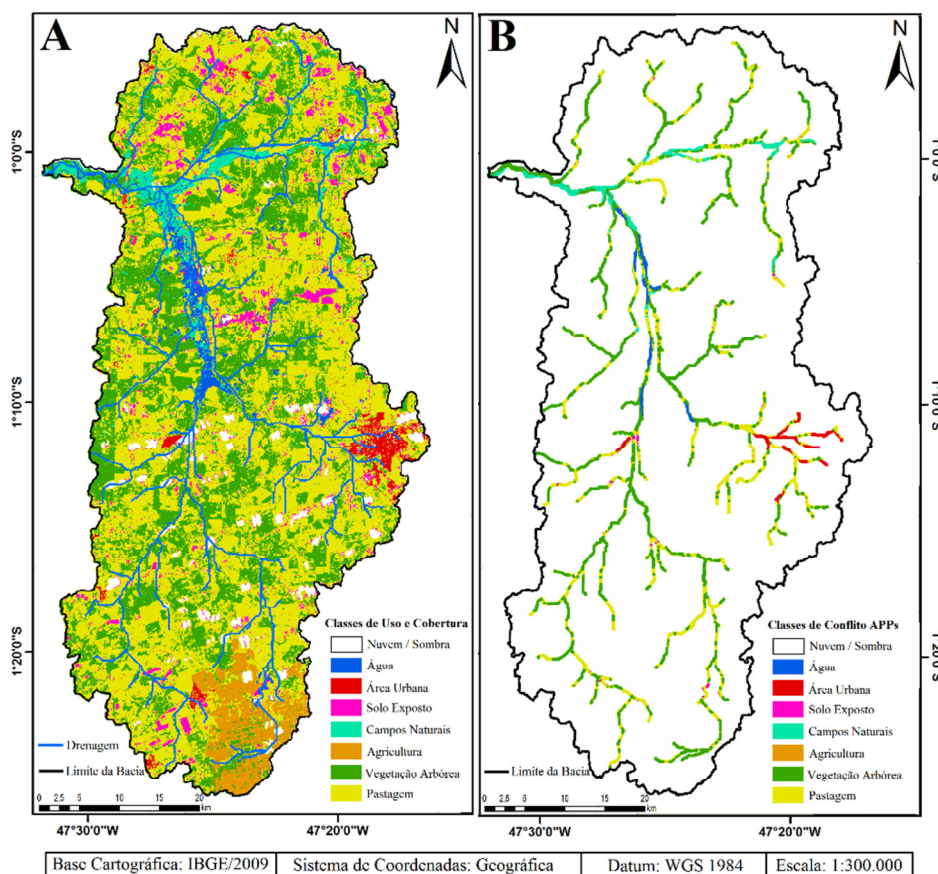
### **2.5. Estudo do conflito de uso da terra**

Com o intuito de identificar as áreas de incidência de conflitos de uso da terra, nas áreas de preservação permanente, foi realizada uma sobreposição, ou *overlay*, do mapa de uso e cobertura vegetal sob os polígonos de delimitação das APPs, de acordo com o Código Florestal Brasileiro de 2012. Então, realizou-se um recorte para determinar a localização das áreas consolidadas, e os polígonos obtidos, corresponderam às áreas de usos conflitantes inseridos nas APPs, ou seja, áreas que deveriam estar preservadas, mas que estão sendo utilizado para outros fins de ocupação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na classificação do uso e cobertura do solo na área da bacia hidrográfica, foram identificadas oito classes: área urbana, solo exposto, agricultura, pastagens, campos naturais, vegetação arbórea, água e nuvens/sombra (Figura 2). A classe de maior incidência foi a pastagem, ocupando mais de 54% da área total da bacia hidrográfica, seguida pela vegetação arbórea, com 28,47%, indicando uma intensa degradação ambiental e alteração da paisagem. Pereira et al. (2015b), estudando a mesma bacia hidrográfica, obteve uma cobertura de 43% de vegetação arbórea, e 35% de pastagem, utilizando imagem TM-Landsat 5 do ano de 2008, o que revela a acelerada transição da cobertura natural da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, para pastos, em função do crescimento da pecuária extensiva e a baixa sustentabilidade do sistema de agricultura tradicional praticado na região.

É possível constatar que os maiores fragmentos de tipologia florestal encontram-se diretamente relacionadas às margens dos recursos hídricos, principalmente no quadrante oeste, formando uma rede de corredores denominados de mata ciliar.



**Figura 2.** A) Classificação de uso e ocupação do solo e; B) áreas de conflito de uso nas APPs. Base cartográfica (IBGE, 2009).

De acordo com a legislação, a área mínima de preservação permanente ao longo dos cursos d'água e das nascentes, na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, deveria ser de 2.873,5 ha, o que equivale a 2,8% da área total. Contudo, temos que 46% da área total das APPs encontra-se em conflito de uso, o que representa 1.321,9 ha, como pode ser constatado na Tabela 1 e observado na Figura 2. Souza et al. (2012), em seus estudos, corroboram a situação alarmante com relação aos conflitos de uso do solo, em que se encontram as APPs no Nordeste Paraense.

**Tabela 1.** Distribuição das áreas e porcentagens de conflitos de uso do solo em APPs.

Classes	Bacia hidrográfica		APP		Conflito	
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%
Área Urbana	1.494,2	1,5	32,4	1,1	32,4	2,5
Solo Exposto	5.608,9	5,4	124,7	4,4	124,7	9,4
Agricultura	3.733,7	3,6	53,0	1,9	53,0	4,0
Pastagem	55.971,7	54,1	1.111,7	38,7	1.111,7	84,1
Campos Naturais	3.207,9	3,1	323,3	11,3	-	-
Vegetação Arbórea	29.446,8	28,5	990,3	34,5	-	-
Água	1.888,2	1,8	165,3	5,8	-	-
Nuvem/Sombra	2.049,1	2,0	72,8	2,5	-	-
<b>Total</b>	<b>103.400,5</b>	<b>100,0</b>	<b>2.873,5</b>	<b>100,0</b>	<b>1.321,9</b>	<b>100,0</b>

As classes campos naturais, vegetação arbórea, e água, compuseram o montante de aproximadamente 54% do total das APPs. Foi observado que, do total das áreas em conflito de uso, a classe pastagem é responsável pela maior área conflitante, ocupando 38,7% desse conflito. Estudando a mesma bacia hidrográfica, no ano de 2009, Pereira et al. (2015b) verificaram que a pastagem correspondeu a 35,6% da área da bacia hidrográfica, constatando uma forte atividade pecuária próxima aos rios da região.

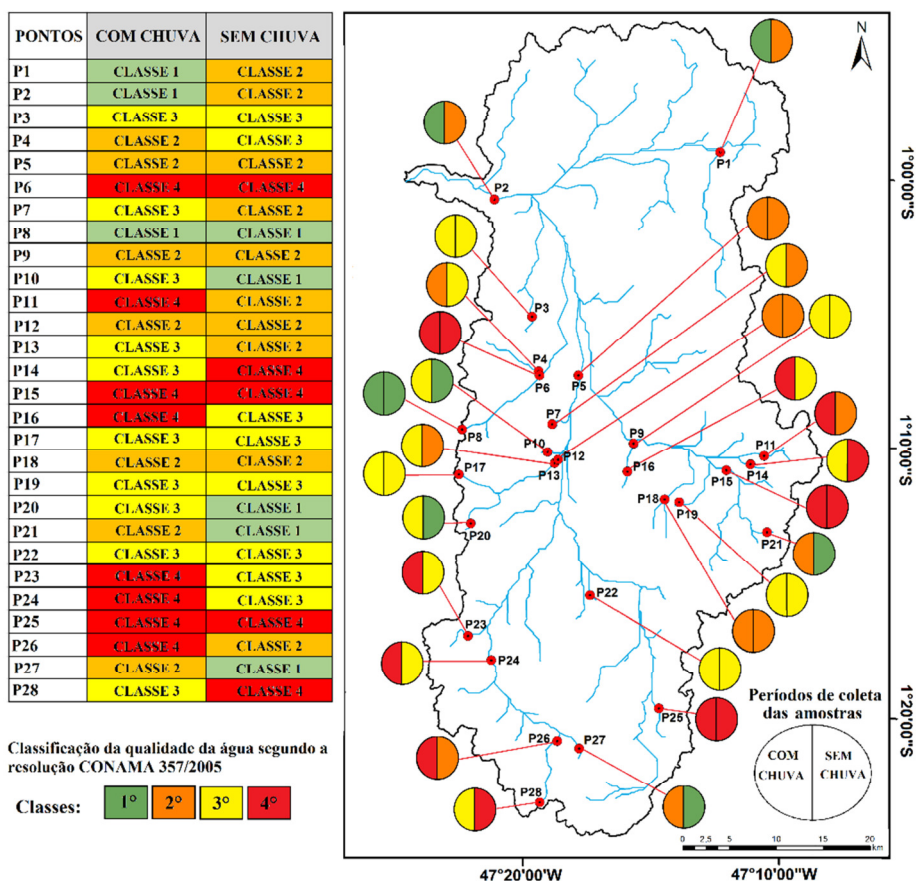
A classe solo exposto, também se apresentou em conflito dentro das áreas de proteção permanente, concentrando-se com maior evidência em dois pontos das APPs, na área central da bacia, próximo a cidade de Peixe-Boi, e na porção extremo Leste da bacia, nas imediações da cidade de Capanema, como pode ser visto na Figura 1.

As classes área urbana e agricultura, juntas, correspondem a menos de 7% das áreas em conflito de uso, porém, não são menos relevantes em sua contribuição para a degradação ambiental das APPs, sendo essencialmente grandes fontes poluidoras, produtoras de resíduos industriais, domésticos, e de agentes agrotóxicos (Cordeiro et al., 2014).

### 3.1. Classificação e mapeamento da qualidade da água

A figura abaixo (Figura 3), revela que mais de 35% dos pontos coletados, para ambos os períodos, apresentaram-se como sendo de classe 4, ou seja, com uso restrito a navegação, sem condições para o consumo humano, mesmo em áreas próximas as nascentes. As estações amostrais P6, P15 e P25, localizadas respectivamente, no Igarapé Abaeté, rio Capanema e na Nascente do rio das Pedras, mantiveram-se enquadradas na classe 4 para ambos os períodos de coleta, devido as baixas concentrações de oxigênio dissolvido. Silva e Ferrari (2012) apontam a deficiência de oxigênio dissolvido, em função do seu consumo pelos microrganismos, decorrentes do lançamento de matéria orgânica e efluentes nos rios.

Constatou-se que a porção norte da bacia, expressa os melhores valores para qualidade da água, variando de 1ª a 3ª classe, onde os parâmetros que resultaram no enquadramento para 3ª classe foram o oxigênio e o pH, por estarem abaixo dos limites permitidos, a Tabela 2 expressa as classes de qualidade da água nos períodos seco e chuvoso conforme cada classe de uso do solo.



**Figura 3.** Localização e classificação dos pontos de coleta de água na bacia hidrográfica.

Verificou-se, ainda, que para todos os pontos amostrais, a qualidade da água coletada nos dois períodos, foi inversamente proporcional à sua proximidade em relação às áreas antropizadas. Constatou-se que as variáveis que mais influenciaram na deterioração da qualidade da água foram o oxigênio, a condutividade e o pH, o que também foi constatado por Souza e Gastaldini (2014) em seus estudos sobre qualidade da água do rio Almada no sul da Bahia. Barros et al. (2014) fizeram um levantamento sobre a dinâmica de infiltração da água em uma bacia hidrográfica no Rio Grande do Sul e Anelli (2015) avaliou a urbanização em favor da renaturalização da bacia hidrográfica do Córrego Lajeado em São Paulo.

Com relação ao oxigênio dissolvido (OD), mais de 69% dos pontos amostrais, para ambos os períodos, apresentaram valores inferiores ao estabelecido como mínimo pelo CONAMA. O OD é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas decorrentes de despejos orgânicos. Segundo a resolução CONAMA 357/2005, não são aceitos valores de oxigênio dissolvido inferiores a 6 mg L<sup>-1</sup>. Esses dados expressam a delicada situação que se encontram determinadas áreas da bacia hidrográfica, em que valores críticos de níveis de oxigênio dissolvido são encontrados, como é o caso do ponto amostral P26, no período chuvoso, apresentando 2,14 mg L<sup>-1</sup>, o que corresponde a um terço da concentração mínima aceitável.

Em trabalho semelhante, Souza e Gastaldini (2014) constataram em suas coletas que valores inferiores a 6 mg L<sup>-1</sup> eram normalmente encontrados em coletas mais próximas a áreas antropizadas às margens dos rios, e onde havia lançamento direto de matéria orgânica e outras substâncias, o que também foi constatado no rio Peixe-Boi.

O pH teve importante participação para o desequilíbrio da qualidade da água na bacia hidrográfica, sobretudo no período chuvoso. No geral houve pouca variação nos pontos com



relação aos dois períodos, exceto no ponto P17, localizado na área urbana periférica do município de Capanema. A pequena variação no pH, revelou uma boa capacidade de tamponamento pelo ecossistema, principalmente no período sem chuva, uma vez que, os valores determinados do pH variaram em uma faixa de baixa acidez, devido principalmente à contribuição da bacia hidrográfica e decomposição da matéria orgânica, até uma relativa alcalinidade, provavelmente devido à contribuição geológica da região (Lima et al., 2015; Vasco et al., 2011).

A condutividade apresentou valores bastante elevados, especial no período chuvoso, chegando a  $336 \mu\text{Scm}^{-1}$ , no rio Capanema (P15), próximo a uma área desmatada de uma fazenda. Souza et al. (2014), explicam que a condutividade é originada da presença de sais dissolvidos na água na forma de íons dissociados eletroliticamente. Estes íons, quando de origem antropogênica, são resultantes de descargas industriais, esgotos domésticos entre outros. Quanto às variáveis sólidos dissolvidos, salinidade, nitrato, cloreto, turbidez e clorofila, em ambos os períodos amostrais apresentaram concentrações dentro dos padrões exigidos pela CONAMA 357 2005.

### **3.2. Relação da cobertura vegetal e do uso do solo nas APPs com a qualidade da água na bacia do rio Peixe-Boi**

Foram caracterizadas oito tipologias de uso e cobertura na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, e constatou-se que os 28 pontos de coleta de água estavam inseridos em cinco destas tipologias; vegetação arbórea, pastagem, água, solo exposto e área urbana. As classes campos naturais e agricultura, se fazem presentes dentro das áreas de APPs, assim, também entram nas análises no que tange a alteração da qualidade da água.

Ao relacionar os resultados obtidos pelo mapeamento da cobertura vegetal e uso do solo nas áreas de APPs, com a classificação da qualidade da água nos diversos pontos de análise, obteve-se como resultado, considerável relação entre a preservação da vegetação natural nas APPs e a manutenção de uma boa qualidade da água na bacia hidrográfica, nos períodos amostrais com e sem chuva conforme a Tabela 2.

A tipologia referente a vegetação arbórea, responde por 34,5% do total das APPs da bacia hidrográfica em questão (Tabela 1), sendo a segunda maior classe na área da bacia, e presente em 9 pontos de coleta de água. Apresentou uma elevada amplitude de variação para as classes de qualidade de água, permeando pelas quatro classes propostas pela resolução 357 de 2005, do CONAMA.

Os pontos com melhores avaliações da qualidade da água, na classe vegetação arbórea, e para ambos os períodos (com/sem chuva), foram o P2 e P8, no rio Peixe-Boi e em uma nascente dentro do batalhão de infantaria, respectivamente, ambos localizados em Nova Timboteua (Figura 1). Ressalta-se que nas áreas da classe vegetação arbórea, naturalmente, ocorre pouco escoamento superficial, em decorrência da maior cobertura do solo, o que irá refletir positivamente sobre a qualidade da água, uma vez da diminuição do processo erosivo, e da lixiviação do solo para os cursos d'água (Dechen et al., 2015).

Os pontos com as piores avaliações da qualidade da água (classe 4), em ambos os períodos amostrais, foram o P6, P15 e P24, todos localizados em áreas próximas a zonas antropizadas, onde a população usa as margens para lavar roupas, depositar entulhos, e despejar efluentes. O enquadramento na classe 4, para os três pontos, se deu fundamentalmente, pela baixa concentração de oxigênio dissolvido. Freitas et al. (2013) explicam que as florestas protegem a zona ribeirinha funcionando como área tampão, porém, a depreciação da qualidade da água, pode se dar, mesmo em ambientes de cobertura arbórea preservada, desde que hajam pressões poluentes nas proximidades, o que justificaria os resultados obtidos para os pontos amostrais em questão.

**Tabela 2.** Relação da qualidade da água com as tipologias encontradas nos pontos de coleta.

	Classes de coberturas nas APPs	Classes segundo CONAMA (357/2005)	
		Período Chuvoso	Período Seco
P1	Pastagem	Classe 1	Classe 2
P2	Vegetação Arbórea	Classe 1	Classe 2
P3	Vegetação Arbórea	Classe 3	Classe 3
P4	Pastagem	Classe 2	Classe 3
P5	Água	Classe 2	Classe 2
P6	Vegetação Arbórea	Classe 4	Classe 4
P7	Pastagem	Classe 3	Classe 2
P8	Vegetação Arbórea	Classe 1	Classe 1
P9	Pastagem	Classe 2	Classe 2
P10	Vegetação Arbórea	Classe 3	Classe 1
P11	Área Urbana	Classe 4	Classe 2
P12	Solo Exposto	Classe 2	Classe 2
P13	Solo Exposto	Classe 3	Classe 2
P14	Pastagem	Classe 3	Classe 4
P15	Vegetação Arbórea	Classe 4	Classe 4
P16	Pastagem	Classe 4	Classe 3
P17	Vegetação Arbórea	Classe 3	Classe 3
P18	Pastagem	Classe 2	Classe 2
P19	Pastagem	Classe 3	Classe 3
P20	Vegetação Arbórea	Classe 3	Classe 1
P21	Pastagem	Classe 2	Classe 1
P22	Pastagem	Classe 3	Classe 3
P23	Pastagem	Classe 4	Classe 3
P24	Vegetação Arbórea	Classe 4	Classe 3
P25	Pastagem	Classe 4	Classe 4
P26	Pastagem	Classe 4	Classe 2
P27	Pastagem	Classe 2	Classe 1
P28	Pastagem	Classe 3	Classe 4

A pastagem representa a tipologia de maior abundância na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, e também é a classe mais presente nas áreas de preservação permanente da bacia, correspondendo a 38,7% do total das APPs (Tabela 1). E apresentou uma grande amplitude de variação para as classes de qualidade de água, variando pelas quatro classes propostas pelo CONAMA.

Ainda para a classe pastagem, os pontos com as piores avaliações da qualidade da água (classe 4), foram o P14, P16, P23, P25, e o P26, nesta categoria sobressaiu-se o período chuvoso, apresentando os piores índices para a qualidade da água. Lima et al. (2015), constataram que ao redor das nascentes, principalmente no período chuvoso, deságuam produtos químicos e fertilizantes utilizados na pastagem, contribuindo fortemente para a

degradação da qualidade da água.

As tipologias referentes a solo exposto e agricultura, correspondem a apenas 6,20% do total das APPs da bacia (Tabela 1), ficando entre as classes menos presentes na bacia, contudo, contribuem direta e indiretamente para a depreciação da qualidade da água, de forma pontual, e ao logo da bacia de drenagem. Os pontos P12 e P13, localizados no igarapé Apuí e no rio Peixe Boi, ambos no município de Peixe-Boi, são representativos dessas tipologias, e especificamente, para esses pontos amostrais, expressaram valores que enquadraram a qualidade da água em um patamar que varia de intermediário a ruim, quanto à qualidade (Classes 2 e 3).

Para Souza et al. (2012), a retirada total da cobertura natural do solo nas APPs, e as áreas recém-plantadas, expõem o solo às intempéries, e imprime aos recursos hídricos uma carga de defensivos e corretivos agrícolas, propiciando um desequilíbrio na qualidade dos recursos hídricos, especialmente nos períodos chuvosos, como pode ser observado para os pontos P12 e P13 (Tabela 2). A condutividade elétrica apresentou-se bem elevada para ambos os pontos, especialmente para o P13 ( $113 \mu\text{Scm}^{-1}$ ), devido a sua localização às margens da rodovia estadual PA-282, e ao lado de um balneário, injetando diariamente partículas e substratos no igarapé.

No que tange a tipologia área urbana, esta corresponde a 32,44 ha, ocupando apenas 1,13% do total das APPs da bacia hidrográfica (Tabela 1), sendo a classe menos presente na área da bacia hidrográfica, e apresentando apenas 1 ponto representativo (P11), de coleta de água. Ele localiza-se na área urbana central do município de Capanema, e recebe diretamente todos os efluentes domésticos locais, despejados por meio de tubulações.

Souza et al. (2015) explicam que o lançamento de lixo, entulhos, e de despejos domésticos do município, sem tratamento, é conduzido pelas chuvas até os mananciais, alterando o pH natural, a concentração de nitrogênio e oxigênio, aumentando a turbidez das águas através da incorporação de carga orgânica, e injetando substâncias químicas diversas, o que afeta os padrões estabelecidos pelo CONAMA para qualidade das águas doces destinadas ao consumo humano.

A classe campos naturais, ocupa 11,3% da área total das APPs, e assim como a classe vegetação arbórea, representam as áreas de cobertura original das zonas ripárias da bacia hidrográfica, sendo responsáveis pela proteção e manutenção da qualidade dos recursos hídricos da bacia do rio Peixe-Boi. Segundo Oliver e Ribeiro (2014), o ambiente de campos naturais é uma zona fundamental para a preservação da qualidade da água e diversificação de habitats, constituindo uma interface entre o ambiente terrestre e o aquático. Esta lógica de preservação da qualidade da água é observada na porção Norte e Centro-Norte onde está localizada a maior concentração da classe de campos naturais na bacia do rio Peixe-Boi.

## 4. CONCLUSÃO

Por meio do uso de geotecnologias, foi possível mapear as APPs existentes na bacia, e constatou-se que 46% delas encontra-se em conflito de uso, frente ao que determina a legislação vigente. Assim como, identificar que as classes área urbana, solo exposto e pastagem são as principais responsáveis pelo uso indevido do solo nas APPs.

Os piores índices de qualidade da água podem estar associados às áreas de uso e ocupação irregulares das APPs, onde a cobertura vegetal original foi substituída por outras classes. Desta forma, verifica-se a necessidade emergencial de planejamento do uso e ocupação das terras e a adoção de práticas de manejo do solo e da água mais sustentáveis na bacia em questão.

Há necessidade da implementação de medidas de planejamento estratégico de gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi para a recuperação e melhoria da

qualidade da água.

## 5. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E.; MARTINS, H.; BARRETO, P.; LIMA, A. C. **Áreas protegidas da Amazônia legal com mais alertas de desmatamento em 2012-2013**. Belém: IMAZON, 2013. p. 32.
- ANELLI, R. L. S. Uma nova cidade para as águas urbanas. **Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 69-84, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142015000200005>
- BARROS, C. A. P.; SIQUEIRA, P. T.; CORLONE, A. A. Estimativa da infiltração de água no solo na escala de bacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 557-564, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832014000200020>
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 13 maio 2014.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Código Florestal Brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 16 set. 1965.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo, 1988. p. 50.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005**. Classificação de corpos d'água e diretrizes ambientais. Conselho Nacional do Meio. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2014.
- CORDEIRO, T. T. S.; FERREIRA, E. M.; RODRIGUES, V. J. O. Contenção de erosão em área de preservação permanente (APP). **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 1032-1041, 2014.
- 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. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0363>
- FERREIRA, M. D. P.; COELHO, A. B. Desmatamento recente nos Estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista Economia Sociologia Rural**, v. 53, n. 1, p. 91-108, 2015.
- FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L.; PECHE FILHO, A. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 4, p. 443-449, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000400013>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Bases Cartográficas**. 2009. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/mapas-municipais.html>. Acesso em: 10 fev. 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de dados georeferenciado sobre recursos naturais**. 2010. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas.html>. Acesso em: 24 maio 2014.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Diretoria de geociências. **Mapas temáticos:** solos. 2012. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/pedologia/unidades\\_federacao/pa\\_pedologia.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unidades_federacao/pa_pedologia.pdf). Acesso em: 24 maio 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **País evolui mais nos indicadores econômicos e sociais do que nos ambientais.** . 04. jun. 2008. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1246&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1246&id_pagina=1). Acesso em: 24 maio 2014.
- LIMA, C. R. N.; ZEILHOFER, P.; DORES, E.; CRUZ, I. F. Variabilidade espacial da qualidade de água em escala de bacias - Rio Cuiabá e São Lourenço, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20 n. 1, p. 169–178, 2015.
- OLIVER, S. L.; RIBEIRO, H. Variabilidade climática e qualidade da água do Reservatório Guarapiranga. **Estudos avançados**, v. 28, n. 82, p. 95-128, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142014000300007>
- PEREIRA, B. W. F.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, H. A. S.; BRAGA, T. G. M.; FIGUEIREDO, D. B. Estrutura da paisagem da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi com base na fragmentação da vegetação. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 159-167, 2015b.
- PEREIRA, B. W. F.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A. O.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P. Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para a caracterização da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, Nordeste Paraense. **Enciclopédia Biosfera**, v. 12, n. 22, p. 2960–2974, 2015a.
- PIRES, M. O. **O cadastro ambiental rural:** das origens às perspectivas para a política ambiental. Brasília: Conservação Internacional do Brasil, 2013. p. 44.
- PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J.; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a análise do uso e ocupação da terra para fins de planejamento ambiental na bacia hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1528–1538, 2012.
- SANTOS, E. C. A.; ARAUJO, L. E.; MARCELINO, A. S. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 9–14, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p9-14>
- SILVA, S. F.; FERRARI, J. L. Análise espacial de atributos físico-químicos da água em viveiros de piscicultura com geometrias diferentes. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 14, p. 51-63, 2012.
- SCHMITT, J. S.; PAIVA, F. A descentralização das competências ambientais e a fiscalização do desmatamento na Amazônia. **Revista de Administração Pública**, v. 49, n. 5, p. 1121-1142, 2015.
- SOUZA, M. M.; GASTALDINI, M. C. C. Water quality assessment in watersheds with different anthropogenic impacts. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 19, n. 3 p. 263-274, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522014019000001097>

- SOUZA, J. R.; MORAES, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: caso Rio Almada, sul da Bahia, Brasil. **REDE -Revista Eletrônica do Prodepa**, v. 8, n. 1, p. 26-45, 2014.
- 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**, v. 42, p. 701, 2012.  
<http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v42i4.19508>
- SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; CONDÉ, N. M.; CARVALHO, W. B. Análise das condições de potabilidade das águas de surgências em Ubá, MG. Rev. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 614-622, 2015. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1630>
- VASCO, A. N.; BRITTO, F. B.; PEREIRA, A. P. S.; JÚNIOR, A. V. M.; GARCIA, C. A. B.; NOGUEIRA, L. C. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011.  
<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.178>