

## SANEAMENTO EM ÁREAS URBANAS NA AMAZÔNIA: APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES PEIR

DOI:10.19177/rgsa.v7e22018652-671

**Vítor Abner Borges Dutra<sup>1</sup>,  
Paulo Vitor dos Santos Gonçalves<sup>2</sup>,  
Marcus Victor Almeida Campos<sup>3</sup>,  
Paulo Amador Tavares<sup>11</sup>, Norma Ely Santos Beltrão<sup>12</sup>**

### RESUMO

A cidade de Belém (PA) é historicamente estruturada em função de sua rede hídrica onde as relações entre a urbanização e as águas foram fundamentais para a configuração da ocupação do território e para a elaboração dos sistemas de saneamento básico. Por esta razão, considerando esta cidade como estudo de caso, este estudo objetivou utilizar a matriz Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PEIR) aplicada ao canal da Tamandaré, considerando as características ambientais locais, para avaliar os indicadores de saneamento e coleta de resíduos sólidos. O PEIR é uma metodologia de análise para interpretação dos diversos elementos constituintes de um dado sistema ambiental. O modelo PEIR obteve 14 indicadores que permitiram uma visualização ampla dos problemas ambientais relativos ao canal da Tamandaré. Os resultados demonstraram pressão elevada advinda do crescimento populacional sobre a área de estudo, principalmente com acúmulo de resíduos e esgotamento sanitário ineficiente. Em contrapartida, foi notada uma relação positiva entre nível de escolaridade e o conhecimento dos entrevistados a respeito da responsabilidade compartilhada sobre o meio ambiente. Os dados obtidos sobre indicadores ambientais devem auxiliar os gestores municipais na tomada de decisão para mudanças nas políticas públicas e nas práticas de gestão para desenvolvimento de programas em prol da sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Indicadores de Sustentabilidade. Urbanização. Qualidade Ambiental.

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará. E-mail: abner\_dutra\_@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará. E-mail: santos-paulo@live.com

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará. E-mail: marcusvictor.campos@gmail.com

<sup>11</sup> Engenheiro Ambiental/Mestrando em Ciências Ambientais.

Universidade do Estado do Pará. E-mail: atavares.paulo@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0003-2617-1548>

<sup>12</sup> Professora Adjunto IV/Departamento de Ciências Sociais Aplicadas/Professora Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (mestrado)/Líder do Grupo de Pesquisa NUPAD - Núcleo de pesquisas Aplicadas ao Desenvolvimento Regional. Universidade do Estado do Pará. E-mail: normaelybeltrao@gmail.com

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional desordenado interfere diretamente nas atividades e sistemas constituintes do meio urbano, dificultando a eficiência dos meios de mitigação, tais como o sistema de coleta de esgoto doméstico, que no ano de 2016 contemplou apenas 51% de todo o efluente gerado no Brasil (SNIS, 2016).

Em território nacional, são inúmeras as problemáticas envolvendo saneamento e meio ambiente, os quais estão relacionados à saúde pública e qualidade ambiental, sendo cada vez mais oneroso aos cofres públicos os gastos com medicamentos, internações hospitalares, etc. Em termos de gestão pública, o planejamento de atividades urbanas relacionadas à água deveria estar vinculado ao próprio planejamento urbano, integrando a gestão de recursos hídricos e o saneamento ambiental para melhoria da qualidade de vida da população (POMPÊO, 2000).

Quanto à pressão sofrida pelas bacias hidrográficas no meio urbano, o Ranking de Saneamento do Instituto Trata Brasil (2017) em pesquisa relacionada à coleta total de esgoto, colocou o município de Belém-PA na posição 94 dentre as 100 regiões estudadas. Isso ocorre devido ao planejamento inadequado da cidade e seu crescimento desordenado, somado à precária aplicação de medidas estruturais e não estruturais da gestão local, resultando em ligações clandestinas diretas de efluentes domésticos na rede pluvial (TUCCI, 2005).

Os sistemas de drenagem de Belém, especificamente nos primeiros bairros formados, como os da Cidade Velha (PENTEADO, 1968) e Campina, são tão antigos quanto a fundação deles, e com o passar do tempo e o súbito crescimento da população, estes sistemas acabaram se tornando obsoletos e ineficientes para a atual demanda da área (PAIVA et al., 2012).

Conforme o sistema de drenagem se precarizou devido ao inchaço urbano, foi necessário fazer uso de novas medidas de gestão, a exemplo dos sistemas de indicadores de sustentabilidade. Tais ferramentas promovem a gestão ambiental mais eficiente, melhorando o processo de comunicação, além de agregar e quantificar o impacto gerado por uma ou mais ações em uma dada localidade. (COSTA et al., 2015).

Assim, o sistema de avaliação deste estudo é dado através da metodologia Pressão – Estado – Impacto – Resposta (PEIR) de análise ambiental - fruto do

trabalho da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) para criação de indicadores de uso nacional e internacional para reportar a situação ambiental atual e o progresso em direção a cidade sustentável (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010).

Pesquisas com avaliação de impactos ambientais (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010), impactos socioambientais do lançamento de efluentes industriais (VASCONCELOS et al., 2014), diagnosticar, avaliar e monitorar a gestão de recursos hídricos (CEREZINI et al., 2017), e o cenário socioambiental de resíduos sólidos urbanos (SILVA et al., 2012) consideram a metodologia como vantajosa devido sua facilidade de ajustes a diferentes realidades, sendo um importante instrumento de gestão pública, pois mostra a ligação dos diversos elementos constituintes de um sistema ambiental.

Diante da observação da carência de estudos relacionados a problemática da relação do sistema de saneamento urbano com o crescimento populacional, especificamente no município de Belém-PA, o presente artigo teve como objetivo diagnosticar a situação do sistema de saneamento e coleta de resíduos sólidos por meio da aplicação do modelo de indicadores de sustentabilidade PEIR no canal da Tamandaré, no município de Belém, no estado do Pará.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Canalização e retificação dos canais fluviais em Belém do Pará**

Segundo Brandão e Ponte (2014), Belém é historicamente estruturada em função da sua rede hídrica, inicialmente relacionada com transporte fluvial, pontos comerciais portuários e cultura ribeirinha, em que as relações entre a urbanização e as águas foram fundamentais para a configuração da ocupação do território. A dinâmica com as águas modificou-se com o avanço da configuração do território urbano. Assim, com o desenvolvimento do saneamento, o uso da água na cidade tornou-se mais técnico, utilizado preferencialmente como substância ao invés de veículo, paisagem ou recurso (PONTE, 2010).

O modelo técnico de gestão das águas na cidade direcionou o poder público a intervir no setor do saneamento com processos de canalização (BRANDÃO; PONTE, 2014). Travassos (2010) ressalta que o Plano Nacional de Saneamento/1971-1991 (PLANASA) foi responsável pela adoção nas cidades brasileiras de um modelo padrão de intervenção técnica, como instrumento de

gestão urbana, pautado em canalizações associadas a “vias sanitárias”, com o uso de rios para a dissolução dos esgotos.

Essas canalizações são vistas como respostas do governo para atenuar os problemas de saneamento do processo de ocupação urbana acelerada que exige medidas de infraestrutura de saneamento ambiental indispensáveis para o controle de poluição hídrica, em especial as decorrentes de efluentes domésticos. Todavia, o grande volume de efluente sobrecarrega esse sistema de dissolução e promove desafios para os gestores governamentais que buscam o equilíbrio entre os recursos ambientais e a necessidade de exploração dos mesmos com práticas de gestão ambiental (BARBOSA; SILVA; BRAZ, 2003; TRAVASSOS, 2010).

A necessidade de novos espaços para a ocupação levou o ser humano a alterar profundamente os rios, tornando-os urbanos. As obras de canalização e retificação de canais fluviais, como consideram Botelho e Silva (2010), tem por intenção aumentar a velocidade e a vazão dos rios e garantir um escoamento rápido dos volumes de água que atingem os canais fluviais.

Grandes obras estruturais na rede de drenagem urbana como canalizações, retificações, alargamentos, afundamentos e desvios levam ao aumento das enchentes urbanas e estão relacionadas a um novo quadro urbano, uma nova paisagem urbana com novos elementos e dinâmica diferente (BOTELHO, 2011).

Para Assumpção e Marçal (2012), a canalização é realizada para facilitar ou propiciar a navegação fluvial, controlar enchentes, melhorar a drenagem de zonas pantanosas, contribuindo para a eliminação de focos de possíveis doenças. Estes autores destacam que, assim como os benefícios, são inúmeros os problemas gerados por este tipo de intervenção, como a perda da sinuosidade do canal, modificações no padrão de drenagem, alterações no regime das descargas nos tributários, aumento da carga de sedimentos, destruição de habitats naturais, da mata ciliar, entre outros impactos.

De acordo com Tucci (2005), a canalização é uma prática comum, ainda que os custos de tais obras sejam elevados e intensifiquem os problemas hidrológicos, visto que muitas vezes o problema de enchentes é apenas transferido à jusante. O mesmo autor afirma que as drenagens inadequadas são as maiores contribuintes para inundações em bacias pequenas - menores que 100 km<sup>2</sup> - como é o caso da bacia da Tamandaré, que possui uma área de 1,74 km<sup>2</sup>.

Ademais, a canalização facilita a ocupação das margens dos canais fluviais, e

promove principalmente a retirada da vegetação das áreas ribeirinhas, eliminando a possibilidade de infiltração ou retenção da água nesses locais (BOTELHO; SILVA, 2010).

Para Tucci (2005), depois que a bacia (ou parte desta) estiver ocupada, dificilmente o poder público conseguirá responsabilizar aqueles que estiverem ampliando a cheia, portanto, se a ação pública não for realizada preventivamente, através da boa gestão, as consequências econômicas e sociais futuras serão muito maiores para todo o município. Tal é o caso da bacia da Tamandaré, que devido seu histórico de ocupação desordenada, hoje sofre com muitos vieses através de diferentes impactos para a população do entorno do canal.

## **2.2 O sistema de indicadores PEIR**

O uso do sistema de indicadores é considerado o ponto de partida para a análise dos impactos que incidem sobre o meio ambiente e a redução ou mitigação dos mesmos (ARIZA; ARAUJO NETO, 2010). Essa dinâmica entre os impactos oriundos das atividades que norteiam o desenvolvimento humano e as respostas por meio das políticas e decisões regem o estado atual de conservação e preservação do meio ambiente (VAZ; SILVEIRA, 2014).

A matriz PEIR é considerado um instrumento analítico que organiza e agrupa de maneira lógica os fatores que atingem o meio ambiente, os efeitos que as ações humanas produzem nos ecossistemas e recursos naturais, o impacto que isto gera na natureza e na saúde humana, assim como as intervenções da sociedade e do poder público (GUIMARÃES et al., 2010).

O PEIR é caracterizado como um programa que também objetiva a sensibilização sobre questões ambientais, proporcionando opções para ações, por meio das quais se torna viável fazer análises de medidas corretivas, adotar novos rumos no enfrentamento dos problemas ambientais, assim como identificar competências e níveis de responsabilidade dos agentes sociais comprometidos (SILVA; CÂNDIDO; RAMALHO, 2012).

Neste estudo foi realizada uma adaptação do modelo PEIR utilizado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), conforme mostra a Figura 1. Este modelo é fundamentado em um marco conceitual, que aborda problemas ambientais segundo uma relação de causalidade (PNUMA, 2001; LIMA; COSTA; RIBEIRO, 2017).

Figura 1: Fluxograma de interação entre componentes urbano-ambientais da matriz PEIR



Fonte: PNUMA, 2001 adaptado por Autores, 2017.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Característica da pesquisa

Do ponto de vista da sua natureza, considera-se aplicada, pois servirá de fomento para ações futuras da gestão ambiental municipal de Belém. Quanto ao seu objetivo, a pesquisa tem cunho explicativo, pois há levantamento de bibliografia específica do objeto de estudo, assim como existe o caráter descritivo, com levantamento de dados via questionários aplicados in loco, ou seja, junto aos moradores das proximidades da bacia da Tamandaré, a fim de que os fatos sejam observados, registrados, analisados, classificados e interpretados (PRODANOV; FREITAS, 2013).

#### 3.2 Área de estudo

A bacia da Tamandaré é composta pelo canal da Tamandaré, com deflúvio para o Rio Guamá, com extensão de 1.270 m, possui área total de 1,74 km<sup>2</sup> e área alagável de 0,63 km<sup>2</sup>, o equivalente a 36,21% de sua área total. Abrange os distritos administrativos de Belém e do Guamá e partes dos bairros da Cidade Velha (cerca de 2/3 de sua extensão total), Batista Campos e Campina (PAIVA et al., 2012).

Optou-se por esta bacia devido suas nuances espaciais, além de ser uma das mais antigas da cidade e pertencer a um contexto urbano consolidado. Ressalta-se ainda que o bairro da Cidade Velha, que concentra a maior parte do canal, possui cerca de 12.128 habitantes e apresenta uma densidade populacional de 1.315,25

hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2011).

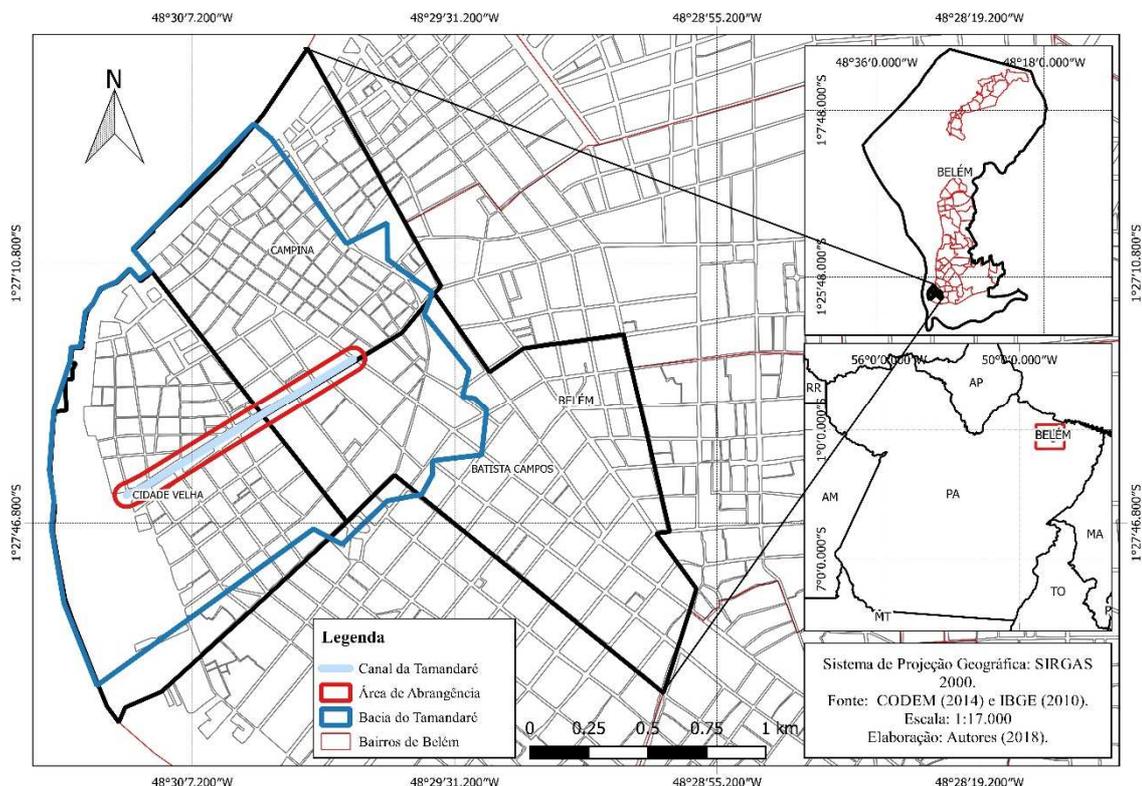
### **3.3 Cálculo de Amostra**

Para o cálculo da amostra foi estimada a população do bairro da Cidade Velha residente em uma área delimitada que circunda o canal. Essa área foi representada por um polígono limitado pela extensão do canal e uma largura de 100 m, totalizando 0,12 km<sup>2</sup>. A população foi estimada por meio do produto da densidade populacional do bairro pela área do entorno do canal da Tamandaré elaborado, totalizando cerca de 158 habitantes na área estipulada.

A amostra foi obtida de acordo com a equação utilizada por Sousa (2016), cuja aplicação é feita sobre uma população finita, como é o caso considerado neste estudo (158 habitantes). O erro amostral admitido foi de 10%, devido ao entorno do canal da Tamandaré apresentar muitos pontos comerciais e dificultar a interrogação de indivíduos que residam e tenham percepção sobre o meio ambiente local que respondam ao objetivo propostos pelo artigo.

Desta forma, obteve-se uma amostra com 60 indivíduos, presentes na área delimitada no canal em estudo. A Figura 2 apresenta localização considerada para a área de estudo, destaca o canal da Tamandaré que passa por três bairros da cidade de Belém e mostra a Bacia do Tamandaré, como considerado pela Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM, 2014). O mapa elaborado no software livre QGIS 2.18.17.

Figura 2: Bacia do Tamandaré, zoneamento dos bairros e área de abrangência do estudo



Fonte: CODEM (2014) e IBGE (2010) elaborado por Autores, 2018.

### 3.4 Tratamento de dados

#### 3.4.1 Questionários

Os procedimentos técnicos incluem pesquisa bibliográfica e documental, uma vez que há contato com materiais de outros autores sobre o tema, assim como uso de relatórios de dados institucionais e legislações federais e municipais. Há também o levantamento (*survey*) qualitativo pelos questionários aplicados a um espaço amostral significativo de moradores da proximidade da bacia, com posterior tratamento estatístico e análise dos resultados (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Foram preenchidos 60 questionários nas proximidades do canal da Tamandaré, em Belém-PA, durante o mês de maio de 2017. Os questionários foram adaptados dos modelos apresentados em outros estudos (SILVA; ALVES; PORTILHO, 2016; MENEZES FILHO; RODRIGUES, 2017) e para o enquadramento dos problemas locais concernentes ao canal, dentro do que foi proposto no modelo PEIR.

Os softwares gratuitos utilizados foram o BioEstat 5 (tratamento estatístico) e o QGIS 2.18.17 (elaboração do mapa). Para análise estatística foi efetuada regressão linear simples a qual determinou o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e conseqüentemente o coeficiente de correlação (R), sendo calculado através raiz quadrada de  $R^2$  (FIGUEIREDO et al., 2010), utilizou-se a equação da reta da tendência ( $Y=a(x)+b$ ). Assim, se  $R > 0$ , compreende-se que a tendência é crescente e, se caso  $R < 0$ , há uma tendência decrescente (FERREIRA; PENEREIRO; FONTOLAN, 2015). Desse modo, efetua-se uma associação linear entre variáveis (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009), que, neste estudo, foram: escolaridade e conhecimento sobre responsabilidade compartilhada.

### **3.4.2 Categorias dos dados**

Os questionários foram subdivididos em 5 categorias de dados: básicos (socioeconômicos), resíduos sólidos, abastecimento e saneamento, canal da Tamandaré e gestão ambiental municipal.

Os dados básicos abordaram as variáveis sexo, idade, renda familiar, escolaridade e tempo de moradia na localidade. Quanto aos resíduos sólidos houve perguntas sobre coleta regular por parte da prefeitura, a presença de coleta seletiva e o hábito dos moradores locais na separação dos resíduos recicláveis.

Na parte de abastecimento e saneamento, questionou-se aos moradores se estes recebiam água tratada regularmente, se nas suas residências havia fossa séptica, assim como se a rua naquela localidade ocorria alagamentos.

As perguntas sobre o canal da Tamandaré se voltaram para a possível presença de vetores de doenças, assim como a percepção do acúmulo de resíduos sólidos próximos ou mesmo dentro do canal, além de verificar se os moradores sentiam odores desagradáveis advindos da canalização.

Por último, os dados sobre gestão ambiental buscaram investigar se os moradores se sentiam satisfeitos com a gestão pública local dos resíduos sólidos e do esgotamento sanitário. Também buscou-se averiguar se os moradores conheciam sobre a Responsabilidade Compartilhada, citada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei nº 12.305/2010 - conceituada no art. 3º, inc. XVII (BRASIL, 2012).

### **3.4.3 Matriz PEIR**

Os elementos da matriz de indicadores de sustentabilidade PEIR, elaborada pela OCDE e utilizado pelo PNUMA, respondem às seguintes perguntas, independente da escala de análise (UNEP & Consórcio Parceria 21 apud ARIZA; ARAUJO NETO, 2010): “o que está acontecendo com o meio ambiente? (Estado)”; “por que isto está acontecendo? (Pressão)”; “qual é o impacto? (Impacto)”; “o que estamos fazendo? (Resposta)”; “o que acontecerá se não agirmos agora? (Perspectivas Futuras)”; e “o que podemos fazer para reverter a situação atual?”. Cada indicador é discutido posteriormente.

O aspecto relacionado a “pressão” destaca a situação de crescimento urbano desordenado, que levou à ocupação do território de forma não planejada, dando margem para as pressões diretas, como o esgoto cloacal, a presença de resíduos sólidos nas proximidades do canal e o uso e ocupação do solo de forma inadequada, como a presença de áreas com aglomerados subnormais na transição do canal da Tamandaré e o Rio Guamá.

Em relação ao indicador “estado” do meio ambiente analisado, destacam-se a água e o ambiente construído ao redor do canal, o qual apresentou ligações clandestinas de águas residuárias com a rede pluvial, causando “impactos” sobre a qualidade de vida e saúde humana (presença de vetores de doenças, como ratos e baratas), à economia urbana (obras paliativas no decorrer das décadas e necessidade de limpeza constante do canal pela prefeitura municipal), assim como ao próprio ambiente construído (constantes alagamentos e acúmulo de água nas vias).

As “respostas” cabíveis neste contexto foram voltadas para os instrumentos político-administrativos (sugestão de aplicação de um sistema de coleta seletiva no bairro), de intervenção física (possíveis aplicações de medidas estruturais para mitigação dos impactos locais) e instrumentos socioculturais, educacionais e de comunicação pública (exemplo: educação ambiental para conscientizar a população sobre os danos causados pela incorreta disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) dentro do canal).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O Quadro 1 apresenta os principais indicadores da matriz PEIR levantados pelos questionários e pela literatura específica, com base na proposição dada pelo

modelo GEO Cidades (PNUMA, 2001).

Quadro 1: Indicadores e observações aplicados ao canal da Tamandaré

	Indicadores	Observações
Pressão	Coleta seletiva de resíduos sólidos	A realização de coleta seletiva em Belém, previsto na Lei nº 8899, de 26 de dezembro de 2011, ainda não é suficiente para atender a demanda, sendo inexistente, de acordo com 93% dos entrevistados, no canal da Tamandaré
	Coleta de esgoto	Ranking de Saneamento do Instituto Trata Brasil (2017): Belém na posição 94ª de coleta total de esgoto
	Existência de fossa séptica nas residências	Pelos questionários, cerca de 72% das pessoas possuem fossa séptica
	Crescimento populacional	O aumento da população no entorno do canal intensifica os demais indicadores com o acrescido volume de resíduos e esgoto gerado
Estado	Existência de flora no canal	A incidência de matéria orgânica pode representar a eutrofização do corpo hídrico e proporcionar a proliferação de flora (BEGHELLI et al., 2015)
	Turbidez e cor visivelmente alteradas	A presença de sedimentos na água, influi diretamente na turbidez e cor da água, dificultando a penetração de luz na água (CHAGAS, 2015)
	Existência de resíduos sólidos dentro e na proximidade do canal	Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007
	Satisfação da população com a gestão municipal	O nível de satisfação crítico (7%) demonstra a precariedade da gestão pública em relação aos resíduos sólidos e coleta de esgoto, do ponto de vista dos moradores locais
Impacto	Odor oriundo do canal	68% dos entrevistados sentem odor desagradável
	Alagamento nas proximidades do canal	77% dos entrevistados afirmaram ocorrência de alagamentos no canal
	Presença de vetores de doenças nos derredores da canalização	83% dos entrevistados identificaram a presença de vetores
Resposta	Promoção da educação ambiental junto à população	Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010
	Políticas públicas de aplicação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Belém	Lei nº 8899, de 26 de dezembro de 2011
	Políticas públicas de implementação do Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Belém	Lei nº 9113, de 15 de maio de 2015

Fonte: PNUMA, 2001 adaptado por Autores, 2017.

#### 4.1 Indicadores de pressão

De acordo com Pereira, Andrade e Cândido (2011), os indicadores de pressão sinalizam atividades ou ações antrópicas geradoras de problemas sobre o meio ambiente, incluindo a quantidade e a qualidade dos recursos naturais. Para o estudo realizado, foram identificados quatro indicadores de Pressão como mostra a matriz apresentada no Quadro 1.

A ausência da coleta seletiva eficaz de resíduos sólidos no canal da Tamandaré proporciona o aumento do volume de resíduos destinado à coleta regular e contribui para o acondicionamento inadequado destes resíduos, se tornando um fator negativo, visto que as pessoas tendem a dispor os resíduos

excedentes nas proximidades da canalização.

A coleta de esgoto, considerada uma das piores entre as capitais em território nacional (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017), evidencia a pressão ambiental no canal da Tamandaré advinda dos efluentes domésticos. A existência de fossa séptica nas residências em apenas 72% das residências dos entrevistados caracteriza outro fator negativo que proporciona pressão ao canal.

O crescimento populacional é considerado um fator relevante para o desencadeamento da crise ecológica em diferentes escalas, ou seja, traz seus efeitos no meio ambiente através da degradação ambiental por conta das atividades antrópicas. O acréscimo nos níveis de consumo acaba provocando pressões preocupantes, principalmente no concerne à produção de resíduos orgânicos e inorgânicos, revelando a problemática dos RSU e seu alto impacto sobre o meio ambiente (GEWEHR, 2017).

#### **4.2 Indicadores de estado e impacto**

Os indicadores de estado e impacto foram frutos da adaptação dos modelos utilizados por Evaristo et al. (2017) e Sousa et al. (2015) e abordaram as condições socioeconômicas dos residentes na área de estudo, as condições de saneamento básico no seu local de moradia e a percepção desses moradores em relação à gestão ambiental no contexto do canal da Tamandaré. Além disso, foi possível identificar vegetação dentro da canalização, vista pelos autores como um indicativo de matéria orgânica misturada às águas pluviais e ao sedimento dentro da canalização, visível na Figura 3.

Figura 3: Proliferação de estrato herbáceo dentro do canal da Tamandaré



Fonte: Autores, 2017.

É importante destacar que muitos dos moradores (41,67%) já se encontram ali presentes há mais de duas décadas, portanto já vivenciaram várias problemáticas envolvendo o canal da Tamandaré. Como causa evidencia-se a presença de resíduos sólidos dentro ou na proximidade do canal (Figura 4), constatada pela afirmação de 88% dos entrevistados, assim como a presença de vetores de doenças, confirmada por 83% dos entrevistados.

A existência de resíduos sólidos dentro ou na proximidade do canal contribui para as questões de alagamento, confirmado por 77% dos entrevistados como um evento recorrente deste perímetro.

Figura 4: Disposição inadequada de RSU nas proximidades do canal da Tamandaré



Fonte: Autores, 2017.

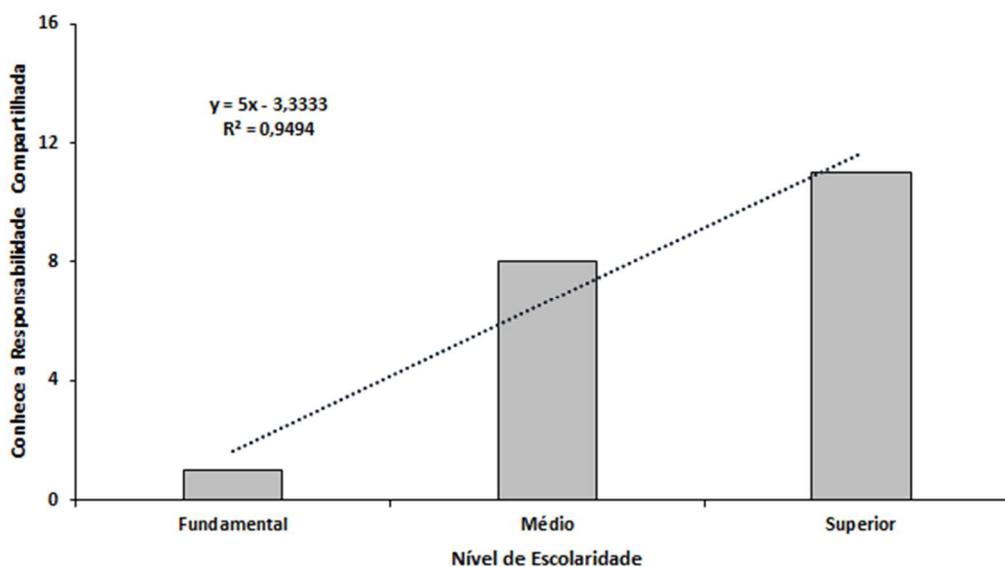
Além disso, 68% disseram sentir maus odores oriundos da canalização, fato este associado tanto pela presença de resíduos sólidos quanto de material orgânico dissolvido nas águas residuárias, provavelmente advindas dos esgotos cloacais interligados ao sistema de drenagem.

Ademais, ressalta-se que apenas 28% dos entrevistados possuem o hábito de separar os resíduos sólidos de maneira adequada para a coleta seletiva. Este dado evidencia a necessidade de programas que promovam a educação ambiental para elevar a sensibilidade da população com as questões ambientais, uma vez que é instituído na PNRS a obrigação dos consumidores de acondicionar de forma separada os RSU gerados e disponibilizar estes para a coleta (BRASIL, 2012).

### 4.3 Indicadores de resposta

A relação entre o nível de escolaridade das pessoas entrevistadas e a responsabilidade compartilhada foi linear de comportamento crescente, apresentando os coeficientes de determinação (0,9494) e de correlação (0,9744) com valores significativos para  $p < 0,05$ , visível na Figura 5.

Figura 5: Relação entre o nível de escolaridade com o conhecimento sobre a responsabilidade compartilhada



Fonte: Autores, 2017.

O coeficiente de correlação apresenta diferentes classificações:  $r$  de 0,10 até 0,30 apresenta fraca dependência entre as variáveis; 0,40 a 0,60 como moderada; e

de 0,70 a 1,00 como forte correlação (DANCEY; REIDY, 2006). Quanto mais próximo a 1 – independente do sinal –, maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis (PISANI JUNIOR; CASTRO; COSTA, 2018).

Essa elevada correlação demonstra a carência da gestão municipal em estabelecer a promoção da educação ambiental junto à população, o que responderia ao desconhecimento dos entrevistados de nível fundamental e médio com relação às suas responsabilidades na minimização do volume de RSU gerados, assim como na mitigação dos impactos causados à saúde pública e à qualidade ambiental. Tal atribuição é prevista pelo Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Belém (PGRS, Lei nº 8899/2011) através do art. 10º, inc. VIII (BELÉM, 2011).

Apesar do PGRS prever em seu art. 6º a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos (BELÉM, 2011), pouco se faz a respeito da disposição inadequada dos RSU por parte dos moradores. Uma resposta de medida não estrutural para esta problemática é a disseminação da educação ambiental com a população do entorno do canal da Tamandaré, a exemplo da elaboração de cartilhas e a promoção de palestras públicas para esclarecimento das problemáticas que esta disposição indevida dos RSU pode causar à saúde humana e ao meio ambiente.

Outro viés percebido é a não efetivação do inc. II, §1, art. 3º do Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Belém-Pará (Lei nº 9113/2015), que visa “aprimorar os serviços ora existentes [...]” (BELÉM, 2015). Embora as gestões anteriores tenham tomado medidas paliativas quanto aos constantes alagamentos, ainda há muito a ser feito para a melhoria do saneamento municipal no entorno do canal da Tamandaré.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como subsídio à análise e avaliação dos fenômenos urbano-ambientais é fundamental a utilização de indicadores de sustentabilidade, os quais foram adaptados considerando a existência de características essenciais aos indicadores e à realidade local. Além disso, poderão mostrar as condições quantitativa e qualitativa em que o meio ambiente se encontra, os efeitos do estado do meio ambiente e os projetos, ações políticas e programas ambientais promovidos em prol da

sustentabilidade.

Recomenda-se o aprofundamento nas questões ambientais aqui levantadas, de modo que os dados obtidos sobre indicadores ambientais auxiliem os gestores municipais na tomada de decisão. Os órgãos que englobam algumas das variáveis analisadas neste estudo são os seguintes: Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA), Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN), Secretaria Municipal de Saúde (SEMAD), dentre outros.

A articulação destas secretarias, por meio dos estudos de indicadores do sistema PEIR, junto de ações integradas, auxiliaria a população a mudar os hábitos inadequados e modificar sua percepção ambiental para, posteriormente, atingir melhores indicadores ambientais não só no bairro da Cidade Velha, mas dos demais bairros de Belém.

Logo, fazer aplicação efetiva das legislações vigentes, assim como revisá-las constantemente, são metas fundamentais para uma boa gestão municipal, evitando e mitigando os impactos que incidem diretamente sobre o canal da Tamandaré e afetam a população local, tais como proliferação de vetores, disposição inadequada de RSU e alagamentos intermitentes. Essas legislações, como as supracitadas Leis nº 8899/2011 e nº 9113/2015, quando efetivadas, potencializarão a conservação do ambiente urbano e proporcionarão a manutenção de um meio ambiente equilibrado, essencial à sadia qualidade de vida dos moradores da área no entorno do canal da Tamandaré e demais transeuntes da área.

## **SANITATION IN AMAZON URBAN AREAS: APPLICATION OF THE INDICATORS SYSTEM DPSIR**

### **ABSTRACT**

The city of Belém (PA) is historically structured in function of its water network in which the associations between the urbanization and the water were essential to the land-use distribution in the territory and for development of basic sanitation systems. For this reason, and considering this city as a case of study, this study aimed to use the Driving Force-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) matrix applied to the Tamandaré waterway. For this purpose, local environmental characteristics were considered to assess sanitation and solid waste collection quality in the city. PSIR is a methodology to analyze and interpret a vast range of elements in an environmental system. The PSIR model obtained 14 indicators, which allowed a broad visualization

of the environmental problems related to the Tamandaré waterway. The results demonstrate that the population growth is a high-pressure element in the study area, mainly for the accumulation of solid waste and the inefficient sewage system. In contrast, a positive relationship between the level of schooling and the knowledge of the interviewees in relation to shared responsibility for the environment was noted. The environmental indicators database obtained should assist municipal managers in decision-making for changes in public policies and management practices to develop programs for sustainability.

**Keywords:** Sustainability Indicators. Urbanization. Environmental Quality.

## REFERÊNCIAS

ARIZA, C. G.; ARAUJO NETO, M. D. Contribuições da geografia para avaliação de impactos ambientais em áreas urbanas, com o emprego da metodologia pressão - estado impacto - resposta (P.E.I.R.). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 11, n. 35, p. 128 - 139, 2010.

ASSUMPÇÃO, A. P.; MARÇAL, M. S. Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do Rio Macaé (RJ). **Revista Geografia**, Pernambuco, v. 29, n. 3, 2012.

BARBOSA, A. J. S.; SILVA, V. M.; BRAZ, V. N. O desenvolvimento do saneamento ambiental no município de Belém e seu reflexo na degradação dos cursos d'água. In: SIMPÓSIO "AMAZÔNIA, CIDADES E GEOPOLÍTICA DAS ÁGUAS", 2003, Belém. **Anais...** Belém: NAEA/UFGA, 2003.

BELÉM. Lei Ordinária nº 8899, de 26 de dezembro de 2011. **Institui o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Belém - PGRS e dá outras providências.** 2011. Disponível em: <[http://www.belem.pa.gov.br/semaj/app/Sistema/view\\_lei.php?lei=8899&ano=2011&ipo=1](http://www.belem.pa.gov.br/semaj/app/Sistema/view_lei.php?lei=8899&ano=2011&ipo=1)>. Acesso em: 4 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Lei Ordinária nº 9113, de 15 de maio de 2015. **Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Belém-Pará.** 2015. Disponível em: <[http://www.belem.pa.gov.br/semaj/app/Sistema/view\\_lei.php?lei=9113&ano=2015&ipo=1](http://www.belem.pa.gov.br/semaj/app/Sistema/view_lei.php?lei=9113&ano=2015&ipo=1)>. Acesso em: 4 jun. 2017.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: A. J. T. GUERRA (Orgs.). **Geomorfologia urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

\_\_\_\_\_, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: GUERRA, A.J.T. e VITTE, A.C. (Orgs.). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil.** 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

BRANDÃO, A. J. D. N.; PONTE, J. Diretrizes urbanísticas para um plano de drenagem na região metropolitana de Belém. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE TRATAMENTO DE ÁREAS DE PREVENÇÃO EM MEIO URBANO E RESTRIÇÕES

AMBIENTAIS AO PARCELAMENTO DO SOLO. 2014, Belém. **Anais...** Belém: UFPA, 2014.

BRASIL. [Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010]. **Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS [recurso eletrônico]**. 2 ed. 32p (Série legislação n. 81). Brasília: Câmara dos Deputados, 2012.

CEREZINI, M. T.; FERREIRA, E. M. A. N.; GARCIA, E. S. L.; MALHEIROS, T. F. Indicadores de Sustentabilidade para Gestão dos Recursos Hídricos no Contexto de Campus Universitário. **R. gest. sust. ambiente.**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 202-215, 2017.

CODEM - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E ADMINISTRAÇÃO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM. **Mapa de Localização das Bacias Hidrográficas do Município de Belém**. 2014. Disponível em: <[http://www.belem.pa.gov.br/codem\\_mapas/Mapa%20-%20Bacias%20Hidrograficas%20de%20Belem.pdf](http://www.belem.pa.gov.br/codem_mapas/Mapa%20-%20Bacias%20Hidrograficas%20de%20Belem.pdf)>. Acesso em: 7 jun. 2017.

COSTA, C. E. A. S.; BITTENCOURT, G. M.; TEIXEIRA, L. C. G. M.; BLANCO, C. J. C. Problemática dos Resíduos Sólidos no Sistema de Drenagem Urbana de Belém/PA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 329–344, 2015.

DANCEY, C. P; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

EVARISTO, G. V.; CORDEIRO, J.; ALVARENGA, C. A.; OPORTO, L. T.; QUINTÃO, P. L.; CALAZANS, G. M.; CORDEIRO, J. L. Saneamento básico e percepção ambiental: um estudo realizado na comunidade Candidópolis em Itabira, Minas Gerais. **Research, Society and Development**, v. 4, n. 1, p. 45-61, 2017.

FERREIRA, D.H.L., PENEREIRO, J.C., FONTOLAN, M.R. Análises estatísticas de tendências das séries hidro-climáticas e de ações antrópicas ao longo das sub-bacias do rio Tietê. **Holos**, v. 2, p. 50-58, 2015.

FIGUEIREDO, C. J. J.; SILVA, M. H. L.; SARMENTO, B. C.; PEREIRA, W. M. A.; CHAVES, A. L. F. Regressão múltipla aplicada em um processo de destilação por arraste a vapor de óleo essencial de Piper aduncum L. In: XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais**. São Carlos, São Paulo 2010.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, p. 115-146, v. 18, n.1, 2009.

GEWEHR, M. F. **A explosão demográfica: causas e consequências**. Boletim Jurídico, Uberaba/MG, a. 4, no 184. Disponível em: <<http://www.boletimjuridico.com.br/doutrina/texto.asp?id=1372>> Acesso em: 4 jun. 2017.

GUIMARÃES, M. F. R.; HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P.; ARAÚJO FILHO, R. N.; VIEIRA, T. R. S. Indicadores ambientais para o estudo da erosão marginal no Rio São Francisco. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 84-92, jun. 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Município de Belém 2011**. Cap 2 - Características Demográficas e Socioeconômicas da População. 2011. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=150140>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **MALHA municipal digital do Brasil: situação em 2000 e 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento Básico nas 100 Maiores Cidades**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-4>>. Acesso em: 10 mar. 2017.

LIMA, V. M.; COSTA, S. M. F. da; RIBEIRO, H. Uma contribuição da metodologia Peir para o estudo de uma pequena cidade na Amazônia: Ponta de Pedras, Pará. **Saúde Soc.** São Paulo, v.26, n.4, p.1071-1086, 2017.

MENEZES FILHO, F. C. M.; RODRIGUES, A. L. M. Avaliação do saneamento ambiental por meio da proposição e aplicação de índices de percepção e satisfação populacional. **Holos Environment**, v.17, n.1, p. 122-127, 2017.

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. **OECD Green Growth in Cities**. Israel, 2013.

PAIVA, A. R. M.; TOZI, S. C.; LIMA, J. A. S.; SANTOS, A. dos. A Bacia da Tamandaré e o simbolismo entre o rio-homem-cidade, 2012, Belém. In: VI ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS. **Anais...** Belém, Pará, 2012.

PENTEADO, A. R. Belém do Pará, das origens aos fins do século XVIII. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, São Paulo, n. 3, p. 34-44, 1968.

PEREIRA, H. F.; ANDRADE, T. M.; CÂNDIDO, G. A. Sistema de indicadores enquanto ferramenta de gestão de recursos hídricos em contexto comunitários. In: XIV CONGRESSO MUNDIAL DA ÁGUA, 2011, Pernambuco. **Anais...** Pernambuco: IWRA, 2011.

PISANI JUNIOR, R.; CASTRO, M. C. A. A.; COSTA, A. A. Desenvolvimento de correlação para estimativa da taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo: influências da população, renda per capita e consumo de energia elétrica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, 2018.

PNUMA - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Metodologia para a elaboração de relatórios GEO Cidades**. Manual de aplicação. México: PNUMA, 2001.

POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**, v. 5, n.1. 2000.

PONTE, J. P. X. **Cidade e água no estuário guajarino**. 320 f., 2010. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional), Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

SILVA, E. B.; ALVES, C. S.; PORTILHO, J. C. S. Diagnóstico participativo de saneamento básico na comunidade rural do baixo Rio Araguari, município de Ferreira Gomes-Amapá, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 6, n. 2, p. 17-23, 2016.

SILVA, S. S. F.; CÂNDIDO, G. A.; RAMALHO, A. M. C. Diagnóstico situacional dos resíduos sólidos urbanos no município de Cuité-PB: uma aplicação do sistema de indicador de sustentabilidade pressão-estado-impacto-resposta (P-E-I-R). **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa-PR, v. 8, n. 3, p. 72-90, 2012.

\_\_\_\_\_, S. S. F.; SANTOS, J. G.; CÂNDIDO, G. A.; RAMALHO, M. C. Indicador de sustentabilidade pressão –estado – impacto – resposta no diagnóstico do cenário sócio ambiental resultante dos resíduos sólidos urbanos em Cuité, PB. **Reunir: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 2, n. 2, p. 76-93, 2012.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016.

SOUSA, D. R. D. de. **Alagamentos no centro comercial da Campina, Belém-PA: identificação das causas e suas implicações de acordo com a percepção dos comerciantes locais**. 81f, 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia, Belém, Pará. 2016.

SOUSA, K. S.; DANTAS, I. A. M.; DE SÁ, G. B.; ANDRADE, A. B. A.; MARACAJÁ, P. B. Gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de São Bentinho-PB – Brasil. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil) v. 10, n. 3, p. 13-19, 2015.

TRAVASSOS, L. R. C. F. **Revelando os rios. Novos paradigmas para a intervenção em fundos de vale urbanos na Cidade de São Paulo**. 243 f. 2010. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais), Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Brasil: Ministério das Cidades, Global Water Partnership, World Bank, UNESCO, 2005.

VASCONCELOS, A. C. F.; OLIVEIRA, J. R. M.; SANTOS, J. E. A.; NUNES, E. R.; FREITAS, G. C. Pressão Estado Impacto Resposta: um estudo em curtumes artesanais na Paraíba. In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo. XVI ENGEMA - Inovação e sustentabilidade: um desafio para enfrentar as mudanças climáticas e seus impactos planetários, **Anais...** São Paulo, 2014.

VAZ, C. A.; SILVEIRA, G. L.; O modelo PEIR e Base SIG no diagnóstico de qualidade ambiental em sub-bacia hidrográfica urbana. **RBRH**, v.19, n.2, p.281-298, 2014.