

GOVERNANÇA DAS ÁGUAS E INDICADORES DE PRESSÃO-ESTADO-IMPACTO-RESPOSTA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TRACUATEUA (PARÁ-BRASIL)

Water Governance and Pressure-State-Impact-Response indicators in Tracuateua River Basin (Pará-Brazil)

Dhne Maria Pereira da Silva*
Aline Maria Meiguins de Lima**
Altem Nascimento Pontes***
Breno Cesar de Oliveira Imbiriba**

***Universidade Federal do Pará - UFPA / Tracuateua, PA**
dhnemaria@gmail.com

****Universidade Federal do Pará - UFPA / Belém, PA**
ameiguins@ufpa.br / breno.imbiriba@gmail.com

*****Universidade do Estado do Pará - UEPA / Belém, PA**
altem@uepa.br

RESUMO

A Amazônia Oriental é formada por bacias hidrográficas de comportamento fluvial e flúvio-marinho, característico do Nordeste do estado do Pará. Um exemplo é a bacia do rio Tracuateua, que apresenta todos os indicadores do processo de uso e ocupação da terra típicos desse ambiente. Para a compreensão dessa dinâmica, foram avaliados os aspectos de Governança das águas na bacia do rio Tracuateua, com base no levantamento de indicadores locais e no diagnóstico Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR). Foram investigados os usuários residenciais, agricultores e criadores de animais; e adotadas as informações secundárias de saneamento e consumo de água fornecidas pelos órgãos estaduais e federais, que foram analisadas segundo métodos de agrupamento, permitindo identificar os principais fatores de Pressão, Estado e Impacto atuantes e os de Resposta aplicados. Os resultados obtidos indicaram que os fatores de Pressão são atuantes (intensificação da alteração da cobertura da terra e saneamento ambiental inadequado), porém os Impactos gerados precisam ser melhor quantificados. Existe a necessidade de melhorar a coleta de dados ao longo do tempo, a qualidade e quantidade das águas; a definição adequada do total consumido pelo setor produtivo; as demandas ecológicas de água; a melhor caracterização dos usos múltiplos; e o fortalecimento institucional, com a integração Estado-Município e execução dos Planos já existentes que objetivam o ordenamento territorial. Todos esses fatores são essenciais para a Governança das águas e eficiência do processo de gestão e regulação.

Palavras-chave: Vulnerabilidade. Gestão. Usuários de água.

ABSTRACT

Watersheds associated with fluvial and fluvio-marine environmental systems occur in Eastern Amazon and are characteristic of Northeastern Pará state. An example is the Tracuateua river basin that presents all the indicators of the land use and occupation process typical of this kind of environment. The Pressure-State-Impact-Response evaluation was used to understand the hydrographic basin dynamic and the aspects of Water Governance. The investigation was attended by residential users, farmers, and animal breeders, besides the secondary information on sanitation and water consumption provided by state and federal agencies. The use of the cluster method allowed the identification of the main factors of Pressure-State-Impact and those Responses applied. The results indicated that the Pressure factors are operating (the intensification of land cover change and inadequate environmental sanitation), however the impacts generated need to be better quantified. For water security, is essential: the water monitoring system (qualitative and quantitative); the adequate

definition of the total consumed by the productive sector; the ecological water demands; the best characterization of multiple uses; and institutional strengthening, with the integration of State - Municipality and implementation of existing Plans that aim at territorial planning. All these factors are essential for water governance and efficiency of the management and regulation process.

Keywords: Vulnerability. Management. Water users.

1. INTRODUÇÃO

A abordagem da governança das águas é associada ao estabelecimento de um sistema de regras, normas e condutas, que envolvem a participação de multiatores (*stakeholders*), a descentralização de poder para o governo local (*empowerment*), procurando definir mecanismos de resolução dos conflitos existentes na unidade hídrica de gestão (bacia hidrográfica) (BOLSON; HAONAT, 2016). Esse sistema deve ser formulado para a resolução de problemas e estruturação, institucionalização e/ou a formalização de instituições que tenham como objetivo proporcionar água suficiente e de boa qualidade, garantida a integridade ecológica associada (OECD, 2015). Campos e Fracalanza (2010) destacam, nesse sentido, os seguintes questionamentos: Como são os mecanismos de transparência associados com a gestão das águas? Como os cidadãos participam no processo? Como a política de águas é implementada? Quem são os tomadores de decisões? E quais os meios de monitoramento dos tomadores de decisão e responsáveis pela implantação da política de águas?

A construção do processo de governança das águas demanda a compreensão da bacia hidrográfica como uma unidade física vinculada a uma diversidade de ecossistemas e espaço de interações socioeconômicas de diversas escalas, que interagem como elementos motrizes de intervenção no espaço. Ferreira *et al.* (2016) destacam pontos relevantes, demonstrando que, para se buscar a governança, alguns fatores devem ser revistos: (1) o acesso às águas não é equivalente entre os diversos segmentos populacionais (ambiente rural ou urbano), sem atender a sua função e destinação social; (2) a implantação de cadeias produtivas, principal base econômica municipal, conduz as comunidades (na região amazônica destacam-se os ribeirinhos) a se auto-organizarem e, nesse processo, pode ocorrer a degradação do solo e a perda da biodiversidade, além do consumo de bens naturais como a água, afetando elementos como a soberania alimentar, a segurança hídrica e o abastecimento humano. Nesse entendimento, faz-se necessário adotar a água no contexto dos seus usos múltiplos. A água apresenta diversas funções, seja a de estruturadora da paisagem ou controladora de processos integrados às funções ecológicas. Porém, ao final sua avaliação, sempre está centrada nos seus múltiplos fins. O ciclo integra, desde a retirada de água, sua consequente alteração de quantidade e qualidade (uso consuntivo), até os casos dos usos não consuntivos (lazer, navegação), que apenas representam o uso *in situ* (NASCIMENTO, 2011).

A representação dessas intervenções na bacia hidrográfica é interpretada por Rio (2017) como uma organização espacial complexa, que envolve vários agentes econômicos e atores sociais ligados por uma rede de produção/exploração e áreas de consumo. E, de forma mais específica, voltada para o abastecimento de água para o consumo humano, questiona o momento em que a decisão de permitir o acesso à água pela população se tornou um problema que exige a presença de políticas e práticas específicas de intervenção e uma matriz institucional de acompanhamento. Logo, a bacia hidrográfica deve ser interpretada como espaço de intervenção, congregando objetivos econômicos, de proteção ambiental, promoção cultural e construção de uma rede social dos atores envolvidos, o que torna a sinergia das ações e de gestão das instituições públicas, elementos centrais para a sustentabilidade (JACOBI *et al.*, 2015; JACOBI; GIATTI, 2017). Isso conduz a estratégias de proteção dos recursos hídricos, baseadas principalmente na redução da pressão dos usos incidentes, na inclusão de mecanismos de conservação e restauração ecológica, envolvendo também a manutenção da biodiversidade vinculada à bacia hidrográfica (ROSA *et al.*, 2014).

A ausência dessas estratégias faz com que — mesmo em regiões com oferta de água, como a região amazônica — possa ocorrer o fenômeno de uma “escassez hidrossocial”, descrita por Britto *et al.* (2016, p. 188). Tal fenômeno é apresentado como o produto decorrente da falta ou insuficiência de uma infraestrutura para garantia de acesso à água para consumo. Sendo esta admitida principalmente pela exclusão do atendimento em qualidade e quantidade por determinados grupos sociais, que se tornam mais vulneráveis aos impactos diretos vinculados. Quanto mais complexo for o grupo de variáveis que descrevem as interrelações que ocorrem no ambiente da bacia hidrográfica, mais aplicada deve ser a formulação de análise para entendimento dos principais pontos a serem identificados e utilizados na proposição de medidas que traduzam uma resposta positiva para o equilíbrio dessas relações.

Uma das formas de análise desse processo é o diagnóstico Pressão-Estado-Impacto-Resposta (PEIR), derivado do modelo definido pela OECD (1999; 2003), que objetiva a melhor sistematização dos fatores descritores de determinado ambiente para a definição das Respostas ou Instrumentos de Gestão mais adequados (MORAIS; ABESSA, 2014). Os elementos de Pressão correspondem aos processos antrópicos, os quais atuam sobre o meio ambiente e produzem mudanças ambientais; as condições de Estado indicam a qualidade do meio ambiente observada; os elementos de Impacto refletem as alterações decorrentes; e a Resposta abrange as ações desenvolvidas com o objetivo de prevenir/mitigar impactos negativos e conservar os recursos naturais (SILVA *et al.*, 2012). A discussão desses aspectos, vinculados à melhor estruturação de ações relativas à governança das águas e o conseqüente atendimento de seus usos múltiplos, já foi destacada por Becker (2009), o qual aborda que, em regiões como a Amazônia, o maior problema pode não ser o crescimento demográfico e sim a gestão da água, havendo necessidade de organizar o suprimento para seus habitantes como prioridade e pensar em alternativas de controle do desperdício.

A bacia hidrográfica do rio Tracuateua, além de pertencer ao contexto da Amazônia Oriental, tem um elemento a mais pela presença de características flúvio-marinhas, que demandam por regulamentação mais específica dentro dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos - Lei. 9433/1997 (BRASIL, 1997) e da Política Estadual de Recursos Hídricos - Lei. 6381/2001 (PARÁ, 2005). Os dilemas enfrentados na região são similares aos que ocorrem em outras áreas relativos à gestão das águas, havendo necessidade de avaliar o processo de desenvolvimento das áreas urbanas e da expansão das atividades agrícolas, principalmente em áreas de maior sensibilidade, como as de manguezais. Essas e outras incertezas estão intimamente relacionadas aos conflitos existentes ou potenciais sobre os usos das águas (CASTRO, 2007). Dessa forma, este artigo objetiva avaliar as variáveis que indicam as características de Pressão-Estado-Impacto-Resposta, com a identificação das principais ações que devem ser formuladas, visando à melhor governança das águas na bacia.

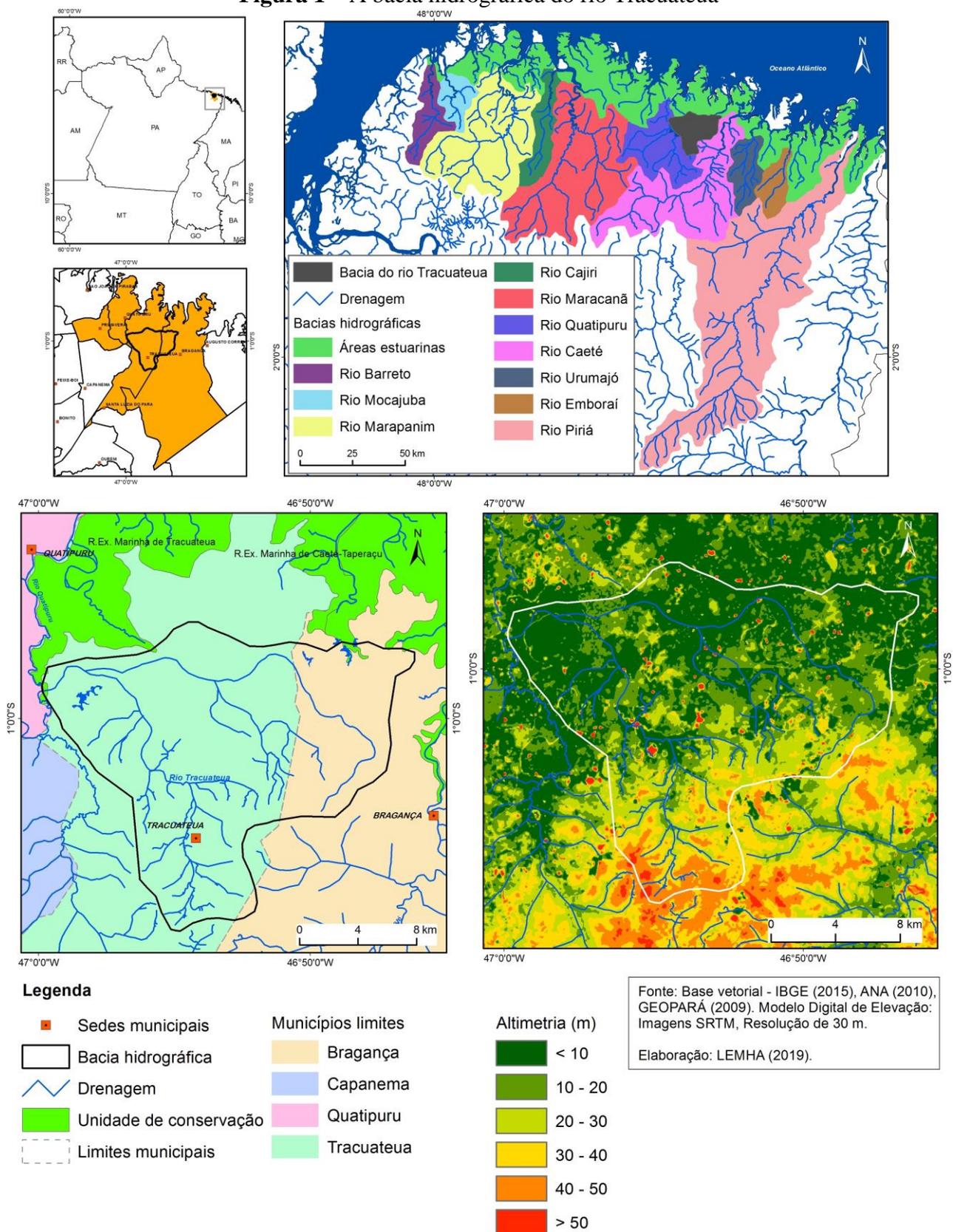
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do rio Tracuateua está localizada no município de mesmo nome (Figura 1), fazendo parte da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Ocidental, sub-região hidrográfica Costa Atlântica. Trata-se de uma bacia de 4ª ordem, com altitudes máximas superiores a 50 m, com maior eixo em torno de 10 km. É um dos afluentes do rio Quatipuru, um curso d'água com características estuarinas. Possui uma área de aproximadamente 300 km², sendo considerada uma sub-bacia do rio Quatipuru (MARTINS *et al.*, 2005), tendo um perímetro com cerca de 80 km. Suas águas contribuem para inundar os campos naturais de Tracuateua (os lagos), no período chuvoso, e alimentar os recursos naturais da Reserva Extrativista Marinha do município.

Alves e Modesto-Júnior (2013) descrevem que, na região, predominam as savanas naturais mal drenadas, ficando no primeiro quadrimestre, por ocasião das chuvas, submersas na maior parte de sua área a uma profundidade abaixo de um metro, formando extensos lagos. No período de estiagem, no segundo semestre, uma ciperácea, chamada popularmente de junco, aflora, formando os campos naturais e servindo como importante forragem para o rebanho (bovinos e bubalinos), que

transita livremente na região, sendo essas áreas classificadas como Campos Equatoriais Higrófilos de Várzea.

Figura 1 – A bacia hidrográfica do rio Tracuateua



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Observa-se, pela distribuição altimétrica da bacia, que ocorre uma ampla zona de acumulação de águas, que, na cartografia utilizada (IBGE, 2015), é mapeada como uma área de lagos, alguns desses observados no trabalho de campo. O comprimento de todos os canais da bacia do rio Tracuateua representa 160,85 km de extensão, distribuídos em uma área de 299,86 km², sendo a densidade de drenagem calculada de 0,5 km/km². A hidrografia é marcada por canais alongados, com padrão localmente dendrítico, apresentando também formas lineares e angulares. As baixas declividades favorecem um padrão N-S e E-W da drenagem. O relevo plano e os solos com alta capacidade de infiltração contribuem para a maior dispersão da rede de drenagem, em uma bacia de geometria aproximadamente circular (índice de forma de 1,2).

De acordo com a classificação climática de Thornthwaite e Mather, o clima da área de estudo pode ser classificado como sendo do tipo CwC_1 “d”, ou seja, subúmido seco, com excesso pequeno ou nulo de água (NEVES *et al.*, 2008). Pela classificação de Köppen, o clima é do tipo *Ami* (ALVES *et al.*, 1982), com precipitação acumulada anual superior a 2.000 mm e cerca de 85% de umidade relativa do ar. Segundo a série de precipitação e temperatura de 1995 a 2014 (estação do Instituto Nacional de Meteorologia em Tracuateua - INMET), o regime de precipitação é caracterizado por um período chuvoso, o qual inicia em janeiro e termina em julho, com a média da precipitação máxima mensal de 453 mm. Outro, menos chuvoso, ocorre de agosto a dezembro, com a média da precipitação mínima mensal inferior a 10 mm. O acumulado anual de precipitação média, do período de 1995-2014, está em torno de 2.350 mm. A temperatura média durante o ano está em torno de 26 ° C.

A bacia está contida, quase integralmente (74,68%), no município de Tracuateua e no município de Bragança em menor parte (25,32%, apenas a parte rural). Este tem uma área de 936,1 km², estando situado a 188 km de Belém, capital do Estado. Pertence à Mesorregião Nordeste Paraense e à Microrregião Bragantina. Sua população está em torno de 28 mil habitantes (72% residentes na área rural) e a densidade populacional é 30,74 hab./km². Em 2010, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) foi 0,531, sendo: IDH-M Longevidade de 0,776; IDH-M educação de 0,376; e IDH-M Renda de 0,514. A partir desses dados, verifica-se que o nível de instrução da população é baixo, pois 51,62% possuem ensino fundamental incompleto e 37,6% não receberam instrução formal; destes, 26,93% não são alfabetizados. Em relação à prestação de serviços à saúde, há 22 unidades ambulatoriais e 209 profissionais da área (médicos, odontólogos, enfermeiros, agentes de saúde, técnicos de enfermagem e outros) (PARÁ, 2014).

A economia do município de Tracuateua concentra-se em atividades de lavoura permanente e temporária, pecuária de pequena escala e extração de madeira para lenha e produção de carvão (ALVES; MODESTO-JÚNIOR, 2013). No entanto, a principal atividade é a agricultura, destacando-se, na lavoura temporária, a mandioca, o feijão e o milho. Na lavoura permanente, o coco-da-baía e a laranja se destacam (PARÁ, 2014). Existem ainda outras atividades praticadas, como a pesca (peixe de água doce e de água salgada) e o extrativismo. A pecuária, por sua vez, é exercida por um grande número de moradores, principalmente da região de campos, que criam livremente gado, seja para abate ou produção de leite em vastas áreas de pasto natural. Há extração vegetal (açai, buriti, inajá e folhas de palmeira para a confecção de artesanato de palha), animal (caranguejo e “camarão da Malásia”) e mineral. O principal empreendimento empresarial de extração mineral é a exploração de granito (brita), utilizado para a construção civil (AVIZ; PINHEIRO, 2013).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A rede de drenagem do IBGE (disponibilizada na forma vetorial no ano de 2015), o modelo digital de elevação oriundo das imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução de 30 m, arquivos vetoriais logísticos (sedes municipais, vias de acesso, limites municipais, limites das unidades de conservação) da Agência Nacional de Águas (ANA), ano 2010, e o sistema de informações do Governo do Estado do Pará (GEOPARÁ), ano 2009, foram utilizados como bases cartográficas. As bases de dados sociais e de saneamento foram: Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE, 2017), período 2000 a 2016; FAPESPA (2016), período 2000 a 2013; e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2010).

O público-alvo estudado foi constituído por três grupos: usuários residenciais, agricultores e criadores de animais. Em relação aos usuários residenciais, selecionaram-se moradores com cinco anos ou mais de residência no município e os questionários foram submetidos a um pré-teste com 10 pessoas para avaliação de sua aplicação. Neles, constaram questões de múltipla escolha, dissertativas; questões dicotômicas, em que são apresentadas somente duas opções de resposta (sim e não) e, por vezes, uma terceira para indicar falta de opinião ou desconhecimento sobre o assunto. Foram pesquisadas 307 pessoas (160 usuários residenciais, 134 agricultores e 13 criadores de animais), de 6 bairros da área urbana e de 33 comunidades da área rural. Os dados foram tabulados e tratados usando planilha *Excel* e o programa *Statistica*.

Os principais pontos abordados foram: a) na avaliação do uso residencial, a origem do abastecimento para consumo humano, percepção da qualidade da água consumida, realização de algum tipo de tratamento da água antes do consumo, problemas de saúde que poderiam ser associados à água ingerida, falta de acesso à água para uso direto e práticas de controle do desperdício; (b) na avaliação do uso específico para a agricultura e criação de animais, a origem da água utilizada, possível ocorrência de períodos de escassez que afetassem a produção, presença de cursos de água que atravessam propriedades e nascentes, existência ou não de formas de irrigação e controle de desperdício e reaproveitamento.

Os usos da água e os impactos do manejo desses recursos naturais foram analisados por meio das observações em campo e das respostas obtidas. Em relação às formas de manejo do solo, além dos questionários aplicados aos agricultores e pecuaristas, foram entrevistados os responsáveis pelo Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais de Tracuateua (STTR) e pelas associações de produtores rurais e de quilombolas. Outros critérios levantados foram os definidos no Plano Diretor Municipal de Tracuateua (PDMT), quanto às zonas de proteção do município que envolvessem a questão hídrica.

Para o processamento dos dados destinados à avaliação dos indicadores de governança, foi utilizada a análise de agrupamentos, que possibilita reunir, a partir de um dado critério de classificação, grupos com maior homogeneidade interna e heterogeneidade externa. As técnicas hierárquicas envolvem basicamente duas etapas: a estimação de uma medida de similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos e a adoção de uma técnica de formação de grupos (ALBUQUERQUE *et al.*, 2006; FARIA *et al.*, 2012). As formas de análise adotadas corresponderam: à árvore de agrupamento (*Tree clustering*) (BUTTREY; WHITAKER, 2015), mapas de calor (*Cluster heat map*) (WILKINSON; FRIENDLY, 2009) e agrupamento K-média (*K-means clustering*) (KAUR *et al.*, 2012). O PEIR foi observado a partir dos critérios e conceitos definidos pela ODCE (2003).

As variáveis apresentadas, no Quadro 1, subsidiaram os questionários e as entrevistas realizadas, sendo parte da base estruturada para a análise de PEIR, que foi complementada com dados socioeconômicos secundários, principalmente do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA) e do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). No relativo às entrevistas, destacam-se as contribuições fornecidas pela Prefeitura Municipal de Tracuateua, Secretaria de Meio Ambiente de Tracuateua e pelo Sindicato dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais de Tracuateua (STTR).

A estrutura de análise de PEIR foi aplicada sobre fatores vinculados à avaliação de demanda e disponibilidade hídrica para o uso múltiplo das águas na bacia do rio Tracuateua. A estrutura é composta por uma rede de causas e efeitos das forças que atuam sobre o meio ambiente e, como consequência, a reação da sociedade a essas mudanças, entendendo o papel da governança das Águas, composta por 4 elementos que formam uma cadeia causal. Os fatores de Pressão são relacionados aos elementos que traduzem uma tensão sobre os recursos ambientais. Em decorrência tem-se o Estado em que o ambiente é retratado em função dos elementos que estão atuando sobre ele e sua interpretação como meio de Impacto. Posteriormente, estes são traduzidos para identificação de

mecanismos de Resposta, em que são definidas estratégias para indicadores identificados como prioritários para o restabelecimento ou manutenção da situação desejável (SALEHI; ZEBARDAST, 2015).

Quadro 1 – Síntese das variáveis de análise adotadas

Saneamento ambiental - água e esgoto	Saneamento ambiental - resíduos sólidos e gestão ambiental municipal	Setor produtivo
Responsável pela gestão do sistema (público ou privado)	Órgãos responsáveis pela gestão ambiental e dos recursos hídricos	Quanto ao potencial turístico de Tracuateua
Formas de captação de água	Quadro legal existente	Quanto ao potencial agrícola do município
Quantitativo do processo de captação de água	Estrutura do monitoramento ambiental	Quanto ao potencial ao extrativismo vegetal e criação de animais
Características do processo de tratamento da água captada	Grau de implantação do Plano Diretor municipal	Quanto à extração mineral para a construção civil
Características da rede de distribuição de água e do controle de perdas	Grau de implantação do Plano Diretor de Saneamento municipal	Execução de ações de manejo associadas às práticas de uso da terra
Sistema de coleta/tratamento/lançamento de esgoto	Características do sistema de coleta, separação e disposição de resíduos	Monitoramento qualitativo e quantitativo das águas destinadas à agricultura
Número de residências atendidas	Problemas ambientais associados às formas de uso da terra (ex. desmatamento)	Monitoramento qualitativo e quantitativo das águas destinadas à criação de animais
Sistema de gestão, incluindo a fiscalização, execução de projetos e investimentos no setor	Problemas ambientais associados a ambientes protegidos (ex. áreas de nascentes)	Monitoramento e controle do uso de agrotóxicos e fertilizantes
Limitações relativas ao fornecimento de água	Problemas ambientais associados ao crescimento das cidades (ex. ocupação das margens dos rios)	Presença de incentivos para oferta de serviços ambientais

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Utilizando os critérios definidos pela OECD (2003), foram utilizadas, para proposição final relativa à governança das Águas, as modalidades: Indicadores ambientais centrais (Aspectos que caracterizam a demanda por água, ajudando a analisar as políticas ambientais e envolvendo os elementos mais expressivos de pressões ambientais, diretas e indiretas); Indicadores ambientais chaves (Aspectos que representam os limitantes de oferta de água, fornecendo sinais importantes para os formuladores de políticas, como, por exemplo, os problemas vinculados ao saneamento básico); e Indicadores ambientais setoriais (Aspectos de gestão das águas aplicados, que ajudam a integrar preocupações ambientais nas políticas setoriais, concentrando-se em um setor específico — transporte, energia, consumo doméstico, turismo, agricultura — e refletindo as tendências setoriais de significância ambiental, suas interações com o meio ambiente, incluindo efeitos positivos e negativos, e as considerações econômicas e políticas).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Usos múltiplos das águas na bacia do rio Tracuateua: indicadores gerais e aspectos do consumo de água na agricultura e criação de animais

O grupo mostrado foi predominantemente feminino, sendo que, na área urbana, o maior percentual foi dos bairros de Nova Esperança, Centro, Água Fria e Nazaré. A maior parte (64%) mora no município desde o nascimento e apresenta faixa etária predominante (50%) de 31 a 50 anos. Outro item levantado foi em relação à escolaridade dos sujeitos investigados. Observou-se que a maioria dos entrevistados (53%) apresentou apenas o ensino fundamental incompleto. Quanto aos usos das águas, cerca de 57% dos usuários residenciais passam por problemas de falta de água, associados principalmente ao fornecimento deficitário pelos sistemas de abastecimento mantidos pela Prefeitura. Os agricultores (38,8%) relataram problemas de falta de água para as atividades econômicas no período menos chuvoso. A Tabela 1 ilustra que o abastecimento é predominantemente de poços, sejam residenciais ou associados a caixas d'água implantadas pela prefeitura ou por comunitários.

Tabela 1 – Características do abastecimento de água

Fontes de abastecimento/Usos da água	Doméstico	Criação de animais	Agrícola
Companhia de Abastecimento Estadual	23,09%	3,85%	0,00%
Engarrafada	5,42%	1,92%	0,72%
Microsistema de abastecimento (poços)	16,37%	2,88%	10,91%
Poço residencial	18,57%	31,79%	23,76%
Direto do curso d'água	1,00%	12,44%	14,96%

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Com relação à percepção da qualidade da água, a maioria (62,4%) não observa alteração nas características. Dos 37,6% que observam, a maior parte é usuários da Companhia de Abastecimento Estadual (21,9%). Os usuários de poços citaram como observação a cor amarelada da água em certos períodos do ano, também percebida pelos usuários dos sistemas de abastecimento da Prefeitura e Comunitários.

Devido à cultura, facilidade e baixo custo de aplicação, 28,8% afirmou apenas coar (passar pelo pano) a água; 13,8% utilizam filtro; 13,1% adicionam hipoclorito; e 6,3% fervem a água antes de consumir, adotando essa forma de tratamento, porque têm crianças na casa. Barcellos *et al.* (2006), Doria (2010) e Oliveira *et al.* (2015) recomendam tratamento da água com filtro, fervura, adição de hipoclorito de sódio ou pastilhas de cloro, inclusive de águas subterrâneas ou subsuperficiais, mesmo em locais onde não há alta ocupação humana, para redução de riscos de contaminação microbiológica. Sobre a percepção da qualidade da água para consumo e higiene, a maior parte dos usuários residenciais a avaliou como Boa (42,5%) ou Excelente (24,4%). No entanto, ao considerar somente a avaliação dos usuários da Companhia de Abastecimento Estadual, a maioria avalia a água como Regular (44,4%) ou Insatisfatória para o consumo (22,7%).

Os usuários citaram apenas as características físicas (cor, odor, sabor e material em suspensão) como critérios para avaliar a qualidade da água. As maiores observações foram excesso de hipoclorito (46,7%) pelos usuários da Companhia de Abastecimento Estadual e cor amarelada (40%). Outras características apontadas foram odor desagradável (11,7%), sabor alterado (10%) e sujeiras (8,3%). Segundo Barcellos *et al.* (2006) e Andrade (2010), os parâmetros físicos são considerados pela população como os mais importantes para avaliar a qualidade da água de consumo, satisfação do serviço, disposição a pagar e a seleção de fontes de água. A ocorrência de doenças associadas ao uso da água foi declarada por 16% dos usuários. Estes podem estar vulneráveis a alguma enfermidade em consequência das condições da falta de água e/ou saneamento local.

Sobre economia no consumo de água, cerca de 54% dos usuários residenciais afirmaram adotar alguma medida para evitar o desperdício. Os princípios básicos (regular o consumo nas

atividades diárias e evitar vazamentos) foram os mais citados como medida de economia (59,3%). Os que responderam economizar na quantidade consumida (33,7%) utilizam água dos sistemas públicos de abastecimento, principalmente os moradores do Bairro Nova Esperança, que dependem dos horários de fornecimento (apenas duas vezes por dia). Somente 7% responderam reutilizar a água para molhar as plantas ou em nova lavagem.

A maioria (94%) dos usuários residenciais acreditam que haverá escassez de água daqui a alguns anos no município, associando principalmente a ocorrência de desperdício de água (30,5%) em razão da falta de consumo consciente por várias pessoas e do desmatamento (29,8%). A degradação dos rios do município (12,6%) também foi relacionada como agravante para o risco de falta de água; 7,9% apontaram as mudanças climáticas e 12,6% não souberam dizer o porquê de acreditarem na possibilidade de crise hídrica em Tracuateua.

Em relação à percepção do estado de conservação/degradação do rio Tracuateua, 84% dos usuários residenciais analisaram o rio como em degradação. Apenas 8% consideram o rio Tracuateua ainda conservado e 8% não conseguem avaliar as alterações percebidas. Os que identificam a degradação justificam-na principalmente pela falta não só de responsabilidade ambiental dos munícipes, mas também de ações do poder público municipal para a conservação dos recursos hídricos. Quanto aos agricultores, 90% têm a agricultura temporária como atividade e 10% cultivam a permanente. A finalidade da atividade agrícola é a agricultura familiar (99%); desse grupo, 39% têm fins de subsistência. A maioria dos agricultores (93%) não utiliza agroquímicos, ou seja, adota a agricultura orgânica como forma de produção, o que demonstra viabilidade de inserção de técnicas para implementação do manejo sustentável do solo.

Ressalte-se que os principais produtos cultivados pelos agricultores do grupo pesquisado são: mandioca (97,8%), feijão (39,6%), milho (32,8%) e a macaxeira (24,6%), sendo o feijão-caupi um dos principais tipos de feijão plantados em Tracuateua. No que se refere às frutíferas, destacam-se: açaí (8,2%), laranja (4,5%), coco (3,7%) e, em igual proporção, banana e abacaxi (3,0%). A monocultura é praticada por 75% dos agricultores.

Grande parte do grupo pesquisado na área rural (agricultores e criadores de animais) utiliza, para beber e cozinhar, água de poço (69,4%). Os criadores de animais (76,9%) usam as nascentes ou cursos d'água de dentro de suas propriedades para dessedentação dos bovinos; e 46,2% precisam utilizar água de poço para encher os bebedouros dos animais quando as fontes secam no período menos chuvoso.

Para as atividades agrícolas, principalmente para a maceração das raízes de mandioca (repouso que ajuda no processo de descascamento), os agricultores utilizam os igarapés de outras propriedades (46,3%) ou de dentro da própria propriedade (28,4%). Alguns agricultores que possuem tanques para essa etapa da fabricação de farinha de mandioca utilizam água de poço (29,9%) e de sistemas públicos (6,7%) e comunitários (6,0%) de abastecimento.

A água do período chuvoso é suficiente para a manutenção das culturas agrícolas durante todo o ano, motivo pelo qual 93% dos agricultores responderam não utilizar nenhum método de irrigação, provavelmente por morarem em áreas próximas a cursos d'água onde o solo permanece úmido, garantindo o desenvolvimento das plantas nos meses sem chuva. Os agricultores que moram em áreas mais afastadas dos rios ou cultivam espécies frutíferas utilizam o método de irrigação por aspersão (6%) feito pela maioria com baldes; e 1% utiliza a irrigação localizada através de tubos finos com furos colocados na superfície do solo.

Segundo os moradores da área rural, a quantidade de água dos rios tem diminuído com o passar dos anos (76%), considerando o aumento do desmatamento (56,1%) como causa e admitindo a possibilidade de os igarapés secarem (31,7%) como um risco para suas atividades econômicas. Nas propriedades em que o gado tem acesso à área da nascente, observou-se que as nascentes estavam, em sua maioria, perturbadas e as demais, degradadas; além disso, nas propriedades com cursos d'água, sem a mata ciliar e vegetação rasteira, constatou-se que a faixa mínima da vegetação nativa

não foi preservada conforme estabelecido pelo Código Florestal (MERTEN; MINELLA, 2002; BALBINOT *et al.*, 2008; CARVALHO *et al.*, 2012).

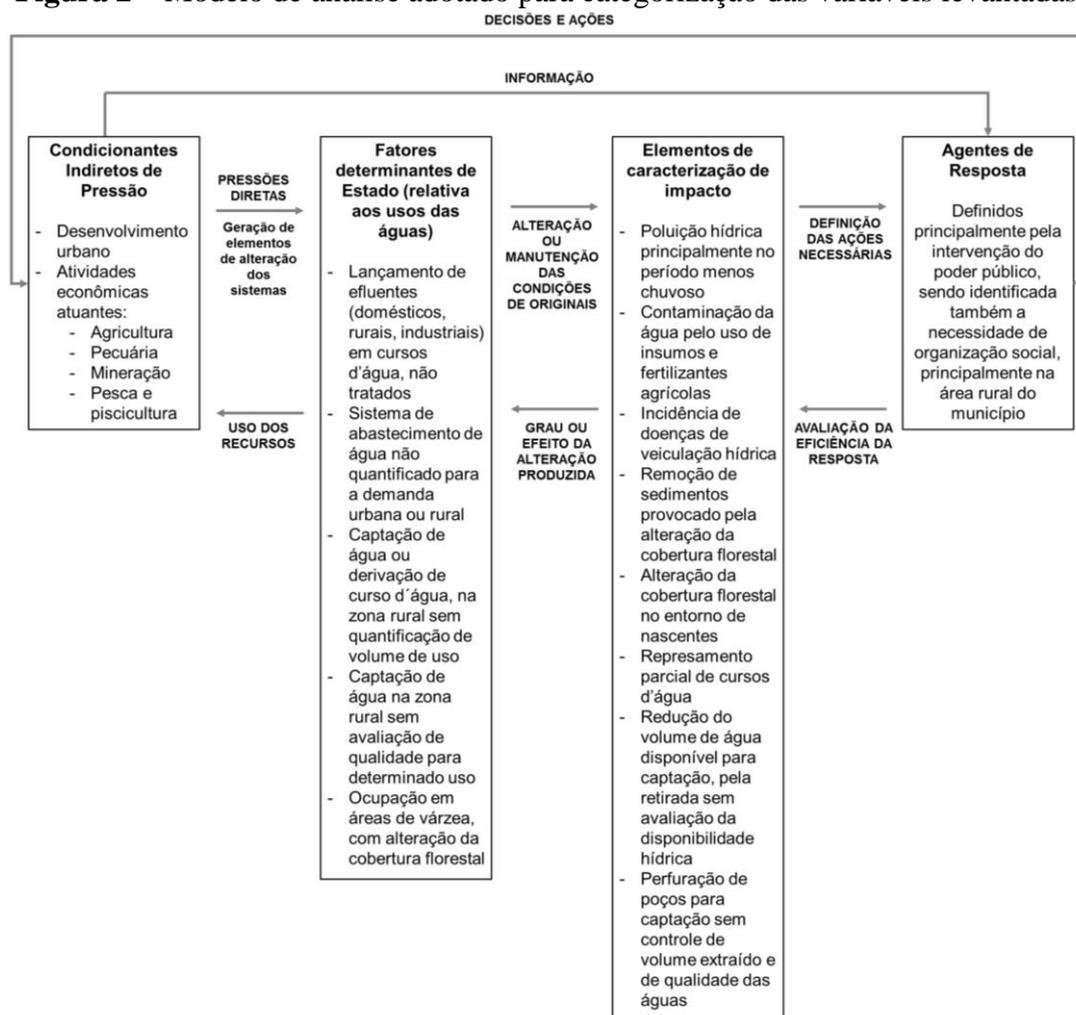
A piscicultura pode ser observada na área dos campos naturais, com a formação de tanques para criação de peixe regional (tambaqui) como produção comercial. O registro de consumo de água pode ser exemplificado pela demanda estimada para três tanques com profundidade de 1,80 m, largura 10 m e comprimentos de 30 m, 40 m e 60 m cada um, abastecidos com bomba d'água elétrica no mínimo 6h/dia no período de setembro até janeiro.

Finalizando os aspectos condicionantes da região, o levantamento do potencial mineral do município foi executado pela Superintendência Regional de Belém, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais e do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Tal companhia detectou que o mesmo apresenta importantes exposições de material utilizável para a construção civil, o que o torna de grande importância para o desenvolvimento da região. Na comunidade de Santa Maria (área rural), foi registrada a produção de tijolos, em que a matéria-prima utilizada é a argila, proveniente de uma área localizada na região de campos naturais. A água utilizada no processo é basicamente oriunda de poços sem quantificação de uso por dia.

4.2. Definição de indicadores na aplicação na estrutura de PEIR

Na transferência dos levantamentos realizados, que permitiram a caracterização geral das condições vinculadas ao uso múltiplo das águas, foi adotado o diagrama apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo de análise adotado para categorização das variáveis levantadas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2019), com base em OECD (2003).

Na bacia hidrográfica do rio Tracuateua, constatou-se a relevância da zona rural para o município, com as atividades relacionadas à agricultura, criação de animais (incluindo a piscicultura) e mineração. Logo, as alterações na cobertura florestal (incluindo margens de curso d'água e nascentes) tornam-se as formas de estado recorrentes, com impactos qualitativos e quantitativos nas águas.

Gebremedhin *et al.* (2018) destacam que os proponentes do desenvolvimento agrícola em uma bacia hidrográfica costumam não considerar os valores ecológicos e socioeconômicos dos recursos naturais, como as áreas úmidas (destacando a região de lagos sazonalmente alagada na bacia); e que os tomadores de decisão envolvidos na conservação de recursos naturais não investem em serviços ambientais potenciais. Além disso, deve-se atentar para a prática de uso de fertilizantes e pesticidas, os quais afetam a qualidade das águas. Vale dizer que a ocorrência de processos erosivos, a degradação do solo e o desmatamento da cobertura florestal primária e secundária — sendo a primária de maior vulnerabilidade e destinada à preservação permanente — são outros efeitos que podem estar presentes.

Outro componente de destaque foi o desenvolvimento urbano. Apesar do município de Tracuateua apresentar como destaque apenas a sua sede municipal e uma densidade populacional de cerca de 31 hab./km², com 72% de residentes na área rural, existe um processo de crescimento das cidades, vilas e povoados. Os dados registrados indicaram que ele ocorre sem o ordenamento quanto ao espaço físico da bacia hidrográfica, permitindo a ocupação em áreas sujeitas à ação das águas (várzeas ou planícies de inundação) e sem o suporte do saneamento básico envolvendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e o gerenciamento de resíduos. Isso resulta em transformações com a abertura de ruas, empreendimentos comerciais e residências. Ou seja, potencialmente, a impermeabilização do solo (reduzindo a infiltração e facilitando o escoamento das águas) e o direcionamento das águas “servidas” para a rede de drenagem são necessariamente destinadas aos cursos d'água superficiais ou à infiltração direta, impactando a água subterrânea (lençol freático) na ausência de um sistema de coleta que direcione para uma estação de tratamento de esgoto.

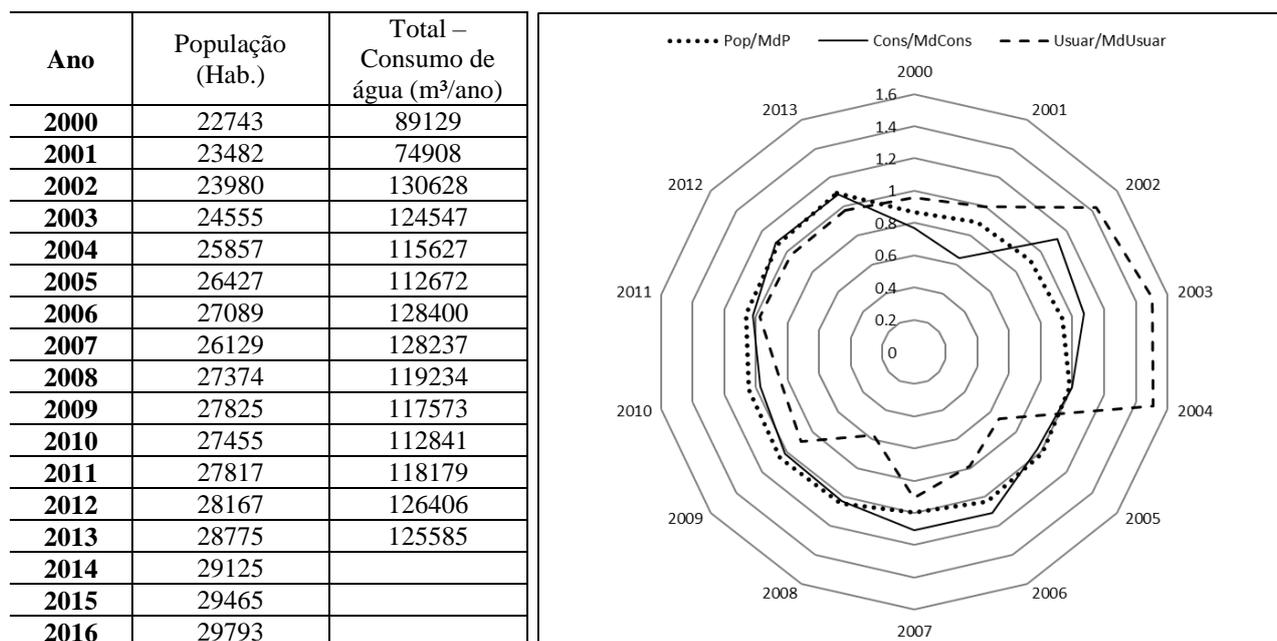
Quanto a esse processo, Aboelnour *et al.* (2019) destacam que os impactos desses fatores variam de acordo com a bacia hidrográfica envolvida, embora ocorra um aumento no fluxo do escoamento superficial com a urbanização. Assim, evidencia-se que o impacto das mudanças no uso da terra varia frequentemente, sendo que quanto menor a área da bacia, mais sensível a essas alterações ela se torna (menor resiliência). Nesse sentido, é importante distinguir seus efeitos, considerando inclusive os aspectos de variabilidade climática para estimativa precisa do potencial quantitativo de perdas vinculadas às águas superficiais e subterrâneas.

4.3. Análise de PEIR e avaliação dos critérios de governança das Águas

A Figura 3 ilustra o crescimento populacional observado no município de 2000 a 2016 (IBGE, 2017) e compara-o aos dados, extraídos da FAPESPA (2016), associados ao consumo de água no município de 2000 a 2013. Na relação entre a média do período com o total anual, observa-se que o consumo de água, no geral, permaneceu acima da média, porém o número de usuários quase sempre foi menor que a média, demonstrando que o levantamento não contemplou todos os possíveis envolvidos. Tal fato é refletido em um valor estimado de 73 L/hab.dia de consumo médio *per capita* de água no município (valores considerados: total da população, 2000 a 2013; consumo total de água, 2000 a 2013; população atendida pelo sistema de abastecimento segundo o SNIS, 2010, no total de 13,3%), associado a um percentual de pessoas atendidas pelo sistema alternativo principal de esgoto de 0,8% (SINS, 2010). A rede de abastecimento público, a mais exposta aos riscos de contaminação, é antiga, sendo insuficiente e inadequada para atender toda a área urbana, mais precisamente no período de menor índice de chuvas, apesar dos microssistemas de abastecimento serem disponibilizados pela Prefeitura.

Em se tratando do padrão regional ou nacional (SNIS, 2019), observa-se — para região Norte e em nível de Brasil — um consumo médio *per capita* de água de 154 L/hab.dia (2016). O valor obtido (73 L/hab.dia) pode ser considerado elevado, pois ultrapassa 50% do valor nacional e regional, para uma população próxima a 30.000 habitantes. A precariedade do saneamento foi um fator influenciador no índice de carência social (ICS) calculado por Chaves *et al.* (2017). Estes definiram valores de ICS para os municípios do Estado do Pará com base em indicadores de saneamento e socioeconômicos, que classificaram o município de Tracuateua com ICS ruim, que significa o pior agrupamento em relação à condição da população. Esse fato foi sentido nas análises realizadas que indicaram agrupamentos de percepção em torno de 3 eixos com intensidades crescentes (Figura 4).

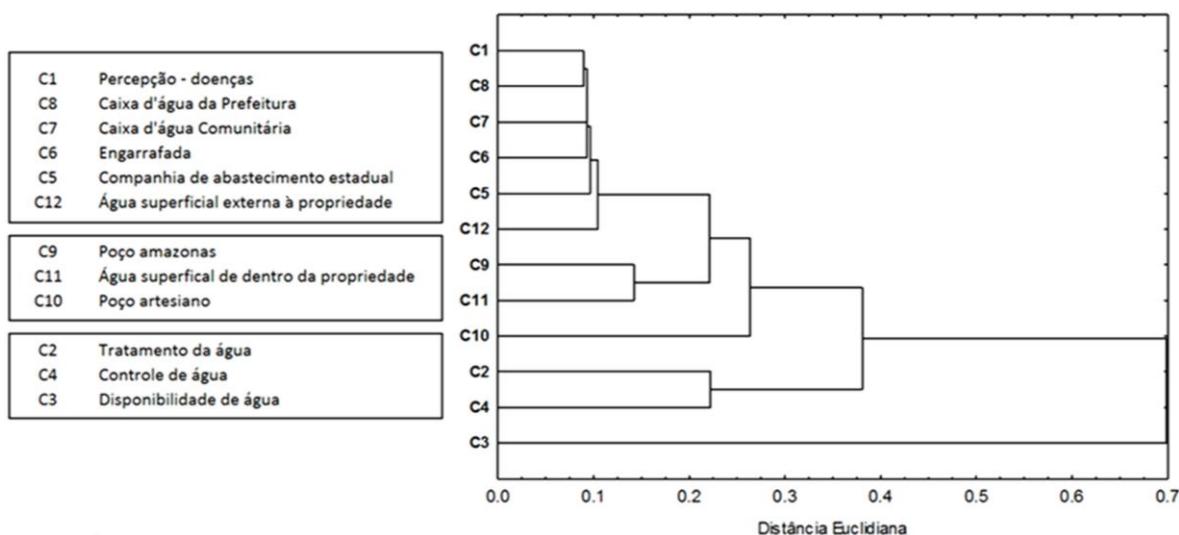
Figura 3 – Variação populacional observada no município Tracuateua de 2000 a 2016 segundo IBGE (2017); dados de consumo de água de acordo com FAPESPA (2016)



Onde: Pop/MdP = relação entre a população anual e a média da população total do município, Cons/MdCons = relação entre o consumo de água anual e a média do consumo total e Usuar/MdUsuar = relação entre o número de usuários por ano e o total de usuários, todos dos dados válidos para o período de 2000 a 2013.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019), com base em IBGE (2017) e FAPESPA (2016).

Figura 4 – Análise de agrupamento considerando os indicadores de percepção mapeados

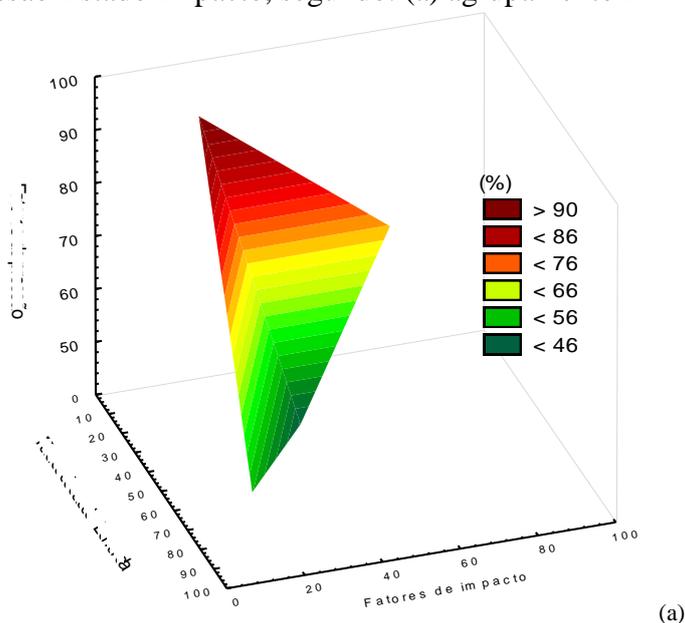


Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O eixo mais expressivo (com 6 variáveis agrupadas) conseguiu relacionar a percepção de doenças e a origem do abastecimento. Assim, a condição de abastecimento humano é concebida pela existência de uma água com qualidade oriunda principalmente do serviço público de atendimento, espacialmente concentrado no ambiente urbano. Em segundo plano, tem-se a forte presença da água subterrânea e dos cursos d'água superficiais como fontes no ambiente rural. E, em terceiro, tem-se o elo mais distante de percepção, que é o relativo à qualidade da água e controle do desperdício. De forma geral, a percepção é menos significativa e faz com que a população tenha controles menores já incorporados na sua rotina.

Na avaliação dos condicionantes de PEIR, a Figura 5 ilustra as tendências identificadas. A Pressão é o fator mais atuante, indicando que o sistema está sob forte influência de fatores que comprometem a gestão hídrica, tais como a presença de cursos d'água diretamente vinculados a propriedades rurais, com a influência do desmatamento e ausência de controle do desperdício. O fator de Estado é mais refletido pela comunidade rural, principalmente para suas atividades econômicas e, em menor peso, para o abastecimento humano.

Figura 5 – Análise Pressão-Estado-Impacto, segundo: (a) agrupamento K-média; (b) mapas de calor



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O SNIS (2010) indicava que cerca de 50% da área urbana era atendida pela companhia de abastecimento estadual e o restante dessa área por fontes próprias ou pelo sistema municipal. Nesse cenário, o Impacto mais presente é o relativo à qualidade das águas, porém o uso de fossas rudimentares e a baixa percepção de doenças de vinculação hídrica suavizam o peso desse fator. Dessa forma, existem condicionantes de Pressão que são superiores à percepção das condições de Estado e Impacto. Tais resultados foram compatíveis aos elementos que caracterizam o fator de Resposta mapeado nos órgãos estaduais e municipais. As unidades administrativas de meio ambiente, agricultura, pecuária e pesca demonstraram carência de estrutura técnica adequada e suficiente para monitorar o avanço das mudanças de cobertura da terra associadas às atividades econômicas (pecuária, pesca, extrativismo e mineração) no município. As dificuldades de fiscalização acabam por contribuir para o aumento do desmatamento, queimadas, pesca e caça predatória, mineração clandestina e balneários irregulares.

As dificuldades de integrar as diferentes formas de uso da terra e uso das águas são causas de conflitos principalmente no ambiente rural, que apresenta uma dinâmica intensa com alternância de vários estágios de produção e manejo da terra (FERREIRA *et al.*, 2011; MENEZES; BERTOSSI, 2011). No meio urbano, os conflitos são mais comuns associados aos problemas de saneamento ambiental, contaminação hídrica e ocupação de áreas de risco a eventos de inundação (ROCHA, 2010; NASCIMENTO, 2011; SCHMITZ *et al.*, 2012).

O processo lento de articulação, socialização e consenso entre as secretarias municipais e órgãos estaduais e federais do município, na busca por iniciativas, no planejamento e execução de obras, pode ser exemplificado pelos instrumentos de planejamento e gestão existentes elaborados para o município: Plano Diretor Municipal de Tracuateua (PDMT), AGENDA 21 local, Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável (PMDRS) e Plano de Desenvolvimento Local Sustentável (PDLS), cuja execução ou é precária ou incompleta para o atendimento dos propósitos estabelecidos.

Para a resolução dos problemas observados, é necessário um trabalho de gestão compartilhada dos recursos naturais do município, que pode ser iniciado com um mapeamento ambiental participativo (HOLLANDA *et al.*, 2012; MALLMANN *et al.*, 2013). Outra iniciativa do Estado do Pará é o ICMS Verde - Portaria n. 1.562, de 27 de junho de 2013 (PARÁ, 2013), que define os critérios e indicadores ambientais para repasse da parcela do ICMS Verde aos municípios do Pará, calculados através de índices. O Quadro 2 apresenta as proposições de Resposta vinculadas à melhor governança das águas, segundo os aspectos que caracterizam a demanda por água, representam os limitantes de sua oferta, bem como de gestão das águas aplicada às esferas de atuação (estado, município, federação).

As Respostas identificadas como necessárias seguem o eixo vertical da segurança, incluindo a necessidade de investimento em tecnologias de gerenciamento do uso da água e ações políticas, além do incentivo à educação ambiental, melhoria do abastecimento, fiscalização e regulação para a proteção de mananciais, o que, do ponto de vista da governança, torna o acesso à água de qualidade uma das bases do desenvolvimento socioambiental sustentável e igualitário (RIBEIRO, 2017).

Outro aspecto necessário de se considerar, em função dos indicadores encontrados, é a vulnerabilidade hídrica. Esta é avaliada, segundo a Organização Mundial da Saúde, como a quantidade de água, qualitativamente aproveitável, suficiente à vida para usos domésticos, definindo o total de 50 litros ao dia por pessoa; indicando que os planos de gerenciamento hídrico apresentam os instrumentos necessários para tratar da (in)segurança hídrica, que é um dos grandes desafios da governança da água (REBOUÇAS, 2001; RODRIGUES *et al.*, 2012; BOLSON; HAONAT, 2016).

Quadro 2 – A governança das águas: abastecimento humano e setor produtivo

Aspectos que caracterizam a demanda por água	Aspectos que representam os limitantes de oferta de água	Aspectos de gestão das águas aplicados	Principal esfera de atuação (estado, município, federação)
Água para abastecimento humano	<ul style="list-style-type: none"> – Os cursos da água recebem efluentes domésticos não tratados. – Os poços (em sua maioria) são de lençol freático. – A rede de abastecimento é antiga e insuficiente para abastecer a demanda; cerca de 13% da população total é atendida. – Ausência de um Plano Diretor de Saneamento. – Ausência de um Plano de Habitação que afaste a ocupação das áreas de margens de cursos d'água. 	<ul style="list-style-type: none"> – Investimentos nos sistemas de abastecimento. – Plano de saneamento. – Vigilância sanitária. – Educação ambiental. – Plano de Desenvolvimento Local Sustentável (PDLS). – Gestão compartilhada integrando as políticas de meio ambiente, saneamento, habitação e recursos hídricos. 	<p>Estadual: referente às políticas públicas e de apoio à gestão ambiental, de recursos hídricos e saneamento básico, assim como de investimento financeiro necessário, além da regulação do setor de saneamento por meio de órgão específico.</p> <p>Municipal: execução dos planos (saneamento, desenvolvimento local e recursos hídricos), além do monitoramento e fiscalização.</p> <p>Federal: apoio para implantação da gestão descentralizada e repasse de recursos financeiros.</p>
Lazer e turismo	<ul style="list-style-type: none"> – Ações insuficientes voltadas à regularização ambiental e fiscalização. – Falta de continuidade e/ou ausência de ações de educação ambiental por parte dos órgãos públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> – Legislação ambiental municipal. – Outorga da água. – Vigilância sanitária. – Educação ambiental. 	<p>Estadual: referente às políticas públicas e de apoio à gestão ambiental e de recursos hídricos.</p> <p>Ações direcionadas para implantação do CAR, de incentivo às práticas de serviços ambientais, monitoramento e fiscalização ambiental.</p>
Criação de animais e agricultura	<ul style="list-style-type: none"> – Falta de orientação técnica para as atividades desenvolvidas no município. – Insuficiência de ações voltadas à capacitação técnica para o correto manejo das atividades. – Ações insuficientes votadas à regularização ambiental e fiscalização. – Falta de continuidade e/ou ausência de ações de educação ambiental por parte dos órgãos públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> – Plano Municipal de Desenvolvimento Rural Sustentável – PMDRS. – Orientação técnica para o manejo adequado. – Efetivação do Cadastro Ambiental Rural (CAR). – Pagamentos por Serviços Ambientais. – Licenciamento ambiental e fiscalização. – Outorga da água. 	<p>Municipal: execução dos planos de manejo e ações para regularização do uso das águas.</p> <p>Federal: apoio para implantação da gestão descentralizada e repasse de recursos financeiros.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Assim, para a bacia do rio Tracuateua, que representa uma unidade hidrográfica típica das sub-bacias componentes da Amazônia Oriental, cuja dinâmica é marcada pelo uso intensivo do território, deve-se observar como fatores necessários à melhor governança das águas (GIORDANO; SHAH, 2014; GLEICK, 2015): maior eficiência na coleta de dados ao longo do tempo, destacando as informações de acesso à água para consumo humano, relativas aos padrões de qualidade e serviços de saneamento; definição adequada dos valores de água consumidos pelo setor produtivo; quantificação das demandas ecológicas de água; ampliação das informações que permitam associar as alterações de uso e cobertura da terra à compreensão de variabilidade e mudanças climáticas, destacando as de reflexo direto no abastecimento de água, demanda e qualidade; e, por fim, uma

melhor caracterização dos seus usos e principalmente das variáveis institucionais, como governança, eficácia regulatória ou capacidade de gestão.

7. CONCLUSÕES

As ações de governança pelas águas têm se mostrado um desafio de implementação para as bacias hidrográficas amazônicas, principalmente pela dificuldade de acesso à informação que avalie o seu grau de vulnerabilidade hídrica. A bacia do rio Tracuateua, por pertencer a uma categoria com área inferior a 700 km² (que caracteriza as sub-bacias e microbacias amazônicas), não recebe do poder público atenção para implantação de um monitoramento fluviométrico e pluviométrico, que permita caracterizar o comportamento quantitativo e qualitativo das suas águas. A indisponibilidade correta desse tipo de avaliação torna o valor de consumo *per capita* frágil para a gestão hídrica, assim como as consequências da falta de esgotamento sanitário, uma ameaça constante para o consumo da água com um padrão de qualidade aceitável.

Outro fator relevante é o processo de uso e ocupação da terra e sua percepção pela população, que apresentou sensibilidade variada, muito mais de acordo com sua vivência local do que pela informação externa, associada à organização política local. Dessa forma, a única maneira de se caracterizar os elementos de PEIR foi identificar os elementos de ligação entre a componente uso da terra e os indicadores secundários de uso das águas.

Nesse ponto, observou-se que o processo de governança é fragilizado, pois não foi detectado um conjunto de ações convergentes nesse sentido; os existentes são direcionamentos institucionais dispersos em torno da questão ambiental mais ampla do município. Os indicadores de PEIR mostraram que o ordenamento para melhoria desse quadro é possível, mas demanda ação institucional conjunta, municípios-estado-federação, de forma que as macrointervensões de ordenamento possam ocorrer e a articulação social consiga se estruturar em torno da discussão pelo melhor aproveitamento do uso múltiplo das águas e da segurança hídrica no município.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio para o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABOELNOUR, M.; GITAU, M. W.; ENGEL, B. A. Hydrologic response in an urban watershed as affected by climate and land-use change. **Water**, v. 11, n. 1603, p. 1-23, 2019.

ALBUQUERQUE, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SANTOS, E. S.; STOSIC, B.; SOUZA, A. L. Estabilidade em análise de agrupamento: estudo de caso em ciência florestal. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 257-265, 2006.

ALVES, R. M.; PINHEIRO, F. S. V.; PINHEIRO, E.; PEREIRA, J. P. Comportamento de clones amazônicos de seringueira em Tracuateua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 10, p. 1465-1470, 1982.

ALVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S. Efeito de calcário, rocha fosfatada e NPK associado ao método de parcagem como fertilização do solo para produção de mandioca no município de Tracuateua, Estado do Pará. **Revista Ciência & Desenvolvimento**, v. 9, p. 25-32, 2013.

- ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água. **Revista da Biologia**, v. 5. p. 16-19, 2010.
- AVIZ, F. R. S.; PINHEIRO, M. F. D. O território usado dos campos naturais em Tracuateua-Pa: análise ambiental a partir da territorialidade produtiva e seus possíveis impactos. **Revista Geonorte**, Edição especial 3, v. 7, n. 1, p. 537-554, 2013.
- BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; PEDROSO, K.; VALÉRIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008.
- BARCELLOS, C. M.; ROCHA, M.; RODRIGUES, L. S.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, P. R.; SILVA, I. J.; JESUS, E. F. M.; ROLIM, R. G. Avaliação da Qualidade da Água e Percepção Higiênico-Sanitária na Área Rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Caderno Saúde Pública**, v. 22, n. 9, p. 1967-1978, 2006.
- BECKER, B. K. Problematizando os serviços ambientais para o desenvolvimento da Amazônia. Uma interpretação geográfica. In: BECKER, B. K.; COSTA, F. A.; COSTA, W. M. (Orgs.). **Um projeto para a Amazônia no século 21: desafios e contribuições**. Brasília: CGEE, v. 1, p. 87-120, 2009.
- BOLSON, S. H.; HAONAT, A. I. A governança da água, a vulnerabilidade hídrica e os impactos das mudanças climáticas no Brasil. **Veredas do Direito**, v. 13, n. 25, p. 223-248, 2016.
- BRASIL. Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Lei dos Recursos Hídricos. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 470, 09/01/1997.
- BRITTO, A. L.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; CARNEIRO, P. R. F. Abastecimento público e escassez hidrossocial na Metrópole do Rio de Janeiro. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 183-206, 2016.
- BUTTREY, S. E.; WHITAKER, L. R. TreeClust: An R Package for Tree-Based Clustering Dissimilarities. **The R Journal**, v. 7, n. 2, p. 227-236, 2015.
- CAMPOS, V. N. O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Ambiente & Sociedade**, v. 13, n. 2, p. 365-382, 2010.
- CARVALHO, A. P. V.; BRUMATTI, D. V.; DIAS, H. C. T. Importância do manejo da bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 2, n. 2, p. 148-156, 2012.
- CASTRO, J. E. Water governance in the twentieth-first century. **Ambiente & Sociedade**, v. 10, n. 2, 2007, p. 97-118.
- CHAVES, E. C.; COSTA, S. V.; FLORES, R. L. R.; NEVES, E. O. S. Índice de carência social e hanseníase no estado do Pará em 2013: análise espacial. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, n. 4, p. 807-816, 2017.

DORIA, M. F. Factors influencing public perception of drinking water quality. **Water Policy**, v. 12, p. 1-19, 2010.

FAPESPA. **Estatísticas Municipais Paraenses**: Tracuateua. Belém: Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA), 2016. 59 p.

FARIA, P. N.; CECON, P. R.; SILVA, A. R.; FINGER, F. L.; SILVA, F. F.; CRUZ, C. D.; SÁVIO, F. L. Métodos de agrupamento em estudo de divergência genética de pimentas. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 428-432, 2012.

FERREIRA, M. J. M.; VIANA JÚNIOR, M. M.; PONTES, A. G. V.; RIGOTTO, R. M.; GADELHA, D. Gestão e uso dos recursos hídricos e a expansão do agronegócio: água para quem e para quem?. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 3, p. 743-752, 2016.

FERREIRA, R. A.; NETTO, A. O. A.; SANTOS, T. I. S.; SANTOS, B. L.; MATOS, E. L. Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, Estado de Sergipe: da degradação à restauração, **Revista Árvore**, v. 35, p. 265-277, 2011.

GEBREMEDHIN, S.; GETAHUN, A.; ANTENEH, W.; BRUNEEL, S.; GOETHALS, P. A Drivers-Pressure-State-Impact-Responses Framework to Support the Sustainability of Fish and Fisheries in Lake Tana, Ethiopia. **Sustainability**, v. 10, n. 2957, 2018.

GIORDANO, M.; SHAH, T. From IWRM back to integrated water resources management. **International Journal of Water Resources Development**, v. 30, n. 3, p. 364-376, 2014.

GLEICK, P. H. On methods for assessing water-resource risks and vulnerabilities. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 11, p. 1-4, 2015. DOI: 10.1088/1748-9326/10/11/111003.

HOLLANDA, M. P.; CAMPANHARO, W. A.; CECÍLIO, R. A. Manejo de bacias hidrográficas e a gestão sustentável dos recursos naturais. In: MARTINS, L. D.; HANNAS, T. R.; VENTURA, R. C. M. O.; ALVIM-HANNAS, A. K.; MENDONÇA, J. A.; FÚCIO, L. H.; LONGO, L. B. F.; LAMAS, L. P. A.; SILVA, L. B.; FURTADO, L. B.; COSTA, M. O.; SILVA, R. C. S. (org.). **Atualidades em desenvolvimento sustentável**. Manhuaçu: FACIG, v. 1, p. 57-66, 2012.

IBGE. **Cartas e Mapas**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas.html>. Acesso em 01 mar. 2015.

IBGE. **IBGE Cidades**. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em 10 jan. 2017.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J. C.; SOUZA, A. N. Crise de água na Região Metropolitana de São Paulo (2013-2015). **GEOUSP**, v. 19, n. 3, p. 422-44, 2015.

JACOBI, P. R.; GIATTI, L. Nexus for sustainability: searching for a new rationality. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 2, p. 1-6, 2017.

KAUR, N.; SAHIWAL, J. K.; KAUR, N. Efficient k-means clustering algorithm using ranking method in data mining. **International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology**, v. 1, n. 3, p. 85-91, 2012.

MALLMANN, L. Z.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C.; PERICO, E. Análise da sustentabilidade ambiental e econômica de pequena propriedade rural do RS. **Estudo & Debate**, v. 20, n. 1, p. 7-20, 2013.

MARTINS, F. B.; ROCHA, J. S. M.; ROBAINA, A. D.; KURTZ, S. M. J. M.; KURTZ, F. C.; GARCIA, S. M.; SANTOS, A. H. O.; DILL, P. R. J.; NOAL, T. N. Zoneamento Ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso. **Cerne**, v. 11, n. 3, p. 315-322, 2005.

MENEZES, J. P. C.; BERTOSSI, A. P. A. Percepção ambiental dos produtores agrícolas e qualidade da água em propriedades rurais. **Revista eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. v. 27, p. 22-33, 2011.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MORAIS, L. G.; ABESSA, D. M. S. PSR framework applied to the coastal management of Complexo Estuarino-Lagunar Iguape-Cananéia - CELIC (São Paulo, Brazil), in terms of sanitation and public health. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 14, n. 4, p. 625-635, 2014.

NASCIMENTO, F. R. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, p. 81-97, 2011.

NEVES, L. O.; ANDRADE, V. M. LOLA, A. C.; FERREIRA, W. P. Balanço de energia em uma cultura de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) no estado do Pará. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 16, n. 1, p. 21-30, 2008.

OECD. **OECD environmental indicators: development, measurement and use: reference paper**. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD Publishing, 2003. 37p.

OECD. **Princípios da OCDE para a Governança da Água**. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD Publishing, 2015. 24 p.

OECD. **Using the Pressure-State-Response model to develop indicators of sustainability**. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development – OECD Publishing, 1999. 11p.

OLIVEIRA, A. V.; BRANDÃO, J.; DAL PUPO, H. D. Análise microbiológica da água coletada de poços rasos e poços artesianos no município de Boa Vista-Roraima. **Caderno de Ciências Biológicas e da Saúde**, n. 5, p. 1-6, 2015.

PARÁ. **Política de Recursos Hídricos do Estado do Pará**: Lei n. 6.381/01 e legislação complementar. Belém: SECTAM - Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, 2005, 69 p.

PARÁ. Portaria n. 1.562, de 27 de junho de 2013. **IOEPA - Imprensa Oficial do Estado**: n. 32.427, Belém, PA, cad. 4, p. 2-8, 28/06/2013.

PARÁ. **Estatística municipal**: Tracuateua. Belém-Pará: Governo do Estado/Instituto de Desenvolvimento Econômico, Social e Ambiental do Pará (IDESP), 2014. 48p.

- REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.
- RIBEIRO, S. L. Considerações iniciais sobre a segurança hídrica do Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de Defesa**, v. 4, n. 1, p. 155-180, 2017.
- RIO, G. A. P. Gestão de águas: um desafio geo-institucional. **Rev. Tamoios**, v. 13, n. 1, p. 3-23, 2017.
- ROCHA, P. C. Indicadores de alteração hidrológica no alto rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. **Sociedade e Natureza**, v. 22, n. 1, p. 191-211, 2010.
- RODRIGUES, M. L.; MALHEIROS, T. F.; FERNANDES, V.; DARÓS T. D. A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais. **Revista de Saúde Social**, v. 21, supl. 3, p. 96-110, 2012.
- ROSA, F. S.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. O. A.; LOURENCO, R. W. Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 3, p. 526-539, 2014.
- SALEHI, E.; ZEBARDAST, L. Application of Driving Force - Pressure- State- Impact- Response (DPSIR) Framework for Analyzing the Human habitat in City of Tehran. **Space Ontology International Journal**, v. 4, n. 14, p. 65-71, 2015.
- SCHMITZ, M. F.; MATOS, D. G. G.; ARANZABAL, I.; RUIZ-LABOURDETTE, D.; PINEDA, F. D. Effects of a protected area on land-use dynamics and socioeconomic development of local populations. **Biological Conservation**, v. 149, n. 1, p. 122-135, 2012.
- SILVA, S. S. F.; SANTOS, J. G.; CÂNDIDO, G. A.; RAMALHO, A. M. C. Indicador de Sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Resposta no Diagnóstico do Cenário Sócio Ambiental resultante dos Resíduos Sólidos Urbanos em Cuité, PB. **Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 3, p. 76-93, 2012.
- SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Ministério das Cidades, 2010. 448p.
- SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019. 180p.
- WILKINSON, L.; FRIENDLY, M. The History of the Cluster Heat Map. **The American Statistician**, v. 63, n. 2, p. 179-184, 2009.

Data de submissão: 10.12.2018

Data de aceite: 16.09.2020

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.