



**Avaliação da Degradação Hídrica na Bacia Hidrográfica Tocantins Araguaia**  
Assessment of Water Degradation in the Hydrographic Basin Tocantins Araguaia

Evanice Pinheiro Gomes<sup>1</sup>;  
Francisco Carlos Lira Pessoa<sup>2</sup>; Laila Rover Santana<sup>1</sup> & Josias da Silva Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.  
Av. Augusto Correa, 1, 66075-110, Belém, Pará, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental.  
Av. Augusto Correa, 1, 66075-110, Belém, Pará, Brasil

E-mails: [gomesevanice@ufpa.br](mailto:gomesevanice@ufpa.br); [lailasrover@gmail.com](mailto:lailasrover@gmail.com); [josias.cruz75@gmail.com](mailto:josias.cruz75@gmail.com); [fclpessoa@ufpa.br](mailto:fclpessoa@ufpa.br)

Recebido em: 01/08/2018 Aprovado em: 23/10/2018

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2018\\_3\\_503\\_513](http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_503_513)

## Resumo

A necessidade de metodologias que façam avaliações das condições hidrológicas e do uso e ocupação do solo, bem como, auxiliem na tomada de decisão, são essenciais para o planejamento e gestão das bacias hidrográficas. O objetivo deste estudo é identificar o grau de degradação ambiental dos recursos hídricos na Região Hidrográfica Tocantins Araguaia (RHTA). Para isto, foi aplicada a metodologia do Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ecológica e da Matriz de Leopold, juntamente com o geoprocessamento. Os resultados mostraram que cerca de 50% da RHTA apresenta alteração ambiental e 16% está impactada. Os trechos avaliados apresentaram média e grande intensidade de alteração das condições naturais dos cursos hídricos. O uso do geoprocessamento serviu como uma excelente ferramenta para mapear as condições de uso e ocupação do terreno e facilitou o entendimento do cenário das condições de saneamento básico e dos aproveitamentos hídricos disponíveis nesta região. Além disso, constatou-se que o uso integrado entre as metodologias utilizadas, é uma opção viável para o monitoramento da qualidade ambiental.

**Palavras-chave:** Impacto ambiental; Matriz de Leopold; Protocolo de Avaliação Rápida; Recursos hídricos

## Abstract

The need for methodologies that make assessments of hydrological conditions and land use and occupation, as well as assisting in decision making, are essential for river basin planning and management. The objective of this study is to identify the degree of environmental degradation of water resources in the Tocantins Araguaia Hydrographic Region (RHTA). For this, the methodology of the Rapid Assessment Protocol for Ecological Integrity and the Leopold Matrix was applied, along with geoprocessing. The results showed that about 50% of RHTA present an environmental change and 16% is impacted. The evaluated sections showed medium and great intensity of alteration of the natural conditions of the water courses. The use of geoprocessing served as an excellent tool to map the conditions of use and occupation of the land and facilitated the understanding of the scenario of the conditions of basic sanitation and the available water resources in this region. In addition, it was found that the integrated use among the methodologies used, is a viable option for the monitoring of environmental quality.

**Keywords:** Environmental impact; Matrix of Leopold; Rapid Assessment Protocol; Water resources

## 1 Introdução

Para um correto gerenciamento das bacias hidrográficas, é necessário que as práticas de uso e ocupação do solo ocorram de forma sustentável, caso contrário, o uso intensivo dos recursos naturais, sem planejamento, provocará sérios danos ao meio ambiente.

Diversas são as atividades que comprometem a qualidade ambiental. Para Tucci (2012), o processo de urbanização tem provocado a contaminação dos mananciais, poluição dos rios por lançamento de esgoto sem tratamento, etc. Segundo Suga & Tanaka (2013), as modificações no solo, como o desmatamento para a agricultura e a pastagem, têm gerado severo impacto sobre os recursos hídricos. Desta forma, os desequilíbrios ambientais intensos suportados pela bacia hidrográfica propiciam alterações ecossistêmicas, que necessitam ser avaliadas de maneira integrada para que sejam identificados e posteriormente solucionadas.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um instrumento que tem contribuído para minimizar os impactos ambientais no Brasil, conforme está previsto na Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981). É um mecanismo necessário para implantação de empreendimentos e de atividades potencialmente poluidoras ou utilizadoras de recursos naturais. Sua finalidade é permitir que as atividades humanas tenham seus impactos ambientais previstos e seus valores ambientais considerados, buscando a sustentabilidade ambiental. No entanto, no Brasil, a limitação da aplicação da AIA apenas ao nível de projeto ou empreendimento, previsto na Resolução CONAMA nº 01/1986, compromete sua efetividade.

Devido a essa limitação, o processo de avaliação ambiental, na maioria das vezes, não leva em consideração as condições de toda a bacia hidrográfica em que se insere. Essa questão pode afetar o desenvolvimento social, ecológico e econômico da região. Sendo assim, os estudos de diagnósticos ambientais, devem buscar alcançar o máximo de informações das bacias hidrográficas, através de metodologias eficientes.

Assim, pelo exposto, são necessárias metodologias que avaliem as condições hidrológicas

e do uso e ocupação do solo, bem como, auxiliem na tomada de decisão, sendo essenciais para o planejamento e gestão das bacias hidrográficas. Neste sentido, algumas aplicações de diagnóstico ambiental foram desenvolvidos por Franco et al. (2011), Cremones et al. (2014), Cruz et al. (2014), Turra et al. (2017), Zaharia et al. (2018), demonstrando boa eficiência.

As matrizes de impacto ambiental e os protocolos de avaliação rápida (PAR), por exemplo, são ferramentas muito utilizadas na identificação de impactos ambientais em bacias hidrográficas (Costa & Silva, Mattos et al., 2013). Através da matriz de impacto ambiental é possível listar as principais atividades ou ações antrópicas, ou ainda os componentes ou os elementos do sistema ambiental, possibilitando a identificação de possíveis interações entre eles (Sánchez, 2013). Já os PAR baseiam-se em perguntas que devem ser respondidas, as quais são desenvolvidas com o objetivo de auxiliar no monitoramento ambiental dos sistemas hídricos. Esses protocolos buscam avaliar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas aquáticos (Bersot et al., 2015; Callisto et al., 2002).

Neste contexto, se insere a metodologia do Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ecológica e a matriz de Leopold. Essas técnicas são capazes de informar o grau de conservação dos cursos d'água e o nível de impacto ambiental. O uso integrado dessas metodologias permite identificar as principais atividades antrópicas e os componentes do sistema ambiental, objetivando definir as possíveis interações entre eles. Isso poderá subsidiar no planejamento ambiental, promovendo a conservação dos recursos naturais.

Considerando que a bacia hidrográfica é a unidade de planejamento dos recursos hídricos e que a mesma deve ser preservada, o presente estudo tem como objetivo, aplicar a avaliação de impacto ambiental na Região Hidrográfica Tocantins Araguaia, por meio do Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ecológica e a matriz de Leopold. De tal modo, o desenvolvimento desta metodologia permitirá identificar a degradação hídrica na área estudada, bem como, propor soluções mitigadoras, e assim contribuir na gestão dos recursos hídricos.

## 2 Área, Materiais e Métodos

### 2.1 Área de Estudo

A Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia (RHTA) localiza-se entre o paralelo sul 0° 30' e 18° 05' e os meridianos de longitude oeste 45° 45' e 56° 20'. Sua configuração é alongada, com sentido Sul-Norte, seguindo a direção predominante dos cursos d'água principais, os rios Tocantins e o Araguaia. Essa bacia hidrográfica possui uma área de aproximadamente 918.822 Km<sup>2</sup> e abrange parte das regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste (IBGE, 2014). Ocupa 11% do território nacional, incluindo as áreas dos Estados de Goiás (21,4% da RHTA), Tocantins (30,2%), Pará (30,3%), Maranhão (3,3%), Mato Grosso (14,7%) e o Distrito Federal (0,1%), totalizando 411 municípios e integrando totalmente o estado do Tocantins (Figura 1).

A RHTA é uma área de grande relevância para o país, atualmente a região apresenta um grande potencial hídrico que atende as mais diversas atividades, como

a irrigação, o abastecimento público, produção de energia, a mineração e a indústria. Em termos de geração de energia, tem potencial hidrelétrico de 27.033 MW, considerando somente o rio Tocantins (ANEEL, 2016). Além do mais a região destaca-se no processamento de produtos agropecuários como a soja, o arroz, o milho e a carne bovina.

### 2.2 Base de Dados

Na aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida e da matriz de Leopold, definiu-se 12 trechos da RHTA (Figura 2), para serem avaliados. Esses pontos foram selecionados por apresentarem as atividades de uso do solo mais expressivo da bacia, verificados no mapa de uso e ocupação do solo. A Tabela 1 apresenta as informações dos trechos avaliados.

Para a realização do estudo na RHTA, utilizou-se as informações do Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos – SNIRH, do Instituto Brasileiro

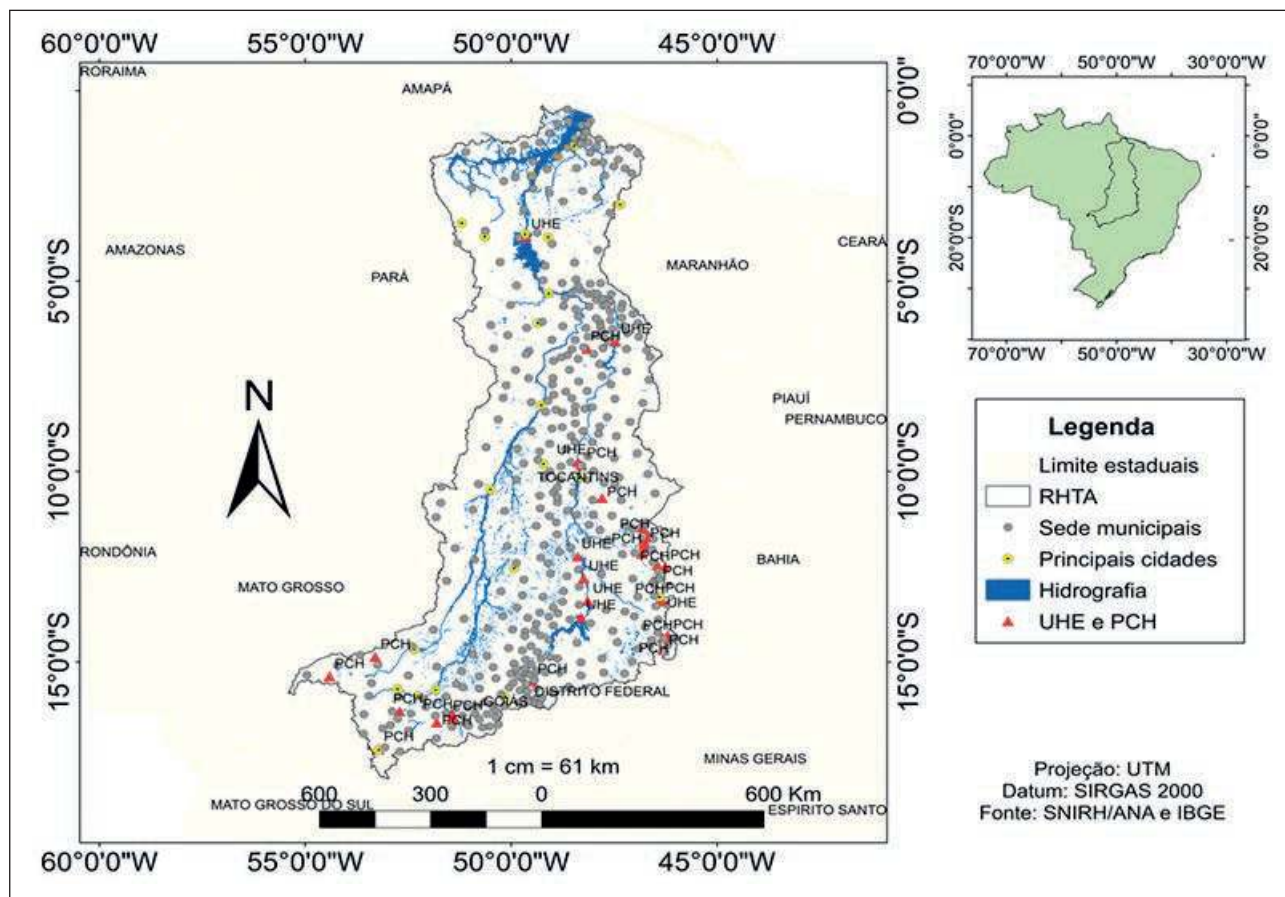


Figura 1 Mapa de Localização da RHTA (adaptado de IBGE, 2014).

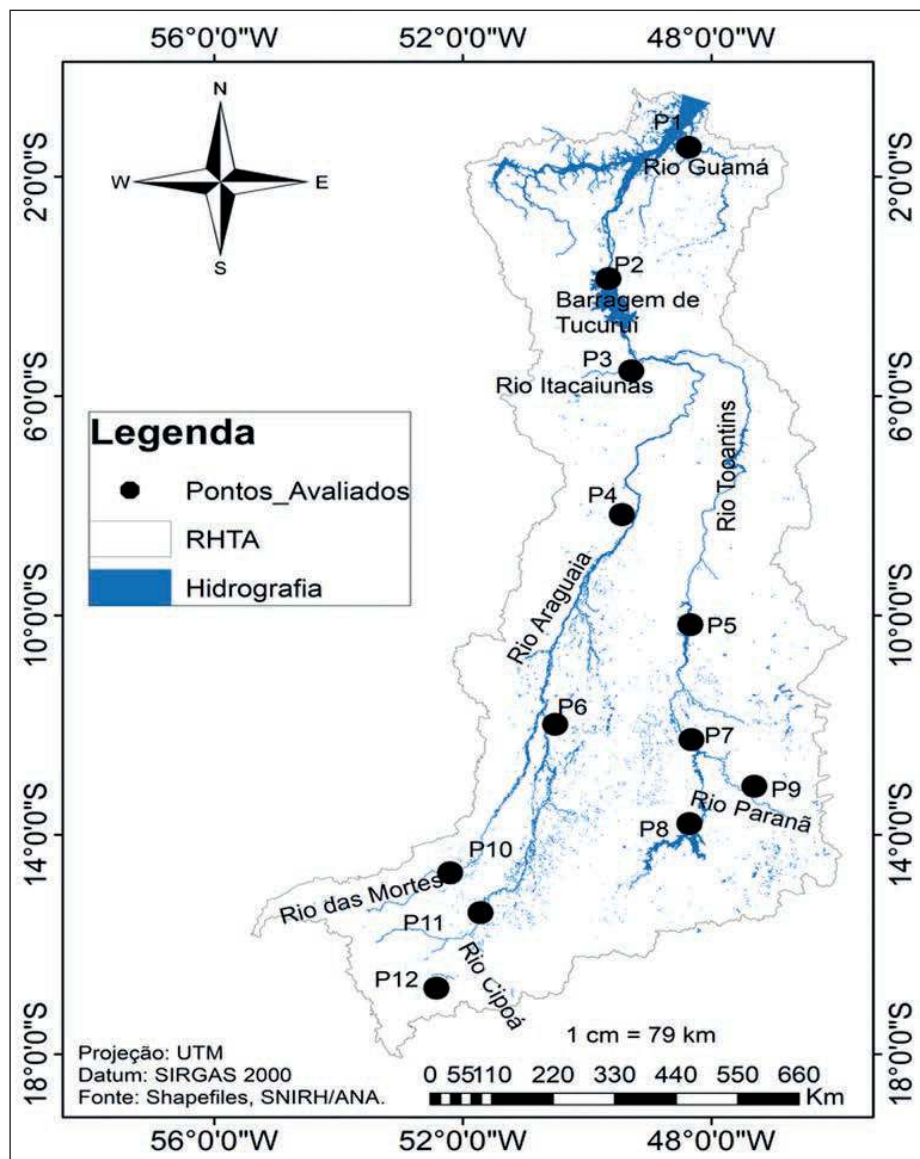


Figura 2 Pontos amostrais avaliados.

ID	Trecho	Corpo Hídrico	Latitude	Longitude
P1	Região Norte da RHTA	Rio Guamá	-1,476669	-48,453918
P2	Barragem de Tucuruí	Rio Tocantins	-3,833541	-49,652943
P3	Marabá	Rio Itacaiunas	-5,360185	-49,110004
P4	Conceição do Araguaia	Araguaia	-8,273876	-49,110004
P5	Palmas	Rio Tocantins	-10,229518	-48,370538
P6	Formoso do Araguaia	Lagoa Manoel Lima	-11,8194225	-49,493239
P7	UHE Peixe Angical	Rio Tocantins	-12,241656	-48,386006
P8	UHE Serra da Mesa	Rio Tocantins	-12,807630	-48,237513
P9	Paraná	Rio Paraná	-12,634488	-47,8687765
P10	Nova Xavantina	Rio das Mortes	-14,671535	-52,357750
P11	Araguaína	Rio Araguaia	-15,497000	-51,721000
P12	Doverlândia	Rio do Peixe	-16,715611	-52,324638

Tabela 1 Informação dos Trechos avaliados  
 ID – Identificação dos Pontos. P1, ..., P12 – Definição de cada ponto.



de Geografia e Estatística – IBGE (2014), do Sistema Nacional Informações sobre Saneamento Básico – SNIS (2014) e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente – IBAMA (2016). As informações foram organizadas em planilhas eletrônicas e em ambientes de georeferenciamento. A partir dessas informações foi possível conhecer o cenário da situação física e ambiental da RHTA. O período de informações dos dados corresponde aos anos de 2014 a 2016 (dados mais recentes disponibilizados).

## **2.3 Metodologias de**

### **Avaliação de Impacto Ambiental**

#### **2.3.1 Protocolo de Avaliação**

#### **Rápida da Integridade Ecológica**

O Protocolo de Avaliação Rápida da Integridade Ecológica, adaptado do protocolo proposto pela Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EPA, 1987), é uma metodologia que indica o grau de conservação dos cursos d'água por meio da avaliação das condições ambientais de trechos de rios. Segundo Callisto et al. (2002) e Santos et al. (2015), o protocolo é dividido em duas partes. A primeira tem o objetivo de caracterizar trechos das bacias em estudo e o nível de intensidade dos impactos ambientais decorrentes das atividades humanas em sua região ripária. Para isso, dez parâmetros são avaliados e para cada um é atribuída uma pontuação de 0 a 4. A segunda parte do protocolo visa avaliar as condições dos habitats e o nível de conservação das condições naturais, avaliando doze parâmetros e conferindo-lhes uma pontuação que pode variar de 0 a 5, dada a partir da observação visual das condições dos habitats. O resultado final do protocolo se dará com o somatório de todos os pontos obtidos e indicará o estado de conservação das condições ecológicas dos trechos estudados, em que de 0 a 40 representa um trecho impactado, de 41 a 60 trechos alterados, e acima de 61 os trechos naturais.

#### **2.3.2 Matriz de Impacto Ambiental**

A Matriz de Leopold é definida como uma Matrix de Impacto Ambiental, e tem a função de identificar os impactos ambientais negativos em uma bacia. A sua aplicação baseou-se nas orientações do trabalho de Padovesi-Fonseca et al. (2010) e Santos

et al. (2015). As matrizes foram aplicadas nas áreas adjacente aos trechos dos rios avaliados por meio do protocolo de avaliação rápida. Para a adaptação da matriz foram levantados os impactos ambientais mais comuns que poderiam ocorrer nesta bacia, com base nos mapas de uso e ocupação do solo. Procurando explicar melhor os dados, somente os impactos mais relevantes em termos de ocorrência, intensidade e extensão foram avaliados para cada trecho observado e dispostos na matriz. Atribuiu-se valores para informações de magnitude (de 0 a 10) e importância (de 0 a 10). O resultado da matriz se dá por meio do produto com os valores de magnitude e importância de cada impacto. Um resultado de 0-35 é considerado de pequena intensidade, de 36-65 de média intensidade e de 66-100 de grande intensidade.

#### **2.3.3 Geoprocessamento**

Para se obter sucesso no manejo de bacias hidrográficas, é necessário compreender o comportamento físico dos solos, associados à cobertura vegetal. Segundo Mello & Silva (2013), isso ocorre porque a participação do solo e seu uso no ciclo hidrológico da bacia, define a dinâmica da água em seus compartimentos, destacando-se, por exemplo, a recarga de aquíferos. Deste modo, os estudos que norteiam o manejo das bacias hidrográficas, necessitam de ferramentas que estão diretamente ligadas à evolução tecnológica, como o geoprocessamento.

O geoprocessamento constitui-se como um conjunto de procedimentos, técnicas e produtos destinados à coleta, tratamento e divulgação de informações sobre a superfície do planeta, com referência geográfica, utilizando-se de processamento de informações em ambiente computacional (Bacani & Luchiari, 2014).

O uso do geoprocessamento, garante, com boa exatidão, a distribuição espacial e temporal do uso do solo, bem como, possíveis desmatamentos e queimadas, confrontando tais informações à capacidade de uso ou aptidão a certas atividades que a bacia venha desenvolver. Além disso, a aplicação de ferramentas, como a geoestatística e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), para geração de mapas, permitem que sejam feitas análises com bom nível de

precisão. Assim esta ferramenta será adotada neste estudo, para auxiliar na análise de uso e ocupação do solo da bacia estudada.

### 3 Resultados e Discussões

De acordo com os principais aproveitamentos dos recursos hídricos e do uso do solo na RHTA (Figura 3), obtidos com o auxílio do geoprocessamento, percebe-se que a atividade agropecuária predomina nesta bacia.

Cerca de 52% da área da bacia (Figura 3A) é ocupada pela agricultura e pecuária e 4,4% com áreas de lavouras. Segundo dados da Agência Nacional de Águas – ANA (2016), no ano de 2014 a região se apresentava como a terceira maior área equipada, irrigável por pivôs centrais, com 109.500 hectares. Os municípios de Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Pium, no estado do Tocantins, na bacia do Rio Formoso (UH Araguaia), apresentam as mais elevadas demandas hídricas para irrigação. Nestes, os principais cultivos, em termos de área plantada (IBGE, 2014), são arroz e soja, e isto pode indicar um possível impacto ambiental nas águas da região, devido à grande demanda de água necessária para a irrigação.

Segundo Santos et al. (2015), uma das consequências danosas da agricultura para os recursos hídricos é a irrigação, pois parte da água nela utilizada volta ao sistema hídrico por meio da infiltração no solo. Ao atingir o lençol freático, parte é absorvida pela planta, outra evapora para a atmosfera. Na maioria das regiões este volume de água não retorna ao local evaporado, mas entra no sistema geral de circulação da atmosfera. No entanto, isso pode ser um grave problema ambiental em regiões de limitada disponibilidade de água frente à demanda. Diversos estudos vem sendo realizados a fim de estimar as perdas de água na agricultura (Huang et al., 2018; Takatsuka et al., 2018; Zhang & Guo, 2016), uma vez que essa atividade utiliza uma grande quantidade de água, podendo impactar a segurança alimentar e os recursos hídricos da região.

O uso do solo na agricultura pode provocar sérios danos à bacia hidrográfica, pois aliado a um manejo inadequado da água potencializa um processo natural de erosão e assoreamento dos cursos de água. Associado a esses problemas, está o uso de

agrotóxicos de maneira inadequada, ocasionando a contaminação do solo, da água e dos alimentos (Deus & Bakonyi, 2012).

Uma outra atividade bastante expressiva na RHTA, é a pastagem, a qual se caracteriza em áreas destinadas a criação de gados, correspondendo a 32% da área de uso do solo da região. Essa atividade pode provocar alteração ambiental devido à lotação excessiva de animais em limites superiores à capacidade de suporte do ecossistema. Segundo Parente & Maia (2011), em médio prazo pode exercer forte pressão sobre o solo devido ao pisoteio excessivo provocando a compactação (na época chuvosa) e desagregação (no período seco) ocasionando efeitos negativos sobre as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Em longo prazo, contribui para a irreversível degradação dos solos e da vegetação gerando áreas susceptíveis ao processo de desertificação.

Para viabilizar as usinas hidrelétricas é necessário o barramento do curso d'água, isso forma uma barreira que impede a navegabilidade quase que de forma irreversível e pode causar conflitos entre usuários do mesmo rio. No rio Tocantins, por exemplo, a presença de barramentos, principalmente das UHEs para geração de energia, sem a conclusão das eclusas, impede a navegação, o que ocasiona a busca de novas rotas estratégicas para o escoamento da produção agrícola da região.

Para o regime hidrológico, a priorização para produzir energia cria dificuldades para permitir o uso múltiplo das águas como irrigação, piscicultura e lazer. A barragem altera o fluxo de corrente e a vazão do rio a jusante (abaixo), que causa alargamento do leito original, aumento de profundidade e elevação do nível do lençol freático.

Além disso, com a construção de hidrelétricas ocorre um aumento súbito da população, que incorpora trabalhadores vindos de fora, acarretando sérios problemas como acréscimo na produção de lixo e esgoto sanitário, e aumento na circulação de máquinas pesadas que danificam as vias públicas e modificam as características do trânsito local. Nessa situação, as condições se tornam insalubres e geralmente a infraestrutura (abastecimento água, hospitais, escolas, etc.) local da cidade não é capaz de atender a nova demanda, afetando a qualidade de vida da população.

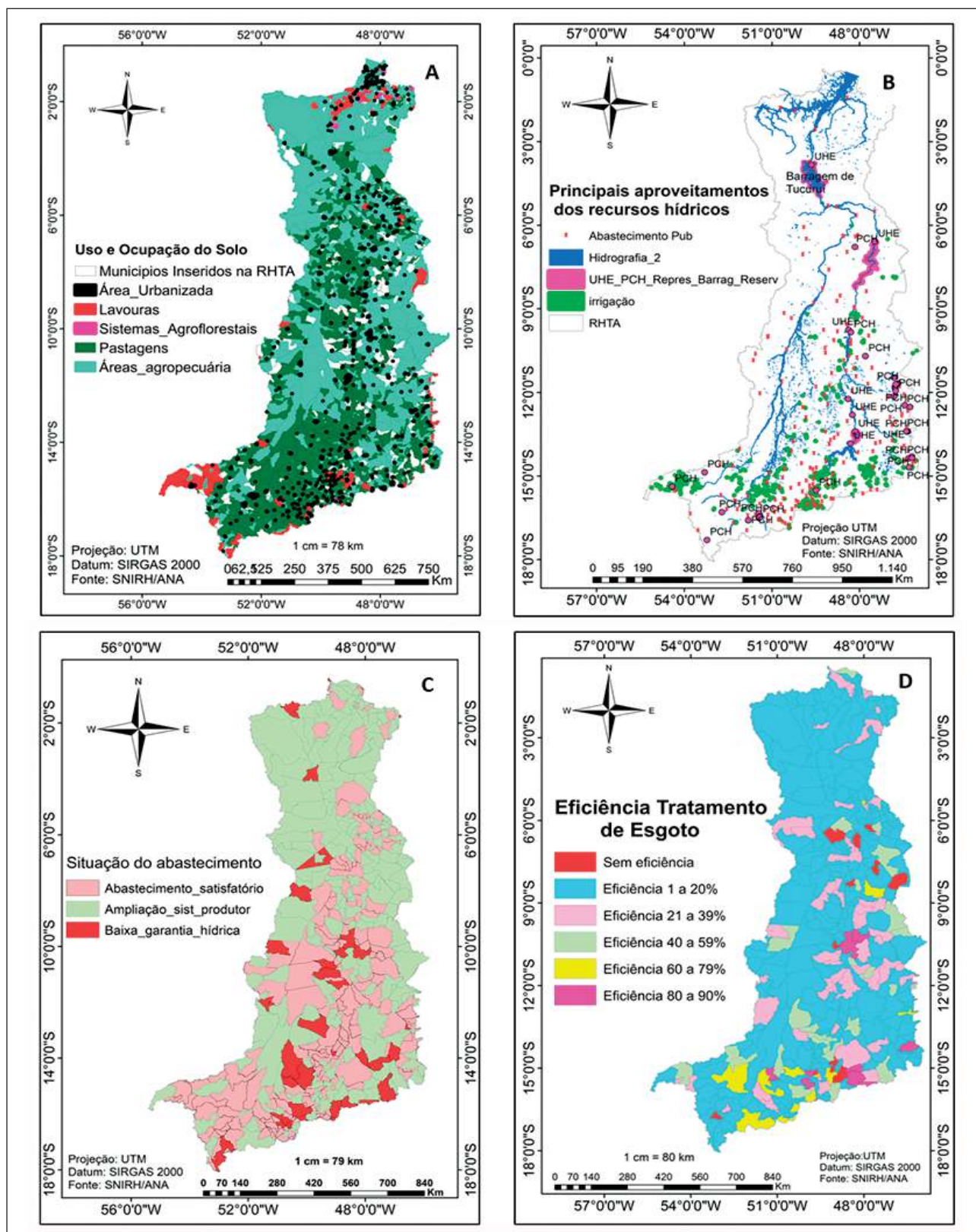


Figura 3 Principais características da RHTA. A) Principais usos do solo da RHTA; B) Aproveitamento dos recursos hídricos; C) Situação do abastecimento de água; D) Eficiência na remoção de DBO.



Nas áreas de ocupação urbana existentes na bacia, que correspondem ao menor uso do solo, com 0,68% da sua área total, o principal impacto observado na RHTA é a carência de saneamento. Essa falta compromete a qualidade dos corpos d'água, uma vez que o lançamento de esgotos domésticos e industriais sem tratamento nos cursos d'água afetam a sua qualidade e provocam desequilíbrio no ecossistema aquático, conforme demonstram estudos de Souza & Gastaldini (2014) e Cordeiro et al. (2016). Além do mais, o lançamento de resíduos no solo, também pode prejudicar as águas subterrâneas e superficiais devido o processo de infiltração das águas no solo, sua percolação para os leitos do rio ou através da lixiviação, que carrega partículas presentes no solo para o leito dos corpos hídricos. Outro agravamento, é que sem abastecimento de água potável, a população fica susceptível a ingestão de águas contaminadas por microorganismos patogênicos, transmissores de doenças.

Em relação a falta de saneamento na RHTA, foi verificado baixos níveis de atendimento dos serviços de saneamento (Figura 3D). Conforme dados do SNIS (2014), o índice de atendimento urbano de água é o segundo menor dentre as regiões hidrográficas (68,5%) e o de coleta de esgoto gerado também é o segundo menor (24,9%). Desse esgoto coletado, pouco mais da metade é tratado (62,7%). Quando se considera o percentual tratado do volume total de esgoto gerado na RH, tem-se cerca de 15% do esgoto tratado. Essa questão é crítica em toda a RH e, em especial, na Região Metropolitana de Belém, um dos principais aglomerados urbano, onde apenas 4,5% do esgoto gerado é coletado em redes de saneamento apropriadas. Deste pequeno percentual coletado, menos da metade é tratado (38%) antes de ser lançado nos corpos d'água. Quase a metade da população de Belém (40%) não é atendida por rede de abastecimento urbano de água (Figuras 3C e D).

De acordo com o diagnóstico ambiental realizado pelo protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats, verificou-se que as pontuações variaram de 28 a 83 (Tabela 2). Dos trechos avaliados, 25% se enquadraram em trechos naturais, 58,3% em alterados e 16,7% em impactados.

Em relação aos ambientes classificados como naturais, apenas três trechos se enquadraram nesta classificação (P9, P10 e P12), situados em áreas de

Trecho	Pontuação	Situação Ambiental
P1	28	Impactado
P2	56	Alterado
P3	40	Impactado
P4	58	Alterado
P5	41	Alterado
P6	58	Alterado
P7	56	Alterado
P8	58	Alterado
P9	74	Natural
P10	75	Natural
P11	50	Alterado
P12	83	Natural

Tabela 2 Resultado da aplicação do protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats na RHTA.

agropecuárias. Nestes trechos, foram observadas melhores pontuações em relação às características da água, do sedimento e da mata ciliar.

Os trechos qualificados em alterados (P2, P4, P5, P6, P7, P8 e P11), apresentam significativa alteração na mata ciliar, instabilidade nas margens com algum processo de erosão e mudanças nos cursos d'água (caso dos trechos com presença de UHE e com uso agrícola), indicando alterações no ambiente aquático e nas características hidrodinâmicas dos cursos hídricos. Já os trechos P1 e P3, os quais correspondem aos centros urbanos da cidade de Belém e Marabá, respectivamente, foram considerados como impactados, devido as baixas pontuações nos parâmetros de estabilidade das margens, oriundos do assoreamento e da erosão, além da diminuição da mata ciliar e da qualidade da água dos corpos hídricos, provocado principalmente pela intensa urbanização desordenada. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Kuprek (2010), Moraes et al. (2015) e Cordeiro et al. (2016), que, através de protocolos de avaliação rápida, identificaram alterações na integridade ambiental de bacias hidrográficas, causadas pela interferência antrópica nesses ecossistemas, classificando-os como ambientes impactados e alterados.

O resultado obtido pela adaptação da matriz de Leopold (Tabela 3), sugere que a maioria dos trechos estudados, apresentam impactos de grande ou média



intensidade. Somente os pontos P9 e P12, os impactos foram de pequeno à média intensidade, nos demais, todos apresentaram grande intensidade, em pelo menos um dos impactos ambientais considerados.

A utilização da matriz de Leopold foi viável por permitir indicar e quantificar as atividades antrópicas ocorridas em cada trecho estudado, além de possibilitar uma visão mais abrangente da situação dos impactos antrópicos das áreas estudadas.

Quando os resultados da matrix de Leopold e do protocolo são avaliados em conjuntos, percebe-se alguns casos curiosos, como por exemplo, no caso do trecho do ponto 10, onde na avaliação do protocolo foi considerado um trecho natural (Tabela 2), na avaliação da matriz de Leopold, dos 12 impactos identificados,

7 foram de médio a grande intensidade (Tabela 3). Outro fato que se observa, é que na maioria dos trechos há uma correspondência com os resultados obtidos da matriz de Leopold, em que os impactos correspondentes às maiores pontuações foram localizados nas áreas urbanas. Segundo Santos et al. (2015), esses fatos mostram que a utilização da matriz de Leopold avalia os impactos de maneira global (na bacia) e o protocolo de maneira local (aspecto do sistema aquático). Isso indica que, muitas vezes o ambiente pode estar degradado em âmbito local e preservado no global.

A utilização integrada dessas metodologias apresenta boa vantagem em relação a outros métodos, pois pode evitar interpretações indevidas

Trechos e Resultados																								
Impactos	P1	Resultado	P2	Resultado	P3	Resultado	P4	Resultado	P5	Resultado	P6	Resultado	P7	Resultado	P8	Resultado	P9	Resultado	P10	Resultado	P11	Resultado	P12	Resultado
	Fauna e Flora	100	G	35	P	100	G	35	P	100	G	63	M	100	M	100	M	35	P	80	G	65	M	35
Compactação do solo	35	P	65	M	100	G	100	G	35	P	67	M	-	-	-	-	-	-	-	-	35	P	35	P
Dragagem / Bombas	100	G	35	P	85	G	35	P	64	M	67	M	65	M	65	M	-	-	-	-	34	P	34	P
Agricultura	35	P	-	-	35	P	35	P	-	-	100	G	-	-	-	-	35	P	80	G	80	G	64	M
Pecuária	35	P	35	P	100	P	100	G	-	-	100	G	-	-	-	-	-	-	64	M	70	G	64	M
Desmatamento	64	M	80	G	35	M	100	G	35	P	100	G	65	M	65	M	-	-	64	M	70	G	35	P
Erosão	65	M	65	M	50	M	64	M	35	P	65	M	32	P	32	P	35	P	35	P	64	M	64	M
Estradas, Ruas Pontes	100	G	58	M	100	G	64	M	100	G	35	P	65	P	65	P	64	M	64	M	67	M	67	M
UHE/Barragens	-	-	100	G	-	-	-	-	-	-	-	-	100	G	100	G	64	M	-	-	-	-	-	-
Alteração no Curso d'água	100	G	100	G	-	-	-	-	-	-	-	-	100	G	100	G	64	M	78	G	64	M	64	M
Automóveis	100	G	32	P	65	M	35	P	100	G	35	P	-	-	-	-	65	M	35	P	35	P	35	P
Lixo	100	G	56	M	100	G	64	M	64	M	65	M	-	-	-	-	35	M	65	P	70	G	37	P
Despejo de Efluentes	100	G	100	G	65	M	100	G	35	P	100	G	-	-	-	-	70	M	100	G	80	G	55	M
Aglomeracão Urbana	100	G	100	G	100	G	65	M	100	G	35	P	65	P	65	P	65	M	35	P	35	P	35	P
Industria	64	M	-	-	80	G	65	M	65	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agrotóxicos	-	-	-	-	35	P	-	-	-	-	100	G	-	-	-	-	-	-	37	P	80	G	64	M

Tabela 3 Resultado da aplicação da matriz adaptada de Leopold. P = pequena intensidade; M = média intensidade; G = grande intensidade.

de informações, por avaliar tanto o nível de impacto ambiental como o nível de conservação das condições naturais das bacias. Sua facilidade e baixo custo de execução, permitem uma avaliação da qualidade ambiental com mais rapidez. Isso contribui expressivamente na gestão ambiental e territorial das bacias hidrográficas. Assim esses estudos se tornam de grande valor para contribuir no planejamento dos recursos hídricos do país.

#### 4 Conclusões

A aplicação das metodologias de avaliação de impacto ambiental, são capazes de identificar as áreas vulneráveis da bacia, permitindo conhecer o grau de degradação dos cursos hídricos.

Ficou comprovado que nem sempre os resultados obtidos da matriz de Leopold correspondem aos níveis de impacto ambiental do protocolo. Contudo o efeito de ambas as técnicas é complementar, e o resultado final, é melhor interpretado quando se analisa as duas metodologias. Assim, a utilização associada das metodologias, produz resultados mais consistentes, detalhado e adequado dos impactos ambientais. Além disso, são bem mais vantajosos economicamente, e permitem rapidez no diagnóstico ambiental.

As regiões mais impactadas e as que mais comprometem os recursos hídricos, no geral são as que apresentam grande urbanização e atividades intensas do uso do solo como a agricultura e a pecuária.

Sugere-se como trabalho futuro, um estudo mais aprofundado da RHTA, devido a sua extensão territorial, considerando uma análise mais específica, realizada nas suas sub bacias.

#### 5 Referências

- ANA, Agência Nacional de Águas. 2014. Metadados: Bacias Hidrográficas e Hidrografia. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main>. Acessado em 28 de agosto, 2017.
- ANA, Agência Nacional de Águas. 2016. Conjuntura dos recursos hídricos: Informe 2016. Brasília, ANA, 2016. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acessado em 29 de agosto de 2017.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. 2016. Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Bacia hidrográfica. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acessado em: 15 de outubro de 2017.
- BRASIL. Lei Federal no 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. DOU, 2 set. 1981.
- Bacani, V.M. & Luchiani, A. 2014. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS. GEOUSP – Espaço e Tempo (Online), São Paulo, 18(1): 184-197.
- Bersot, M.R.O.B.; Menezes, J.M. & Andrade, S.F. 2015. Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) na bacia hidrográfica do rio Imbé – RJ. *Ambiência Guaruava (PR)*, 11(2): 277-294.
- Callisto, M.; Fereira, W.R.; Moreno, P.; Goulart, M. & Petrucio M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensis*, 14(1): 91-98.
- Cremones, F.E.; Cremones P.A.; Feroldi, M.; Camargo, M.P.; Klajn, F.F. & Feiden, A. 2014. Avaliação de Impacto Ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. *Revista Monografias Ambientais*, 13(5): 3821-3830.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Resolução CONAMA n. 001, 23 de janeiro de 1986. DOU, 17 fev. 1986.
- Costa e Silva, D. & Mattos, A. 2013. Diagnóstico socioeconômico e ambiental em microbacia hidrográfica localizada em um núcleo de desertificação. *Caminhos de Geografia*, 14(45): 45-53.
- Cordeiro, G.G.; Guedes, N.M.; Kisaka, T.B. & Nardoto, G.B. 2016. Avaliação rápida da integridade ecológica em riachos urbanos na bacia do rio Corumbá no Centro-Oeste do Brasil. *Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 11(3):702-710.
- Cruz, J. C.; Nummer, A.V.; Eltz, F.L.F.; Silva, J.L. S.; Araujo, T.A.; Padilha, D.G. & Silveira, G.L. 2014. Avaliação Ambiental Integrada do Meio Físico nas Bacias do Alto e Médio Rio Uruguai: Análise Desagregada. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(2): 237-249.
- Deus, R.M. & Bakonyi, S.M.C. 2012. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 7(7): 1306-1315.
- EPA, Environmental Protection Agency. 1987. Biological criteria for protection of aquatic life. Division of Water Quality Monitoring and Assessment, Columbus. v. III, 120 p.
- Franco, G.B.; Souza, C.M.P.; Betim, L.S.; Marques, E.A.G.; Gomes, R.L. & Chagas, C.S. 2011. Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Almada (BA). *Revista Geografia*, 20(3): 71-94.
- Turra, A.; Amaral, A.C.Z.; Ciotti, A.M.; Wongtschowski, C.; Novelli, Y.S. & Marques, A.C. 2017. Avaliação de Impacto Ambiental sob uma Abordagem Ecosistêmica: Ampliação do Porto de São Sebastião. *Revista Ambiente e Sociedade*, 20(3): 159-178.
- Huang, S.; Wortmann, M.; Duethmann, D.; Menz, C.; Shi, F.; Zhao, C.; Su, B. & Krysanova, V. 2018. Adaptation strategies of agriculture and water management to climate change in the Upper Tarim River basin, NW China. *Agricultural Water Management*, 203: 207-224.

- IBAMA, Instituto Brasileiro de Meio Ambiente. 2016. Metadados. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sistemas/siscom>. Acessado em 5 de outubro de 2017.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados de Geociências. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home>. Acesso em 20 de setembro de 2017.
- Krupek, R.A. 2010. Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats. *Ambiência – Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, Guarapuava (PR), 6(1): 147-157.
- Mello, C.R. & Silva, A.M. 2013. *Hidrologia: Princípios e Aplicações em Sistemas Agrícolas*. Editora UFLA, Lavras, 455 p.
- Moraes, P.B.; Marques, O.B.; Bessa, G.F.; Souza, F.M.P. & Melo, W.G.P. 2015. O uso de Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) para avaliação da integridade ambiental de um trecho urbano do Córrego Sussuapara, Tocantins, Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, Aquidabã, 6(2): 192-205.
- Padovesi-Fonseca, C.; Corrêa, A.C.G.; Leite, G.F.M.; Joveli, J.C.; Costa, L.S. & Pereira, S.T. 2010. Diagnóstico da sub-bacia do ribeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. *Revista Ambiente e Água*, 5(1): 43-56.
- Parente, H.N. & Maia, M.O. 2011. Impacto do pastejo sobre a compactação dos solos com ênfase no Semiárido. *Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas*, 5(3): 3-15.
- Sánchez, L.E. 2013. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo, 2ª edição, Oficina de Textos. 553 P.
- Santos, K.P.; Kopp, K. & Oliveira, W.N. de. 2015. Métodos de avaliação rápida da integridade ambiental aplicados à Bacia do Ribeirão Sozinha, Goiás. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 20(2): 462-471.
- Souza, M.M. & Gastaldini, M.C.C. 2014. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(3): 263-274.
- SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2014. Dados sobre saneamento nos municípios brasileiros. Disponível em: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br). Acessado em 6 de outubro 2017.
- Suga, C.M. & Tanaka, M. 2013. Influence of a forest remnant on macro invertebrate communities in a degraded tropical stream. *Hydrobiologia*, 703(1): 203-213.
- Takatsuka, Y.; Niekus, M.R.; Harrington, J.; Feng, S.; Watkins, D.; Mirchi, A.; Nguyen, H. & Sukop, M.C. 2018. Value of irrigation water usage in South Florida agriculture. *Science of The Total Environment*, 6(26):486-496.
- Tucci, C.E.M. 2012. *Hidrologia: ciência e aplicação*. In: Tucci, C.E.M.; André L.L. da Silveira, A.L.L et al. (Orgs.). 4ª edição Reimpressão. Porto Alegre. Editora da UFRGS/ABRH, 943 p.
- Zaharia, L.; Loana-Toroimac, G.; Morosanu, G.A.; Galie, A. C.; Moldoveanu, M.; Canjevac, I.; Belleudy, P.; Plantak, M.; Buzjak, N.; Bocic, N.; Legout, C.; Bigot, S. & Ciobotaru, N. 2018. Review of national methodologies for rivers' hydromorphological assessment: A comparative approach in France, Romania, and Croatia. *Journal of Environmental Management*, 217: 735-746.
- Zhang, D. & Guo, P. 2016. Integrated agriculture water management optimization model for water saving potential analysis. *Agricultural Water Management*, 170: 5-19.