



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS - CTRN  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E  
AMBIENTAL

**APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE  
SUSTENTABILIDADE FORÇA MOTRIZ-PRESSÃO-ESTADO-  
IMPACTO-RESPOSTA (FPEIR) PARA A GESTÃO DE RECURSOS  
HÍDRICOS EM JOÃO PESSOA-PB**

**CIBELLE MARA REZENDE FELINTO**

Campina Grande - PB  
Maio - 2016

**CIBELLE MARA REZENDE FELINTO**

**APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE  
SUSTENTABILIDADE FORÇA MOTRIZ-PRESSÃO-ESTADO-  
IMPACTO-RESPOSTA (FPEIR) PARA A GESTÃO DE RECURSOS  
HÍDRICOS EM JOÃO PESSOA-PB**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para a obtenção do título de mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

MÁRCIA MARIA RIOS RIBEIRO  
Orientadora

CYBELLE FRAZÃO COSTA BRAGA  
Co-orientadora

Campina Grande - PB  
Maio - 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

F315a

Felinto, Cibelle Mara Rezende.

Aplicação do sistema de indicadores de sustentabilidade força motriz-pressão-estado-impacto-resposta (FPEIR) para a gestão de recursos hídricos em João Pessoa-PB / Cibelle Mara Rezende Felinto. – Campina Grande-PB, 2016.

94. il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Márcia Maria Rios Ribeiro, Profa. Dra. Cybelle Frazão Costa Braga".

Referências.

1. Gestão de Recursos Hídricos. 2. Indicadores. 3. Sistema de Indicadores. 4. Modelo FPEIR. I. Ribeiro, Márcia Maria Rios. II. Braga, Cybelle Frazão Costa. III. Título.

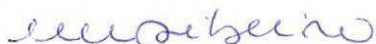
CDU 628.1(043.3)

**CIBELLE MARA REZENDE FELINTO**

**APLICAÇÃO DO SISTEMA DE INDICADORES DE  
SUSTENTABILIDADE FORÇA MOTRIZ-PRESSÃO-ESTADO-  
IMPACTO-RESPOSTA (FPEIR) PARA A GESTÃO DE RECURSOS  
HÍDRICOS EM JOÃO PESSOA - PB**

Dissertação aprovada em 23 de maio de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**



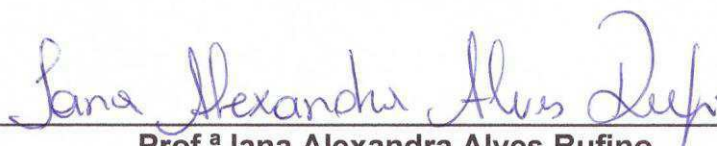
---

**Prof.ª Márcia Maria Rios Ribeiro**  
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Campina Grande  
**Orientadora**



---

**Prof.ª Cybelle Frazão Costa Braga**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba  
**Co-orientadora**



---

**Prof.ª Iana Alexandra Alves Rufino**  
Unidade Acadêmica de Engenharia Civil  
Universidade Federal de Campina Grande  
**Examinadora Interna**



---

**Prof. Valmir de Albuquerque Pedrosa**  
Departamento de Águas e Energia  
Universidade Federal de Alagoas  
**Examinador Externo**

Campina Grande - PB  
Maio - 2016

*Ao meu filho João Pedro, ao meu esposo  
João Paulo por todo apoio, estímulo e  
paciência e aos meus pais Fátima e Carlos:  
O que eu sou os devo e o que serei é um  
presente que darei a eles.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus acima de tudo, por guiar todos os meus passos pelas estradas com acertos e falhas, alegrias, tristezas e decepções, na busca de um ideal. Hoje me sinto mais realizada e agradeço a ele pela oportunidade de realizar mais um sonho.

À minha família, por todo o apoio e confiança. Ao meu pai, Carlos por ter me mostrado que a paciência é um dom de Deus; à minha mãe, Fátima, por ter me ensinado o que é força e perseverança e por sempre acreditar em mim; ao meu amado esposo, João Paulo, pela compreensão e companheirismo; ao meu filho João Pedro por toda a paciência e suportar a minha ausência em momentos importantes; à minha irmã Carla e meu primo Ewerton, dos quais não poderia esquecer, por todo o suporte dado ao meu príncipe.

À minha orientadora a professora Dr<sup>a</sup>. Márcia Maria Rios Ribeiro pela paciência, orientação integral e compreensão, deixando-me cada vez mais próxima dessa realização.

À minha co-orientadora a professora Dr<sup>a</sup>. Cybelle Frazão Costa Braga pelo apoio, e orientações significativas para a conclusão dessa pesquisa.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, pelos conhecimentos compartilhados, contribuindo para a minha formação profissional e por abrirem todas as portas possíveis para viabilizar e tornar concreto esse projeto.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, que financiou a bolsa de estudo, e ao Projeto BRAMAR que inspirou esse trabalho, dando oportunidade para boas discussões.

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil e Ambiental, em especial Halana Trigueiro e Wanessa Dunga, com as quais dividi muitas aflições, pela amizade e companheirismo nessa jornada.

Aos colegas do Laboratório de Hidráulica I (Bloco - CR), principalmente Guilherme, Yáscara e Matheus, com os quais dividi muitas alegrias, por todo o carinho e parceria.

Aos que contribuíram direta e indiretamente para que essa pesquisa fosse realizada.

**A todos, muito obrigada!**

*“A simplicidade é o último degrau da sabedoria”*

*Khalil Gibran*

## RESUMO

Nesse estudo objetivou-se identificar a sustentabilidade da utilização dos recursos hídricos para João Pessoa, capital do Estado da Paraíba e localizada na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba. Foram identificadas as principais forças motrizes, pressões, estado do meio ambiente e impacto sobre os recursos hídricos exercidos por essa cidade nas bacias em que ela está inserida, bem como as referidas medidas de respostas existentes e potenciais. A pesquisa utilizou-se do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR) para alcançar os seus objetivos. Após a montagem do modelo, foram selecionados 26 indicadores para representar a sustentabilidade das bacias, e alguns dos quais foram analisados em conjunto. Esses indicadores ajudaram a analisar a disponibilidade e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas da região estudada. A aplicação do modelo FPEIR mostrou que os mananciais das duas bacias que abastecem João Pessoa não estão sendo geridos sustentavelmente. Os resultados mostram 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, ainda, a necessidade de serem realizadas avaliações frequentes das condições de sustentabilidade das bacias hidrográficas envolvidas. Para isso, é necessário a atualização periódica dos dados referente às bacias, desenvolvendo estudos que possam auxiliar no planejamento integrado.

**Palavras-chave:** Gestão de recursos hídricos; Indicadores; Sistema de indicadores; Modelo FPEIR



## ABSTRACT

This study aimed to identify the sustainable use of the water resources to João Pessoa, the state capital of Paraíba, located in the basin of the river Paraíba. The main driving forces were identified, pressures, state of the environment and impact on the water resources held by this city in the basins in which it operates, as well as the measures of existing and potential responses. The research used the Sustainability Indicator System Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) to achieve their goals. After fitting the model, were selected 26 indicators to represent the sustainability of basins and indicators 26 have been identified, some of which were analyzed together. These indicators helped to analyze the availability and quality of the surface and groundwater in the region studied. The application of DPSIR model showed that the sources of the two basins that supply Joao Pessoa are not being managed sustainably. The results show that the population of Joao Pessoa exerts considerable pressure on the water resources in the basins studied in both aspects: qualitative and quantitative. It is evident also need to be carried out frequent assessments of the conditions of sustainability of watersheds involved. This requires periodic updating of data related to basins, developing studies that can assist in the integrated planning.

**Keywords:** Water resources management; Indicators; System indicators; DPSIR model.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da cidade de João Pessoa-PB.....	31
Figura 2 - Bacia Hidrográfica do rio Paraíba .....	32
Figura 3 - Mapa geológico da região da Bacia Sedimentar Costeira, área do Baixo curso do Rio Paraíba.....	33
Figura 4 - Bacia Hidrográfica do rio Gramame .....	34
Figura 5 - Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do rio Gramame .....	36
Figura 6 - Estrutura do Percurso Metodológico .....	39
Figura 7 - Modelo Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR).....	40
Figura 8 - Modelo FPEIR para o indicador estado “Disponibilidade hídrica superficial e subterrânea” .....	41
Figura 9 - Modelo FPEIR para o indicador estado “Qualidades da água superficial e subterrânea” .....	42
Figura 10 - Uso e ocupação do solo na cidade de João Pessoa em 5/11/1991 (a), 26/08/2006 (b) e 8/10/2010 (c) .....	50
Figura 11 - Ocupação urbana nas margens do rio Jaguaribe em João Pessoa.....	51
Figura 12 - Expansão urbana sobre ecossistema de manguezal no estuário dos rios Paraíba/Sanhauá .....	56
Figura 13 - Mapa de Classe de enquadramento das bacias estudadas.....	58
Figura 14 - Evolução do volume de armazenamento do açude Gramame-Mamuaba nos últimos 10 anos .....	63
Figura 15 - Evolução do volume de armazenamento do açude Marés nos últimos 10 anos .....	63
Figura 16 - Modelo FPEIR para as três primeira medidas de respostas sugeridas...82	
Figura 17 - Modelo FPEIR para as três primeira medidas de respostas sugeridas...83	

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxa de crescimento interanual .....	45
Tabela 2 - Índice de Gini para João Pessoa-PB.....	48
Tabela 3 - Demanda hídrica superficial outorgadas e cadastradas.....	52
Tabela 4 - Demanda hídrica subterrânea outorgadas e cadastradas.....	53
Tabela 5 - Demanda hídrica para irrigação superficial e subterrânea (m <sup>3</sup> /ano).....	54
Tabela 6 - Demanda hídrica superficial e subterrânea para a indústria (m <sup>3</sup> /ano).....	55
Tabela 7 - Disponibilidade máxima superficial e demanda hídrica de 2015 .....	57
Tabela 8 - Disponibilidade máxima subterrânea e demanda hídrica de 2015 .....	57

## LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 - Participação em área dos municípios na bacia .....	35
Quadro 2 - Uso e ocupação do solo de João Pessoa .....	49
Quadro 3 - Ocorrência de conflitos hídricos na Bacia Hidrográfica do rio Gramame e na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba – Baixo curso .....	64
Gráfico 1 - Evolução da população urbana e rural de João Pessoa e outras capitais de mesmo porte .....	44
Gráfico 2 - Evolução do índice de João Pessoa.....	47
Gráfico 3 - Número de casos registrados de doenças de veiculação hídrica .....	61
Gráfico 4 - Volume de água consumida, volume de esgoto coletado e tratado em João Pessoa em 10 anos .....	78

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

ADHB - Atlas de Desenvolvimento Humano No Brasil

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ALPB - Assembleia Legislativa da Paraíba

ANA - Agência Nacional de Águas

CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba

CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CMMAD - Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPDS - Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional

DATASUS - Tecnologia da Informação a Serviço do SUS

EEA - Agência Européia de Meio Ambiente

ER – Estresse-Resposta

EUROSTAT - Divisão de Estatísticas da Comunidade Européia

FPEIR - Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta

GIRH - Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEME - Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MS - Ministério da Saúde

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

PEIR- Pressão-estado-Impacto-Resposta

PER - Pressão-Estado-Resposta

PMSB-JP - Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa-PB

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

SECTMA - Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado

SEMARH - Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais

SERHMACT - Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente, e da Ciência e Tecnologia

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SOSMA - Fundação SOS Mata Atlântica

SUDEMA - Superintendência para Administração do Meio Ambiente da Paraíba

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

UNSTAT - Divisão de Estatísticas das Nações Unidas

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	17
1.1 Objetivos .....	19
<b>1.1.1 Geral</b> .....	19
<b>1.1.2 Específicos</b> .....	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 Desenvolvimeto Econômico e Meio Ambiente .....	20
2.2 Indicadores de Sustentabilidade .....	21
2.3 Sistema de Indicadores de Sustentabilidade .....	22
<b>2.3.1 Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR</b> .....	23
2.4 Gestão de Recursos Hídricos .....	26
3. ÁREA DE ESTUDO.....	30
3.1 João Pessoa .....	30
3.2 Região do Baixo Curso do rio Paraíba.....	31
<b>3.2.1 Localização</b> .....	31
<b>3.2.2 Rede Hidrográfica</b> .....	32
<b>3.2.3 Características fisiográficas</b> .....	32
<b>3.2.4 Características Hidrogeológicas</b> .....	33
3.3 Bacia Hidrográfica do Rio Gramame.....	34
<b>3.3.1 Localização</b> .....	34
<b>3.3.2 Rede Hidrográfica</b> .....	35
<b>3.3.3 Características Fisiográficas</b> .....	35
<b>3.3.4 Características Hidrogeológicas</b> .....	36
4. METODOLOGIA.....	38
4.1 Tipo de Pesquisa e Instrumentos de Obtenção dos Dados .....	38
4.2 Percurso Metodológico .....	38
4.3 Construção do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR.....	41
4.4 Fontes de Obtenção dos Dados.....	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1 Indicador de Força Motriz .....	44
<b>5.1.1Crescimento Populacional</b> .....	44
<b>5.1.2 Desenvolvimento Econômico</b> .....	45

<b>5.1.3 Uso e Ocupação do Solo</b> .....	48
5.2 Indicador de Pressão .....	51
<b>5.2.1 Demanda Hídrica Superficial</b> .....	51
<b>5.2.2 Demanda Hídrica Subterrânea</b> .....	52
<b>5.2.3 Demanda Hídrica Superficial e Subterrânea para Irrigação</b> .....	53
<b>5.2.4 Demanda Hídrica Superficial e Subterrânea para Indústria</b> .....	54
<b>5.2.5 Desmatamento</b> .....	55
5.3 Indicador de Estado .....	56
<b>5.3.1 Disponibilidade Hídrica Superficial</b> .....	56
<b>5.3.2 Disponibilidade Hídrica Subterrânea</b> .....	57
<b>5.3.3 Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas</b> .....	57
5.4 Indicador de Impacto.....	59
<b>5.4.1 Contaminação dos Recursos Hídricos</b> .....	59
<b>5.4.2 Transmissão de Doenças de Veiculação Hídrica</b> .....	61
<b>5.4.3 Escassez Hídrica</b> .....	62
<b>5.4.4 Conflito Hídrico</b> .....	64
<b>5.4.5 Rebaixamento no Nível d'Água Subterrânea</b> .....	64
5.5 Indicador de Resposta .....	66
<b>5.5.1 Instrumentos da PNRH (Lei 9.433/97)</b> .....	66
<b>5.5.2 Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)</b> .....	71
<b>5.5.3 Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs)</b> .....	73
<b>5.5.4 Monitoramento e Fiscalização</b> .....	76
<b>5.5.5 Plano Municipal de Saneamento Básico</b> .....	77
<b>5.5.6 Coleta e Tratamento das Águas Residuais</b> .....	78
<b>5.5.7 Ampliação do Sistema de Abastecimento</b> .....	79
5.6 Sugestão de Medidas de Resposta .....	80
6. CONCLUSÃO.....	84
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	87



## 1. INTRODUÇÃO

Os avanços gradativos do crescimento econômico e o aumento da população exercem pressão sobre o meio ambiente por demandar, cada vez mais, recursos naturais. Assim, o desenvolvimento sustentável vem se tornando um dos principais desafios mundiais. No que se refere aos recursos hídricos, o aumento na demanda de água e a poluição das suas fontes, acaba por agravar a escassez desse recurso, dificultando à sua gestão sustentável.

A água está em constante movimento, mudando de estado e de local, seja na superfície ou na porção subterrânea. A sua utilização sempre foi determinada pela sua disponibilidade em termos de quantidade e qualidade, sendo que o crescimento populacional, as características climáticas da região e as mudanças climáticas determinam restrições na distribuição espacial e temporal dos recursos hídricos. A seca, por exemplo, é um fenômeno climático natural, que causa muitos problemas econômicos, sociais e ambientais, e espera-se que a intensidade e a frequência aumentem em diferentes partes do mundo no futuro, devido às mudanças climáticas (BISWAS, 2008; LOGAR e VAN DEN BERGH, 2012).

Atualmente, os problemas de recursos hídricos não se referem exclusivamente à falta de disponibilidade, mas também diversos outros fatores, como os processos através dos quais os recursos hídricos são geridos; as competências e capacidades das instituições que os gerem; prevaletes condições sócio-políticas e expectativas que afetam processos e práticas de planejamento de água, de desenvolvimento e de gestão; condições climáticas, sociais e ambientais; níveis de tecnologia disponível e utilizável; condições de educação e desenvolvimento; e qualidade, eficácia e relevância das pesquisas nacionais e internacionais que estão sendo realizados para resolver os problemas desses recursos (BISWAS, 2008).

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e representa uma tentativa de organizar o processo da gestão dos recursos hídricos no Brasil objetivando: assegurar a sustentabilidade do recurso hídrico para as gerações futuras e as atuais; garantir a qualidade da água; e propor um uso racional do recurso, visando o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1997).

A gestão hídrica se torna complexa, principalmente, pela integração dos recursos hídricos com os demais componentes do meio ambiente. Essa necessidade de integração foi percebida há muitos anos, inicialmente em 1980, quando alguns profissionais da área de recursos hídricos começaram a perceber que a situação geral global desses recursos não estava tão boa como parecia. Durante a década de 1990 esse sentimento se intensificou, quando mais profissionais da área começaram a perceber que o problema de água tornou-se multidimensional, multissetorial e multirregional, entre outros, podendo ser resolvida apenas através de uma coordenação adequada multidisciplinar e multi-institucional (BISWAS, 2008).

Sendo assim, a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) foi definida como “um processo sistemático para o desenvolvimento, alocação e monitoramento sustentável dos recursos hídricos nos contextos social, econômico e ambiental” (CAP-NET, 2008). Essa gestão requer não somente o uso sustentável das águas superficiais e subterrâneas, mas também o desenvolvimento de novas técnicas de apropriação e reaproveitamento das águas impróprias para o consumo humano ou animal, uma vez que, o seu sucesso depende do equilíbrio entre a saúde do ecossistema e da demanda humana. Gerir os ecossistemas atendendo a esses objetivos depende da integração eficaz da informação científica com uma compreensão de como os ecossistemas afetam o bem-estar da sociedade (DERANI, 2001; GRANEK *et al.*, 2010; BAKKER, 2012).

O desenvolvimento sustentável pode ser mensurado através de 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 recursos hídricos sofrem muitas alterações devido às atividades humanas. A gestão desse recurso requer a compreensão dessas interferências na bacia hidrográfica, e, para isso, é necessário uma grande quantidade de dados. Esses dados precisam ser sintetizados de forma a facilitar e dar apoio aos tomadores de decisão, promovendo assim, condições para realizar a gestão integrada dos recursos hídricos, levando em consideração as águas superficiais e subterrâneas. Uma das formas de trabalhar e sintetizar os dados se dá através do uso de indicadores. O Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR, abordado nesta pesquisa, pode ser utilizado para essa finalidade.

O projeto de cooperação bilateral Brasil-Alemanha BRAMAR - “Strategies and Technologies for Water Scarcity Mitigation in Northeast of Brazil: Water Reuse, Managed Aquife Recharge and Integrated Water Resources Management” no qual essa pesquisa está inserida, pretende contribuir para o desenvolvimento das estratégias de planejamento e gestão dos recursos hídricos no Nordeste do Brasil, por meio do combate à escassez hídrica e da garantia do uso sustentável desse recurso nessa região.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Geral**

- Identificar as principais forças motrizes, pressões, estado e impacto sobre os recursos hídricos causados pela população de João Pessoa-PB sobre a Região do Baixo Curso do rio Paraíba e a Bacia do rio Gramame, bem como as respostas existentes e potenciais aos problemas hídricos, a fim de subsidiar a gestão hídrica na região.

### **1.1.2 Específicos**

- Identificar as principais forças motrizes e as pressões exercidas pelas atividades humanas;
- Verificar o estado atual dos recursos hídricos na área de estudo;
- Identificar os impactos sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos decorrentes do seu uso;
- Constatar se há respostas aos impactos identificados;
- Definir novas estratégias de resposta aos problemas identificados.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 Desenvolvimeto Econômico e Meio Ambiente**

A preocupação com a degradação ambiental decorrente da busca indiscriminada pelo crescimento econômico não é recente. Em 1962, Rachel Carson iniciou a discussão sobre a preocupação ambiental, escrevendo o livro *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), denunciando o efeito danoso que os pesticidas causavam no ambiente, especialmente nas aves (CARSON, 1962).

Após dez anos, foi realizada a 1ª Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano organizada pelas Nações Unidas em Estocolmo na Suécia, em 1972, também conhecida como a Conferência de Estocolmo. Reconhecida como o marco inicial na tentativa de buscar o equilíbrio entre as atividades humanas e os limites do meio ambiente, esta gerou um documento chamado “Os Limites do Crescimento” (TRELHA, 2011). A Conferência teve o objetivo de mostrar que a deterioração dos recursos naturais pode resultar em impactos ambientais, sociais e econômicos. A partir dessa Conferência, o meio ambiente passou a ser considerado uma questão de importância internacional.

Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento elaborou o documento “Our Common Future” (Nosso Futuro Comum), também conhecido como o Relatório Brundtland, apresentando uma nova perspectiva sobre o desenvolvimento, nele foi mostrando a incompatibilidade entre os padrões de consumo com o desenvolvimento sustentável. Este desenvolvimento sustentável é definido como sendo “o desenvolvimento que satisfaz às necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. A partir deste relatório, o conceito de desenvolvimento sustentável passou a ser difundido, abrindo uma discussão sobre o seu significado (CMMAD, 1991; NASCIMENTO, 2012).

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), realizada em 1992 no Rio de Janeiro, também conhecida como Eco-92, foi considerada um dos principais marcos ao longo da história, da questão ambiental em termos de políticas internacionais. Nesta Conferência foi elaborado um plano de ação para enfrentar e superar os problemas mais urgentes do meio ambiente, da saúde e das questões sociais (SITARZ, 1993).

O desenvolvimento sustentável está além da preocupação com a proteção ambiental. Devem ser buscadas soluções para problemas sociais, econômicos e ambientais atuais e os que venham a ocorrer no futuro, buscando a reconciliação entre as pressões aparentemente conflitantes entre diferentes setores da sociedade (KRANZ, 1999; WALMSLEY, 2002). Aceito como a melhor opção para a gestão do intercâmbio entre o ambiente e o progresso econômico, os especialistas ainda estão enfrentando o problema prático de como implementar e medir o conceito de desenvolvimento sustentável. Uma possibilidade é o uso de indicadores de sustentabilidade (WALMSLEY, 2002).

## **2.2 Indicadores de Sustentabilidade**

Os indicadores são ferramentas de avaliação compostos por diversos parâmetros que auxiliam na agregação do conhecimento e na sua disseminação, podendo ser utilizados nas mais diversas áreas, além de ajudarem nos processos de decisão em todos os níveis da sociedade (WALMSLEY, 2002; IBGE, 2012).

Um indicador pode, então, ser conceituado como uma ferramenta de avaliação referida a uma característica específica e observável, mensurável em escala quantitativa ou qualitativa, ou a uma mudança que pode ser avaliada em relação a um critério previamente selecionado, e que mostra a evolução de uma política ou de um ou mais programas implementados em relação a essa característica ou critério, ou o progresso relativamente ao atingimento de um resultado determinado, habilitando os tomadores de decisão a avaliar a necessidade/opportunidade de uma intervenção corretiva e/ou estimar o progresso rumo aos resultados, metas e produtos perseguidos ou, ainda, os impactos de uma determinada ação (MARANHÃO, 2007, p. 39).

No plano de ação da Eco-92 foi reconhecido o papel importante dos indicadores de sustentabilidade ou ambientais, como também podem ser chamados. Mais especificamente no capítulo 40 da Agenda 21, afirma-se ser necessário desenvolver indicadores do desenvolvimento sustentável que possam fornecer base sólida para a tomada de decisões em todos os níveis, realizando uma conexão entre as informações disponíveis por meio de recursos científicos e as necessidades de informação para a tomada dessas decisões, contribuindo para alcançar a

sustentabilidade dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento. Esse capítulo ainda enfatiza a necessidade do desenvolvimento de indicadores por parte de cada país, em função de sua realidade (CNUMAD, 1992; CHUNG& LEE, 2008).

Os indicadores de sustentabilidade são estatísticas selecionadas que procuram mostrar o estado do meio ambiente a que se referem e as tensões nele instaladas, assim como a distância de que este se encontra de uma condição de desenvolvimento sustentável (MARANHÃO, 2007). Esses indicadores também são utilizados para melhorar a base de informações sobre o meio ambiente, de forma a auxiliar a elaboração de políticas públicas, simplificando estudos e relatórios, além de assegurar a comparabilidade entre as regiões (MILANEZ e TEIXEIRA, 2003; IBGE, 2015a).

Há diversos cenários no contexto dos quais os indicadores podem ser desenvolvidos e estruturados para a avaliação da sustentabilidade nos níveis ambiental, social e econômico. Entretanto, não existe um único conjunto de indicadores gerados para cada finalidade, pois os pesquisadores selecionam os seus indicadores de acordo com as suas necessidades e objetivos, por meio de critérios pré-definidos (SIMONOVIC, 2000; JUN *et al.*, 2011).

### **2.3 Sistema de Indicadores de Sustentabilidade**

Um Sistema de Indicadores de Sustentabilidade objetiva construir um conjunto de indicadores que monitore e mostre as tendências vinculantes e/ou sinérgicas, de forma que as variáveis analisadas em seu conjunto possam informar as principais tendências, tensões e causas subjacentes aos problemas de sustentabilidade, auxiliando, assim, na definição de metas de melhoria. Esse enfoque sistêmico apresenta a vantagem de dispor do consenso internacional que vigora em torno de tal modelo, por não requerer comensurabilidade ou valoração, além da sua construção ser estimulado a partir de governos e organismos internacionais, o que lhes confere uma grande aceitação mundial (TAYRA &RIBEIRO, 2006; POLAZ e TEIXEIRA, 2009).

A construção de um Sistema de Indicadores de Sustentabilidade voltado para os recursos hídricos pode auxiliar no acompanhamento da PNRH. O sistema pode ser aplicado no âmbito da bacia hidrográfica, por esta unidade apresentar grande

importância ao considerar todos os fatores que influenciam a sustentabilidade da bacia (CPDS, 2004; CAMPOS, 2013).

O Sistema de Indicadores de Sustentabilidade mais empregado e tido como marco ordenador dos indicadores ambientais foi o PER (Pressão-Estado-Resposta, do inglês: Pressure, State, Response), desenvolvido e recomendado originalmente pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 1993 (PASSOS, 2007; DANTAS, 2013). Esse modelo foi e ainda é utilizado, com algumas alterações, por outras agências internacionais como Divisão de Estatísticas das Nações Unidas (UNSTAT) e Divisão de Estatísticas da Comunidade Européia (EUROSTAT) (TAYRA e RIBEIRO, 2006; MARTÍNEZ, 2007).

Pesquisadores da área de recursos hídricos utilizam o modelo de Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR (Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta, do inglês: Driver, Pressure, State, Impact, Response), que é um modelo de expansão baseado no modelo PER. Outra variação desse modelo é o PEIR (Pressão-Estado-Impacto-Resposta, do inglês: Pressure, State, Impact, Response) desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 1995.

### **2.3.1 Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR**

O modelo PER foi baseado no modelo ER (Estresse-Resposta, do inglês: Stress, Response), criado por Anthony Friend e David Rapport em 1979, pelo Statistics Canadá (Canada's National Statistical Agency). Esse modelo procura unir duas perspectivas de desenvolvimento consideradas opostas, a economista e a ecologista, por meio de uma matriz de indicadores. Essa matriz apresenta as relações entre as perturbações no meio ambiente, podendo assim serem consideradas como tensões, acarretando estresse que devem ser minimizados e/ou eliminados com algum tipo de resposta, seja essa uma lei, decreto ou até mesmo ações sociais (FRIEND e RAPPORT, 1979).

De acordo como a OCDE (1993), o modelo PER é baseado em um conceito de causalidade: onde as atividades humanas exercem pressões sobre o ambiente mudando a sua qualidade e a quantidade dos recursos naturais ("Estado"), a sociedade responde a estas mudanças por meio de políticas ambientais, econômicas e setoriais ("resposta social"). Essa última forma um ciclo de *feedback*

para pressões por meio de atividades humanas e, em um sentido mais amplo, estes passos fazem parte de um ciclo ambiental (política), que inclui a percepção do problema, a formulação, o acompanhamento e a avaliação de políticas.

Em 1995, o Programa das Nações Unidas e Meio Ambiente – PNUMA avaliou o modelo PER, e neste viram a necessidade de incorporar um elemento que caracteriza-se no sentido de avaliar o impacto gerado pela urbanização sobre o meio ambiente, assim foi introduzido o componente “I” - "Impacto" ao modelo PER, formando um novo modelo chamado “PEIR”(PNUMA, 2007). O PEIR mostra que as atividades humanas exercem pressão sobre os recursos naturais, alteram o estado do meio ambiente em termos quantitativos e qualitativos dos recursos naturais, e assim o ambiente e conseqüentemente a sociedade sofrem impactos, e em retorno a esses impactos a sociedade busca soluções para enfrentar os problemas ambientais por meio de leis, resoluções e ações sociais (PNUMA, 2000; LU *et al.*, 2014).

A partir da estrutura PER/PEIR, a Agência Européia de Meio Ambiente (EEA) (1999) desenvolveu a estrutura chamada de Força Motriz-Pressão-Estado-Impacto-Resposta (FPEIR), que é o modelo 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 respostas da sociedade de forma integrada.

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

Forças motrizes possuem 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 CO<sub>2</sub>) em uma determinada área. Indicadores de estado podem, por exemplo, descrever os recursos florestais e



faunísticos presentes, a concentração de fósforo e enxofre em lagos, ou o nível de ruído na vizinhança dos aeroportos.

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 prevalentes nos padrões de consumo e produção. Outras respostas objetivam o aumentar a eficiência dos produtos e processos, por meio de estimular o desenvolvimento e a implantação de tecnologias limpas (EEA, 1999, p. 8 - 11).

No Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR, o pesquisador pode escolher as variáveis que satisfaçam a necessidade do seu estudo, pois não existem variáveis fixas. De modo que, este modelo não permite apenas analisar a situação atual do ambiente; mas se for objetivo do pesquisador, ele pode verificar quais são as consequências possíveis das ações antrópicas, e aplicar estratégias para minimizar ou evitar os problemas ambientais. Esse sistema permite estabelecer uma ponte para projetar o desenvolvimento futuro. Um exemplo é o caso do crescimento acelerado da população brasileira que nas últimas décadas provocou um processo de urbanização acelerado. Esse processo, sem respeitar a capacidade de adaptação ambiental, agravou a degradação do ambiente nas áreas urbanizadas e em seu entorno. Contudo, o Brasil não foi o único país a sofrer com os problemas do crescimento acelerado. A problemática é comum a todos ou a quase todos os países.

Uma série de estudos tem utilizado o Sistema de Indicadores FPEIR em suas análises de distintos problemas ambientais. Para o caso dos recursos hídricos, busca-se identificar qual o nível de sustentabilidade das bacias hidrográficas, e nestes casos citam-se estudos realizados por Walmsley (2002), Chung e Lee (2008), Nobre (2009), Jago-on *et al.* (2009) e Jun *et al.* (2011).

Nobre (2009) utilizou uma adaptação da metodologia DPSIR com o objetivo de avaliar os impactos sobre o meio ambiente costeiro e como uma ferramenta para a gestão integrada do ecossistema. A aplicação da metodologia nesse trabalho

mostra-se como uma poderosa ferramenta para a gestão dos recursos hídricos costeiros e no apoio a tomada de decisão dos gestores, uma vez que levanta informações sobre externalidades ambientais.

A metodologia DPSIR por apresentar uma ampla aplicabilidade, Jun *et al.* (2011) utilizaram em sua pesquisa, na qual desenvolveram um novo quadro para quantificar a vulnerabilidade espacial para a gestão sustentável dos recursos hídricos, utilizando o quadro de índices de vulnerabilidade hidrológicos, e aplicaram o modelo DPSIR na seleção de todos os indicadores apropriados (critérios) de impactos das mudanças climáticas. Essa pesquisa mostra uma abordagem diferente, na utilização dessa metodologia, buscando uma nova tentativa de quantificar a vulnerabilidade hidrológica de uma forma que leva em conta os impactos das mudanças climáticas e do conceito de sustentabilidade.

## **2.4 Gestão de Recursos Hídricos**

Os recursos hídricos são utilizados em todo o mundo para as mais diferentes finalidades, destacando-se o abastecimento humano e animal, irrigação, geração de energia, indústria, entre outras. Dessa forma, pode-se afirmar que a água representa insumo fundamental à vida, pois além de ser um elemento insubstituível em diversas atividades humanas, mantém o equilíbrio do meio ambiente. No entanto, nas últimas décadas, esse precioso recurso vem sendo ameaçado pelas ações inadequadas do homem e principalmente pelo crescimento populacional que acarreta, entre outras, o aumento na demanda de água.

Para Alemar (2006), a água pode ser um elemento de união entre os povos, mas também pode conduzi-los às armas, sendo que um rio pode levar alimentos e vida para um país faminto, como também pode levar destruição e morte, tudo vai depender do modo como os estados se organizam interna e externamente para a gestão dos seus recursos hídricos.

Para alcançar os objetivos de uma política hídrica é necessário que se promova a gestão dos recursos hídricos, sendo que essa visa, principalmente, minimizar o problema do mau uso e da escassez de água. Tal gestão se torna complexa pela interação dos recursos hídricos com os demais componentes do meio ambiente. Ou seja, os problemas em recursos hídricos não devem ser tratados de forma isolada e dissociada das questões globais do meio ambiente, e as políticas de

gestão da água devem ser articuladas e integradas com as políticas ambientais (PEIXINHO, 2010).

Conflitos podem ser entendidos como qualquer desencontro de vontades, qualquer divergência de opiniões ou objetivos, e em relação aos recursos hídricos podem ser definidos de maneira simplificada como situações em que não sejam atendidas as demandas da sociedade, essenciais ao aproveitamento e/ou controle desses recursos (SUDENE, 1980; AB'SABER, 2003; ALEMAR, 2006).

Planejar sob condições diversas e com interações complexas, como é o caso dos recursos hídricos, exige a utilização de instrumentos que permitam definir as melhores alternativas de utilização, além de orientar a tomada de decisão, de modo a produzir os melhores resultados econômicos e sociais, sendo essencialmente interativo, em decorrência inerente ao ciclo hidrológico e aos cenários de desenvolvimento socioeconômico (MARANHÃO, 2012).

As águas são de domínio público, isto é, todos têm direito ao seu uso, e estes domínios podem ser da União (corpos de água que atravessam mais de um estado e/ou país) ou dos Estados. A Lei de Águas (Lei nº 9.433/97) estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, que surge como resposta aos problemas dos recursos hídricos no país, tendo como objetivos:

“assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais” (BRASIL, 1997, art. 2).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) possui cinco instrumentos para alcançar o desenvolvimento sustentável das bacias. A Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH) da Paraíba utiliza os mesmos instrumentos da PNRH para alcançar o uso sustentável das águas superficiais e subterrâneas de seu domínio. Esses instrumentos são: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos são planos diretores que se destinam a fundamentar e orientar a implementação da PNRH e o gerenciamento dos recursos hídricos. Estes Planos de Recursos Hídricos são elaborados por bacia hidrográfica,

por Estado e para o País, e realizam: o “diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos”; a “análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução de atividades produtivas e de modificações dos padrões de ocupação do solo”; o “balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais, e elaboram metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis”; bem como, a elaboração de “medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas”; apresentando “prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos”; formulando “diretrizes e critérios para a cobrança pelo uso dos recursos hídricos”; e realizar “propostas para a criação de áreas sujeitas a restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos” (BRASIL, 1997, art. 6; 7; 8).

O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo, para “assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas” e a “diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes” (BRASIL, 1997, Art. 9).

A outorga do direito 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, incluindo o direito de uso dos mananciais superficiais e subterrâneos.

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”, além disso, “obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos” (BRASIL, 1997, art. 19).

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um dos instrumentos da Lei nº 9.433/97. Este é um sistema amplo de coleta, tratamento, armazenamento

e recuperação de informações sobre recursos hídricos, bem como fatores intervenientes para sua gestão. Esse sistema tem por objetivos: “reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil”; “atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional”; bem como, “fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997, art. 27).

Esses instrumentos de gestão são o alicerce para o adequado funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), e este foi criado com o propósito de facilitar o gerenciamento integrado das águas no país.

Os integrantes desse sistema são: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos; a Agência Nacional de Águas (ANA); os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica; os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas Competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; e as Agências de Água.

Para Albuquerque (SOUZA *et al.*, 2010) é necessário um novo modelo de gestão dos recursos hídricos, no qual a exploração das águas subterrâneas não seja dissociada do aproveitamento das águas superficiais, considerando ambas no contexto da bacia hidrográfica.

As águas superficiais, subterrâneas e meteóricas são partes integrantes e indissociáveis do ciclo hidrológico, sendo que os aquíferos podem apresentar zonas de descarga e de recarga pertencentes a uma ou mais bacias hidrográficas sobrejacentes, e que a exploração inadequada das águas subterrâneas pode resultar na alteração indesejável de sua quantidade e qualidade, implicando na redução da capacidade de armazenamento dos aquíferos, redução dos volumes disponíveis nos corpos de água superficiais e modificação dos fluxos naturais nos aquíferos (BRASIL, 2001).

Com isso, foi criada a Resolução CNRH nº 92/08 que estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro, reconhecendo a necessidade de promover a utilização racional das águas subterrâneas e sua gestão integrada com as águas superficiais, de forma sustentável.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 João Pessoa

Localizada na porção oriental da Paraíba no Brasil, João Pessoa, capital do Estado, tem uma área de 211,475 km<sup>2</sup>, sendo 160,76 km<sup>2</sup> de área urbanizada e 49,69 km<sup>2</sup> de área com preservação ambiental. Possui uma população estimada, em 2015, de 791.438 habitante (IBGE, 2015b).

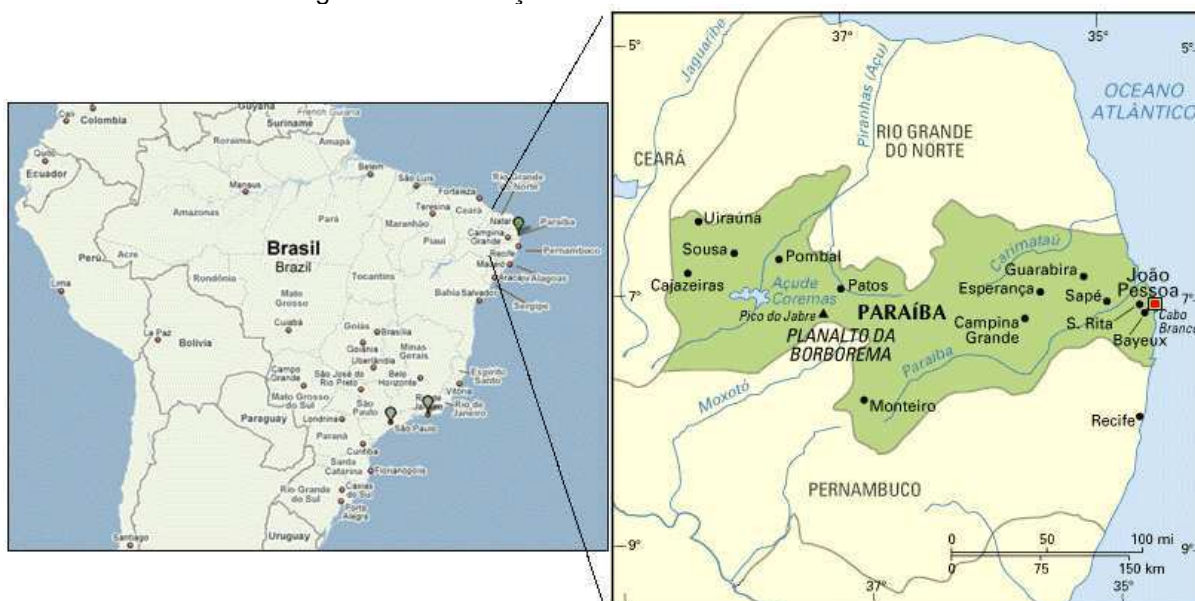
A área dessa cidade está inserida 89,97% na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, na sub-região do Baixo Curso do rio Paraíba que é uma das quatro divisões fisiográficas da bacia, mais especificamente, na porção sedimentar costeira, e 10,03% na Bacia Hidrográfica do rio Gramame. A sub-região da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba onde a cidade está inserida, é tida como a mais economicamente desenvolvida no estado pelas grandes áreas agrícolas e pelo intenso comércio na região metropolitana (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, tendo uma temperatura média de 26°C, com máxima de 28°C no litoral, e mínima de 22°C no Planalto da Borborema, com umidade do ar alta, com média anual de 80%. O primeiro semestre é o mais chuvoso, com média anual de 1.500 mm, variando entre 1.200 mm e 1.700 mm (PARAÍBA, 2006).

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

Apesar da crise hídrica, vários empreendimentos industriais têm sido instalados recentemente na capital paraibana, como indústrias cimenteiras, com repercussões notórias no aumento na demanda de água. A irrigação é bastante desenvolvida nas lavouras, com destaque para a cana-de-açúcar (PIRES, 2015).

Figura 1 - Localização da cidade de João Pessoa-PB



Fonte: [http://www.de.ufpb.br/~cbsf2014/local\\_evento.html](http://www.de.ufpb.br/~cbsf2014/local_evento.html) (2014).

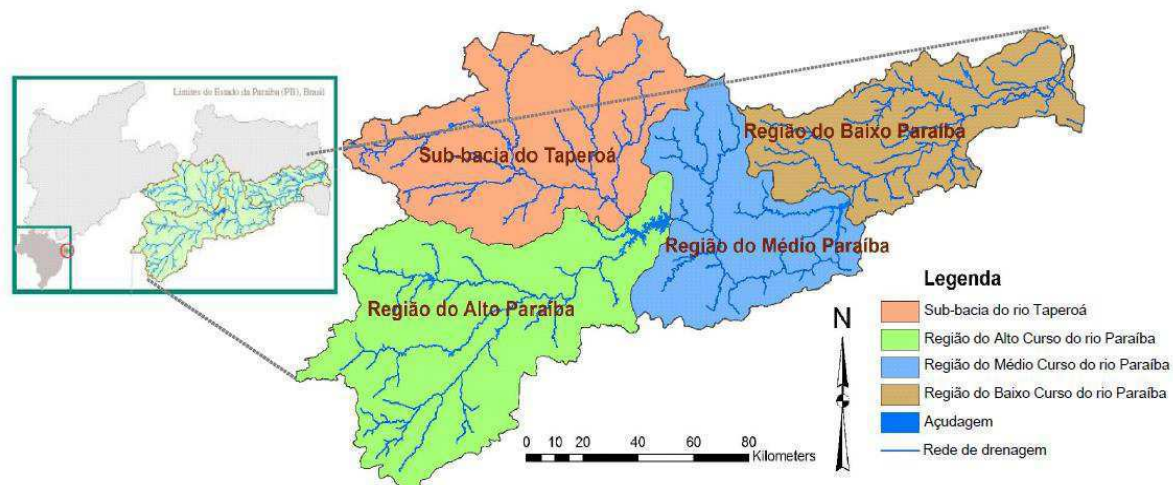
### 3.2 Região do Baixo Curso do rio Paraíba

A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior bacia do estado, sendo um importante sistema hidrográfico da região do semiárido brasileiro. Há na bacia fatores que contribuem para o crescimento de conflitos pelo uso dos corpos hídricos como a grande demanda exigida para o abastecimento urbano, industrial, irrigação e turismo. Ambientalmente há conflitos em torno da contaminação das águas, da erosão generalizada e da degradação da Mata Atlântica. (PARAÍBA, 2006; SOUZA *et al.*, 2010).

#### 3.2.1 Localização

A Região do Baixo Curso do rio Paraíba (RBCRP) está localizada entre as  $6^{\circ}55'13''$  e  $7^{\circ}30'20''$  Sul, entre as longitudes  $34^{\circ}47'37''$  e  $35^{\circ}55'23''$  Oeste de Greenwich, na parte litorânea do estado da Paraíba, limita-se ao sul com a sub-bacia do Gramame e com o estado de Pernambuco; ao norte com a Bacia do Mamanguape e Miriri, a oeste com a Região do Médio Curso do rio Paraíba e a leste com o Oceano Atlântico. A Bacia Hidrográfica do rio Paraíba e suas subdivisões podem ser visualizadas na FIG. 2. Essa bacia abrange 27 municípios, dentre estes estão João Pessoa, Bayeux, Cabedelo, Cruz do Espírito, Mari, Santa Rita, Sapé (PARAÍBA, 2006).

Figura 2 - Bacia Hidrográfica do rio Paraíba



Fonte: Cordão e Ideião (2008).

### 3.2.2 Rede Hidrográfica

A RBCRP drena uma área de 3.940,45 km<sup>2</sup> e deságua no Oceano Atlântico na cidade de Cabedelo. A sua rede hidrográfica é formado pelo rio Paraíba, que é o rio principal. Alguns dos seus afluentes são os rios Gurinhém, Ingá, Uma, Cabocó, Sanhauá, Jaguaribe e Jacuípe (PARAÍBA, 2001; PARAÍBA, 2006).

### 3.2.3 Características fisiográficas

A temperatura média mensal anual RBCRP está em torno de 25,6°C, com mínimo de 19,7°C e máximo de 31,2°C, atingindo valores máximos nos meses de janeiro e fevereiro. A umidade relativa do ar varia de 76,7% a 84,8%, com os valores máximos entre os meses de junho e julho e os mínimos entre novembro e dezembro (PARAÍBA, 2006).

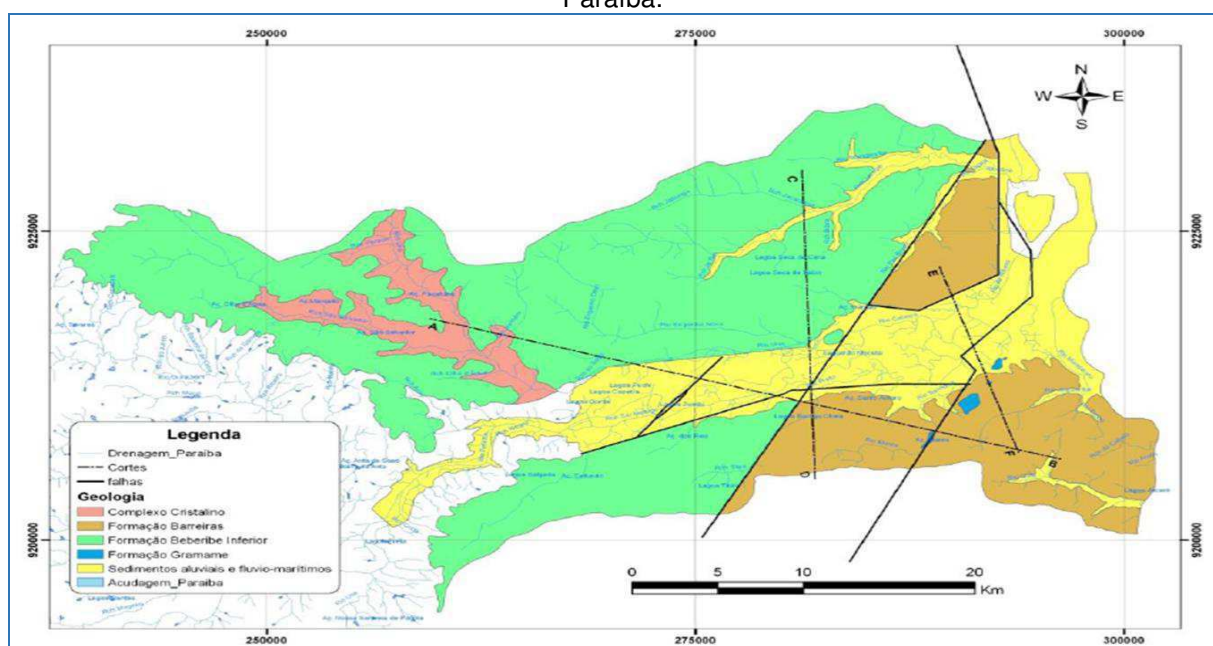
A precipitação média anual é em torno de 1.500 mm, com variações entre 1.200 e 1.700 mm, com valores decrescentes para o interior do estado. A evaporação anual varia entre 1.300 a 1.800 mm essa possui clima do tipo Aw'i, ou seja, tropical úmido com estação seca na primavera e variação de temperatura mensal do ar ao longo do ano praticamente desprezível, de acordo com a classificação climática de Köeppen (PARAÍBA, 2006).



### 3.2.4 Características Hidrogeológicas

O sistema aquífero Paraíba-Pernambuco tem por estrutura geológica a Bacia Sedimentar Paraíba-Pernambuco, de origem tectônica preenchida por sedimentos continentais e marinhos constituídos por dois subsistemas distintos: i) o subsistema livre, contido na Formação Barreiras, e nos sedimentos fluvio-marítimos (areias, calcários conchíferos etc.), constituinte da Planície Costeira e nas areias aluviais (areias, siltes e argilas) e de praias (areias finas), inclusive dunas, de idades quaternárias e, mais restritamente, nos calcários sotopostos da formação Gramame, podendo englobar, ainda, embora que localmente, os arenitos calcíferos da formação Beberibe Superior e, ii) o subsistema confinado, contido nas Formações Beberibe Inferior e Superior, o primeiro é de arenitos de granulometria variada, com base de conglomerados; o segundo (denominada Itamaracá) é composto em sua maior parte de arenitos calcíferos, com intercalações de litologias pelíticas; todas estas formações de idades Cretáceas, e os falhamentos desenvolvidos durante e após o processo de sedimentação desempenharam um importante papel na hidrogeologia regional e local do sistema aquífero (PARAÍBA, 2006; MEDEIROS *et. al.*, 2009). A FIG. 3 mostra o mapa geológico da região da Bacia Sedimentar Costeira, área do Baixo curso do Rio Paraíba, onde a cidade de João Pessoa esta inserida.

Figura 3 - Mapa geológico da região da Bacia Sedimentar Costeira, área do Baixo curso do Rio Paraíba.



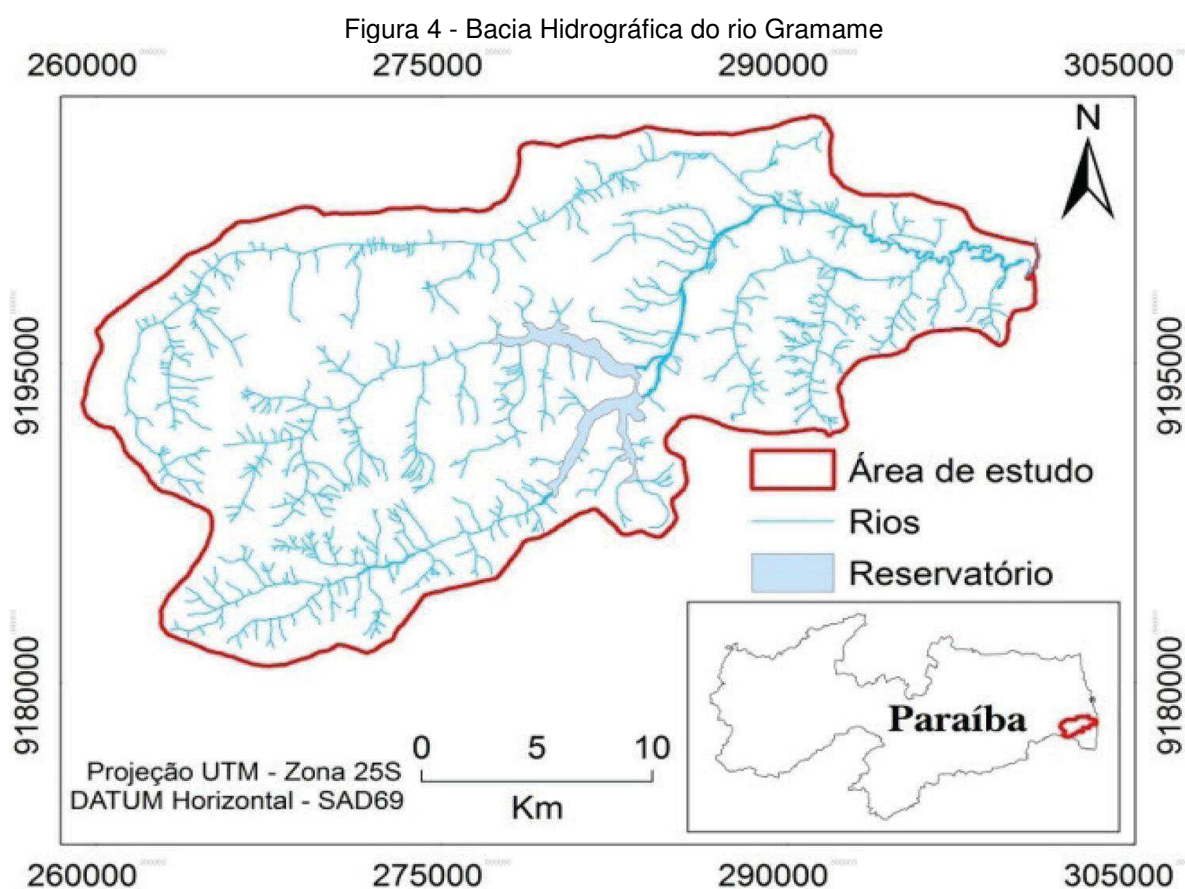
Fonte: projeto ASUB (2010).

### 3.3 Bacia Hidrográfica do Rio Gramame

A Bacia Hidrográfica do rio Gramame é considerada estratégica por ser a principal fornecedora de água para o aglomerado urbano formador da Grande João Pessoa (constituída pelos municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e Santa Rita). O principal reservatório fluvial da região litorânea do Estado, o Gramame-Mamuaba, localiza-se nesta bacia.

#### 3.3.1 Localização

A Bacia Hidrográfica do rio Gramame está localizada no litoral Sul do estado da Paraíba, entre as latitudes 7° 11' e 7° 23' Sul e longitudes 34° 48' e 35° 10' Oeste, sendo uma bacia de médio porte, com 589,1 km<sup>2</sup> de área de drenagem. A localização dessa bacia pode ser visualizada na FIG.4.



Fonte: Linhares *et al.* (2008).

Abrange os municípios de Alhandra, Conde, Cruz do Espírito Santo, João Pessoa, Santa Rita, São Miguel de Taipu e Pedras de Fogo (PARAÍBA, 2006). Os percentuais de participação na área da bacia por município estão mostrados no QUADRO 1.

Quadro 1 - Participação em área dos municípios na bacia

<b>Município</b>	<b>Área do Município</b>	<b>Área na Bacia</b>	<b>Participação (%)</b>
Alhandra	224,42 Km <sup>2</sup>	99,72 Km <sup>2</sup>	16,93
Conde	164,10 Km <sup>2</sup>	76,47 Km <sup>2</sup>	12,98
Cruz do Espírito Santo	189,32 Km <sup>2</sup>	3,50 Km <sup>2</sup>	0,59
João Pessoa	209,94 Km <sup>2</sup>	59,07 Km <sup>2</sup>	10,03
Santa Rita	762,33 Km <sup>2</sup>	155,59 Km <sup>2</sup>	26,41
São Miguel de Taipu	63,60 Km <sup>2</sup>	2,20 Km <sup>2</sup>	0,37
Pedra de Fogo	348,02 Km <sup>2</sup>	192,56 Km <sup>2</sup>	32,69

Fonte: Paraíba (2000a).

### **3.3.2 Rede Hidrográfica**

A rede hidrográfica da bacia é formada pelo rio Gramame (rio principal), e seus afluentes:

- ✓ Na margem direita: rio Utinga, rio Pau Brasil, riacho Pitanga, riacho Ibura, riacho Piabuçu, rio Água Boa.
- ✓ Na margem esquerda: riacho Santa Cruz, riacho da Quizada, riacho do Bezerra, riacho do Angelim, riacho Botamonte, rio Mamuaba, rio Camaço, rio Mumbaba.

As principais sub-bacias formadoras da Bacia do rio Gramame são: Mumbaba, Mamuaba e Água Boa.

### **3.3.3 Características Fisiográficas**

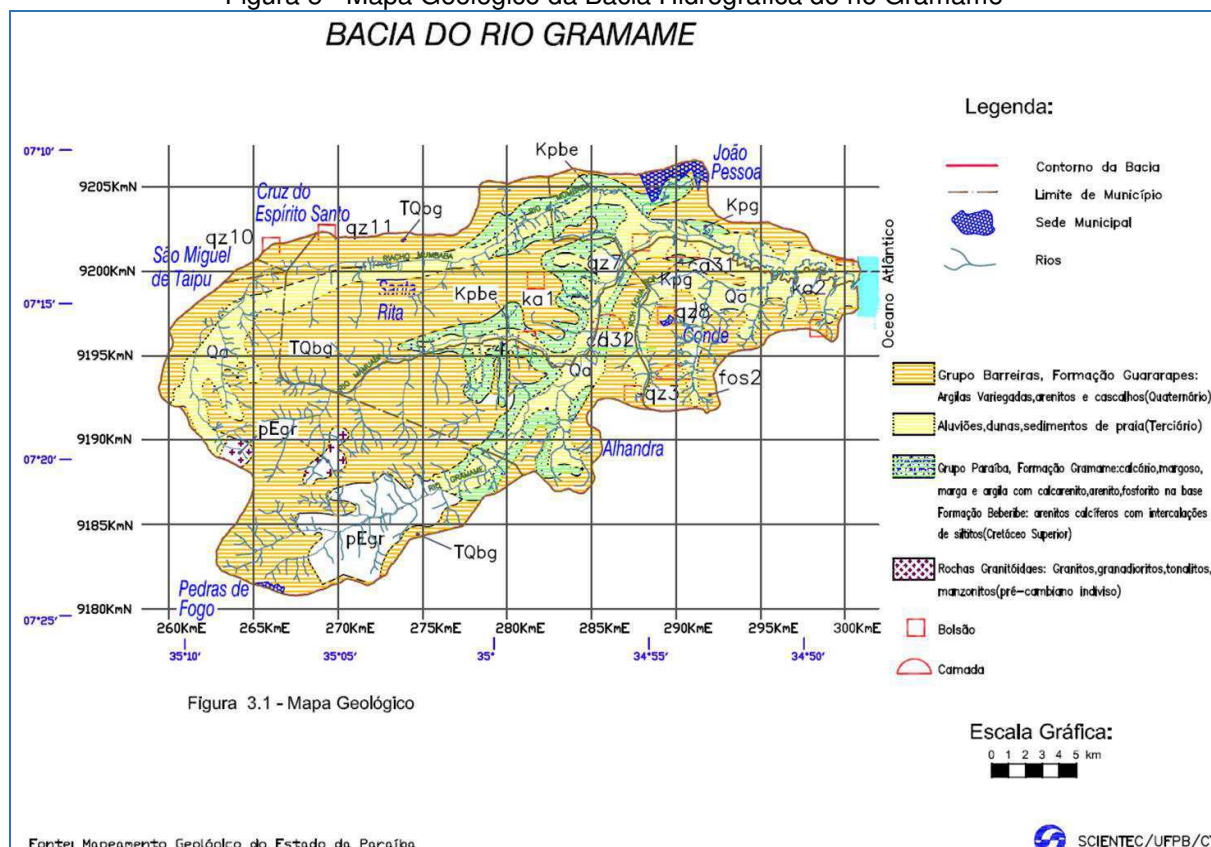
A precipitação média anual é de 1.740 mm sobre a bacia com período chuvoso de abril a julho, com evaporação média anual de 1.300mm. A Bacia Hidrográfica do rio Gramame apresenta como características, alta radiação solar e alto número de horas de insolação apresentando temperatura média anual de 26°C. Está inserida na zona classificada como Aw'i (clima tropical úmido, com estação seca no outono), com uma pequena parte da área ocidental da bacia classificada

como BSw'h' (um clima seco de tipo estepe com estação seca no outono) (PARAÍBA, 2000a).

### 3.3.4 Características Hidrogeológicas

Na área da Bacia Hidrográfica do rio Gramame pode-se individualizar duas grandes províncias hidrogeológicas: a Província Cristalina e a Província Sedimentar. Nestas províncias, o contexto geológico de cada uma é fundamentalmente diferente: no cristalino predominam rochas de permeabilidade original insignificante ou, mesmo, nula, assim, o armazenamento de água subterrânea se faz em áreas preferenciais e localizadas correspondentes às zonas fraturadas às áreas com manto intempérico desenvolvido e às regiões onde existem depósitos aluviais de características granulométricas e dimensionais favoráveis; diferente desta, na província sedimentar, a acumulação dos recursos subterrâneos está intimamente ligada à permeabilidade original dos constituintes das rochas (PARAÍBA, 2000a; 2006). O mapa geológico da referida bacia encontra-se na FIG. 5, abaixo.

Figura 5 - Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do rio Gramame



A Província Cristalina é constituída pelo conjunto de rochas ígneas e metamórficas, de idade Pré-cambriana formada por, principalmente, gnaisses, migmatitos, granitos, mica-xistos, filitos e quartzitos, englobando 60% desta área, correspondente à sua parte ocidental, e formada pelo complexo de rochas granítico-migmatíticas pré-cambrianas, ainda nesta, as águas se acumulam nas fraturas, aluviões e manto de intemperismo, formando zonas aquíferas, onde a definição de seus limites é bastante imprecisa e dificultada, não só devido aos problemas geológicos, mas também, fatores fisiográficos (climáticos, em particular) bastante restritivos ao armazenamento e desenvolvimento destes recursos (PARAÍBA, 2000a; 2006).

Com relação à Província Sedimentar, de um modo geral, todas as formações da faixa costeira do estado, constituem aquíferos de importância hidrogeológica variável. Em função da composição litológica, extensão e espessura da sequência sedimentar, os aluviões, sedimentos de praia e mangues, têm uma expressão hidrológica secundária e acessória, assim como, os calcários da formação Gramame, sendo que as demais formações constituem aquíferos importantes no contexto hidrogeológico da região, principalmente a Formação Beberibe e as formações do Grupo Barreiras (PARAÍBA, 2000a; 2006).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 Tipo de Pesquisa e Instrumentos de Obtenção dos Dados**

Vergara (2007) afirma que existem vários tipos de pesquisa, e esses tipos podem ser definidos por dois critérios básicos: quanto aos fins sendo de natureza exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista; e quanto aos meios de investigação que pode ser pesquisa de campo, de laboratório, documental, bibliográfica, e experimental.

Com base nesse entendimento, essa pesquisa pode ser classificada quanto aos fins, como descritiva e explicativa. Foi descritiva, pois procurou descrever e compreender as características da área e sua situação. Explicativa por ter como principal objetivo reunir e trabalhar os dados, de forma a facilitar a compreensão e assim auxiliar na tomada de decisão dos gestores de recursos hídricos da área estudada.

Quanto aos meios de investigação essa pesquisa foi classificada como documental e bibliográfica. Documental, pois foram utilizados documentos encontrados em órgãos públicos. E bibliográfica por terem sido recolhidas informações com base em material publicado em livros, jornais e etc.

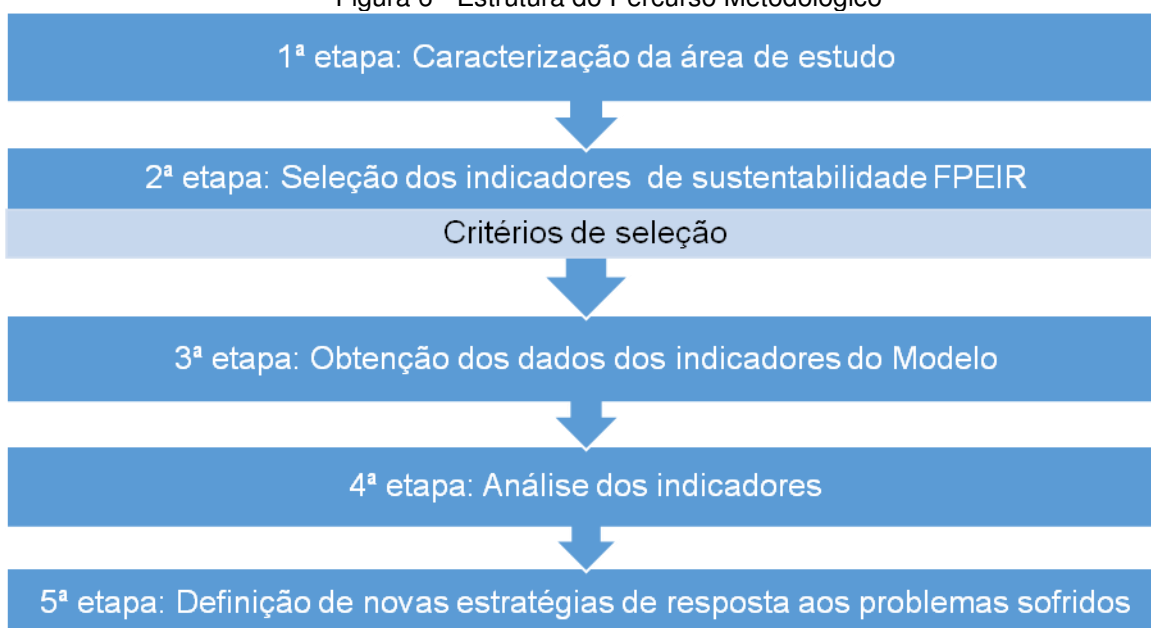
Vergara (2007) ainda distinguiu dois tipos de dados utilizados em pesquisas na obtenção de informações para análise: os dados primários e os dados secundários. Os dados utilizados para elaboração deste trabalho foram obtidos de fontes secundárias. Secundário, porque os dados encontram-se disponíveis em livros, artigos, atlas, e etc.

Por fim os dados, em grande parte, foram analisados de forma não estatística (qualitativa), estes foram interpretados sem a preocupação de quantificá-los, por meio de medidas estatísticas.

### **4.2 Percurso Metodológico**

A estrutura do modelo contempla cinco etapas que substanciaram os resultados da pesquisa e pode ser resumidamente visualizada na FIG. 6.

Figura 6 - Estrutura do Percurso Metodológico



Inicialmente, 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, para isso a OCDE (1993) aponta alguns critérios. Os critérios definidos pela OECD:

Com relação à relevância política e 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, 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.

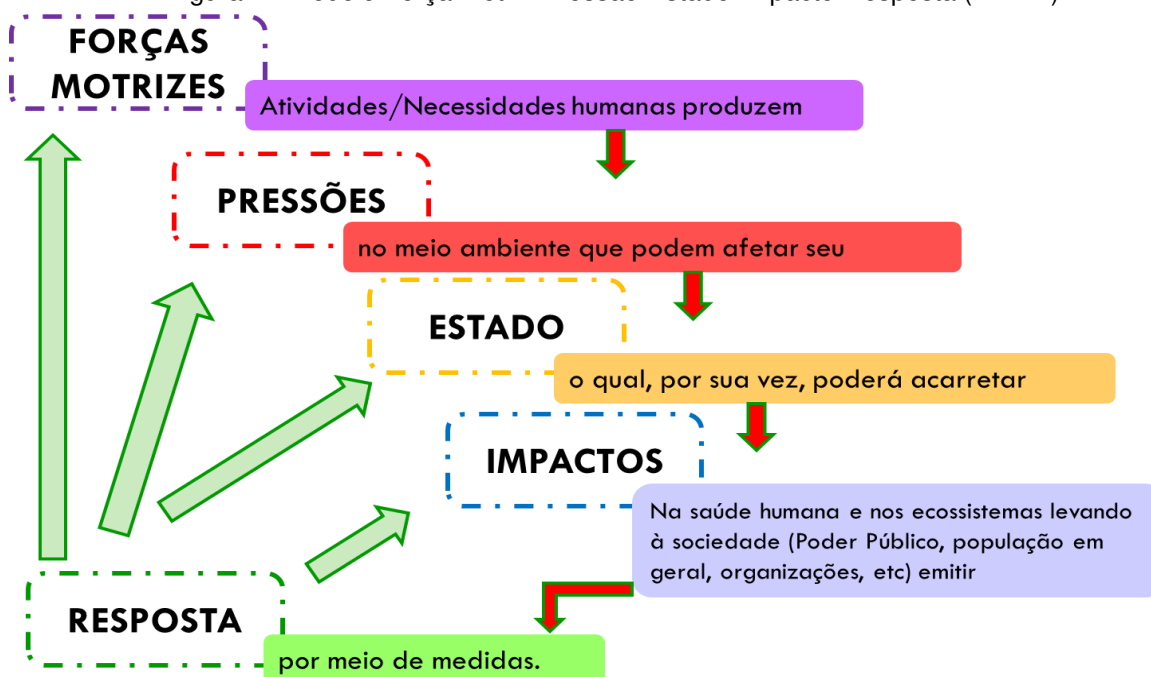
Com relação à mensurabilidade, os dados necessários para dar suporte ao indicador devem ser:

- prontamente disponível ou disponível em uma relação custo/benefício razoável;
- adequadamente documentado e de qualidade conhecido;
- atualizado em intervalos regulares, de acordo com procedimentos seguros (OCDE, 1993, p. 7).

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

Nesta pesquisa, os indicadores foram organizados de acordo com o modelo sugerido pela Agência Européia de Meio Ambiente – EEA (1999) em cinco dimensões: Força Motriz, Pressão, Estado, Impacto, Resposta. A esquematização desse modelo pode ser visualizada na FIG. 7.

Figura 7 - 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 impactos, 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.

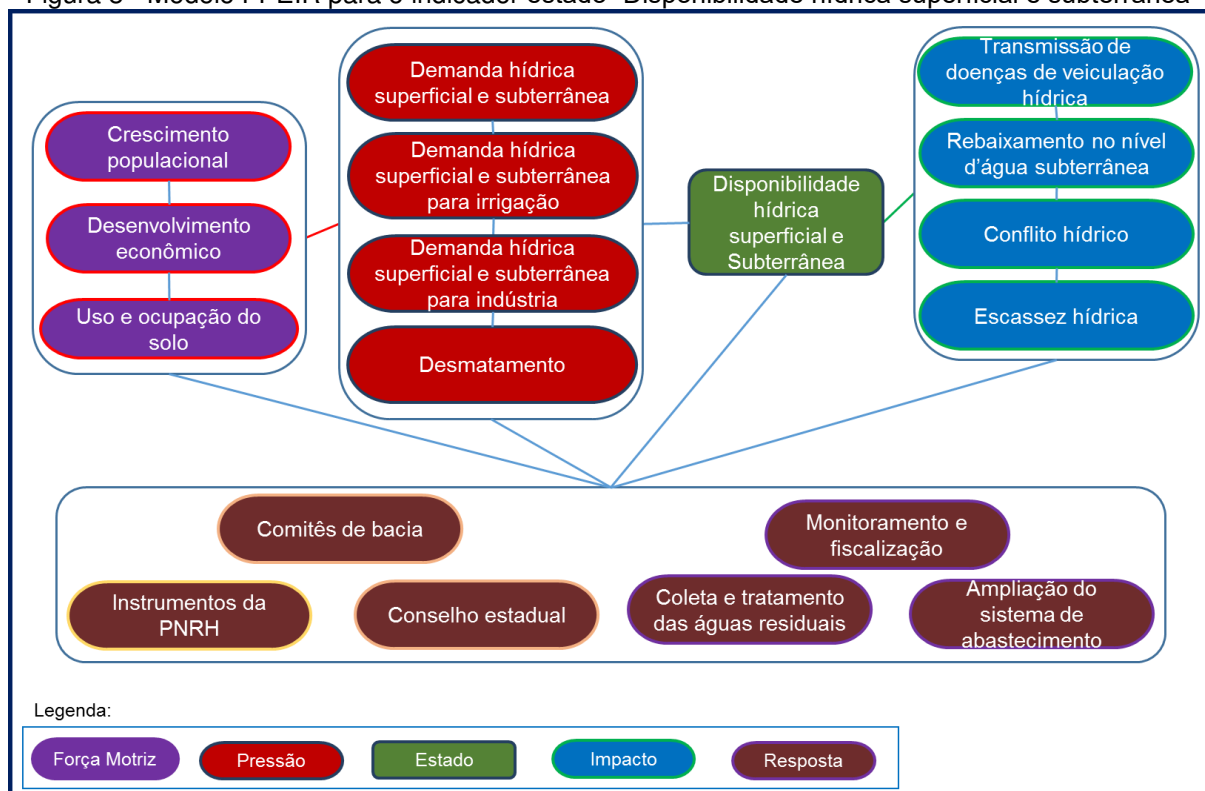
A obtenção dos dados encontra-se na **3ª etapa** metodológica, nesta, foram consultados documentos municipais, regionais, nacionais, trabalhos científicos e órgãos gestores para a obtenção dos dados. Após essa coleta de dados, na **4ª etapa**, os indicadores foram analisados, com o objetivo de verificar 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 PNRH.

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

### 4.3 Construção do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR

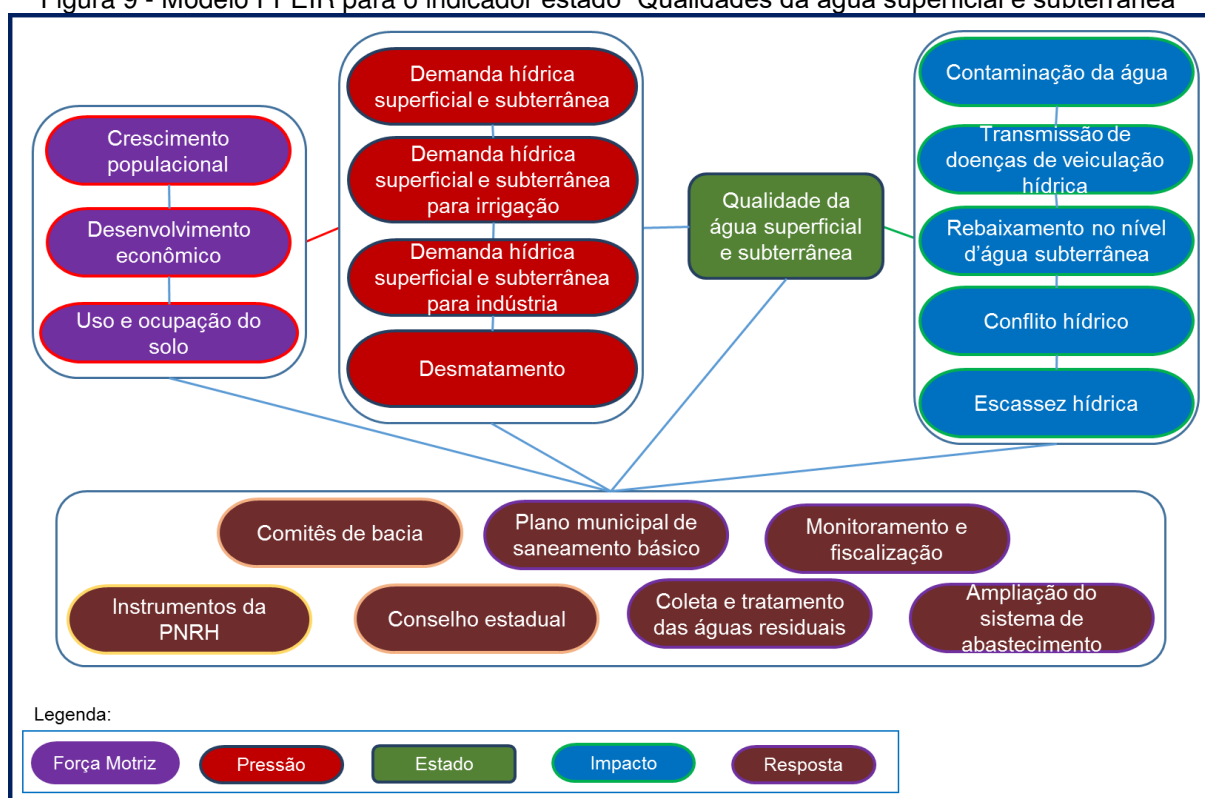
O primeiro modelo de sustentabilidade mostrada na FIG. 8 apresenta os indicadores de força motriz, pressão, impactos e resposta, tendo como ponto de partida o indicador estado “Disponibilidade hídrica superficial e subterrânea”.

Figura 8 - Modelo FPEIR para o indicador estado “Disponibilidade hídrica superficial e subterrânea”



O segundo modelo de sustentabilidades (FIG. 9) expõe os indicadores das cinco dimensões constituintes do modelo para o indicador estado “Qualidades da água superficial e subterrânea”. As duas matrizes apresentam um total de 26 indicadores.

Figura 9 - Modelo FPEIR para o indicador estado “Qualidades da água superficial e subterrânea”



#### 4.4 Fontes de Obtenção dos Dados

- ✓ Para os indicadores de “Força Motriz”, os dados foram obtidos a partir:
  - IBGE, 1980; 1991; 2000; 2010 e 2015;
  - IBGE e IDEME, 2012;
  - ADHB, 2013;
  - JOÃO PESSOA, 2009;
  - Plano de Ação João Pessoa Sustentável, 2014;
- ✓ Para os indicadores de “Pressão”, os dados foram obtidos por meio das seguintes fontes:
  - SOSMA & INPE, 2014;
  - AESA, 2015a.

- ✓ Para os indicadores de “Estado”, os dados foram adquiridos a partir:
  - PARAÍBA, 2006;
  - Medeiros, 2012;
  - Targino, 2012;
  - AESA, 2013;
  - AESA, 2015a.
  
- ✓ Para os indicadores de “Impacto”, os dados foram obtidos por a partir:
  - PARAÍBA, 2000a;
  - PARAÍBA, 2001;
  - PARAÍBA, 2006;
  - Batista, 2010;
  - Lira, 2011;
  - Dantas, 2012;
  - Medeiros, 2012;
  - Ribeiro, 2012;
  - AESA, 2013;
  - DATASUS, 2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015;
  - AESA, 2016a.
  
- ✓ Para os indicadores de “Resposta”, os dados foram os dados foram adquiridos por meio das fontes a seguir:
  - PNRH, 1997;
  - Decreto Estadual nº 19.260/97;
  - PARAÍBA, 2000a;
  - PARAÍBA, 2000b;
  - PARAÍBA, 2001;
  - CONAMA 357/2005;
  - PARAÍBA, 2006;
  - CONAMA 396/2008;
  - PARAÍBA, 2012;
  - PARAÍBA, 2013;
  - SNIS, 2004; 2005; 2006; 2007; 2008; 2009; 2010; 2011; 2012; 2013; 2014;
  - PMSB-JP, 2015;
  - Pires, 2015;
  - AESA, 2015a;
  - AESA, 2015b;
  - AESA, 2015c;
  - AESA, 2015d;
  - AESA, 2015e
  - AESA, 2016b.

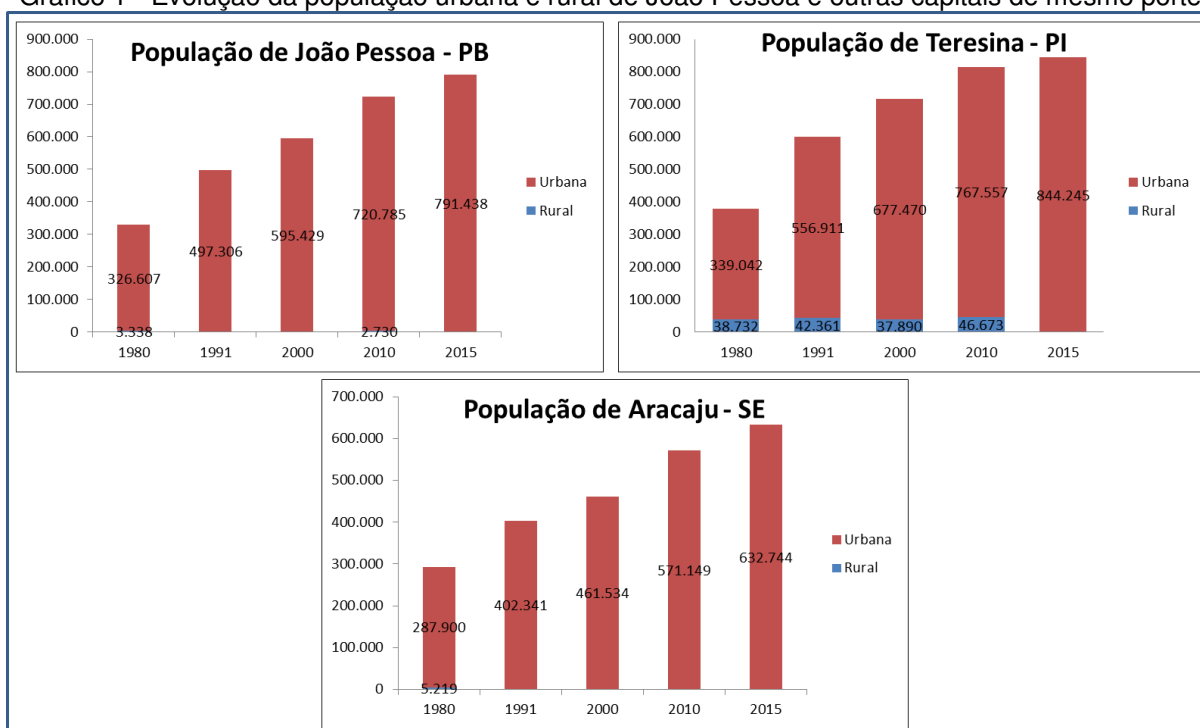
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Indicador de Força Motriz

#### 5.1.1 Crescimento Populacional

A população da cidade de João Pessoa cresceu de 598.937 para 723.515 habitantes, no ano de 2000 para o de 2010, sendo 720.785 da zona urbana e 2.730 da zona rural. O GRAF. 1 mostra o aumento da população urbana e rural de João Pessoa a partir de 1980, bem como a população de Teresina capital do Piauí, e Aracaju, capital do Sergipe, capitais de mesmo porte de João Pessoa. Neste Gráfico observa-se 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 sendo, a capital João Pessoa apresenta um crescimento proporcional similar a outras capitais do mesmo porte no Brasil, porém, de uma forma mais acentuada.

Gráfico 1 - Evolução da população urbana e rural de João Pessoa e outras capitais de mesmo porte



Fonte: IBGE. Censos Demográficos (1980; 1991; 2000; 2010; 2015).

A capital paraibana possui uma densidade demográfica de 3.421,28 hab./km<sup>2</sup> e apresenta uma taxa de crescimento interanual desacelerada, que pode ser observada na TAB. 1.

Tabela 1 - Taxa de crescimento interanual

Município	1980 –1991	1991- 2000	2000 - 2010
<b>João Pessoa</b>	3,81%	2,06%	1,92%

Fonte: IBGE: Censos Demográficos (1991; 2000; 2010).

Considerando a TAB. 1, 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 metade. A redução na intensidade de crescimento da população da capital paraibana indica uma condição favorável para a sustentabilidade das bacias, a qual a cidade está inserida, visto que um crescimento menos acelerado possibilita aos órgãos gestores tempo e condição para planejar o espaço ocupacional.

### **5.1.2 Desenvolvimento Econômico**

O desenvolvimento econômico é o crescimento econômico que pode ser medido pelas variáveis quantitativas como o *produto interno bruto* e o *produto nacional bruto*, acompanhado pela melhoria da qualidade de vida da população, que pode ser medida pelas variáveis qualitativas por meio dos indicadores sociais como o *Índice de Desenvolvimento Humano*, o *Índice de Pobreza Multidimensional* e o *Coefficiente de Gini*. Dessa forma, o desenvolvimento econômico reflete a qualidade de vida, influenciado diretamente no aumento da população.

#### ➤ *Produto interno bruto (PIB)*

Com relação ao PIB municipal, o IBGE e o IDEME verificaram que os cinco maiores municípios do estado concentram mais da metade do valor do PIB paraibano, e que, em 2012, essa concentração aumentou para 58,4%, contra 57,8% em 2011. Dessa forma, os demais municípios, juntos passaram a representar 41,6% em 2012. A capital, João Pessoa, participou com quase trinta por cento (29,0%) da economia do estado nesse ano.

Com essa atuação, o município de João Pessoa continuou sendo o centro dinâmico da economia paraibana, obtendo um incremento nominal de 11,1% no valor de seu PIB (passou de R\$ 10,105 bilhões, em 2011, para R\$ 11,226 bilhões,

em 2012), e de 0,5 pontos percentuais na sua participação na economia do estado (passou de 28,5% para 29,0%), entre 2011 e 2012.

O principal setor da atividade econômica da capital paraibana permaneceu sendo o setor de serviços, representando 74,6% do valor adicionado total do município, porém esse setor alcançou 0,6 pontos abaixo do percentual observado em 2011. Em seguida vem o setor industrial, com 25,4%, obtendo um ganho de 0,6 pontos percentuais e, em terceiro, o setor agropecuário, que permaneceu representando apenas 0,1% da economia municipal. Cabe ressaltar que, apesar dessas variações no desempenho dos referidos setores, o município está na primeira posição na participação da Indústria (31,3%) e dos Serviços (28,4%) do estado (IBGE e IDEME, 2012).

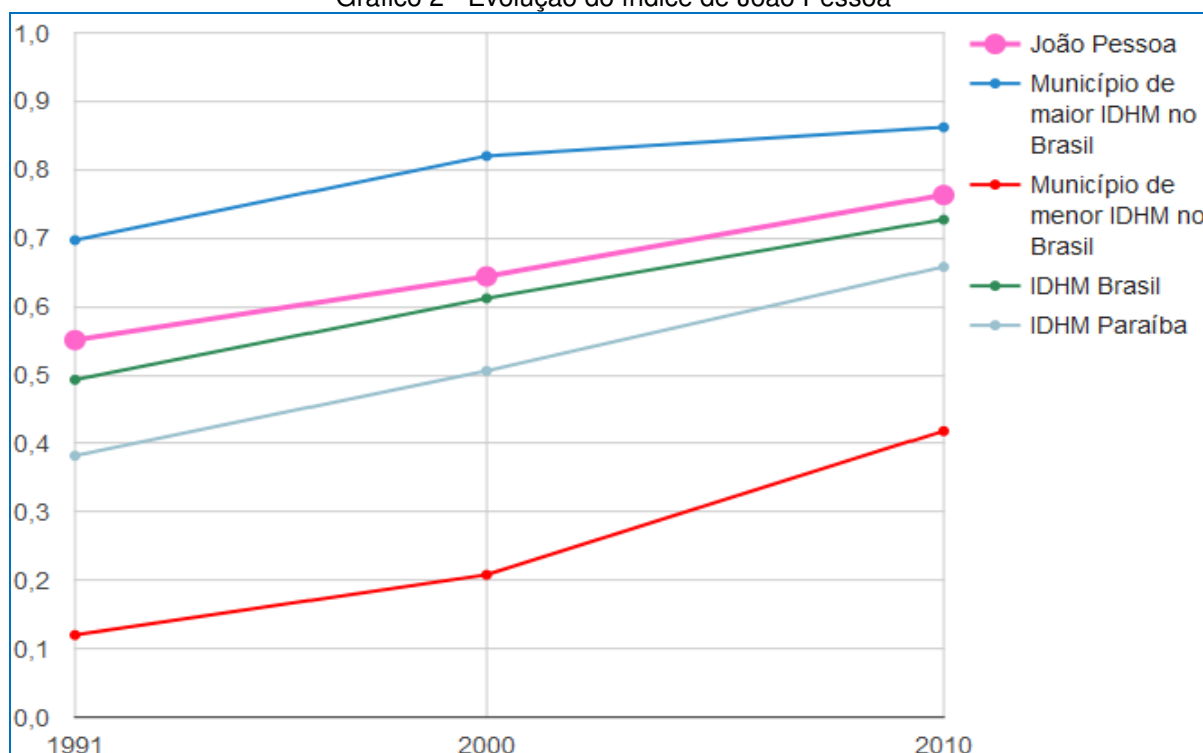
➤ *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)*

Em 2010, segundo o IBGE, o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, índice que considera a qualidade de vida da população, a partir dos critérios de educação, saúde e desenvolvimento econômico, na cidade de João Pessoa foi de 0,763, em um intervalo que vai de 0 a 1. Dessa forma, esse valor situa o município de João Pessoa na faixa de Desenvolvimento Humano Alto (IDHM entre 0,700 e 0,799). Essa faixa coloca o município no 320º no ranking nacional, entre os 5.565 municípios do país. Nesse ranking, o maior IDHM é 0,862 da cidade de São Caetano do Sul-SP e o menor é 0,418 da cidade de Melgaço-PA.

A dimensão que mais contribui para o IDH do município de João Pessoa foi a longevidade, com índice de 0,832, seguida de renda, com índice de 0,770, e da educação, que teve o valor dobrado de 1991 a 2010, com índice de 0,693 (ADHB, 2013).

O GRAF. 2 mostra a evolução do IDH do município de João Pessoa, nele pode-se observar que o IDH de João Pessoa durante os anos de 1991 a 2010, ficou acima da média nacional e também da Paraíba.

Gráfico 2 - Evolução do índice de João Pessoa



Fonte: ADHB (2013).

O GRAF. 2 mostra que IDH em 1991 foi de 0,551, em 2000 foi de 0,644, e em 2010 foi de 0,763. Apresentando assim, uma taxa de crescimento de 1991 a 2000 de 16,88% e de 2000 a 2010 de 18,48%. (ADHB, 2013).

#### ➤ *Coeficiente de Gini*

O Índice ou coeficiente de Gini, conforme o Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil (ADHB) é um instrumento utilizado na medição do grau de concentração de renda, procurando mostrar a desigualdade de renda. Desta forma, ele mostra a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos, variando numericamente de 0 a 1. O valor “0” representa a situação de total igualdade, onde todos têm a mesma renda, e o valor “1” significa completa desigualdade de renda, onde uma só pessoa detém toda a renda local (ADHB, 2013).

A renda per capita média de João Pessoa cresceu 99,73% nessas duas décadas, como mostra a TAB.2. A taxa média anual de crescimento é de 3,58%, entre 1991 e 2000, e de 3,83%, entre 2000 e 2010. A taxa média anual de crescimento nesse período de duas décadas foi de 3,71%. Com relação à proporção de pessoas pobres (as que possuem renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00,

a preços de agosto de 2010), João Pessoa apresentou uma redução de 22,76%, de 1991 para 2010. A evolução da desigualdade de renda nesses dois períodos foi descrita através do Índice de Gini, este apresentou o valor de 0,62.

Tabela 2 - Índice de Gini para João Pessoa-PB

<b>Renda, Pobreza e Desigualdade</b>	<b>1991</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>
Renda per capita (em R\$)	483,07	662,85	964,82
% de extremamente pobres	12,28	6,56	3,48
% de pobres	34,35	22,87	11,59
<b>Índice de Gini</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>	<b>0,62</b>

Fonte: ADHB (2013).

Diante dos dados apresentados nesse indicador, as variáveis quantitativas e qualitativas mostraram que João Pessoa cresceu economicamente, e que a qualidade de vida da sua população também está melhorando, apesar do índice de Gini não variar nessas duas décadas.

Esse aumento no desenvolvimento econômico e na renda per capita, traz consigo, o aumento na pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Com relação às variáveis: Produto Nacional Bruto e Índice de Pobreza Multidimensional, elas não foram analisadas por possuírem valores apenas em nível nacional.

### **5.1.3 Uso e Ocupação do Solo**

O plano diretor da cidade de João Pessoa é considerado um instrumento estratégico para orientar o desempenho dos agentes públicos e privados na produção e gestão do espaço urbano. Sendo assim, 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 zoneamento, por sua vez, tem como objetivo dividir o solo do município em razão do uso destinado, seja para área de habitação, comercial, industrial, de



preservação e agrícola. Dessa forma, ele busca delimitar geograficamente áreas territoriais do município e dividir em áreas integradas, possibilitando assim o planejamento adequado para implementação das estratégias e ações definidas no Plano Diretor (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, realizado em 2014 (JOÃO PESSOA, 2014). Este identificou áreas homogêneas de crescimento e classes de análise que proporcionaram uma classificação de uso e ocupação do solo real. Desta forma, o município foi dividido em duas áreas integradas, as que são formadas pelas áreas urbanas e as que são formadas pelas áreas não urbanas. No QUADRO 2, a seguir, pode-se observar como o espaço territorial de João Pessoa está sendo utilizado.

Quadro 2 - Uso e ocupação do solo de João Pessoa

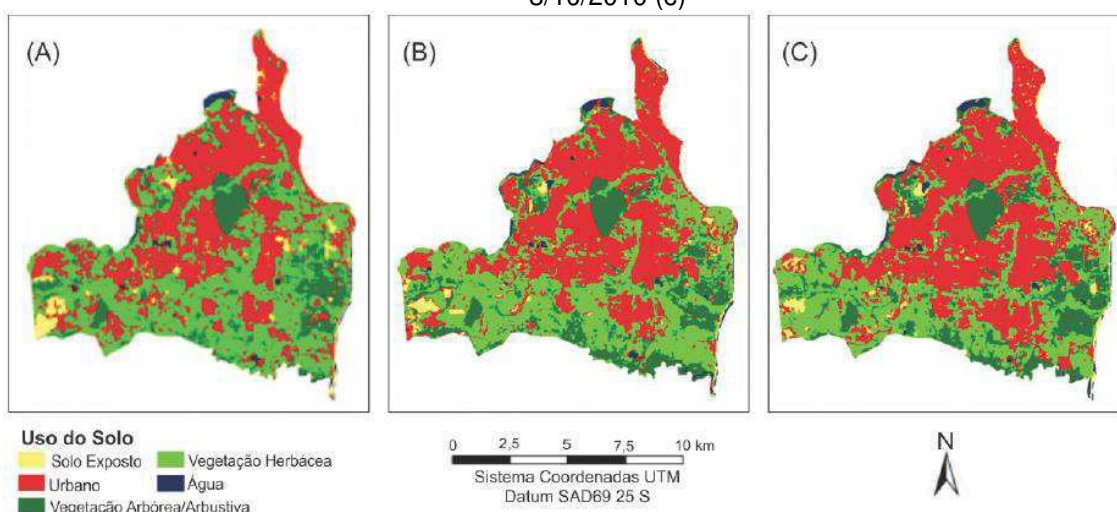
		ha	%	
<b>Urbano</b>	Residencial	Essencialmente residencial	3963,95	25%
		Misto com predominância residencial	3509,99	22%
		Segunda Residência – uso ocasional	195,54	1%
		Assentamentos Precários	473,71	3%
		Vazios Urbanos	1788,23	11%
	<b>TOTAL RESIDENCIAL</b>	<b>9931,42</b>	<b>63%</b>	
	Não residencial	Atividades econômicas com predominância industrial	756,77	5%
		Atividades econômicas com predominância terciária	1163,99	7%
		Áreas Especiais	357,51	2%
		Áreas verdes	3675,48	23%
<b>TOTAL NÃO RESIDENCIAL</b>	<b>5953,75</b>	<b>37%</b>		
<b>TOTAL URBANO</b>		<b>15885,17</b>	<b>70%</b>	
<b>Não Urbano</b>	Solo urbanizado	Assentamentos dispersos	1389,02	-
		Urbanizações Isoladas	-	-
		Indústrias isoladas	11,38	-
	<b>TOTAL SOLO URBANIZADO</b>	<b>1400,4</b>	<b>20%</b>	
	Rural	Agrícola	3019,48	44%
		Bosques	891,02	13%
		Manguezais	720,84	11%
		Linhas d'água	280,8	4%
Áreas úmido-pantanosas		533,35	8%	
<b>TOTAL RURAL</b>	<b>5445,49</b>	<b>80%</b>		
<b>TOTAL NÃO URBANO</b>		<b>6845,89</b>	<b>30%</b>	

Fonte: João Pessoa (2014).

De acordo com o QUADRO 2, 2,70% do território de João Pessoa (cerca de 15.885,17 ha), é composto por áreas urbanas. Destes, cerca de 9931,42 ha, são áreas totalmente residenciais e 3675,48 ha áreas verdes. O restante de 30% do território, cerca de 6.845,89 ha, é composto por áreas não-urbanas, com 3019,48 ha formado por áreas rurais para o desenvolvimento da agricultura.

A FIG. 4 abaixo mostra o uso do solo para os anos de 1991, 2000 e 2010. Nela podemos observar uma expansão constante da área urbana nas porções norte, oeste e central da capital paraibana.

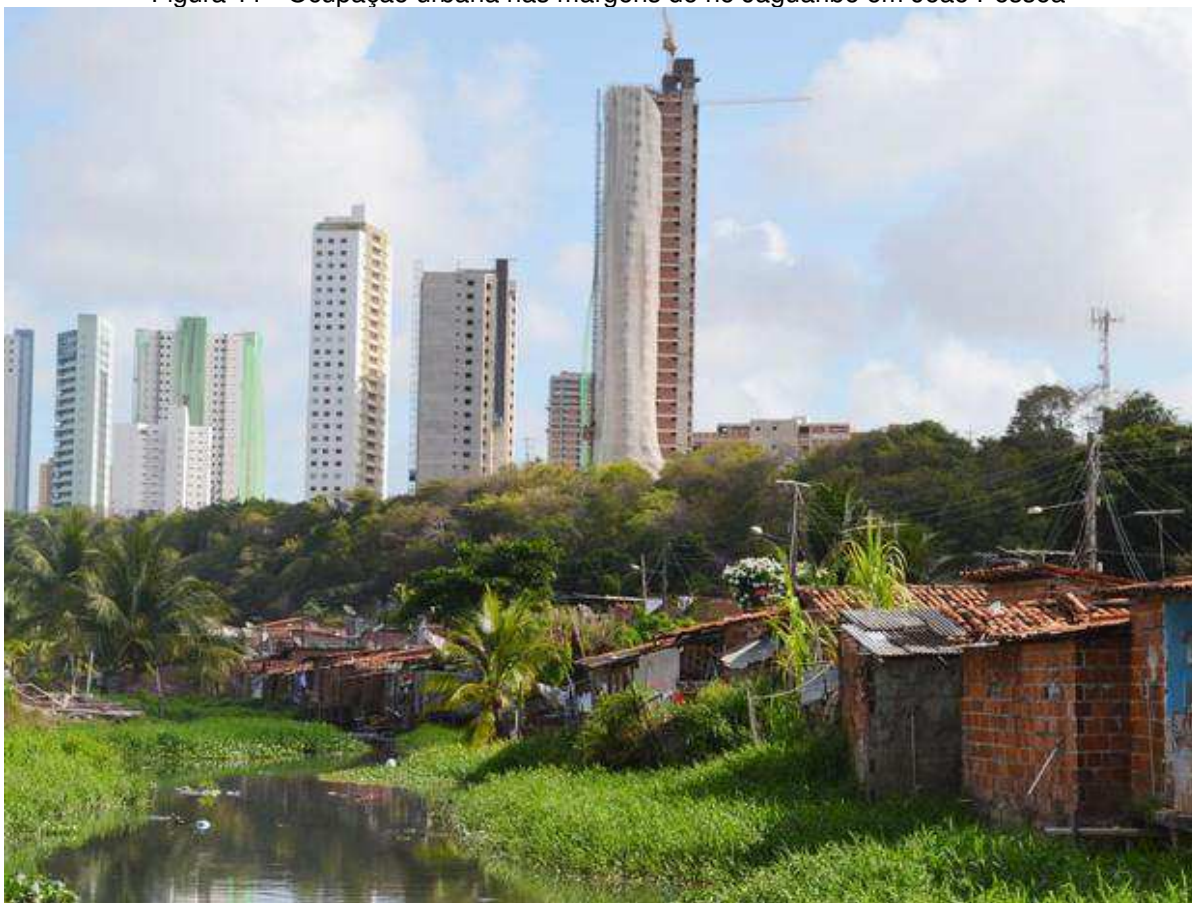
Figura 10 - Uso e ocupação do solo na cidade de João Pessoa em 5/11/1991 (a), 26/08/2006 (b) e 8/10/2010 (c)



Fonte: 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, sendo 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. É o que mostra a FIG. 11 (Bairro São José às margens do rio Jaguaribe).

Figura 11 - Ocupação urbana nas margens do rio Jaguaribe em João Pessoa



Fonte: Resende (2015).

## 5.2 Indicador de Pressão

### 5.2.1 *Demanda Hídrica Superficial*

A cidade de João Pessoa demanda água da Bacia Hidrográfica do rio Gramame e a Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, mais especificamente no seu baixo curso. Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos realizados pela SNIS, no ano de 2014, o consumo médio per capita de água dos usuários da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA foi de 157,3 l/hab.dia o que equivale a 57,41 m<sup>3</sup>/hab.ano.

Para calcular a vazão demanda de água superficial mostrada na TAB.3, foram consideradas aquelas destinadas aos usuários outorgados, com outorgas em andamento e com outorgas vencidas. Essas demandas são destinadas para abastecimento, irrigação, aquicultura, comercial, industrial e lançamento de efluentes. Essa tabela mostra a vazão demanda de água superficial de cada bacia

em m<sup>3</sup>/ano, tanto da cidade de João Pessoa como das cidades restantes que são abastecidas pelas referidas bacias, bem como o número de usuários cadastrados nas mesmas.

Tabela 3 - Demanda hídrica superficial outorgadas e cadastradas

Cidades abastecidas pelas bacias	Usuários cadastrados		Demanda de água 2015 (m <sup>3</sup> /ano)	
	Gramame	RBCRP	Gramame	RBCRP
João Pessoa	43	102	162.053.608,11	142.531.961,30
Demais cidades	93	297	28.517.441,66	183.178.589,05
Total	136	399	190.571.049,77	325.710.550,35

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

De acordo com a TAB. 3, pode-se observar que a cidade de João Pessoa, apesar de possuir 50 usuários a menos do que os cadastrados na Bacia do rio Gramame para as demais cidades, demanda um volume maior de água. 85% da água retirada da bacia são utilizadas para satisfazer a sua demanda, o restante é destinado às outras seis cidades que são subsidiadas por ela.

Em relação à RBCRP, a cidade de João Pessoa requer 43,7% da demanda de água dessa região para satisfazer as suas necessidades. Os outros 56,3% é destinado à demanda das outras 26 cidades que são abastecidas por essa Região.

Dos 304.585.569,41 m<sup>3</sup>/ano retirados das bacias para satisfazer as necessidades de João Pessoa, 80.633.224,20 m<sup>3</sup>/ano é direcionado ao abastecimento e 78.515.110,68 m<sup>3</sup>/ano para o lançamento de efluentes.

De acordo com Naime (2010) cerca de 80% da água de abastecimento é transformada em esgoto sanitário, e partindo dessa premissa é possível inferir que 64.506.579,36 m<sup>3</sup>/ano da água retirada pelos usuários de João Pessoa para abastecimento são transformados em esgoto.

### **5.2.2 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. ATAB.4 mostra a vazão de demanda de água subterrânea de cada bacia em m<sup>3</sup>/ano, da cidade de João Pessoa e das demais cidades, bem como o número de usuários cadastrados.

Tabela 4 - Demanda hídrica subterrânea outorgadas e cadastradas

Cidades abastecidas pelas Bacias	Usuários cadastrados		Demanda de água 2015 (m <sup>3</sup> /ano)	
	Gramame	RBCRP	Gramame	RBCRP
João Pessoa	76	601	15.459.127,26	38.138.432,05
Demais cidades	63	179	3.531.003,50	5.510.630,45
Total	139	780	18.990.130,76	43.649.062,50

Fonte: AESA (2015a). 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 m<sup>3</sup>/ano. O valor de 193.671,56 m<sup>3</sup>/ano se refere ao volume dos usuários com outorga em andamento. A bacia não apresenta nenhum usuário de água subterrânea com outorga vencida. 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. Os usuários de João Pessoa retiram cerca 87% do volume anual desta bacia. Sendo retirada uma vazão de 35.850.337,97 m<sup>3</sup>/ano pelos usuários outorgadas, 2.279.334,08 m<sup>3</sup>/ano pelos usuários com outorga em andamento e 8.760,00 m<sup>3</sup>/ano pelos usuários com outorga vencida.

Dos 53.597.559,31 m<sup>3</sup>/ano retirado das fontes subterrâneas para subsidiar as necessidades do município de João Pessoa, cerca de 37.861.992,17m<sup>3</sup>/ano são destinados ao abastecimento. Assim, do volume total retirado das duas bacias para João Pessoa, cerca de 70,4% são destinadas ao abastecimento humano.

Como visto anteriormente, cerca de 80% da água de abastecimento é transformada em esgoto sanitário, pode-se dizer que dos 37.861.992,17m<sup>3</sup>/ano são destinados ao abastecimento, cerca de 30.289.593,74 m<sup>3</sup>/ano são transformados em esgoto sanitário.

### **5.2.3 Demanda Hídrica Superficial e Subterrânea para Irrigação**

Dos 703 usuários de João Pessoa cadastrados, que retiram água da Região do Baixo Curso do rio Paraíba, 31 são usuários de irrigação, sendo 23 usuários de

água superficial e 8 usuários de água subterrânea. Já com relação aos usuários da Bacia Hidrográfica do rio Gramame de João Pessoa, dos 119 cadastrados, 27 são usuários de água para irrigação, sendo 23 usuários de água superficial e 4 de água subterrânea. A TAB. 5 mostra a demanda hídrica para irrigação dos usuários das bacias que abastecem a capital paraibana.

Tabela 5 - Demanda hídrica para irrigação superficial e subterrânea (m<sup>3</sup>/ano)

Cidades abastecidas pelas Bacias	Gramame		RBCRP	
	Superficial	Subterrânea	Superficial	Subterrânea
João Pessoa	6.129.571,00	197.440,00	1.613.240,80	128.861,22
Demais cidades	15.567.926,87	372.330,50	72.911.796,42	1.036.091,37
Total	21.697.497,87	569.770,50	74.525.037,22	1.164.952,59

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

Diante das informações da TAB. 5, João Pessoa retira cerca de 8.069.113,02 m<sup>3</sup>/ano para irrigação, representando 2,25% de toda água usada para abastecer João Pessoa por essas duas bacias. Ainda na TAB. 5, percebe-se que, embora a Bacia Hidrográfica do rio Gramame abasteça menos usuário de João Pessoa para irrigação, a sua demanda é superior à demanda da RBCRP para a mesma finalidade, atendendo cerca de 78,4 % dos usuários de irrigação de João Pessoa.

João Pessoa ainda apresenta 47 usuários outorgados junto à AESA com uma demanda de 2.450,07 m<sup>3</sup>/h para irrigação, mostrando um consumo de água muito extensivo para esta finalidade. Esta situação é preocupante, uma vez, que essa atividade favorece a salinização do solo e a desertificação, além do assoreamento dos corpos d'água, prejudicando assim, a quantidade e qualidade da água.

#### **5.2.4 Demanda Hídrica Superficial e Subterrânea para Indústria**

João Pessoa conta com 123 usuários cadastrados junto a AESA para as atividades industriais, e a TAB. 6 mostra a demanda de água superficial e subterrânea para esta atividade.

Essa cidade retira cerca de 17.572.767,42 m<sup>3</sup>/ano das Bacias do rio Gramame e da Região do Baixo Curso do rio Paraíba para subsidiar as atividades industriais.

Tabela 6 - Demanda hídrica superficial e subterrânea para a indústria (m<sup>3</sup>/ano)

Cidades abastecidas pelas Bacias	Gramame		RBCRP	
	Superficial	Subterrânea	Superficial	Subterrânea
João Pessoa	1.148.600,00	8.714.883,46	4.810.720,00	2.898.563,96
Demais cidades	4.992.094,40	2.671.289,00	7.680.267,00	2.875.171,37
Total	6.140.694,40	11.386.172,46	12.490.987,00	5.773.735,33

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

De acordo com as informações fornecidas pela AESA, esse valor representa 4,9 % da demanda total. Assim, quanto à demanda de água, o setor industrial de João Pessoa não exerceu pressão demasiada nas bacias que a abastece o município.

### **5.2.5 Desmatamento**

João Pessoa encontra-se no domínio da Mata Atlântica, com paisagens naturais litorâneas e áreas verdes protegidas, possuindo 11% da sua vegetação natural. De acordo com o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica ou Atlas da Mata Atlântica, realizada pela Fundação SOS Mata Atlântica (2014), estas, estão sofrendo com o processo de degradação ambiental devido às atividades antrópica, principalmente pela urbanização de locais de importância para o ecossistema natural.

O Parque Lauro Pires Xavier está cercado por áreas antropizadas e o rio da Pomba, que atravessa esse parque, está sofrendo degradação, principalmente pelo lançamento de efluentes e pelo desmatamento das margens do rio.

No Parque Ecológico Jaguaribe, a área de mata ciliar, está sendo eliminada para a construção de habitações. Essas construções afetam diretamente a qualidade da água do rio Jaguaribe, e conseqüentemente, a quantidade disponível para consumo.

Essas áreas não são as únicas que sofreram degradação ambiental pelo processo de urbanização em João Pessoa, conforme demonstrado na FIG.12.

A impermeabilização do solo causado pela urbanização, principalmente em locais inadequados, interfere no escoamento e na infiltração da água das chuvas, prejudicando a recarga dos aquíferos. Assim, é necessário reconsiderar o tipo de

crescimento que está ocorrendo na capital paraibana, pois é preciso considerar a importância do equilíbrio entre o desenvolvimento e a conservação ambiental.

Figura 12 - Expansão urbana sobre ecossistema de manguezal no estuário dos rios Paraíba/Sanhauá



Fonte: João Pessoa (2014).

## 5.3 Indicador de Estado

### 5.3.1 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 TAB. 8 mostra um balanço hídrico negativo uma vez que a demanda foi superior à disponibilidade máxima das bacias em estudo. Essa situação reflete diretamente na sustentabilidade da bacia, por estar sendo retirada uma vazão superior à adequada para a manutenção sustentável das mesmas.



Tabela 7 - Disponibilidade máxima superficial e demanda hídrica de 2015

Bacias	Disponibilidade máxima (m³/ano)	Demanda atual (m³/ano)	Balanço hídrico
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 (2015a).

A situação mostrada na TAB.8 é preocupante dado que o Nordeste, desde 2012, convive com a seca mais severa das últimas décadas. O período de chuva passou e não foi suficiente para recuperar os mananciais. Isso reflete não somente na quantidade de água, mas também na sua qualidade, já que a redução das vazões dos rios causa uma menor capacidade de autodepuração dos corpos hídricos envolvidos. A redução dessa capacidade pode acarretar em contaminação devido o lançamento de efluentes sem tratamento.

Esse cenário não é provocado apenas por um fator, mas por um conjunto de fatores, como a seca, a má gestão dos recursos hídricos, a falta de consciência da população, e estes trazem consigo muitos impactos socioambientais.

### **5.3.2 Disponibilidade Hídrica Subterrânea**

A TAB. 9 mostra um balanço hídrico positivo. A demanda atendida por água subterrânea foi inferior 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 8 - Disponibilidade máxima subterrânea e demanda hídrica de 2015

Bacias	Disponibilidade máxima (m³/ano)	Demanda atual (m³/ano)	Balanço hídrico
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	127.973.168	62.639.193,26	65.333.894,74

Fonte: Paraíba (2006); AESA (2015a).

### **5.3.3 Qualidade das Águas Superficiais e Subterrâneas**

A FIG. 13 mostra o mapa de enquadramento das bacias em estudo construído pela SERHMACT, em parceria com a AESA, em 2013, neste mapa

podemos observar que a classe dos rios e açudes varia de classe 1 a 3. As nascentes dos rios são classificadas como classe 1, e no decorrer do seu percurso para o Exutório da bacia ele varia para classe 2 e 3.

Figura 13 - Mapa de Classe de enquadramento das bacias estudadas



Fonte: AESA e SERHMACT (2013).

Em relação à qualidade da água subterrânea da RBCRP, Medeiros (2012) selecionou 24 poços, 11 do aquífero livre e 13 do aquífero confinado, distribuídos na região e situados nas cidades de Cabedelo e de João Pessoa, em áreas urbanizadas e industrializadas, por apresentar uma maior vulnerabilidade aos impactos capazes de alterar a qualidade da água.

Este autor comparou os resultados dos parâmetros qualitativos das águas dos poços dos dois aquíferos com os valores estabelecidos na Portaria MS 2.914/2011, e este mostrou que a água de todos os poços necessita de algum tipo de tratamento para satisfazer as exigências de qualidade para o consumo humano. Porém, para os usos menos exigentes, como lavagem de roupas, irrigação e dessedentação animal, essas águas podem ser usadas sem tratamento. Assim sendo essa água se enquadra na classe 3, que de acordo com o BRASIL (2008a) “são águas com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir

*tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeológicas naturais”.*

Quanto à qualidade da água subterrânea da Bacia Hidrográfica do rio Gramame, Targino (2012) analisou a qualidade do aquífero livre da bacia, sob o ponto de vista físico-químico, considerando a Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil. O pesquisador coletou amostras de 17 poços, realizando o monitoramento no período de outubro de 2010 a outubro de 2011. Os parâmetros analisados foram: temperatura, cor, turbidez, pH, acidez, alcalinidade, dureza, cloretos, CE (Condutividade Elétrica), STD, nitrato, OC (Oxigênio Consumido) e DBO.

Os resultados obtidos por Targino (2012) mostram que alguns parâmetros, como nitratos, turbidez e cor, apresentaram valores acima do máximo permitido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil. O elevado nível de nitrato foi encontrado em 5 dos 17 poços, com valores variando de 15,5 a 10,87 mg/l de N.

Diante do que foi exposto, pode-se afirmar que o indicador de qualidade de água da área de estudo mostra que as águas superficiais e subterrâneas, apesar de apresentarem qualidade comprometida pelas atividades humanas, podem ser utilizadas após um tratamento adequado dependendo do tipo de uso ao qual vai ser destinado, já que a água não apresenta alta contaminação nas regiões estudadas.

## **5.4 Indicador de Impacto**

### **5.4.1 Contaminação dos Recursos Hídricos**

Os recursos hídricos das bacias estudadas mostram alteração na sua qualidade. Alguns rios da RBCRP sofrem com a interferência pelas atividades antrópicas, principalmente pela urbanização desordenada, lançamento clandestino de esgoto sanitário, doméstico e industrial e o escoamento. Um exemplo dessa degradação é o rio Cuiá. Conforme a FIG. 13, ele está enquadrado nas Classes 1 e 2.

Medeiros (2012), entretanto, analisou a qualidade da água desse rio, e após comparar com os limites estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005, concluiu

que o rio Cuiá possui uso limitado, por estar na classe 4, podendo ser utilizado principalmente para harmonia paisagística e navegação.

As águas subterrâneas da RBCRP, apesar de apresentarem boa qualidade, demonstraram comprometimento da sua qualidade e essa contaminação de acordo com a pesquisadora foi principalmente indicada 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

Quanto à Bacia Hidrográfica do rio Gramame, Lira (2011) utilizando os dados levantados pela SUDEMA-PB em 2010, avaliou a qualidade da água dos rios Gramame, Mumbaba e Mussuré. Estes 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.

A Assembleia Legislativa da Paraíba (ALPB) preocupada com a degradação da qualidade da água da Bacia do Gramame promoveu no dia 26 de outubro de 2015 uma Audiência Pública da Frente Parlamentar Ambientalista, para debater a situação do rio Gramame. Segundo os presentes esse rio está ameaçado, por contágio químico, e contaminação de iodo, por conta das plantações de cana-de-açúcar e ligação irregular de uma fábrica têxtil, respectivamente, além de estar sofrendo assoreamento, causado pela retirada de areia para a construção civil.

Estudo realizado pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) revela que atualmente nesse rio encontra-se alto índice de coliformes fecais e 20 metais pesados, com valores acima dos índices permitidos (ALPB, 2015).

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 do Brasil, são reflexos da utilização excessiva de agrotóxicos e fertilizantes a base de nitrogênio, principalmente 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 atingirem o lençol subterrâneo.

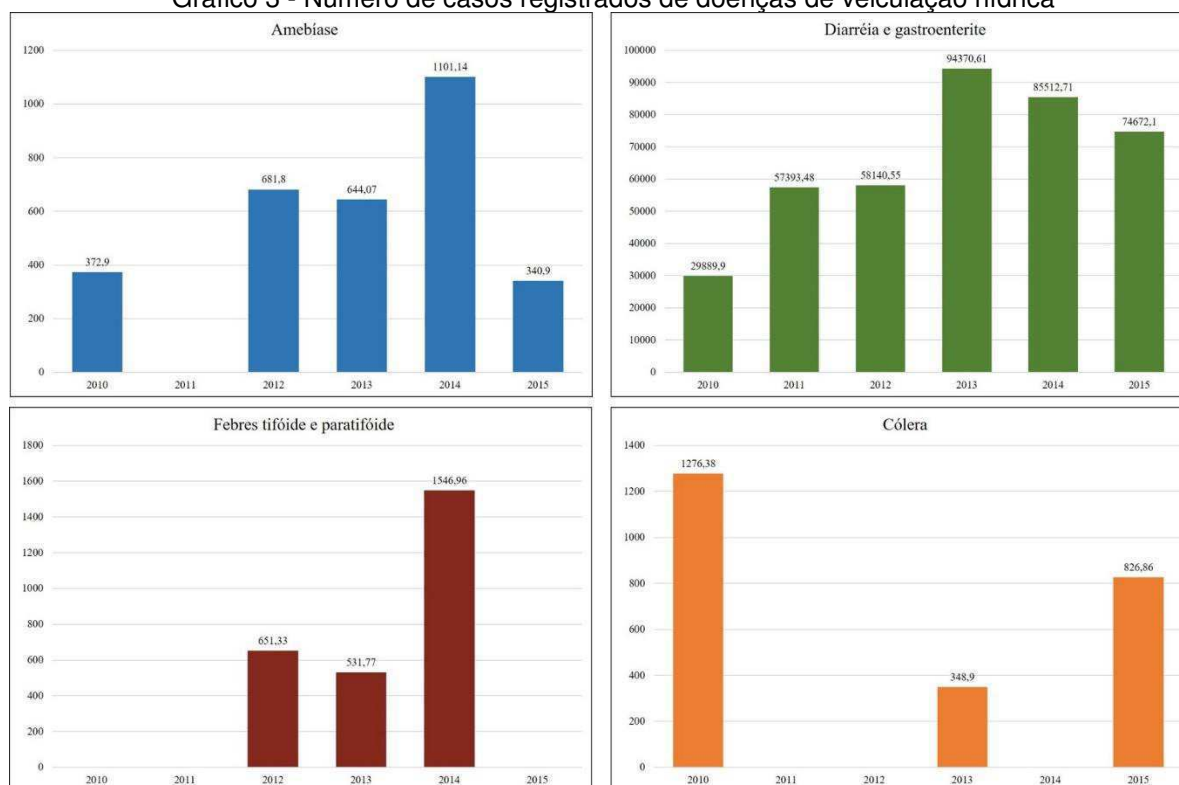
Dessa forma a contaminação da Bacia do rio Gramame ocorre devido aos processos industriais e as atividades agrícolas desenvolvidas na área ou região próxima a bacia.

De modo geral, esse indicador mostra que é necessário que as autoridades e órgãos competentes monitorem a qualidade da água e desenvolvam medidas para a sua melhoria, pois a situação atual é muito desfavorável para a sustentabilidade das bacias em estudo.

#### **5.4.2 Transmissão de Doenças de Veiculação Hídrica**

O DATASUS (dados de 2010 a 2015) registrou, para a cidade de João Pessoa, casos de doenças de veiculação hídrica como a febre tifoide e paratifoide, diarreia e gastroenterite, amebíase e cólera. Não há informações sobre a giardíase e hepatite A. O GRAF. 3 mostra os casos registrados em João Pessoa de doenças de veiculação hídrica de janeiro de 2010 a novembro de 2015.

Gráfico 3 - Número de casos registrados de doenças de veiculação hídrica



Fonte: DATASUS (2010; 2011; 2012; 2013; 2014; 2015).

Não foram apresentados pelo DATASUS o número de ocorrências dessas doenças em alguns anos, principalmente no ano de 2011, como se pode visualizar

na Figura 4. 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 (fezes), que contaminam as mãos, as roupas e os alimentos. Se essas são deixadas próximas a rios, lagoas e fossas, podem contaminar a água e 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 apresentar uma redução na ocorrência desses casos nos anos de 2010 para 2013; em 2015, o número de pessoas que procurou o serviço de saúde com essa doença aumentou. Isso pode ter ocorrido devido a um déficit na qualidade dos serviços básicos de saneamento, uma vez que os efluentes domésticos são 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 com que os usuários busquem por outras fontes de água de qualidade duvidosa. Para esse aspecto, a região se mostra com baixo grau de sustentabilidade.

#### **5.4.3 Escassez Hídrica**

A escassez hídrica vivenciada atualmente no Nordeste não é resultado unicamente da falta de chuva (seca) e da distribuição desigual desse recurso, mas sim, um conjunto de fatores, como o uso abusivo e a degradação da qualidade desse recurso pela sociedade e suas atividades. Dessa forma, a escassez de água está diretamente associada à utilização e gestão dos recursos hídricos.

A FIG. 8 mostra a variação no volume do açude Gramame-Mamuaba nos últimos 10 anos.

Figura 14 - Evolução do volume de armazenamento do açude Gramame-Mamuaba nos últimos 10 anos



Fonte: AESA (2016a).

De acordo com gráfico produzido pela AESA, apresentado na FIG. 8, pode-se observar que o volume do açude Gramame-Mamuaba não atingiu o volume máximo apenas no ano de 2010. Situação muito diferente do açude Marés, o que pode ser observado na FIG. 9.

Figura 15 - Evolução do volume de armazenamento do açude Marés nos últimos 10 anos



Fonte: AESA (2016a).

A FIG. 9 mostra que, desde 2009, o volume de água do açude Marés não atinge a sua capacidade máxima. Essa situação é reflexo da falta de chuva, mas também da má gestão. Um dos reflexo dessa má gestão é o índice de perdas de

faturamento no abastecimento de água em João Pessoa, que apresentou uma proporção de 39,97% em 2013, e de 38,67% em 2014 (SNIS, 2014).

#### **5.4.4 Conflito Hídrico**

A consulta com base no Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-PB) e nos Planos diretores de recursos hídricos das bacias estudadas permitiu a identificação de conflitos na região (QUADRO 3).

Quadro 3 - Ocorrência de conflitos hídricos na Bacia Hidrográfica do rio Gramame e na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba – Baixo curso

#### **Conflitos na Bacia do rio Gramame e na Bacia rio Paraíba – Baixo Curso**

- Decorrentes da degradação da qualidade da água devido a poluição causada pelo lançamento de efluente domésticos e indústrias;
- Motivados principalmente pela degradação ambiental, que é consequência da extensa área urbana;
- Entre os irrigantes e a exportação de água para a região da grande João Pessoa;
- Decorrentes do uso indevido do solo - pela inexistência de planejamento da irrigação agrícola e uso de agrotóxico, degradando assim a área;
- Devido à presença de olarias nas margens dos rios.
- Causados pelas atividades extrativistas como a carcinicultura
- Devido o elevado índice de assoreamento do rio em função das atividades industriais.

Fonte: Paraíba (2000a; 2001; 2006); Ribeiro (2012).

Os conflitos estão associados à má gestão dos recursos hídricos na região, muito mais do que a uma escassez hídrica. Isto é, são conflitos que podem ser categorizados em “conflitos de segunda ordem”, conforme conceituação de Ohlsson (1999) e estudada por Vieira e Ribeiro (2015) para a área de estudo. Um conflito de segunda ordem surge pela introdução inadequada (ou incorreta) ou pela falta de medidas de gerenciamento tomadas para resolver uma situação de escassez do recurso natural.

#### **5.4.5 Rebaixamento no Nível d'Água Subterrânea**

- Bacia Hidrográfica do rio Paraíba (Baixo Curso)

Batista (2010) realizou uma modelagem do fluxo subterrâneo na Bacia Sedimentar Costeira do Baixo Curso do rio Paraíba. Para a simulação do fluxo subterrâneo, o referido autor utilizou o programa MODFLOW. Este aplicativo tem a



capacidade de simular o fluxo bidimensional ou tridimensional em meios porosos e oferece alternativas para simulações de aquíferos confinados, não confinados, ou uma combinação de ambos. Uma análise importante realizada por Batista (2010) diz respeito às taxas de bombeamento dos poços, assim pode-se ter uma idéia da quantidade de água explorada e quais os locais onde o uso é mais intenso.

Batista (2010) observou que em algumas regiões da RBCRP ocorrem cargas hidráulicas com valores negativos em relação ao nível do mar, ocasionado exploração excessiva, provocando rebaixamentos dos níveis potenciométricos, e induzindo o fluxo para esses locais. Os resultados mostram ainda que a concentração da exploração é justamente na zona onde deveria haver recarga do subsistema Beberibe, porém, as águas subterrâneas ainda não foram afetadas pela intrusão salina.

Esses dados mostram a necessidade de um monitoramento dos níveis freáticos próximos aos locais de recarga do aquífero, dado que é um local de fundamental importância para a manutenção do subsistema Beberibe, visto que, a intensa exploração perturbará a circulação, recarga e descarga da água subterrânea para esse aquífero.

➤ **Bacia Hidrográfica do rio Gramame**

Não foram encontrados em documentos municipais, regionais e nacional, trabalhos científicos ou nos órgãos gestores, estudos referentes a cargas hidráulicas da Bacia do rio Gramame.

Foi identificado apenas o trabalho de Dantas (2012), e neste, o pesquisador procurou levantar informações que auxiliem no controle, proteção e utilização das águas subterrâneas dos Aquíferos Beberibe, Barreiras e Aluvião do Rio Mumbaba dentro dos limites da Região Metropolitana de João Pessoa. O autor levantou essas informações por meio de testes de bombeamento em diversos poços, determinando assim, os parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos.

Os valores levantados pelo pesquisador mostram que a água subterrânea da área em estudo ainda não está sofrendo exploração excessiva, revelando uma condição de sustentabilidade.

De modo geral, esse indicador demonstra a necessidade de um controle e monitoramento na perfuração de poços, bem como a concessão de outorgas, para evitar que sejam liberados volumes acima do sustentável para a bacia, prevenindo

assim, problemas de rebaixamento pela exploração excessiva e contaminação pela intrusão salina.

## **5.5 Indicador de Resposta**

### **5.5.1 Instrumentos da PNRH (lei 9.433/97)**

- Planos de Recursos Hídricos

#### *Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba (PERH-PB)*

O PERH foi conduzido pela AESA, sendo iniciado em 2003 e concluído em 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).

Na Primeira Etapa (Consolidação de Informações e Regionalização), foi descrita a situação dos recursos hídricos do Estado da Paraíba e das bacias hidrográficas, em termos de quantidade e qualidade, além das potencialidades de desenvolvimento associados ao aproveitamento múltiplo e sustentável dos recursos hídricos (PARAÍBA, 2006).

Na segunda etapa de elaboração do PERH-PB (Cenários Alternativos do PERH) buscou-se visualizar as formas e caminhos para enfrentar os desafios e problemas atuais dos recursos hídricos, além de identificar os programas de trabalhos que possibilitem o PERH-PB contribuir para o desenvolvimento do estado, em bases mais sustentáveis (PARAÍBA, 2006).

Na terceira etapa do Plano (Programas e Sistema de Gestão) são formulados Cenários Sustentáveis de Gestão Integrada das Demandas e das Disponibilidades Hídricas e discutem em detalhes os programas identificados na Segunda Etapa, e o respectivo investimento necessário para a sua consecução, as suas fontes de financiamento, bem como, apresenta as orientações necessárias sob o ponto de vista da competência administrativa na execução dos diversos programas (PARAÍBA, 2006).

O PERH-PB tem por objetivo elaborar e executar estratégias que permitam a consolidação das informações disponíveis, levando em conta as vocações e

potencialidades da bacia hidrográfica, e assim, estabelecer cenários que definam Programas e Sistemas de Gestão (PARAÍBA, 2006).

*Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba (PDRH-BHRP)*

O PDRH-BHRP como instrumento, procurou promover o desenvolvimento de metodologias que visam proporcionar o controle e gerenciamento dos recursos hídricos na bacia, e esse documento foi dividido em duas Fases.

Na Fase I foi realizado o diagnóstico da bacia, que teve como intuito levantar informações para auxiliar no avanço do processo de planejamento dos seus recursos hídricos. Bem como, apresentar as metas e estratégias para o desenvolvimento de ações estruturais e implantações de obras hidráulicas que sejam compatíveis com a situação da bacia.

Na Fase II foi apresentado o programa de Monitoramento Hidrometeorológico, que debate sobre a necessidade de reestruturação da rede Hidrometeorológico da bacia, tal como, o Programa de Conservação Ambiental, este indica ações necessárias à conservação dos seus recursos hídricos (PARAÍBA, 2001).

*Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Gramame (PDRH-BHRG)*

Esse plano foi dividido em três volumes, neles foi realizado o diagnóstico da bacia, com a finalidade de caracterizá-la, baseando-se em estudos técnicos, socioeconômicos e observações *in loco*, as demandas hídricas para os horizontes de 2000, 2005, 2010 e 2020, assim como, as disponibilidades atuais e as potencialidades dos recursos hídricos na bacia, para servir de subsídio à fase de Planejamento, foram realizados também estudos ambientais, referentes à bacia como um todo.

O objetivo principal desse plano foi indicar ações para ajustar a oferta de água ao atendimento das necessidades hídricas da população dependente da bacia, considerando a situação atual, e futura com os horizontes 2005, 2010 e 2020.

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

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.

A resolução CONAMA 357/2005 classifica as águas superficiais doces, salobras e salinas do Território Nacional, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em 13 classes de qualidade. As águas doces são classificadas em: classe especial, classe 1, 2, 3 e 4. As águas salinas e salobras são assim classificadas em: classe especial, classe 1, 2 e 3.

Quanto às águas subterrâneas, a Resolução CONAMA 396/08 classifica a água de acordo com o uso a que forem determinadas e estabelece limites para os parâmetros de qualidade em 6 classes: classe especial, classe 1, 2, 3, 4 e 5.

- Outorga dos direitos de uso de recursos hídricos

A ANA é o órgão expedidor da outorga de direitos de uso em corpos hídricos de domínio da União e no caso do estado Paraíba, a AESA é o órgão que confere a outorga ao usuário de água.

No âmbito estadual, a outorga do direito do uso dos recursos hídricos em domínio do Estado da Paraíba, definida na Lei 6.308/96, é regulamentada pelo Decreto Estadual nº 19.260/97.

De acordo com esse decreto, a outorga tem como “prazo máximo de vigência dessa outorga 10 (dez) anos, podendo ser renovado, a critério do órgão outorgante” (Art. 18), e os usos de água que necessitam da solicitação da outorga são: abastecimento humano e animal; irrigação; piscicultura e carcinocultura; usos industriais e comerciais; lazer; lançamento de esgotos em corpos d'água para fins de

diluição, transporte, e assimilação; outros tipos de uso que alterem o regime, a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos.

Contudo, o decreto ainda afirma que não se exigirá outorga de direito de uso de água “na hipótese de captação direta na fonte, superficial ou subterrânea, cujo consumo não exceda de 2.000 l/h (dois mil litros por hora)” e não se concederá outorga para: “lançamento na água de resíduos sólidos, radioativos, metais pesados e outros resíduos tóxicos perigosos; lançamento de poluentes nas águas subterrâneas”. (Art. 7 e 8).

Quanto às prioridades de uso, para concessão da outorga, em seu art. 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.; outros abastecimentos coletivos de cidades, distritos, povoados e demais núcleos habitacionais caráter não residencial; o uso da água, mediante captação direta para fins industriais, comerciais e de prestação de serviços; o uso da água, mediante captação direta ou por infraestrutura de abastecimento para fins agrícolas; e outros usos permitidos pela legislação em vigor.

➤ Cobrança pelo uso de recursos hídricos

Desde a criação e instalação dos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs) no Brasil, os critérios e valores para a cobrança pelo uso da água vêm sendo debatido. Em 2008, o Comitê das Bacias do Litoral Sul e o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba assinaram as Deliberações respectivas, para a implementação da cobrança pelo uso da água bruta. Os critérios, mecanismos e valores a serem cobrados foram estabelecidos mediante Decreto do Poder Executivo, após admissão pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), baseado na proposta de cobrança encaminhada pelos respectivos CBHs.

O CERH, baseado nas deliberações dos CBHs de rios de domínio do estado da Paraíba, aprovou a cobrança. Após a aprovação da Resolução CERH nº 11/11, foi encaminhada à Casa Civil, a proposta de Decreto para regulamentação da cobrança pelo uso da água bruta de domínio do Estado (AESA, 2011; RIBEIRO, 2012). Esse Decreto foi aprovado em 14 de dezembro de 2012 (Decreto Estadual nº 33.613/12).

De acordo com o art. 3º desse decreto, estarão sujeitos à cobrança pelo uso da água bruta de domínio do Estado da Paraíba, os seguintes usos:

I – as derivações ou captações de água por concessionária encarregada pela prestação de serviço público de abastecimento de água e esgotamento sanitário e por outras entidades responsáveis pela administração de sistemas de abastecimento de água, cujo somatório das demandas, em manancial único ou separado, registradas nas respectivas outorgas, seja igual ou superior a duzentos mil metros cúbicos por ano;

II – as derivações ou captações de água por indústria, para utilização como insumo de processo produtivo, cujo somatório das demandas, em manancial único ou separado, registradas nas respectivas outorgas, seja igual ou superior a duzentos mil metros cúbicos por ano;

III – as derivações ou captações de água para uso agropecuário, por empresa ou produtor rural, cujo somatório das demandas, em manancial único ou separado, registradas nas respectivas outorgas, seja igual ou superior ao valor do volume anual mínimo, estabelecidos para as seguintes bacias hidrográficas:

- a) do Litoral Sul: 1.500.000m<sup>3</sup>
- b) do rio Paraíba: 350.000m<sup>3</sup>
- c) do Litoral Norte: 350.000m<sup>3</sup>
- d) sem comitê instituído: 350.000m<sup>3</sup>

IV – o lançamento em corpo de água de esgotos e demais efluentes, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

V – outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

A cobrança na Paraíba foi iniciada em janeiro de 2015, neste ano foram cobrados pela AESA aos usuários outorgados cerca de 4.124.056,00 reais, porém o valor arrecadado foi de 408.644,00 reais (ANA, 2016).

➤ Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um dos instrumentos da Lei nº 9.433/97, este é um sistema amplo de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos, bem como fatores intervenientes para sua gestão. No estado da Paraíba, a AESA é a entidade

responsável pelo Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos e disponibiliza informações importantes para gestão desse recurso.

Os instrumentos da PNRH são elementos primordiais para a gestão dos recursos hídricos. A implementação desses instrumentos precisa ser monitorada pelos órgãos competentes, pois pode ser executado de forma equivocada para o cumprimento dos objetivos da PNRH. Um exemplo é o instrumento outorga, onde a AESA, como mostrado em indicadores analisados anteriormente, está emitindo outorgas com vazões acima do volume sustentável da bacia.

### **5.5.2 Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH)**

O Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) foi criado pela Lei 6.308/96, e sua composição foi modificada pela Lei nº 8.446/07. O CERH é um órgão de fiscalização, deliberação coletiva e de caráter normativo, apresenta como objetivos: “Coordenar a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos”; de modo a “Explicitar e negociar políticas de utilização, oferta e preservação de recursos hídricos”; “Promover a integração entre os organismos estaduais, federais e municipais e a sociedade civil”; além de “Deliberar sobre assuntos relativos aos recursos hídricos” (AES A, 2007).

O CERH participa do Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba, que é composto pela Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia - SERHMACT (Órgão de Coordenação), pelo CERH (Órgão de Deliberativo e Normativo), pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA (Órgão de Gestor) e pelos CBHs (Órgãos de Gestão Participativa e Descentralizada) (AES A, 2007).

Assuntos deliberados e/ou solucionados pelo Conselho Estadual dos Recursos Hídricos do Estado da Paraíba de acordo com a AESA (2016b) são:

- A Resolução nº 01, aprovada em 05/08/2003, que estabelece diretrizes para a formação, instalação e funcionamento de Comitês de Bacia Hidrográfica em rios de domínio do Estado da Paraíba;
- A Resolução nº 02, aprovada em 05/11/2003, estabelece a Divisão Hidrográfica do Estado da Paraíba;

- A Resolução nº 03, aprovada em 05/11/2003, define as áreas de atuação dos Comitês de Bacia Hidrográfica a serem criados em rios de domínio estadual;
- A aprovação da proposta sobre cobrança de valores para compensação dos custos dos processos de outorga, regulamentada pelo Decreto nº 25.563/04;
- A Resolução nº 04, aprovada em 02/03/2005, dispõe sobre os parâmetros e condições para acompanhamento e gerenciamento das ações decorrentes da Resolução nº 687/ANA de 03/12/2004, que estabelece o Marco Regulatório para gestão do Sistema Curema-Açu;
- A Resolução nº 05, aprovada em 18/06/2007, dispõe sobre a instalação e as atribuições de Câmaras Técnicas no âmbito do CERH, regulamentada pelo Governo Estadual, conforme o Decreto nº 25.764, de 30/03/2005;
- Aprovação da Proposta de Criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, instituído através do Decreto nº 27.560, de 04/09/2006;
- Aprovação da Proposta de Criação do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte (Rios Mirirí, Mamanguape e Camatatuba), instituído através do Decreto nº 27.561, de 04/09/2006;
- Aprovação da Proposta de Criação do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul (Rios Gramame e Abiaí), instituído através do Decreto nº 27.562, de 04/09/2006.
- A Resolução nº. 06, de 02 de julho de 2007, dispõe sobre a exigência de medição individualizada de água em condomínios habitacionais no âmbito do Estado da Paraíba;
- A Resolução nº 07, de 16/06/2009 (publicada no d.o.e em 19, de março de 2010), estabelece mecanismos, critérios e valores da cobrança pelo uso da água bruta de domínio do Estado da Paraíba, a partir de 2008 e dá outras providências;
- A Resolução nº 08, de 01/03/2010, estabelece critérios de metas progressivas obrigatórias de melhoria de qualidade de água para fins de outorga para diluição de efluentes em cursos de água de domínio do Estado da Paraíba;
- A Resolução nº. 09, de 01/03/2010, encaminha a casa civil proposta de decreto que regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FERH, e dá outras providências;
- A Resolução nº. 10, de 23/03/2011, institui o calendário de reuniões ordinárias do CERH para o ano de 2011;



- A Resolução nº 11, de 13/06/2011, dá nova redação e acrescenta dispositivos à Resolução nº 07, de 16/06/2009;
- A Resolução nº 12, de 13/06/2011, encaminha à casa civil do governador proposta de decreto que regulamenta o uso de água bruta de domínio do Estado, e dá outras providências;
- A Resolução nº 13, de 13/06/2011, aprova o Plano Estadual de Recursos Hídricos, e dá outras providências;
- A Resolução nº 14, de 25/08/2011, institui a Câmara Técnica de Acompanhamento e Avaliação das Ações do Fundo Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba – CTA;
- A Resolução nº 15, de 28/09/2011, aprova o Plano de Aplicação dos recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos para o ano 2012;
- A Resolução nº 16, de 26/06/2012 (revogada pela Resolução nº 17, de 2012), encaminha à Casa Civil proposta de Decreto que dá nova redação e acrescenta dispositivos aos Decretos nº 32.935, de 07 de maio de 2012 e nº 32.984, de 28 de maio de 2012, que declaram situação de emergência, nas áreas dos municípios que especificam, afetadas por estiagens, e dá outras providências;
- A Resolução nº 17, de 26/06/2012, dispõe sobre procedimentos administrativos para outorga de direito de recursos hídricos e licença para obra hídrica em poços amazonas ou tubular nos municípios afetados pela estiagem, relacionados nos Decretos nº 32.935, de 07 de maio de 2012 e nº 32.984, de 28 de maio de 2012, e dá outras providências;
- A Resolução nº 18, de 17/07/2013, aprova o Quadro de Metas do Programa de Consolidação do Pacto Nacional de Gestão das Águas - PROGESTÃO, no âmbito do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

### **5.5.3 Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs)**

Os comitês são órgãos colegiados com funções deliberativas (toma decisões), normativas (estabelece normas) e consultivas (emite pareceres), composto pelo poder público federal, estadual e municipal, usuários de água e sociedade civil que, de acordo com a Lei Federal nº9.433/97, integram o Sistema Nacional e Estadual de

Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo como finalidade gerenciar as águas na bacia onde atua. O comitê também é conhecido como "Parlamento das Águas", por promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos, e articular a atuação das entidades intervenientes, arbitrando em primeira instância administrativa nos conflitos relacionados aos recursos hídricos, bem como, aprovar o Plano de Recursos Hídricos.

A Resolução nº 01/03 do CERH estabelece critérios e requisitos para a instituição dos comitês de bacias hidrográficas no Estado. O Decreto estadual nº 27.562/06 instituiu o Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul - CBH, LS, onde a Bacia do rio Gramame está inserida, e o Decreto estadual nº 27.560/06, instituiu o Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba – CBH-PB.

Os comitês buscam desenvolver uma gestão descentralizada, participativa e integrada, promover a utilização múltipla das águas, garantir a otimização dos benefícios econômicos e sociais para a bacia, além de assegurar a conservação proteção e manutenção dos recursos naturais da bacia (AESAs, 2015c; AESAs, 2015d).

Os CBHs são integrados por pessoas físicas e jurídicas, de direito público e privado, entre eles os usuários de água da bacia, os representantes de organizações da sociedade civil com atuação na bacia e o poder público, Federal, Estadual e Municipal, tendo como as Agências de Água (ANA no âmbito nacional e AESA no âmbito estadual) como órgão que exercerão a função de secretaria executiva na área de atuação de um ou mais Comitês de Bacia Hidrográfica (AESAs, 2015c; AESAs, 2015d).

➤ O Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul - CBH, LS

O CBH, LS é composto por sete membros do poder público, sendo um membro do poder público federal (Fundação Nacional de Saúde - FUNASA), dois membros do poder estadual (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Paraíba - EMATER e Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA) e quatro membros do poder público municipal (Câmara Municipal de Alhandra; Prefeituras Municipais de Caaporã, João Pessoa e Santa Rita). Esse comitê ainda é formado por 10 usuários de água (entre eles estão a CAGEPA; Agro Indústria Tabu; Alpargatas S/A; e a Coteminas S/A) e oito membros da sociedade civil (Associação dos Povos Indígenas do Litoral Sul da Paraíba; Associação

Comercial Ind. e de Serviços de Conde-PB; Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA-PB; Associação de Plantadores de Cana da Paraíba – ASPLAN; Federação da Agricultura e Pecuária da Paraíba – FAEPA-PB; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB; Sindicatos dos Trabalhadores Rurais de Caaporã e Cruz do Espírito Santo; e Sindicato dos Trabalhadores na Agricultura Familiar de Alhandra, Caaporã e Pitimbú - SINTRAF) (AESAs, 2015c).

Esse comitê possui duas liberações importantes, a Deliberação nº 01, de 29 de abril de 2014, que dispõe sobre a criação de Câmara Técnica no âmbito do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul, e a Deliberação nº 01, de 29 de janeiro de 2008, que aprova a implementação da cobrança e determina valores da cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos nas bacias hidrográficas do Litoral Sul, a partir de 2008 e dá outras providências.

A última reunião ordinária realizada pelo CBH, LS foi realizada em maio de 2015, tendo como pauta a ser tratada: os informes da diretoria; a aprovação da ata da reunião anterior; a apresentação das ações de investigação e providências já tomadas pelo Ministério Público Federal e Ministério Público da Paraíba na perspectiva de coibir as fontes de poluição do Rio Gramame; e a apresentação da “Campanha Permanente - Rio Gramame quer viver em águas limpas” proposta da Congregação Holística da Paraíba - Escola Viva Olho do Tempo (AESAs, 2015c).

➤ O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba – CBH-PB

O CBH-PB é composto por 18 membros do poder público, sendo dois representantes federais (FUNASA e Departamento Nacional de Obras contra as Secas – DNOCS), quatro estaduais (AESAs; EMATER; SUDEMA e um membro da Defesa Civil) e 12 representantes municipais (Prefeituras Municipais de Assunção; Barra de São Miguel; Prata; Boqueirão; Cabedelo; Campina Grande; Caraúbas; Juarez Távora; Lagoa Seca; Santa Cecília; São João do Tigre; Seridó; e Tenório). O comitê ainda é formado por 24 membros que representam os usuários de água (entre eles estão a Agroindustrial Vale da Paraíba Ltda – AGROVAL; Indústria Alimentícia do Vale; CAGEPA; Cia Usina São João; Campilar Aquacultura Ltda; Aquamaris Aquacultura S/A) e 18 membros da sociedade civil (Associação Paraibana dos Amigos da Natureza – APAN; Associação de Liderança e Organizações, Agricultores e Agricultoras Familiar do Cariri Paraibano; CREA; IFPB; entre outros) (AESAs, 2015d).

O CBH-PB possui três deliberações importantes, a Deliberação nº 01/2013, de 27 de dezembro de 2013, que constitui a Comissão Eleitoral do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba e dá outras providências, a Deliberação nº 01/2011, de 25 de maio de 2011, que institui a Comissão Eleitoral do Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba e a Deliberação nº 01 de 26 de fevereiro de 2008, que aprova a implementação da cobrança e determina valores da cobrança pelo uso dos Recursos Hídricos nas bacias hidrográficas do rio Paraíba, a partir de 2008 e dá outras providências.

A última reunião ordinária realizada pelo CBH-PB foi realizada em junho de 2016, apresentando como pauta: a aprovação da ata da reunião anterior; apresentação sobre a situação hídrica do Açude Epitácio Pessoa, como também a questão de racionamento e quais as ações futuras frente a escassez hídrica (ANA); apresentação da metodologia e calendário sobre a formação da Comissão Gestora do Açude Epitácio Pessoa (Sra. Maria de Lourdes – membro da comissão de implantação) (AESAs, 2016c).

#### **5.5.4 Monitoramento e Fiscalização**

A fiscalização do uso dos recursos hídricos no estado da Paraíba está amparada pela Lei nº 6.308/96, que foi posteriormente atualizada pela Lei nº 8.446/07, e nos Decretos nº. 18.378/96, nº 19.258/97, e nº 19.260/97, que dispõem sobre a Estrutura Organizacional Básica do Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos da Paraíba, regulamentam o Controle Técnico das Obras e Serviços de Oferta Hídrica da Paraíba e regulamenta a Outorga do Direito de Uso dos Recursos Hídricos da Paraíba, respectivamente (PARAÍBA, 2012).

A AESA, criada pela Lei nº 7.779/05 e regulamentada pelo Decreto nº 26.224/05 tem como principais atribuições: o monitoramento dos reservatórios, do Clima e do Tempo; à fiscalização na construção e nas condições operacionais de poços, barragens e outras obras de aproveitamento hídrico, nos usos de recursos hídricos tanto superficiais como subterrâneos, na infraestrutura hídrica nos corpos de água de domínio do estado (PARAÍBA, 2012).

A fiscalização tem por objetivo “manter a integridade dos recursos hídricos no Estado e assegurar seu uso racional, visando à sustentabilidade sob as perspectivas

hídrica e operacional, além de coibir as ações prejudiciais do homem sobre a natureza”, para assegurar a qualidade e quantidade das águas naturais e outorgadas (PARAÍBA, 2012, p. 12).

O monitoramento objetiva realizar o levantamento das condições qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos, para obter informações necessárias ao desenvolvimento de estratégias, ações preventivas e políticas de uso, proteção e conservação do recurso hídrico. A AESA realiza o monitoramento de 124 açudes em todo o estado da Paraíba.

Os observadores dos principais açudes informam diariamente os volumes registrados em cada açude. No final do mês, são enviados, em cadernetas, todos os dados oficiais dos volumes observados no mês, pelos observadores. Esses são divulgados através do “Boletim Mensal e do Boletim de Chuvas nas Bacias, que relaciona os volumes dos açudes com as chuvas ocorridas nas bacias” (AES A, 2015e).

#### **5.5.5 Plano Municipal de Saneamento Básico**

Com o objetivo de conhecer a atual situação do município, foi elaborado o Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa, por meio de um conjunto de estudos. A partir desse plano o órgão gestor pretende planejar ações e alternativas, para os próximos 20 anos, visando à melhoria das condições dos serviços públicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais.

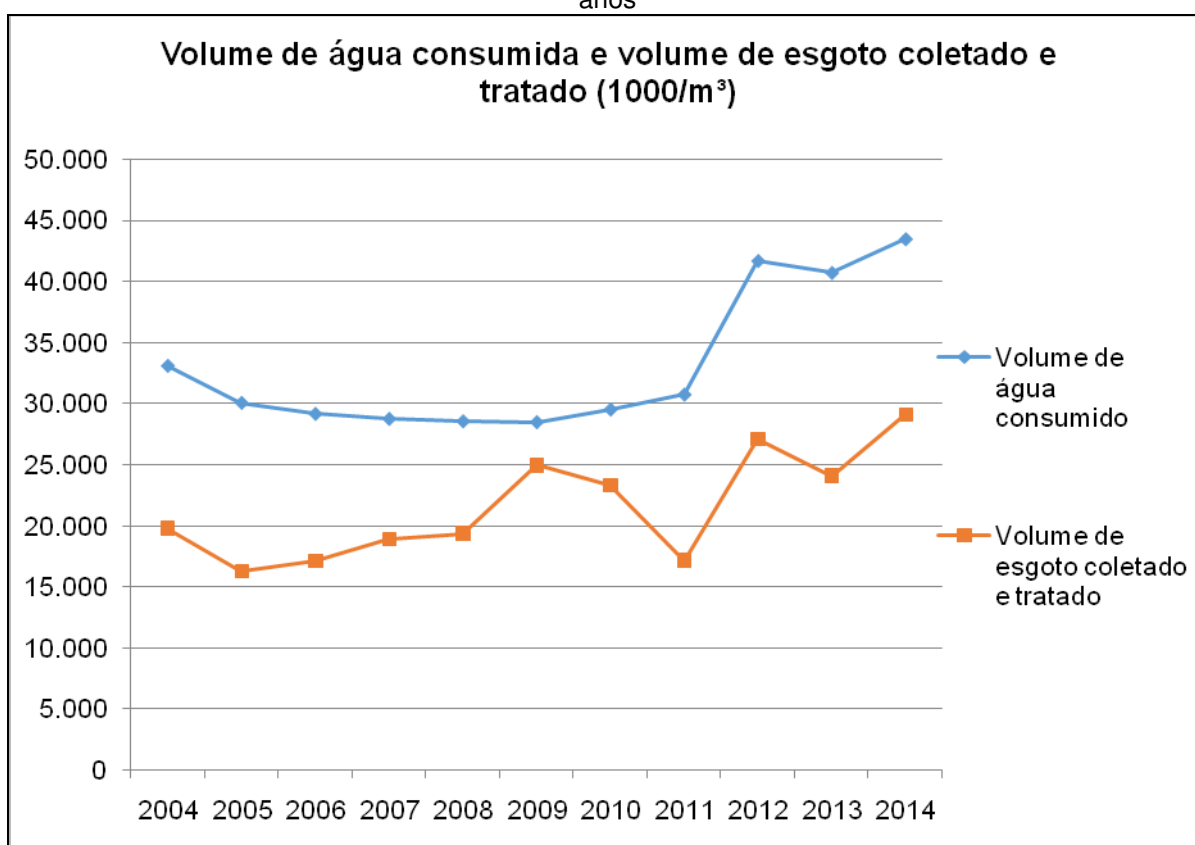
O plano foi elaborado por técnicos da prefeitura, com o apoio da sociedade, órgãos municipal, estadual e federal, e por instituições privadas. Durante março e junho de 2015, foram traçados diretrizes, metas e estratégias para solucionar os problemas relacionados ao saneamento básico da cidade, em atendimento ao artigo 19 da Lei Federal nº 11.445/2007, a lei de saneamento básico nacional.

A elaboração desse plano é uma ação importante para alcançar a sustentabilidade das bacias onde a cidade de João Pessoa está inserida, pois a melhoria no saneamento básico reflete diretamente na qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

### 5.5.6 Coleta e Tratamento das Águas Residuais

A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA é responsável pelo tratamento dos efluentes doméstico 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. O GRAF. 4 mostra o volume de água consumido, juntamente com o volume de esgoto coletado e tratado pela CAGEPA no município de João Pessoa.

Gráfico 4 - 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).

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 restantes 30%. Dessa forma, a bacia responsável por parte da demanda também é a que recebe seus efluentes, estando estes ligados à degradação da qualidade dos seus mananciais.

Essa situação aponta fatores negativos para a sustentabilidade da bacia, 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, pois o processo exige maior complexidade, além de ser mais oneroso quando comparado com as águas superficiais.

Os dados acima mostram que essa resposta ainda não é satisfatória para a sustentabilidade da bacia, já que apenas 66% do esgoto gerado é coletado e tratado. Assim sendo, é necessário melhorar o processo de coleta e tratamento das águas residuais, ampliando o sistema de esgotamento sanitário.

#### **5.5.7 Ampliação do Sistema de Abastecimento**

Como os açudes de Marés e Gramame-Mamuaba, que abastecem a região metropolitana de João Pessoa, estão operando em sua capacidade máxima foi necessário projetar quatro novas captações que ainda serão implantadas na sub-bacia do rio Abiaí-Papocas (Aterro, Dois Rios, Taperubus e Papocas), estas ficam em áreas mais distantes da Grande João Pessoa (PIRES, 2015).

A Bacia Hidrográfica dos rios Abiaí e Papocas, provedora de água do sistema adutor Abiaí-Papocas, as bacias conjugadas dos rios Abiaí e Papocas estão situadas na região litoral do estado da Paraíba, fazendo divisa, ao sul, com o estado de Pernambuco e, ao norte, com a Bacia Hidrográfica do rio Gramame, dispendo de uma área de 450 km<sup>2</sup>. A região cobre, total ou parcialmente, os municípios de Pedras de Fogo, Alhandra, Caaporã, Pitimbú e Conde. (PARAÍBA, 2000b).

As obras de armazenamento e captação de água na Bacia do rio Abiaí-Papocas, se dão por meio de projetos elaborados pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), com a previsão da execução de quatro barragens para aumento do suprimento hídrico da região metropolitana de João Pessoa. As barragens planejadas são locadas nos rios Cupissura (barragem Cupissura),

Taperubus (barragem Alhandra), Papocas (barragem Papocas) e Aterro (barragem Abiaí) (PARAIBA, 2000b).

A barragem Cupissura, a única planejada já com projeto executivo, será locada na zona rural do município de Caaporã - PB. De acordo com a CAGEPA, o reservatório irá reforçar o abastecimento da Grande João Pessoa, contemplando também os municípios de Alhandra e Caaporã. A barragem utilizará uma área com 203,28 ha, resultando em uma capacidade de acumulação de 9.562.000 m<sup>3</sup>. Terá altura máxima de 18 m, e 584 m de comprimento, suas águas serão aduzidas por adutoras para a ETA Gramame-Mamuaba (PARAÍBA, 2013).

Esse indicador é uma resposta aos problemas de abastecimento da Grande João Pessoa, uma vez que, o equilíbrio entre a oferta e a demanda para o abastecimento para a indústria e para as atividades agrícolas encontram-se instáveis. Assim, a ampliação do sistema de abastecimento através da adutora Abiaí-Papocas surge como alternativa para atender às demandas atuais e futuras da região.

## **5.6 Sugestão de Medidas de Resposta**

Há outras estratégias de resposta com foco em outras áreas que podem ser sugeridas e executadas pelas mais diferentes instituições. O Ministério Público Federal e Estadual podem intervir na gestão dos recursos hídricos quando o órgão competente pela gestão encontrar-se ausente e/ou não atuando de forma eficiente.

As Universidades Federais e Estaduais desenvolvem e executam estudos que auxiliam na gestão dos recursos hídricos. Esses estudos levantar informações sobre os recursos hídricos e os fatores que interferem na sua quantidade e qualidade, sendo assim essas informações são primordiais para a gestão, principalmente por oferecer suporte à decisão dos gestores. Como estudos desenvolvidos pelas universidades em parceria com outras instituições no caso da Paraíba, podem-se citar:

- O projeto BRAMAR, a qual essa pesquisa está inserida e já foi descrito anteriormente (PROJETO BRAMAR, 2014);
- O projeto ASUB (Integração dos instrumentos outorga, cobrança e enquadramento das águas subterrâneas), que foi uma parceria das Universidades Federais de Campina Grande (UFCG), Alagoas (UFAL) e



Santa Maria (UFSM), em parceria com a AESA, Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas (IMA), e Associação Técnico Científica Ernesto Luiz de Oliveira Junior (ATECEL), realizado entre os anos de 2008 e 2012 (PROJETO ASUB, 2010).

- Projeto CISA (Cooperação Internacional do Semiárido), realizado pelas Universidades Federais de Campina Grande (UFCG), Pernambuco (UFPE), Paraíba (UFPB), Bahia (UFBA), Rio Grande do Norte (UFRN), Alagoas (UFAL) entre outras, nos anos de 2008 a 2010, objetivando promover a cooperação entre instituições de pesquisa voltadas para a solução dos problemas gerados pela escassez de água nas regiões semiáridas, com ênfase no Nordeste do Brasil e em Cabo Verde (PROJETO CISA, 2011).

A referida pesquisa limitou-se a sugerir medidas de resposta voltadas apenas aos recursos hídricos especificamente. Nesta, foram sugeridas seis medidas de resposta, que podem ser visualizadas nas FIGs. 16 e 17.

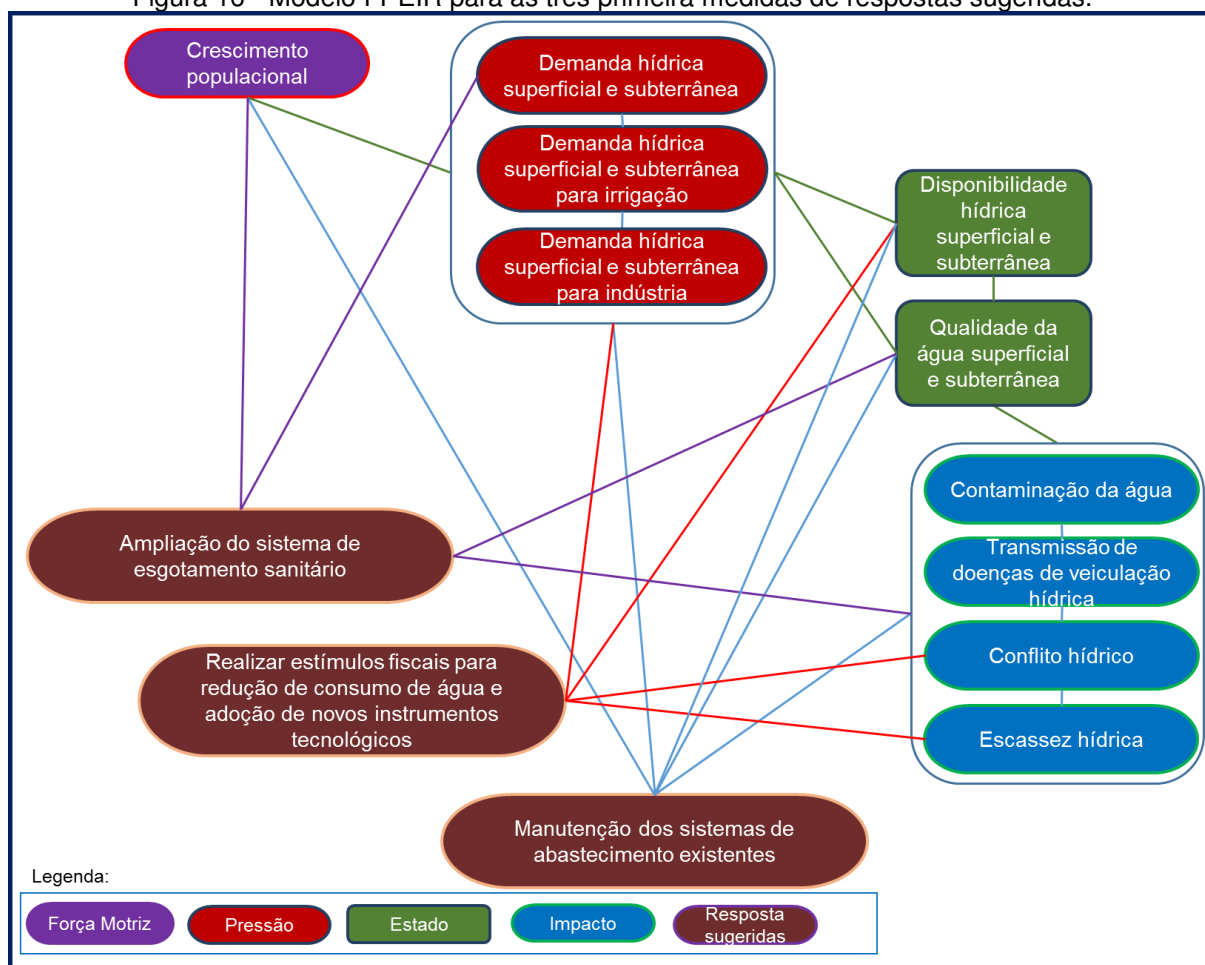
As três primeiras medidas de resposta sugeridas podem ser observadas na FIG. 16. Essas medidas buscam reduzir os problemas dos recursos hídricos em termos quantitativos e qualitativos.

A “Manutenção dos sistemas de abastecimento” é uma medida de resposta aos problemas de escassez hídrica devido à falta de chuva e má gestão. Tal medida é muito importante, uma vez que, a redução drástica no regime hídrico do manancial pode influenciar na qualidade da água e conseqüentemente, na qualidade da vida aquática, além de causar perdas físicas (estruturais);

A medida de resposta “Realizar estímulos fiscais para redução de consumo de água e adoção de novos instrumentos tecnológicos”, é importante para reduzir as perdas, e assim, a reduzir os conflitos devido à falta de água, e a escassez hídrica, proveniente da má gestão;

A “Ampliação do sistema de esgotamento sanitário” mostra-se necessário para reduzir o volume de esgoto lançado sem tratamento no corpo receptor, e assim reduzir os riscos de contaminação dos mananciais.

Figura 16 - Modelo FPEIR para as três primeira medidas de respostas sugeridas.



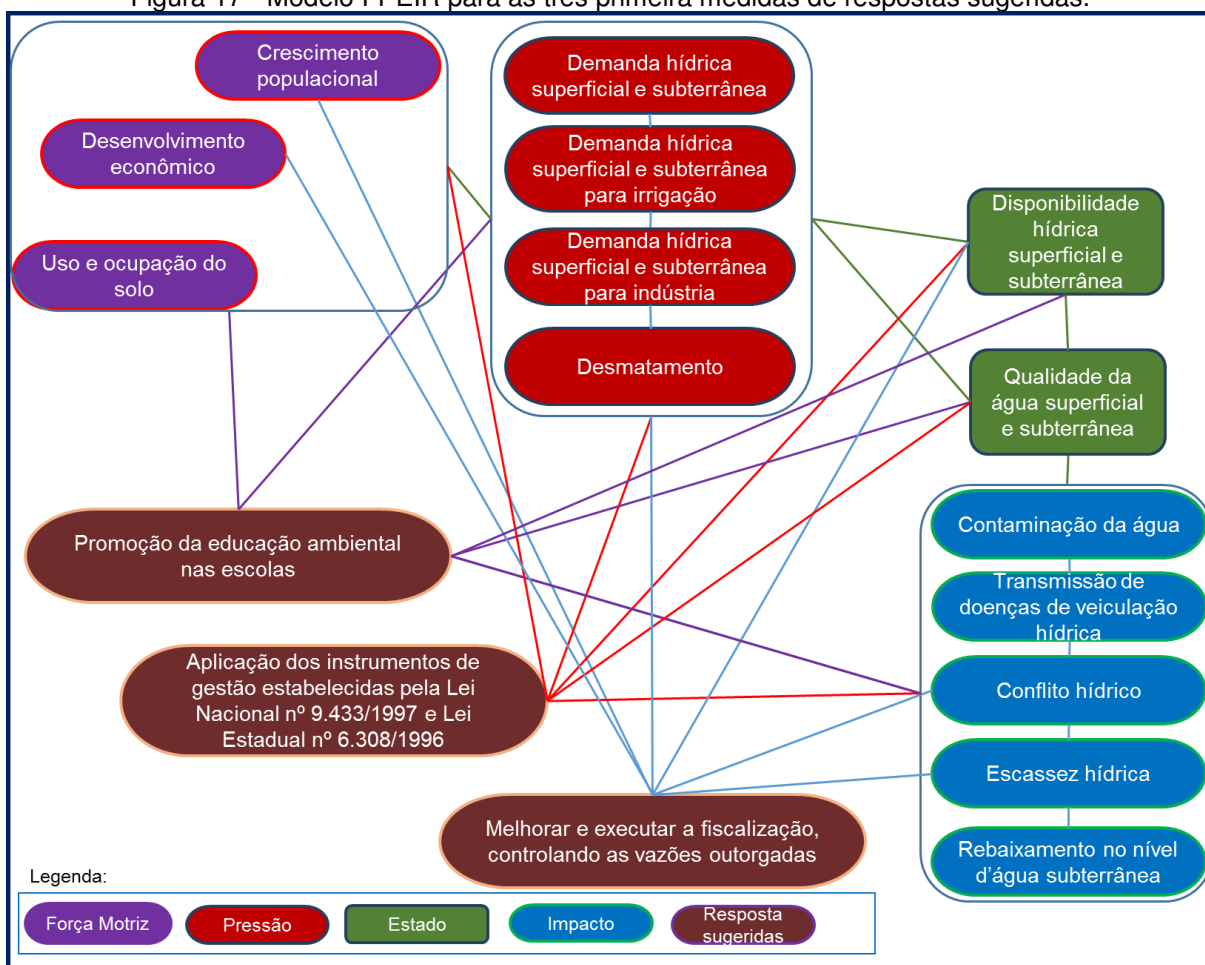
As outras três medidas de resposta podem ser visualizadas na FIG. 17. Tais medidas procuram minimizar e/ou evitar os problemas referentes aos recursos hídricos.

A medida de resposta “Melhorar e executar a fiscalização, controlando as vazões outorgadas”, surge como ação para reduzir o risco de retirar mais água do que o sustentável para a bacia, além de identificar e controlar as perda e ligações clandestinas.

A “Aplicação dos instrumentos de gestão estabelecidos pela Lei Nacional nº 9.433/1997 e Lei Estadual nº 6.308/1996”, é uma forma de tentar alcançar a gestão sustentável da água.

A última medida sugerida “Promoção da educação ambiental nas escolas”, é uma das mais importantes, pois sabendo que a consciência da população é uma forte aliada na gestão dos recursos hídricos, tanto em termos de quantidade como de qualidade.

Figura 17 - Modelo FPEIR para as três primeira medidas de respostas sugeridas.



## 6. 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 através 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.

Como resultado da aplicação do FPEIR foram identificados 26 indicadores: três na dimensão Força Motriz, sete na dimensão Pressão, quatro na dimensão Estado, cinco na dimensão Impacto e sete na dimensão Resposta. Alguns desses foram analisados em conjunto.

De acordo com a análise dos resultados verificou-se que os indicadores de uso e ocupação do solo, desmatamento e demanda hídrica superficial são os que mais exercem **pressão** sobre os recursos hídricos das bacias em estudo. Os dois primeiros afetam, principalmente, a qualidade dos recursos hídricos e o último indica uma deficiência na sua gestão, já que o balanço entre oferta e demanda superficial apresenta desequilíbrio. A demanda hídrica superficial atual nas duas bacias já se encontra superior à disponibilidade máxima superficial, demonstrando que estão sendo emitidas outorgas com valores superiores ao compatível com a oferta.

Em relação ao **estado** da região, ela apresenta uma disponibilidade superficial inferior à demandada como citada anteriormente. Tal situação age como

força propulsora para a degradação da qualidade da água nos mananciais. Isso pode provocar a contaminação pelo lançamento de esgoto, o que leva, ainda, a geração de conflitos. A disponibilidade subterrânea mostra-se suficiente para subsidiar as demandas exigidas, porém, como discutido, os valores de disponibilidade encontram-se desatualizados, prejudicando a análise desse indicador. O indicador de qualidade revela que as águas superficiais e subterrâneas, nas duas bacias em estudo, podem ser utilizadas pela população após um tratamento adequado, de acordo com o tipo de uso.

A dimensão **impacto** mostra que os recursos hídricos das bacias em estudo estão sofrendo com a contaminação decorrente das atividades desempenhadas pela população de João Pessoa, além de haver escassez hídrica na região. Quando analisados em conjunto (contaminação e a escassez hídrica), encontra-se uma situação preocupante para a sustentabilidade das bacias, o que interfere diretamente no ecossistema e na qualidade de vida da população. Essa dimensão, indica a necessidade de aperfeiçoar o controle e monitoramento dos poços, promovendo uma fiscalização mais eficiente, além da atualização dos dados através da realização de testes de bombeamento dos aquíferos. Verifica-se que a tendência de utilização das águas subterrâneas em João Pessoa é de aumento, já que muito dos corpos d'água superficiais encontram-se com a qualidade prejudicada.

As **respostas** existentes foram concebidas para auxiliar na gestão das bacias e seus recursos. Na análise dos instrumentos da PNRH, notou-se a necessidade de melhorar a sua implementação. O indicador “coleta e tratamento de águas residuais” surge como resposta aos problemas causados pelo lançamento de efluentes nos corpos d'água receptores. Apesar de ser uma ação importante para garantir a qualidade das águas, também é falho, necessitando de expansão e melhoramento no tratamento dos efluentes.

Todas as medidas de respostas que foram sugeridas nessa pesquisa buscam minimizar e/ou evitar os problemas provocados direta ou indiretamente pela população, falta de chuva e má gestão aos recursos hídricos nas bacias em estudo, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. De todas as medidas não estruturais, a mais eficiente em longo prazo seria a educação ambiental, uma vez que as crianças são os futuros administradores e usuários.

A aplicação do Sistema de Indicadores de Sustentabilidade FPEIR permitiu alcançar todos os objetivos dessa pesquisa. Mostrou ainda 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 realizadas avaliações periódicas das condições de sustentabilidade das bacias hidrográficas, para isso recomenda-se que pesquisas futuras realizem a análise da qualidade da água superficial e subterrânea, teste de bombeamento para verificar o nível d'água subterrânea, e a aplicação do modelo FPEIR nas bacias separadamente, de modo a promover a caracterização das condições das mesmas de forma mais específica.

Sugere-se, que o Sistema de Gestão atualize periodicamente os dados de disponibilidade hídrica contidas no PERH, implemente de forma mais eficiente uma rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, já que os dados levantados pela AESA e SUDEMA, e disponibilizados no Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos são antigos, datando os anos de 2004 e 2006, assim é necessário melhorar e atualizar esse sistema.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB' SABER, Aziz Nacib, O Domínio dos Sertões Secos. In: AB' SABER, A. N. **Os Domínios de natureza no Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Editorial Ateliê, p. 83-101, 2003.

ADHB - Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil. **João Pessoa - PB: Caracterização Demográfica**, João Pessoa, 2013. Disponível em: <[http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/joaopessoa\\_pb#caracterizacao#demografia](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/joaopessoa_pb#caracterizacao#demografia)>. Acesso em: ago. 2015.

AESA - Agência de Águas do Estado da Paraíba. **Manual de Fiscalização do Uso dos Recursos Hídricos do Estado da Paraíba**, João Pessoa - PB, AESA, 32 p., 2012.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Conselho Estadual de Recursos Hídricos**: Informações básicas. João Pessoa, 2007. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/cerh/CERH.pdf>>. Acesso em: jan. 2016.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Cobrança pelo uso da água bruta no Estado da Paraíba**, 2011. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/comites/litoral\\_sul/arquivos/Cobran%C3%A7a\\_na\\_paraiba\\_28-06-11.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/comites/litoral_sul/arquivos/Cobran%C3%A7a_na_paraiba_28-06-11.pdf)>. Acesso em: jan. 2016

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba & SERHMACT – Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente, e da Ciência e Tecnologia. **Enquadramento dos Corpos Hídricos da Paraíba**. João Pessoa, 2013. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/enquadramento/ENQUADRAMENTO\\_DOS\\_CORPOS\\_HIDRICOS\\_PB.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/enquadramento/ENQUADRAMENTO_DOS_CORPOS_HIDRICOS_PB.pdf)>. Acesso em: dez. 2016

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, 2015a.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Comitês de Bacias**: Ata Da 2ª Reunião Ordinária Do Comitê De Bacias Hidrográficas Do Litoral Sul – CBH-LS. João Pessoa, 2015c. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/comites/litoral\\_sul/atas/Ata%20da%202%C2%AA%20Reuniao%20Ordinaria\\_CBH\\_Litoral%20Sul\\_2015.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/comites/litoral_sul/atas/Ata%20da%202%C2%AA%20Reuniao%20Ordinaria_CBH_Litoral%20Sul_2015.pdf)>. Acesso em: jan. 2016.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Comitês de Bacias**: Ata da 1ª Reunião Ordinária Do Comitê De Bacias Hidrográficas Do Rio Paraíba – CBH-PB, no ano de 2016. Campina Grande, 2016c.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Monitoramento dos Volumes dos Açudes**. João Pessoa, 2016a. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=listarAcudesUltimaCota>>. Acesso em: abr. 2016.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Conselho Estadual de Recursos Hídricos – Resoluções**. João Pessoa, 2016b. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/cerh/resolucoes.php>>. Acesso em: abr. 2016.

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Comitês de Bacias**: Ata Da 1ª Reunião Ordinária Do Comitê De Bacias Hidrográficas Do Rio Paraíba – CBH-PB. João Pessoa, 2015d. Disponível em: <[http://www.aesa.pb.gov.br/comites/paraiba/arquivos/ata%20da%201%C2%AA%20R.O.%202015%20CBH\\_PB%20APROVADA.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/comites/paraiba/arquivos/ata%20da%201%C2%AA%20R.O.%202015%20CBH_PB%20APROVADA.pdf)>. Acesso em: jan. 2016.

AESA – **Monitoramento dos Açudes**. Disponível em: <[http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/jsp/monitoramento/volumes\\_acudes/indexVolumesAcudes.jsp](http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/jsp/monitoramento/volumes_acudes/indexVolumesAcudes.jsp)>. Acesso em: nov. 2015e.

ALEMAR, A. **Geopolítica das águas: O Brasil e o direito internacional fluvial**, 2006. 271 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, UFU, 2006.

ALPB - Assembleia Legislativa da Paraíba. Audiência Pública debate poluição do rio Gramame. **Notícias**, 2015. Disponível em: <<http://www.al.pb.gov.br/20223/audiencia-publica-debate-poluicao-do-rio-gramame.html>>. Acesso em: Dez. 2015.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Cadernos de Recursos Hídricos. Panorama do Enquadramento dos Corpos de Água**. Brasília, 2007.

ANA - Agência Nacional de Águas. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos**. 2016. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cobrancaearrecadacao/cobrancaearrecadacao.aspx>>. Acesso em: mai. 2016.

BAKKER, K. Water security: research challenges and opportunities. **Science**, v. 337, n. 6097, p. 914-915, 2012.

BATISTA, M. L. C. **Modelagem do Fluxo Subterrâneo na Bacia Sedimentar Costeira do Baixo Curso do rio Paraíba**, 2010. 114 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2010.

BIO, H. João Pessoa (PB) expõe urgência de modificar modelo de desenvolvimento no litoral. **Notícias**, João Pessoa, 2015. Disponível em: < <http://rma.org.br/noticias/joao-pessoa-pb-expoe-urgencia-de-modificar-modelo-de-desenvolvimento-no-litoral/>>. Acesso em: dez. 2015.

BISWAS, A. K. Integrated Water Resources Management: Is It Working?. **International Journal of Water Resources Development**, v. 24 n 1, p. 5-22, 2008.

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.



BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução - CONAMA Nº. 396 de 03 de abril de 2008**: Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, 2008a.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH Nº 15, de 11 de Janeiro de 2001**: Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas. Brasília, 2001.

BRASIL. **Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH Nº 92, de 05 de novembro de 2008**: Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro. Brasília, 2008b.

BRITO, S. **ANA e Embrapa fazem mapa da agricultura irrigada no Brasil**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2531814/ana-e-embrapa-fazem-mapa-da-agricultura-irrigada-nobrasil>>. Acesso em: nov. 2015.

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 Hídricos**, v.19 n. 2, p. 209-222, 2013.

CAP-NET - International Network for Capacity Building Integrated Water Resources Management. **Economia e Gestão Sustentável das Águas**: Manual de Capacitação e Guia Prático, 2008.

CARSON, R. **Silent Spring**. Boston: Houghton Mifflin Company, 1962. 368 p.

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, 2008.

CMMAD - Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. 2. ed. FGV, Rio de Janeiro-RJ, 1991. 430 p.

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.

CORDÃO, M. J. de S. IDEIÃO, S. M. A. (2008). Um diagnóstico da qualidade de corpos hídricos da Bacia hidrográfica do rio Paraíba, PB com metas para o instrumento de enquadramento. In: **III SEPRONE**, Juazeiro, BA, 2008. Anais em CD-ROM.

COSTA, M. L.; RIBEIRO, M. M. R.; ALBUQUERQUE, J. P. Proposição de Critérios de Outorga para Águas Subterrâneas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v 16, p.105-113, 2011.

CPDS - Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 Nacional**: ações prioritárias. 2. ed. Brasília. MMA, 2004.

DANTAS, E. R. B. **Análise do Processo de Implementação e Operação do Aterro Sanitário no Município de Puxinanã - PB Utilizando o Sistema de Indicador de Sustentabilidade Pressão-Estado-Impacto-Resposta (P-E-I-R)**. 2013. 128 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal De Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2013.

DANTAS, J. W. S. **Caracterização Hidrogeológica e Critérios para Construção de Poços na Bacia Sedimentar Paraíba**. 2012. 193 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Geociências) - Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, 2012.

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/defthtm.exe?sih/cnv/nrPB.def>>. Acesso em: dez. 2015.

DEMIROGLU, M.; DOWD, J. The utility of vulnerability maps and GIS in groundwater management: a case study. **Turkish Journal of Earth Sciences**, v. 23, p. 80-90, 2014.

DERANI, C. **Direito Ambiental Econômico**. 2. ed. São Paulo: Max Limonad, 2001. 302 p.

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.

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. **Dados censitários**: Brasil 2010. Rio de Janeiro-RJ, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**: Brasil 2012. Rio de Janeiro - RJ, 2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável**: Brasil 2015. Rio de Janeiro - RJ, 2015a.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Industrial**. Rio de Janeiro - RJ. v. 32, n.1, p.1-95, 2013.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada 2015**. IBGE, Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS, 2015b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; IDEME - Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual. **Nota Técnica: PIB dos municípios da Paraíba, 2012**. Disponível em: <[http://www.ideme.pb.gov.br/index.php/objetivos-do-milenio/cat\\_view/66pib/17-produto-interno-bruto-municipal/921-pib-municipal.html](http://www.ideme.pb.gov.br/index.php/objetivos-do-milenio/cat_view/66pib/17-produto-interno-bruto-municipal/921-pib-municipal.html)>. Acesso em: ago. 2015.

JAGO-ON, K. A. B.; KANEKO, S.; FUJIKURA, R.; FUJIWARA, A.; IMAI, T.; MATSUMOTO, T.; ZHANG, J.; TANIKAWA, H.; TANAKA, K.; LEE, B.; TANIGUCHI, M. Urbanization and subsurface environmental issues: An attempt at DPSIR model application in Asian cities. **Science of the Total Environment**, v. 407. p. 3089-3104, 2009.

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, Decreto N.º 6.499, de 20 de março de 2009**. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/planodiretor2009.pdf?4028d8>>. Acesso em: set. 2015.

JOÃO PESSOA. **Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica**. 2010. Disponível em: <<http://www.ligiatavares.com/gerencia/uploads/arquivos/f1e3093635eb0fc9676b2ea878832ce1.pdf>>. Acesso em: ago. 2015.

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.

KRANZ, P. **Pequeno guia da Agenda 21 local**. Rio de Janeiro: Hipocampo, 1999.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R S A.; CHRISTOFIDIS, D. **O Uso da Irrigação no Brasil**. In: O Estado das águas no Brasil, perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos. SIH/ANEEL/MME; SRH/MMA. p. 73-82. Brasília - DF. 1999.

LINHARES, F. M.; ALMEIDA, C. N.; SILANS, A. M. B. P.; COELHO, V. H. R. Avaliação da vulnerabilidade e do risco à contaminação das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do rio Gramame (PB). **Revista Sociedade & Natureza**, v. 26 nº. 1, p. 139-157, 2014.

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.

LOGAR, I.; VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Methods to Assess Costs of Drought Damages and Policies for Drought Mitigation and Adaptation: Review and Recommendations. **Water Resources Management**, v. 27, p. 1707-1720, 2012.

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.

MARANHÃO, N. Planos de Recursos Hídricos. Módulo 1. In **XV Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas**, Cuiabá - MT, 2012.

MARANHÃO, N. **Sistema de Indicadores para Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas**, 2007. 422 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

MARTÍNEZ, R. Q. **Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe**. División de Estadística y Proyecciones Económicas. CEPAL, 2007.

MEDEIROS, C. M. **Proposta Para o Enquadramento das Águas Subterrâneas na Bacia Sedimentar do Baixo Curso do rio Paraíba**, 2012. 115 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Federal De Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2012.

MEDEIROS, C. M.; BARBOSA, D. L.; CEBALLOS, B. S. O.; RIBEIRO, M.M.R.; ALBUQUERQUE, J. P. T. Qualidade das Águas Subterrâneas na Porção Sedimentar da Região do Baixo Curso do rio Paraíba. In **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande - MS, 2009.

MILANEZ, B.; TEIXEIRA, B. A. N. **Proposta de método de avaliação de indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos**. In: FRANKENBERG, C. L. C. RAYARODRIGUEZ, M. T.; CANTELLI, M. (Coords.). *Gestão ambiental urbana e industrial*. Porto Alegre: EDIPUCRS, p. 272-283, 2003.

NAIME, R. **Metodologia Básica de Elaboração de Estudos de Saneamento Básico Municipal: Conceitos Básicos, Procedimentos Unitários e Processos de Gestão Integrada**. São Leopoldo, 2010.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Revista Estudos Avançados**, v. 26, p. 51-64, 2012.

NOBRE, M. A. An Ecological and Economic Assessment Methodology for Coastal Ecosystem Management. **Environmental Management**, v. 44, p. 185–204, 2009.

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.

OHLSSON, L. **Environment, Scarcity and Conflict - A study of Malthusian concerns**, 1999. 272 f. Phd Thesis. (Dept. of Peace and Development Research) - Goteborg University, Gothenburg, 1999.

PARAÍBA. **Decreto Estadual nº. 19.260, de 31 de outubro de 1997**. Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e dá outras providências. 1997

PARAÍBA. **Inventário de resíduos sólidos industriais do Estado da Paraíba**. Brasil. João Pessoa: Superintendência de Administração do Meio Ambiente/SUDEMA, 2004. 92 p.

PARAÍBA. **Lei 8.446 de 28 de dezembro de 2007**: altera a Lei nº. 6.308, de 02 de julho de 1996 que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. 2007.

PARAÍBA. **Lei nº. 6.308, de 02 de julho de 1996**: institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. 1996.

PARAÍBA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH-PB)**. Relatório Final. 2006.

PARAIBA. **Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Implantação da barragem Cupissura, Caaporã - PB**. Secretaria de Estado de Infraestrutura. 2013.

PARAIBA. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba - SEMARH. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do rio Gramame**: Relatório Final. 2000a.

PARAIBA. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba - SEMARH. **Sistema Adutor Abiaí-Papocas Relatório Técnico Preliminar**: Relatório Final. 2000b.

PARAIBA. Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba - SEMARH. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba (PDRHP)**: Relatório Final Volume I e II, III. 2001.

PASSOS, H. D. B.; PIRES, M. M.; RITA, L. M. S. O Uso de Indicadores Ambientais para Agroecossistemas. In **VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, Fortaleza - CE, 2007.

PEIXINHO, F. C. Recursos hídricos, desenvolvimento sustentável, modelo de gestão. In **XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços**, São Luís - MA, 2010.

PIRES, A. L. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental de Bacias Hidrográficas do Litoral Sul Paraibano**, 2015. 173 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, 2015.

PMSB/JP - Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa. **Versão preliminar do diagnóstico do PMSB-JP**, 2015. Disponível em: <[http://issuu.com/pmjponline/docs/diagn\\_\\_stico\\_preliminar#embed](http://issuu.com/pmjponline/docs/diagn__stico_preliminar#embed)>. Acesso em: ago. 2015.

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.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.3, p. 411-420, 2009.

PROJETO ASUB - Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a Gestão das águas Subterrâneas. **Relatório Parcial de Execução II**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB, 2010.

PROJETO BRAMAR - Strategies and Technologies for Water Scarcity Mitigation in Northeast of BRAZIL: Water Reuse, Managed Aquifer Recharge and Integrated Water Resources Management. **Descrição Detalhada do Projeto**. Brasil, 2014.

PROJETO CISA - Cooperação Internacional do Semiárido. **Relatório Técnico**. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande – PB, 2011.

RESENDE, A. Maior aglomerado urbano da Paraíba contribui para déficit habitacional. Notícias, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pb/paraiba/noticia/2015/01/maior-aglomerado-urbano-da-paraiba-contribui-para-deficit-habitacional.html>>. Acesso em: fev. 2016

RIBEIRO, M. A. F. M. **Participação Pública em Gestão de Recursos Hídricos**: Uma Análise do Caso Paraibano, 2012. 187 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) Universidade Federal De Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2012.

RUFINO, I. A. A.; LIMA, S. J. S.; TUSUYUGUSHI, B. B.; RÊGO, J. C. Caracterização física da bacia sedimentar do baixo curso do rio Paraíba para estudos de gestão de águas subterrâneas, 2009. In **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Campo Grande - MS, 2009.

SIMONOVIC, S. Measures of sustainability and their utilization in practical water management planning. **IAHS: Regional Management of Water Resources**, n. 268, p. 3-16, 2001.

SITARZ, D. **Agenda 21**: The Earth summit strategy to save our planet. 1. ed. Boulder, CO (United States). EarthPress. 1993.

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.

SOSMA - Fundação SOS Mata Atlântica & INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Atlas Dos Municípios da Mata Atlântica**. 2014. Disponível em: <

<https://www.sosma.org.br/103967/fundacao-divulga-novos-dados-sobre-mata-atlantica-nos-municipios/>. Acesso em: dez. 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.

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil – Fase I: Conflitos Inerentes aos Aproveitamentos**, 1980. Recife - PE, v. 13, cap. 2, 1980.

TARGINO, D. F. **Análise Espaço-Temporal da Qualidade da Água Subterrânea da Bacia do rio Gramame/PB**, 2012.128 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, 2012.

TAYRA, F.; RIBEIRO, H. Modelos de Indicadores de Sustentabilidade: síntese e avaliação crítica das principais experiências. **Revista Saúde e Sociedade**, v.15, n.1, p. 84-95, 2006.

TRELHA, A. P. S. Meio Ambiente e Sustentabilidade na Política Integracionista do Mercosul. **Ius Gentium**, v. 5, n. 10, p. 37-52, 2011.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n.1, p. 55-64, 2010.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9. Ed. São Paulo: Atlas, 2007. 92p.

VIEIRA, Z. M. C. L. **Metodologia de análise de conflitos na implantação de medidas de gestão da demanda de água**, 2008. 237 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, 2008.

VIEIRA, Z. M. C. L.; RIBEIRO, M. M. R. Groundwater Management Instruments and Induced Second-Order Conflicts: The Case of the Paraíba River Basin, Brazil. In: K. W. Hipel; L. Fang; J. Cullmann; M. Bristow. (Org.). **Conflict Resolution in Water Resources and Environmental Management**. 1 ed.: Springer, v. 3, p. 31-47, 2015.

WALMSLEY, J. J. Framework for Measuring Sustainable Development in Catchment Systems. **Environmental Management**, v. 29, n. 2, p. 195-206, 2002.