

Aplicação do Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para Gestão dos Recursos Hídricos em João Pessoa-PB

Driver-Pressure-State-Impact-Response Framework Applied to Water Resources Management in João Pessoa City-PB

- **Data de entrada:**
20/05/2017
- **Data de aprovação:**
27/03/2018

Cibelle Mara Rezende Felinto* | Márcia Maria Rios Ribeiro | Cybelle Frazão Costa Braga

DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.038>

Resumo

Nesse estudo objetivou-se identificar a sustentabilidade da utilização dos recursos hídricos em João Pessoa - PB. Foram identificadas as principais forças motrizes, pressões, estado do meio ambiente e impacto sobre os recursos hídricos exercidos por essa cidade nas bacias hidrográficas em que ela está inserida, bem como as referidas medidas de respostas existentes e potenciais. Para alcançar o objetivo pretendido, a pesquisa utilizou-se do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR). Após a montagem da respectiva matriz do Sistema, foram selecionados indicadores para caracterizar a sustentabilidade das bacias. Esses indicadores ajudaram a analisar a disponibilidade e a qualidade das águas superficiais da região estudada. A aplicação do modelo FPEIR mostrou que os mananciais das duas bacias que abastecem João Pessoa não estão sendo geridos sustentavelmente.

Palavras-chave: Recursos Hídricos. Indicadores. Sistema de Indicadores de Sustentabilidade.

Abstract

This study aimed to identify the sustainability of water resources use in João Pessoa – PB, Brazil. We identified the main driving forces, pressures, environmental state and impact on water resources exerted by this city in its water basins, as well as the respective measurements of existing and potential responses. To achieve the objective, this study used the Driver-Pressure-State-Impact-Response Sustainability Indicators System (DPSIR). After creating the respective matrix of the System, indicators were selected to characterize the sustainability of the basins. These indicators helped to analyze the availability and quality of surface waters in the studied region. The application of the DPSIR model demonstrated that the sources of the two basins supplying João Pessoa are not being managed sustainably.

Keywords: Water Resources. Indicators. Sustainability Indicators System.

Cibelle Mara Rezende Felinto – Engenheira Ambiental. Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Campina Grande.

Márcia Maria Rios Ribeiro – Engenheira Civil. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Professora do Departamento de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande.

Cybelle Frazão Costa Braga – Engenheira Civil. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Doutora em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande. Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba.

***Endereço para correspondência:** Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882 - Universitário, Campina Grande - PB, CEP 58429-900. E-mail: cibellemara.ambiental@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

A gestão integrada dos recursos hídricos pressupõe o uso sustentável das águas superficiais e subterrâneas, considerando o desenvolvimento de novas técnicas de apropriação e reaproveitamento das águas impróprias para o consumo (GRANEK et al., 2010; BAKKER, 2012). No Brasil, a Lei nº 9.433/1997 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) com os objetivos de: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”; “incentivar a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável”; bem como “a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais” (BRASIL, 1997).

O desenvolvimento sustentável pode ser mensurado por indicadores, e a Cúpula da Terra de 1992 reconheceu o papel importante que estes podem desempenhar na ajuda à tomada de decisões (CNUMAD, 1992; JUN et al., 2011). Os indicadores de sustentabilidade relacionados aos recursos hídricos podem considerar todos os fatores que influenciam a sustentabilidade da bacia hidrográfica, permitindo, assim, o detalhamento das características necessárias à análise da área (JUN et al. 2011; CAMPOS, 2013).

Um dos modelos mais usados para sistematizar problemas ambientais é o Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR ou DPSIR, Driver-Pressure-State-Impact-Response). O modelo PER foi baseado no modelo ER (Estresse-Resposta, SR em inglês), criado por Anthony Friend e David Rapport em 1979, pelo Statistics Canada. Esse modelo, por meio de uma matriz de indicadores, procura unir duas perspectivas de desenvolvimento consideradas opostas, a econômica e a ecologista. Essa matriz apresenta as relações

entre as perturbações no meio ambiente. Tais perturbações podem ser consideradas tensões, acarretando estresses que devem ser minimizados e/ou eliminados com algum tipo de resposta, seja essa uma lei, decreto ou até mesmo ações sociais (FRIEND & RAPPORT, 1979). De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1993), o modelo PER é baseado em um conceito de causalidade no qual as atividades humanas exercem pressões sobre o ambiente que mudam a sua qualidade e a quantidade dos recursos naturais ("Estado") e a sociedade responde a essas mudanças por meio de políticas ambientais, econômicas e setoriais ("resposta social").

O modelo PEIR é baseado na relação entre causa e efeito, uma vez que as atividades humanas exercem pressão sobre os recursos naturais, alterando o estado do meio ambiente em termos quantitativos e qualitativos. Assim o ambiente e, conseqüentemente, a sociedade, sofrem impactos; como respostas a esses impactos, a sociedade busca soluções para enfrentá-los, como leis, resoluções e ações sociais (PNUMA, 2007; LU et al., 2014).

A partir da estrutura PER/PEIR, a Agência Europeia de Meio Ambiente (EEA, 1999) desenvolveu o modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR), que é o mais completo da linhagem da metodologia ER. De acordo com essa Agência, esse modelo mostra as conexões entre as causas dos problemas ambientais, seus impactos e as respostas da sociedade de forma integrada.

Os componentes da matriz FPEIR, conforme a Agência Europeia de Meio Ambiente – EEA (1999) podem ser entendidos como:

Força Motriz: possui o intuito de descrever os desenvolvimentos sociais, demográficos e econômicos nas sociedades e as alterações correspondentes nos estilos de

vida, os níveis globais de padrões de consumo e produção.

Pressão: busca descrever a evolução da liberação de substâncias (emissões), agentes físicos e biológicos, a utilização de recursos e o uso do solo. As pressões exercidas pela sociedade são transportadas e transformadas em uma variedade de processos naturais que se manifestam em mudanças nas condições ambientais.

Estado: pretende dar uma descrição da quantidade e qualidade dos fenômenos físicos (como a temperatura), fenômenos biológicos (como unidades populacionais de peixes) e fenômenos químicos (tais como a concentração atmosférica de CO₂) em uma determinada área.

Impacto: tem como objetivo descrever os impactos sobre as funções sociais e econômicas sobre o meio ambiente tais como, o fornecimento de condições adequadas

para a saúde, a disponibilidade de recursos e a biodiversidade.

Resposta: refere-se às respostas por grupos (indivíduos) na sociedade, bem como as tentativas do governo para prevenir, compensar, melhorar ou adaptar-se às mudanças no estado do ambiente. Algumas respostas sociais podem ser consideradas como forças motrizes negativas, uma vez que procuram redirecionar as tendências prevaletentes nos padrões de consumo e produção. Outras respostas objetivam aumentar a eficiência dos produtos e processos, por meio de estímulo do desenvolvimento e a implantação de tecnologias limpas (EEA, 1999, p. 8 - 11).

É possível encontrar muitas aplicações do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR para analisar problemas ambientais distintos e, também, casos específicos no setor de recursos hídricos (Tabela 1).

Tabela 1: Aplicação do modelo FPEIR no setor de recursos hídricos.

Autores	Abordagem	Aplicação do Modelo FPEIR
Walmsley (2002)	Construiu uma estrutura para medir o desenvolvimento sustentável em sistemas de captação de água utilizando o quadro de indicadores FPEIR	O quadro FPEIR foi aplicado para identificar as questões-chave na gestão da captação na África do Sul, e desenvolver um conjunto de indicadores para avaliar as captações em todo o país.
Chung e Lee (2009)	Desenvolveram uma metodologia para avaliar a priorização de alternativas usando um modelo contínuo de simulação de quantidade/qualidade da água, bem como técnicas de tomada de decisão multicritérios.	Todos os critérios para o desenvolvimento do índice de avaliação alternativo foram selecionados com base no modelo FPEIR, com um conceito de avaliação da sustentabilidade.
Jun et al. (2011)	Desenvolveram um novo quadro para quantificar a vulnerabilidade espacial para a gestão sustentável dos recursos hídricos utilizando índices de vulnerabilidade hidrológicos.	Os autores aplicaram o modelo FPEIR na seleção de todos os indicadores apropriados de impactos das mudanças climáticas.
Sun et al. (2016)	Avaliaram a sustentabilidade da utilização da água e de forma abrangente as mudanças na sustentabilidade do sistema de recursos hídricos na cidade de Bayannur, com base no modelo FPEIR e no método do processo hierárquico analítico (AHP).	Com base nos indicadores estabelecidos pelo modelo FPEIR, avaliaram a sustentabilidade da utilização da água de uma forma mais ampla.
Pires et. al. (2017)	Avaliaram como os indicadores relacionados ao uso e gerenciamento de água se deparam com um conjunto de critérios de sustentabilidade.	Os indicadores foram classificados de acordo com a estrutura FPEIR e os subcomponentes desse quadro abordam questões diversas, buscando avaliar a vulnerabilidade humana no contexto das ameaças aos recursos hídricos.

Esta pesquisa objetivou realizar uma análise dos problemas de recursos hídricos na cidade de João Pessoa-PB, inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, com o uso do modelo FPEIR. Indicadores foram selecionados para identificar as principais forças motrizes, pressões, o estado do ambiente e impactos sobre os recursos hídricos na própria João Pessoa e bacias hidrográficas que abastecem aquela cidade. O estudo traz como resultado a construção da matriz FPEIR com os indicadores que mostram a situação das bacias em estudo, bem como as possíveis respostas para lidar com a situação.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

Localizada na porção oriental da Paraíba, João Pessoa tem uma área de 211,475 km², sendo 160,76 km² de área urbanizada e 49,69 km² com preservação ambiental. Teve uma população estimada de 791.438 habitantes em 2015 (IBGE, 2015).

A área dessa cidade está inserida 89,97% na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, na sub-região do Baixo Curso do rio Paraíba, que é uma das quatro divisões fisiográficas da bacia, mais especificamente na porção sedimentar costeira e 10,03% na Bacia Hidrográfica do rio Gramame. A sub-região da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, onde a cidade está inserida, é tida como a mais desenvolvida economicamente do Estado, possui grandes áreas agrícolas e intenso comércio na região metropolitana de João Pessoa (SOUZA et al., 2010). A Mata Atlântica é o principal bioma da área de estudo. O clima é do tipo mediterrâneo ou nordestino seco, com estação seca no verão e chuvas no inverno. A temperatura média é de 26°C. O primeiro semestre é o mais chuvoso, com uma média anual de 1.500 mm, variando entre 1.200 mm e 1.700 mm (PARAÍBA, 2006).

A cidade de João Pessoa é abastecida pelas duas bacias onde está inserida (Figura 1). Esse abastecimento é realizado, principalmente, pelos reservatórios Marés e Gramame-Mamuuba. Em breve receberá complementação pela adutora transli-torânea Abiaí-Popocas (PIRES, 2015).



Figure 1: Bacia do rio Paraíba, Região do Baixo Curso do rio Paraíba e Bacia do rio Gramame.

Fonte: Adaptado de Geo Portal AESA (2016)

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior bacia do Estado, sendo um importante sistema hidrográfico com grande área no semiárido brasileiro. Seja na sua parte semiárida ou litorânea, a bacia se apresenta com conflitos pelo uso da água. As demandas de água são referentes ao abastecimento urbano, indústrias, irrigação e turismo. Na Bacia Hidrográfica do rio Gramame está o principal reservatório flu-

vial da região litorânea do Estado, o Gramame-Mamuaba (PARAÍBA, 2006).

2.2 Percurso Metodológico

A estrutura do modelo contempla cinco etapas (Figura 2), que se constituem no percurso metodológico da pesquisa.

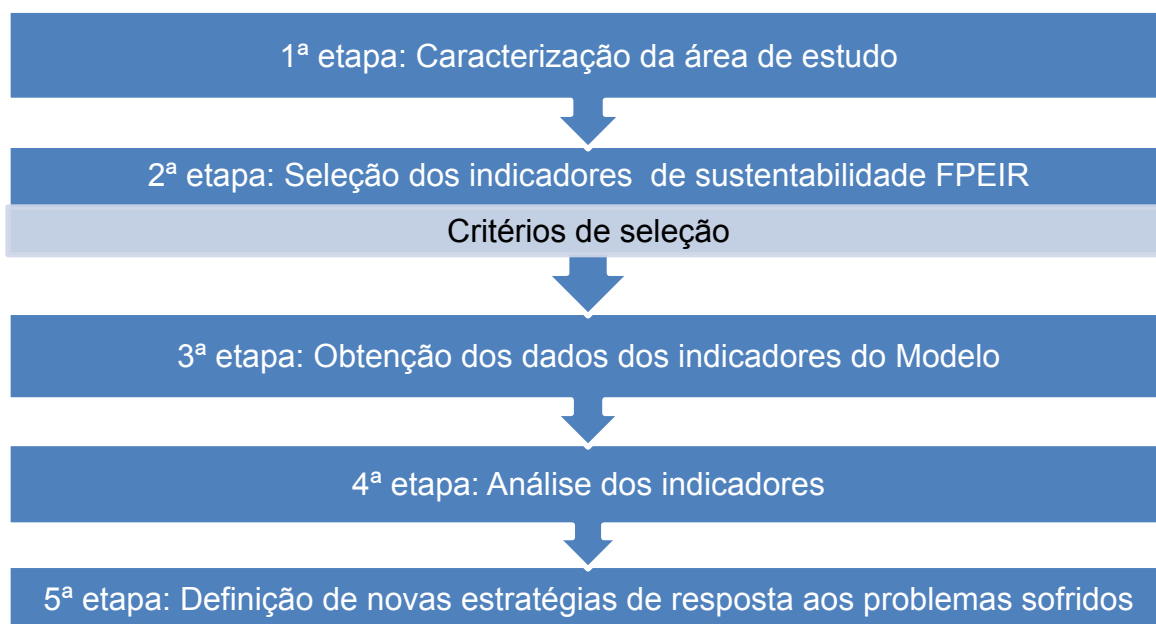


Figura 2: Estrutura do Percurso Metodológico

Na **1ª etapa**, foi realizada a caracterização socioeconômica de João Pessoa, com dados referentes à sua demografia e urbanização, e o uso dos recursos hídricos nos mais diferentes setores.

Na **2ª etapa**, foram selecionados os indicadores de sustentabilidade apoiando-se nos critérios definidos em OCDE (1993):

Com relação à relevância política e à utilidade para os usuários, um indicador ambiental deve:

- fornecer uma imagem representativa das condições ambientais, as pressões sobre o ambiente ou respostas da sociedade;
- ser simples, fácil de interpretar e capaz de mostrar as tendências ao longo do tempo;
- ser sensível às mudanças no ambiente e atividades humanas relacionadas;
- fornecer uma base para comparações internacionais;

- ser de âmbito nacional ou aplicável às questões ambientais regionais de importância nacional;
- ter um valor limiar ou de referência para compará-lo a fim de que os usuários sejam capazes de avaliar o significado dos valores associados.

Em relação à solidez analítica, um indicador ambiental deve:

- ser teoricamente bem fundado em termos técnicos e científicos;
- basear-se em normas internacionais e consenso internacional sobre a sua validade;
- prestar-se a estar ligado a modelos econômicos, previsão e sistemas de informação.

Com relação à mensurabilidade, os dados necessários para dar suporte ao indicador devem ser:

- prontamente disponíveis ou disponíveis em uma relação custo/benefício razoável;
- adequadamente documentados e de qualidade conhecida;
- atualizados em intervalos regulares, de acordo com procedimentos seguros (OCDE, 1993, p. 7).

Três desses critérios são considerados mais importantes na formulação de indicadores para a pesquisa: o fornecimento de uma imagem representativa das condições ambientais; a simplicidade e a facilidade de interpretação e a disponibilidade de dados de boa qualidade.

Nesta pesquisa, os indicadores foram organizados de acordo com o modelo sugerido pela Agência Europeia de Meio Ambiente - EEA (1999) em cinco dimensões: Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta. A esquematização desse modelo pode ser visualizada na Figura 3.

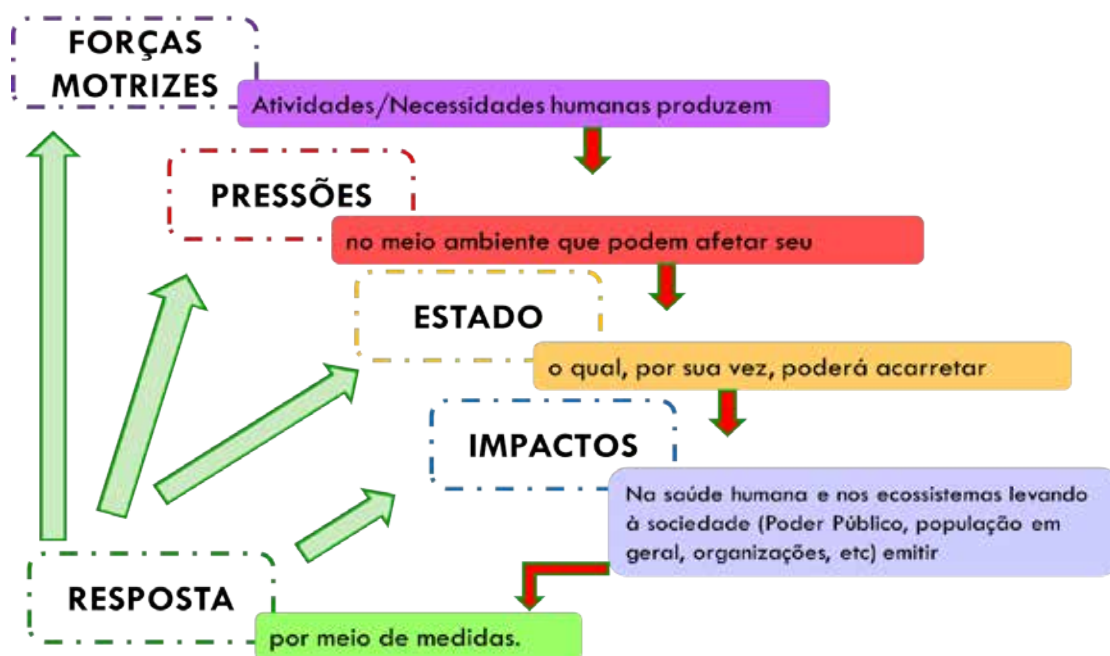


Figura 3: Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR)
 Fonte: OECD (1993); PNUMA (2004); AEE (1999).

A partir do indicador “estado” do modelo, foram selecionados os indicadores de pressão que interferem no estado, e as forças motrizes ou propulsoras para a ocorrência da pressão. Em seguida, foram selecionados os indicadores de impacto, mostrando quais os impactos sofridos decorrentes da força motriz e da pressão humana. Por último, foram selecionados os indicadores de resposta, contendo as medidas existentes para evitar, minimizar ou reparar os problemas ambientais. Tais respostas podem ser direcionadas para uma ou mais dimensões do modelo.

A obtenção dos dados encontra-se na 3ª etapa metodológica. Nesta foram consultados documentos municipais, regionais, nacionais, trabalhos científicos e órgãos gestores para a obtenção dos dados. Após essa coleta de dados, na

4ª etapa, os indicadores foram analisados, com o objetivo de verificar se a gestão dos recursos hídricos, na área de estudo, está sendo realizada de forma a promover a sustentabilidade da bacia, que é o objetivo principal da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Por último, na 5ª etapa, foram identificadas e sugeridas novas estratégias para solucionar ou minimizar os problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos na área de estudo.

2.3 Construção do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR

Considerando os três critérios citados anteriormente, foi construído o quadro FPEIR, mostrado na Figura 4.

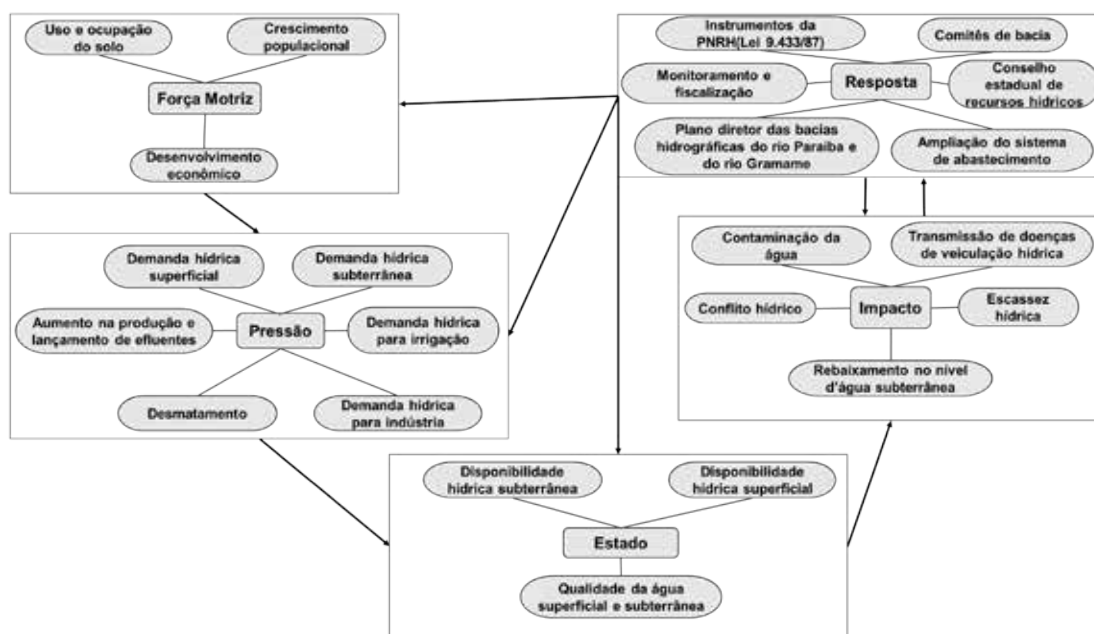


Figure 4: Dimensões com os respectivos indicadores que compõem o Sistema de Sustentabilidade Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta para o caso de estudo.

Após a construção do quadro, foi construída outra matriz, apresentada na Figura 5, tendo como ponto de partida o "estado". A partir do indicador de estado, foram selecionados indicadores de pressão, força motriz ou propulsora para a ocor-

rência de pressão e indicadores de impacto, que identificam quais são os impactos decorrentes da força motriz e pressão humana. Finalmente foram selecionados indicadores de resposta, contendo as medidas existentes para evitar, minimizar ou remediar problemas ambientais.

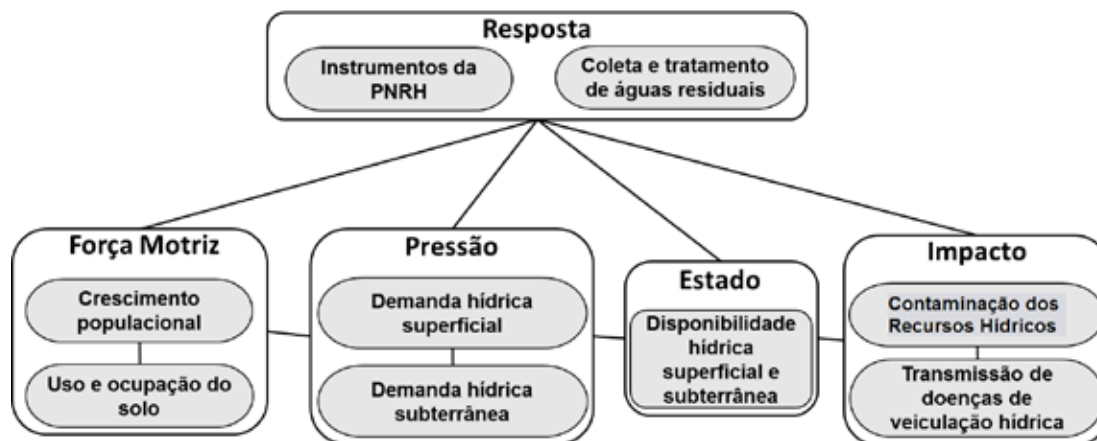


Figura 5: Matriz FPEIR para a dimensão estado "disponibilidade hídrica superficial e subterrânea".

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Indicador de Força Motriz

3.1.1 Crescimento populacional

A população da cidade de João Pessoa cresceu de 597.937 para 723.515 habitantes, no ano de 2000 para o de 2010, sendo 720.785 da zona urbana e 2.730 da zona rural. Teresina, capital do Piauí, e Aracaju, capital do Sergipe, são capitais de mesmo porte de João Pessoa.

Analisando o aumento da população urbana e rural dessas cidades para os anos de 1980,

1991, 2000, 2010 e 2015, pode-se observar que a população urbana de João Pessoa aumentou cerca de 120% nos últimos 30 anos, a de Teresina, cerca de 126%, e a de Aracaju, cerca de 98%. Assim, a capital João Pessoa apresenta um crescimento similar ao de outras capitais do mesmo porte no Brasil.

A capital paraibana possui uma densidade demográfica de 3.421,28 hab/km² e apresenta uma taxa de crescimento decrescente, que pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2: Taxa de crescimento populacional interanual de João Pessoa.

Cidade	1980 – 1991	1991 - 2000	2000 – 2010
João Pessoa	3,81%	2,06%	1,92%

Fonte: IBGE - Censo Demográfico (1980; 1991; 2000; 2010).

Considerando a Tabela 2, verifica-se que a taxa de crescimento entre 1980 e 1991 aponta para um crescimento mais intenso, com uma taxa superior a 3%. Em contrapartida, na última década, essa taxa foi reduzida para quase a metade. A redução na intensidade de crescimento da população da capital paraibana indica uma condição favorável para a sustentabilidade das bacias na qual a cidade está inserida, visto que um crescimento menos acelerado possibilita aos órgãos gestores tempo e condição para planejar o espaço ocupacional.

3.1.2 *Uso e ocupação do solo*

O Plano Diretor da cidade de João Pessoa é instrumento estratégico para orientar o desempenho dos agentes públicos e privados na produção e gestão do espaço urbano. Ele tem como objetivo garantir o desenvolvimento integrado das funções sociais da cidade, assegurando o uso socialmente justo da propriedade e do solo urbano e preservar, em todo o seu território, os bens culturais, o meio ambiente, bem como, promover o bem-estar da população (JOÃO PESSOA, 2009).

O município de João Pessoa teve a sua área territorial detalhada pelo Relatório Final: Estudo 3 - Crescimento Urbano, do Plano de Ação Sustentável de João Pessoa (JOÃO PESSOA, 2014). Nele foram identificadas áreas homogêneas de crescimento e de classes de análise que forneceram uma classificação do uso e ocupação do solo real. Assim, o município foi dividido em duas áreas integradas: aquelas que são formadas por áreas urbanas e as demais, formada por áreas não urbanas.

De acordo com este Relatório, 70% do território de João Pessoa, cerca de 15.885,17 ha, consiste em áreas urbanas. Destas, 63% são áreas residenciais e 23% são áreas verdes. O restante de 30% do território, cerca de 6.845,89 ha, é composto por áreas não-urbanas, com 3019,48 ha formados por áreas rurais para o desenvolvimento da agricultura.

Nos anos de 1991, 2000 e 2010, a expansão da área urbana foi constante nas porções norte, oeste e central (SOUZA et al., 2016). Em muitas cidades, a expansão da área urbana é feita sem planejamento e de forma inadequada. Isso compromete a sustentabilidade da área, já que muitas vezes a população habita lugares perto de cursos de água, o que pode afetar a qualidade e, respectivamente, a sua quantidade. João Pessoa não foge dessa realidade na medida em que tem habitação inadequada perto do rio Jaguaribe, alternando seu curso de água, bem como a sua qualidade.

3.2 Indicador de Pressão

3.2.1 *Demanda superficial*

A cidade de João Pessoa demanda água, principalmente, de duas bacias diferentes: da Bacia Hidrográfica do rio Gramame e da Região do Baixo Curso do rio Paraíba (RBCRP). Para calcular a vazão de demanda de água superficial, apresentada na Tabela 3, foram consideradas as destinadas aos usuários outorgados, com outorga em andamento e aqueles que apresentam outorga vencida. Essas vazões são destinadas ao abastecimento, irrigação, aquicultura, comercial, industrial e descarga de efluentes.

Tabela 3: Demanda de água superficial outorgada e cadastrada.

Cidades abastecidas pelas bacias Gramame e RBCRP	Número de usuários cadastrados e outorgados (2015)		Demanda atendida por água subterrânea 2015 (m ³ /ano)	
	Gramame	RBCRP	Gramame	RBCRP
João Pessoa	43	102	162.053.608,11	142.531.961,30
Outras cidades	93	297	28.517.441,66	183.178.589,05
Total	136	399	190.571.049,77	325.710.550,35

Fonte: AESA (2015). RBCRP = Região do Baixo Curso do Rio Paraíba.

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar que a cidade de João Pessoa tem a maior demanda de água. Cerca de 85% da água retirada da Bacia Hidrográfica do rio Gramame destinam-se a satisfazer a demanda de João Pessoa; o restante é destinado às outras seis cidades que são subsidiadas por ela.

Em relação à Região do Baixo Curso do rio Paraíba, a cidade de João Pessoa requer 43,7% da demanda de água dessa região para satisfazer as suas necessidades. Os outros 56,3% são destinados ao atendimento da demanda das outras 26 cidades que são abastecidas por essa região.

Do valor total de 304.585.569,41m³/ano que são retirados das duas bacias para subsidiar as necessidades de João Pessoa, 80.633.224,20 m³/ano se destinam ao abastecimento.

De acordo com Naime (2010), cerca de 80% da água de abastecimento é transformada em esgoto sanitário. Partindo dessa premissa, é possível inferir que 64.506.579,36 m³/ano da água retirada pelos usuários de João Pessoa para abastecimento são transformados em esgoto.

3.2.2 Demanda Hídrica Subterrânea

A água subterrânea para abastecer a cidade de João Pessoa é retirada de poços localizados em diferentes pontos nas duas bacias que abastecem a cidade. Na Tabela 4 tem-se, para João Pessoa e demais cidades da região abastecidas pela Bacia do rio Gramame e pela Região do Baixo Curso do Rio Paraíba, os usuários cadastrados naquelas bacias e suas respectivas demandas que são atendidas por água subterrânea.

Tabela 4: Número de usuários cadastrados e outorgados e suas respectivas demandas hídricas atendidas por água subterrânea.

Cidades abastecidas pelas bacias Gramame e RBCRP	Número de usuários cadastrados e outorgados (2015)		Demanda atendida por água subterrânea 2015 (m ³ /ano)	
	Gramame	RBCRP	Gramame	RBCRP
João Pessoa	76	601	15.459.127,26	38.138.432,05
Outras cidades	63	179	3.531.003,50	5.510.630,45
Total	139	780	18.990.130,76	43.649.062,50

Fonte: AESA (2015). RBCRP = Região do Baixo Curso do Rio Paraíba.

Ainda que o volume anual superficial seja maior que o subterrâneo, este apresenta um maior número de usuários nas duas bacias que abastecem João Pessoa. Cerca de 50% dos usuários da Bacia do rio Gramame se utiliza de água subterrânea, sendo que João Pessoa retira 81% do volume anual dessa bacia. O volume retirado pelos usuários outorgados é de 15.265.455,70 m³/ano. O valor de 193.671,56 m³/ano se refere ao volume dos usuários com outorga em andamento. A bacia não apresenta nenhum usuário de água subterrânea com outorga vencida (AESAs, 2015). Assim sendo, a vazão subterrânea demandada é a soma das vazões requeridas pelos usuários outorgados e com outorga em andamento.

Quanto aos usuários subterrâneos da RBCRP, 66% são de João Pessoa. Esses retiram cerca 87% do volume anual desta Bacia. Desse volume, 35.850.337,97 m³/ano é retirado pelos usuários outorgados; 2.279.334,08 m³/ano, pelos usuários com outorga em andamento, e 8.760,00 m³/ano, pelos usuários com outorga vencida.

3.3 Indicador de Estado

3.3.1 Disponibilidade hídrica superficial

A disponibilidade hídrica superficial máxima representa, em volume ou vazão, a maior fração do potencial fluvial que pode ser disponibilizada para uso (PARAÍBA, 2006). O Plano Estadual de Recursos Hídricos adotou como disponibilidade máxima para a Bacia do rio Paraíba o valor de 40% do potencial fluvial. Para a Bacia do rio Gramame, a disponibilidade máxima foi adotada como 50% do potencial fluvial.

A Tabela 5 apresenta um balanço hídrico negativo, pois a demanda foi superior à disponibilidade máxima das bacias em estudo, o que reflete negativamente para a sua manutenção sustentável.

Tabela 5: Disponibilidade máxima superficial, demanda hídrica e balanço hídrico para 2015.

Bacias	Disponibilidade máxima (m ³ /ano)	Demanda 2015	RBCRP
Gramame	179.760.000	190.571.049,77	-10.811.049,77
RBCRP	317.570.000	325.710.550,35	-8.140.550,35
Total	497.330.000	516.281.600,12	-18.951.600,12

Fonte: Paraíba (2006); AESA (2015).

O balanço hídrico deficitário apresentado na Tabela 5 tem consequências, também, para o aspecto qualitativo das bacias estudadas. A redução das vazões dos rios provoca uma menor capacidade de autodepuração para os corpos hídricos envolvidos.

3.3.2 Disponibilidade hídrica subterrânea

A Tabela 6 mostra um balanço hídrico positivo. A demanda atendida por água subterrânea foi in-

ferior à disponibilidade máxima subterrânea oferecida pelas bacias. Entretanto, como os dados do PERH-PB (PARAÍBA, 2006) são antigos, não é possível inferir sobre as atuais condições de disponibilidade hídrica das bacias em estudo. Isso ressalta a necessidade da atualização periódica desses dados.

Tabela 6: Disponibilidade máxima subterrânea e demanda hídrica de 2015.

Bacias	Disponibilidade máxima (m ³ /ano)	Demanda 2015	RBCRP
Gramame	67.960.080	18.990.130,76	48.969.949,24
RBCRP	60.013.008	43.649.062,50	16.363.945,50
Total	127.973.088	62.639.193,26	65.333.894,74

Fonte: PARAÍBA, (2006); AESA, (2015).

3.4 Indicador de Impacto

3.4.1 Contaminação dos Recursos Hídricos

Os recursos hídricos das bacias estudadas mostram alteração na sua qualidade. Alguns rios da RBCRP sofrem com a interferência das atividades antrópicas, principalmente pela urbanização desordenada e pelo lançamento clandestino de esgotos sanitário, doméstico e industrial. Um exemplo dessa degradação é o rio Cuiá, que anteriormente era enquadrado na classe 1 e 2, segundo a resolução CONAMA 357/2005 que classifica as águas superficiais doces, salobras e salinas do Território Nacional, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes.

Medeiros (2012) analisou a qualidade da água do rio Cuiá, após comparar com os limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005, concluiu que o rio possui uso limitado por estar na classe 4, podendo ser utilizado principalmente para harmonia paisagística e navegação. As águas subterrâneas da RBCRP demonstraram comprometimento da sua qualidade e essa contaminação se dá, principalmente, pela presença de coliformes totais e *Escherichia coli* nas águas dos poços (MEDEIROS, 2012). Essa contaminação impede o seu uso para consumo humano sem tratamento adequado.

A bacia do Rio Gramame vem sendo degradada com o lançamento de efluentes das fábricas do distrito industrial de João Pessoa desde a década de 80. Esses efluentes e seus componentes químicos, dentre os quais alguns metais pesados, somados aos efluentes domésticos, seriam

os maiores responsáveis pela degradação desse ecossistema (GARCIA et al., 2008).

Lira (2011), utilizando os dados da SUDEMA-PB em 2010, avaliou a qualidade da água dos rios Gramame, Mumbaba e Mussuré. Esses rios são afetados pelas cargas poluidoras, oriundas principalmente do Distrito Industrial. O riacho Mussuré, por atravessar o Distrito Industrial de João Pessoa, recebe sua carga poluidora. O rio Mumbaba e o rio Gramame, a jusante do reservatório Gramame-Mamuaba, sofrem degradação da sua qualidade ao entrar em contato com o riacho Mussuré, mudando o seu enquadramento de classe 2 para a classe 3.

Em relação às águas subterrâneas, de acordo com Targino (2012), os valores de nitrato encontrados nos poços acima do máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde são reflexos da utilização excessiva de agrotóxicos e fertilizantes à base de nitrogênio, principalmente os utilizados no cultivo de cana-de-açúcar e abacaxi. Tais poços estão localizados na Região do Alto Curso da Bacia do rio Gramame, no qual a utilização desses produtos é mais intensa (TARGINO, 2012). Esses produtos entram em contato com as águas superficiais por escoamento e/ou infiltração e acabam por atingir o lençol subterrâneo. Dessa forma, a contaminação da Bacia do rio Gramame ocorre devido aos processos industriais e às atividades agrícolas desenvolvidas na área ou na região próxima à bacia. Assim, esse indicador mostra que é necessário que as autoridades e órgãos competentes monitorem a qualidade da água e desenvolvam medidas para a sua melhoria.

3.4.2 Transmissão de doenças de veiculação hídrica

A DATASUS (dados de 2010 a 2015) registrou na cidade de João Pessoa casos de doenças de veiculação hídrica como a febre tifoide e paratifoide,

de, diarreia e gastroenterite, amebíase e cólera. Não há informações sobre a giardíase e hepatite A. A Figura 6 mostra os casos registrados em João Pessoa de doenças de veiculação hídrica de janeiro de 2010 a novembro de 2015.

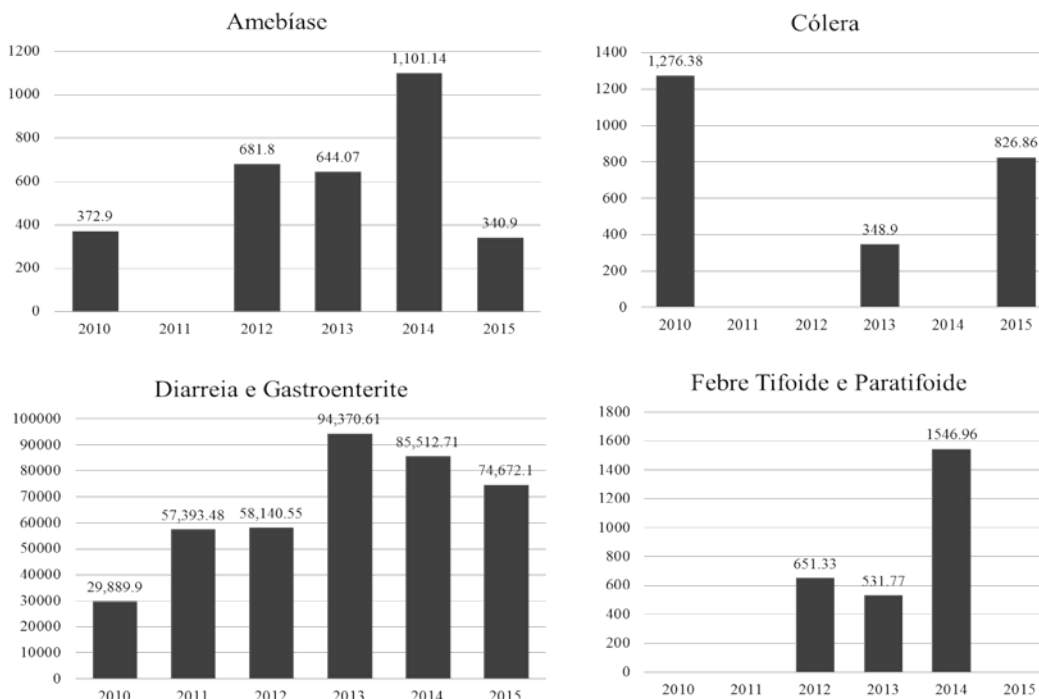


Figura 6: Número de casos registrados de doenças de veiculação hídrica
 Fonte: DATASUS, 2010 a 2015.

A DATASUS não apresenta o número de ocorrências dessas doenças em alguns anos, principalmente no ano de 2011, como se pode visualizar na Figura 6. João Pessoa apresentou um maior número de ocorrência das doenças amebíase e a febre tifoide e paratifoide no ano de 2014, sendo que a amebíase apresentou uma grande redução em 2015. Ambas as doenças são transmitidas pelas descargas do intestino que contaminam as mãos, as roupas e os alimentos, e se são lançadas sem tratamento em corpos d'água podem contaminá-los e, assim, infectar outras pessoas.

A população de João Pessoa apresentou um maior número de casos de diarreia e gastroenterite no ano de 2013, tendo uma leve redução nos anos seguintes. A incidência dessas doenças é maior em locais onde a população não tem acesso à água encanada e tratamento, rede de esgoto, e/ou destino adequado para os resíduos sólidos.

João Pessoa, apesar de ter apresentado uma redução na ocorrência desses casos nos anos de 2010 para 2013, registrou aumento de casos em 2015. Isso pode ter ocorrido devido a um déficit na qualidade dos serviços básicos de saneamento, uma

vez que os efluentes domésticos, se lançados nos corpos receptores sem tratamento, podem contaminá-los e infectar os seus usuários.

A incidência desses casos pode servir como um indicador da qualidade de saneamento básico da cidade. A deficiência do sistema de abastecimento de água faz os usuários buscarem por outras fontes de água de qualidade duvidosa. Para esse aspecto, a região se mostra com baixo grau de sustentabilidade.

3.5 Indicador de Resposta

3.5.1 Instrumentos da PNRH

Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH)

O PERH foi conduzido pela AESA, sendo iniciado em 2003 e concluído 2006. O plano é um instrumento muito importante para a gestão dos recursos hídricos. O PERH-PB apresentou diagnóstico, considerou as vocações e potencialidades das bacias hidrográficas, estabeleceu cenários de planejamento assim como definiu programas (PARAÍBA, 2006).

Enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água

O enquadramento é outro instrumento de gestão da PNRH de 1997. Ele estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo, buscando, assim, assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água necessária para desenvolver as suas atividades em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. O enquadramento busca “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes” (BRASIL, 1997, Art. 9º).

A proposta de enquadramento dos corpos d'água deve ser feita mediante estudos dos critérios estabelecidos nas resoluções CONAMA nº 357/2005, alterada pela Resolução nº 410/2009 e pela nº 430/2011 para as águas superficiais. Deve considerar, também, as resoluções CONAMA nº 396/2008 e CNRH nº 91/2008, para as águas subterrâneas.

Na Paraíba, é a SUDEMA (Superintendência de Administração do Meio Ambiente), vinculada à SERHMACT (Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente, e da Ciência e Tecnologia), a entidade responsável pelo enquadramento dos rios de domínio do estado. O mapa atual de enquadramento dos corpos hídricos do estado da Paraíba foi construído em 2013 com a participação da AESA.

Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos

A outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos é um instrumento no qual o poder público confere ao interessado, seja público ou privado, o direito de usar privativamente os recursos hídricos. Esse instrumento tem por objetivo garantir o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água pela população (BRASIL, 1997).

As outorgas podem ser concedidas em nível estadual para corpos hídricos de domínio do Estado e em nível federal para corpos hídricos de domínio da União. A ANA (Agência Nacional de Águas) é o órgão expedidor da outorga de direitos de uso em corpos hídricos de domínio da União. No caso do estado da Paraíba, a AESA é o órgão que confere a outorga ao usuário de água, sendo definida na Lei nº 6.308/96 (alterada pela Lei nº 8.446/07) e regulamentada pelo Decreto Estadual nº 19.260/97.

Quanto às prioridades de uso, para concessão da outorga, em seu artigo 12, o Decreto estabelece a seguinte ordem: o abastecimento doméstico, resultante de um serviço específico de fornecimento da água; o abastecimento coletivo especial, compreendendo hospitais, quartéis, presídios, colégios, etc.

[Cobrança pelo uso de recursos hídricos](#)

A cobrança pelo uso da água bruta tem por objetivo “reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor, incentivar a racionalização do uso da água” e, além disso, “obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos” (BRASIL, 1997, art. 19).

Em 2008, os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs) das bacias em estudo (CBH-PB e CBH-Litoral Sul) assinaram as suas deliberações sobre a cobrança pelo uso da água bruta definindo critérios, mecanismos e valores a serem cobrados. O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), com base nas deliberações dos comitês estaduais, emitiu a Resolução CERH nº 11/11 sobre a cobrança. Em seguida foi encaminhada à Casa Civil, a proposta de Decreto para regulamentação da cobrança pelo uso da água bruta de domínio do Estado da Paraíba (AESA, 2011; RIBEIRO, 2012). Esse Decreto foi aprovado em 14 de dezembro de 2012 (Decreto Estadual nº 33.613/12).

[3.5.2 Coleta e tratamento das águas residuais e outras medidas](#)

A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA é responsável pelo tratamento dos efluentes domésticos de João Pessoa. Esse tratamento busca remover material sólido, exterminar microrganismos patogênicos e reduzir as substâncias químicas, diminuindo, assim, o risco de contaminação nos corpos receptores pelo lançamento desses efluentes. A Figura 7 mostra o volume de água consumido e o volume de esgoto coletado e tratado pela CAGEPA no município de João Pessoa.

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, a cidade de João Pessoa apresentou, no ano de 2013, uma proporção de esgotos coletados e tratados de 59,12%. Já em 2014, esse valor aumentou para 66,86%. Dessa forma, 40,88% de esgoto gerado, para o ano de 2013 e recentemente 33,14% em 2014, são lançados in natura nos corpos de água receptor.

O sistema de esgotamento sanitário de João Pessoa está dividido entre a Bacia do Paraíba, no Baixo Curso, que recebe cerca de 70% do esgoto produzido na cidade, e na Bacia do rio Paratibe/Cuiá, que atende os 30% restantes. Dessa forma, a bacia responsável por parte da demanda também é a que recebe seus efluentes, estando estes relacionados à degradação da qualidade dos seus mananciais.

Essa situação aponta fatores negativos para a sustentabilidade das bacias em foco, uma vez que o esgoto é um grande agente poluidor de água, tanto superficial como subterrânea. A qualidade da água subterrânea, uma vez degradada, é de difícil recuperação.

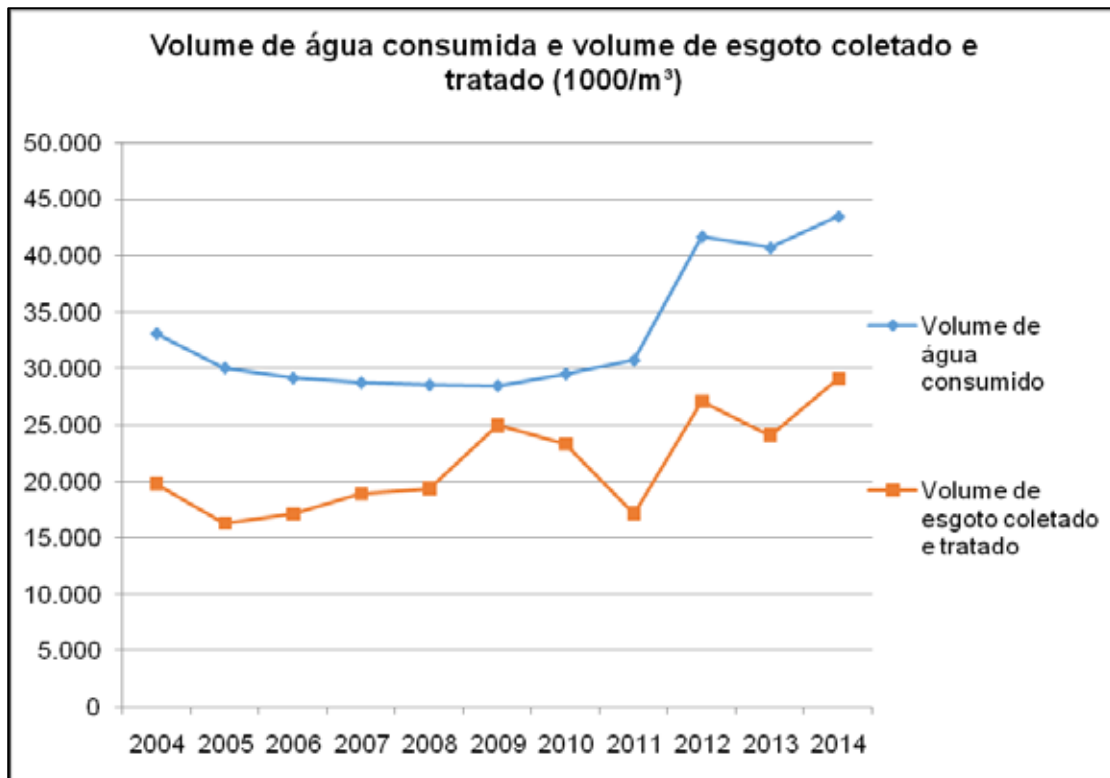


Figura 7: Volume de água consumida, volume de esgoto coletado e tratado em João Pessoa em 10 anos.

Fonte: SNIS (2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014).

Os dados mostram que essa resposta não é satisfatória para a sustentabilidade da bacia, já que apenas cerca de 66% do esgoto gerado é coletado e tratado. É necessário melhorar o processo de coleta e tratamento das águas residuais, ampliando o sistema de esgotamento sanitário, em busca de reduzir o volume de esgoto lançado sem tratamento no corpo receptor. Nesse contexto, algumas medidas podem ser citadas: gestão da demanda de água, controle de perda e ligações clandestinas, medição individualizada do consumo de água, uso de fontes alternativas de abastecimento.

3.6 Sugestão de Medidas de Resposta

A referida pesquisa limitou-se a sugerir medidas de resposta voltadas apenas aos recursos hídricos especificamente. Nesta, foram sugeridas seis

medidas de resposta (listadas abaixo), sendo que as três primeiras medidas de resposta sugeridas buscam reduzir os problemas dos recursos hídricos em termos quantitativos e qualitativos e as outras três medidas de resposta procuram minimizar e/ou evitar os problemas referentes aos recursos hídricos.

- Manutenção dos sistemas de abastecimento;
- Realizar estímulos fiscais para redução de consumo de água e adoção de novos instrumentos tecnológicos;
- Ampliação do sistema de esgotamento sanitário;
- Melhorar e executar a fiscalização, controlando as vazões outorgadas;

- Aplicação dos instrumentos de gestão estabelecidos pela Lei Nacional nº 9.433/1997 e Lei Estadual nº 6.308/1996; e
- Promoção da educação ambiental nas escolas.

4 CONCLUSÃO

A gestão eficiente dos recursos hídricos é primordial para garantir água de boa qualidade e em quantidade suficiente para atender às necessidades da população das bacias hidrográficas. Essa garantia é um fator limitante no processo de planejamento e desenvolvimento urbano sustentável. Para promover tal gestão, os tomadores de decisão precisam de suporte, o qual pode ser provido por meio de ferramentas e tecnologias. A utilização de um sistema de indicadores de sustentabilidade como o FPEIR, foco desta pesquisa, é uma ferramenta que pode ser utilizada como suporte à decisão dos gestores, uma vez que permite a obtenção e agregação de informações.

A metodologia aplicada, Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR, fornece uma abordagem mais ampla do que a PER e PEIR, uma vez que permite uma visão dos problemas ambientais por cinco dimensões diferentes. Utilizando essa ferramenta, foi possível identificar as principais forças motrizes e as pressões exercidas pelas atividades humanas na área de estudo; verificar o estado atual dos recursos hídricos; identificar os impactos sobre tais recursos (nas suas fases, superficial e subterrânea) e constatar as respostas existentes aos impactos identificados. Esse modelo auxiliou, também, na definição de novas estratégias de resposta aos problemas da bacia.

De acordo com a análise dos resultados, pode-se verificar que os indicadores de uso e ocupação do solo e demanda hídrica superficial exercem alta pressão sobre os recursos hídricos das bacias em estudo. Uma vez que afetam, principalmente, a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos.

Há, por exemplo, desequilíbrio do balanço entre oferta de águas superficiais e demanda.

Em relação ao estado da bacia, ela apresenta uma disponibilidade superficial inferior à demandada. Tal situação age como força propulsora para a degradação da qualidade da água nos mananciais, já que, quanto menor a vazão, menor a capacidade de depuração. Isso pode provocar a contaminação pelo lançamento de esgoto, o que leva ainda, à geração de conflitos. A disponibilidade subterrânea mostra-se suficiente para subsidiar as demandas exigidas.

A dimensão impacto indica que os recursos hídricos estão sofrendo com a contaminação. Essa situação é motivo de preocupação, pois afeta a sustentabilidade das bacias, já que esse recurso está sofrendo redução da quantidade e qualidade.

O indicador de coleta e tratamento de águas residuais surge como resposta aos problemas causados pelo lançamento de efluente nos corpos d'água receptores. Há a necessidade de expansão e melhoramento no tratamento dos efluentes.

Após a aplicação do sistema de sustentabilidade FPEIR, pode-se verificar que a população de João Pessoa exerce notável pressão sobre os recursos hídricos das bacias em estudo em ambos os aspectos: qualitativo e quantitativo. Evidencia-se a necessidade de serem executadas ações que possam reverter essa situação. Algumas dessas ações, as respostas, foram discutidas neste artigo.

5 AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi desenvolvida no âmbito do Projeto BRAMAR (financiado pela FINEP/CT-HIDRO e, também, com apoio do CNPq). A primeira autora recebeu bolsa de estudos da CAPES para realizar mestrado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG. As autoras agradecem a todas as instituições mencionadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Arquivo shapefile**. <<http://www.aesa.pb.gov.br/geoprocessoamento/geoportall/shapes.html>>. Acesso em: mai. 2016.
- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Cobrança pelo uso da água bruta no Estado da Paraíba**, 2011.
- AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Dados dos usuários cadastrados da Bacia Hidrográfica do rio Gramame e da Região do Baixo Curso do rio Paraíba de novembro de 2015**. João Pessoa, 2015.
- BAKKER, K. Water security: research challenges and opportunities. *Science*, v. 337, n. 6097, p. 914-915, 2012.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**: institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, 1997.
- CAMPOS, M. V. C. V.; RIBEIRO, M. M. R.; VIEIRA, Z. C. L. A gestão de recursos hídricos subsidiada pelo uso de indicadores de sustentabilidade. *Revista Brasileira de Recursos*, v.19, n. 2, p. 209-222, 2013.
- CHUNG, E. S.; LEE, K. S. Prioritization of water management for sustainability using hydrologic simulation model and multicriteria decision making techniques. *Journal of Environmental Management*, v. 90, p.1502-1511, 2009.
- CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21 global**: capítulo 40 - informação para a tomada de decisões. 1992. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>>. Acesso em: jul 2015.
- DATASUS - Tecnologia da Informação a Serviço do SUS. **Número de casos registrados pelo SUS em João Pessoa de doenças de veiculação hídricas**, 2015. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/nrPB.def>>. Acesso em: dez. 2015.
- EEA - **European Environment Agency. Environmental indicators: Typology and overview**. Technical report N° 25. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 1999.
- FRIENDS, A; RAPPORT, D. **Towards a comprehensive framework for environmental statistics: a stress-response approach**. [S. l.]: Statistics Canada, 1979.
- GARCIA, L.; NUNES, E. M.; CORDEIRO, A. M. R.; MONTEIRO, L. L. C. Os efeitos da contaminação do rio Gramame na vida e na dinâmica das comunidades tradicionais e remanescente de quilombos. In: **Anais do Conhecimento Em Debate João Pessoa: UFPB**. 2008. Versão eletrônica.
- GRANEK, E. F.; et al. Ecosystem services as a common language for coastal ecosystem-based management. *Conservation Biology*, v. 24, p. 207-216, 2010.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados censitários, 1980, 1991, 2000, 2010**. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=6&uf=00>>. Acesso em: out. 2015.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada 2015**. IBGE- DPE-COPIS, 2015.
- JOÃO PESSOA. **Plano de Ação João Pessoa Sustentável**. Diagnóstico: mudanças climáticas, riscos naturais e crescimento urbano em cidades emergentes sustentáveis – Estudo 3: Crescimento Urbano, 2014.
- JOÃO PESSOA. **Plano diretor da cidade de João Pessoa – PB**, 2009.
- JUN, K. S.; CHUNG, E.; SUNG, J.; LEE, K. S. Development of spatial water resources vulnerability index considering climate change impacts. *Science of the Total Environment*, v. 409, p. 5228-5242, 2011.
- LIRA, N. B. **Relação entre a precipitação pluviométrica e a qualidade de água da bacia do rio Gramame**, 2011.44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, 2011.
- LU X. C.; ZHANG J. Q.; LI X. Z. Geographical information system-based assessment of ecological security in Changbai mountain region. *Journal of Mountain Science*, v. 11 n.1, p. 86-97, 2014.
- MEDEIROS, C. M. **Proposta para o enquadramento das águas subterrâneas na bacia sedimentar do baixo curso do rio Paraíba**, 2012. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal De Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2012.
- NAIME, R. **Metodologia básica de elaboração de estudos de saneamento básico municipal**: Conceitos básicos, procedimentos unitários e processos de gestão integrada. São Leopoldo, 2010.
- OCDE - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico. **OECD core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment**. Environment monographs, 1983. Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico, Paris, 1993.
- PARAÍBA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-PB)**. Relatório Final, 2006.
- PIRES, A. L. **Análise da vulnerabilidade ambiental de bacias hidrográficas do litoral sul Paraibano**, 2015. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, 2015.

PIRES, A.; MORATO, J.; PEIXOTO, H.; BOTERO, V.; ZULUAGA, L.; FIGUEROA, A. Sustainability assessment of indicators for integrated water resources management. **Science of the Total Environment**, v. 578, P. 139-147, 2017.

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Metodologia para a elaboração de relatórios GEO Cidades: Manual de Aplicação**. México: PNUMA/ UN-Habitat/MMA/ISER// IBAM/REDEH, 2004.

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Projeto Geo Cidades: relatório ambiental urbano integrado - Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: PNUMA/MMA/IBAM/ISER/REDEH, 2007.

RIBEIRO, M. A. F. M. **Participação pública em gestão de recursos hídricos: Uma análise do caso Paraibano**, 2012. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal De Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2012.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos, (2004-2014)**. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>>. Acesso em: ago. 2015.

SOUZA, J. A.; RIBEIRO, M. M. R.; VIEIRA, Z. M. C. L. Gestão das águas subterrâneas no estado da paraíba: proposta de modelos de cobrança. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.15, p.121-132, 2010.

SOUZA, J. F.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa - PB. **Revista Ambiente Construído**. v. 16, n.1, 2016.

SUN, S.; WANG, Y.; LIU, J.; CAI, H.; WU, P.; GENG, Q.; XU, L. Sustainability assessment of regional water resources under the DPSIR Framework. **Journal of Hydrology**, v. 532, p. 140-148, 2016.

TARGINO, D. F. **Análise espaço-temporal da qualidade da água subterrânea da Bacia do rio Gramame/PB**, 2012.128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, 2012.

WALMSLEY, J. J. Framework for measuring sustainable development in catchment **Systems. Environmental Management**, v. 29, n. 2, p. 195-206, 2002.