

**GESTÃO AMBIENTAL E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: ASPECTOS RELEVANTES PARA A GOVERNANÇA DAS ÁGUAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS-AÇU, NO RIO GRANDE DO NORTE**

**MARCOS ANTÔNIO DE OLIVEIRA**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE  
marcos.oliveira@ifrn.edu.br

**ERIVALDO MOREIRA BARBOSA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
erifat@terra.com.br

**MARIA DE FÁTIMA NÓBREGA BARBOSA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
mfbarbosa@hotmail.com

# **GESTÃO AMBIENTAL E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: ASPECTOS RELEVANTES PARA A GOVERNANÇA DAS ÁGUAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS-AÇU, NO RIO GRANDE DO NORTE**

## **RESUMO**

O estudo analisa a gestão ambiental e a conservação dos recursos hídricos na perspectiva da governança das águas, na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. O objetivo principal é analisar como as práticas de gestão ambiental podem interferir na conservação das águas, a partir de meados dos anos 1990. Para evitar o problema do reducionismo, presente em estudos ambientais, adota-se a interdisciplinaridade como princípio epistemológico e metodológico. Trata-se de uma pesquisa explicativa, porque procura aprofundar o conhecimento da realidade. O método de investigação é o hermenêutico-sistêmico, combinado com as técnicas de interpretação e análise documental. O recorte geográfico é a bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu, no Rio Grande do Norte. Os aspectos mais relevantes são a interpretação das normas aplicáveis à gestão das águas, os arranjos institucionais e a análise das relações entre gestão ambiental e conservação das águas. Os principais fatores limitantes de boas práticas de conservação dos recursos hídricos são: plano estadual de recursos hídricos desatualizado; ausência de zoneamento ecológico-econômico e da implementação de políticas de uso e ocupação dos solos; baixa cobertura de saneamento básico e de gestão dos resíduos sólidos; situação de estresse hídrico; monitoramento insuficiente dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos; contaminação de mananciais superficiais.

Palavras-chave: gestão ambiental. conservação de recursos hídricos. governança das águas. bacia hidrográfica.

## **ABSTRACT**

The study analyzes the environmental management and conservation of water resources from the perspective of water governance in the river basin Piranhas-Açu. The main objective is to analyze how the environmental management practices can interfere in the conservation of waters, from the mid - 1990s. To avoid the problem of reductionism, present in environmental studies, we adopt interdisciplinarity as epistemological and methodological principle. It is an explanatory research, because it seeks to deepen the knowledge of reality. The method of investigation is the hermeneutic-systemic, combined with the techniques of interpretation and documentary analysis. The geographic cut is the catchment area of the river Piranhas-Açu, in Rio Grande do Norte. The most relevant aspects are the interpretation of the norms applicable to water management, the institutional arrangements and the analysis of the relationships between environmental management and water conservation. The main limiting factors of good practices in the conservation of water resources are: state plan of water resources outdated; absence of ecological-economic zoning and the implementation of land use and land use policies; low coverage of basic sanitation and solid waste management; water stress situation; insufficient monitoring of surface and groundwater resources; contamination of surface water sources.

Key-words: environmental management. conservation of water resources. water governance. hydrographic basin.

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo norteia-se na hipótese segundo a qual a gestão ambiental eficaz é capaz de favorecer a conservação dos recursos hídricos, a partir da implementação de uma política de governança das águas, que articule os arranjos institucionais, os recursos materiais adequados e pessoal qualificado técnica e humanisticamente, mediado pela aplicação das normas ambientais.

A abordagem foi orientada a partir de uma pesquisa exploratória haja vista a necessidade de construção de uma visão geral sobre o tema, ainda pouco explorado. Assim, foram analisados documentos impressos e eletrônicos, bem como as normas ambientais que tratam da matéria, o que possibilitou uma produção sistematizada sobre o estado da arte da gestão ambiental e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica Piranhas-Açu, no Rio Grande do Norte.

A bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu está totalmente inserida na região semiárida e compreende 147 municípios, dos quais 102 estão localizados na Paraíba e 45 no Rio Grande do Norte. A área total drenada por essa bacia federal corresponde a 43.681,5 km<sup>2</sup>, dos quais 40% pertence ao território potiguar.

A bacia Piranhas-Açu destaca-se como a mais importante bacia para ambos os Estados. No Rio Grande do Norte (RN), drena 32,8% do território e representa 67,1% do volume total das águas superficiais. Na Paraíba (PB), drena 46,15% do território e corresponde a 40,5% do volume total das águas superficiais.

As inter-relações entre gestão ambiental e conservação dos recursos hídricos são analisadas a partir do estudo sobre os aspectos socioeconômicos e suas interfaces com os recursos hídricos, a elaboração de um diagnóstico dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e, por fim, do diagnóstico ambiental e suas interfaces com os recursos hídricos dessa bacia hidrográfica.

Portanto, o presente estudo tem como objetivo principal analisar como as práticas de gestão ambiental podem interferir na conservação das águas da bacia Piranhas-Açu no território potiguar, a partir de meados dos anos 1990.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A bacia do rio Piranhas-Açu possui 51 reservatórios considerados estratégicos por apresentarem capacidade de acumulação igual ou superior a 10 milhões de m<sup>3</sup>. O volume total acumulável nesses reservatórios é de 5,62 bilhões de m<sup>3</sup>, sendo 2,65 bilhões de m<sup>3</sup> correspondentes aos 35 reservatórios situados no território paraibano e 2,97 bilhões de m<sup>3</sup> correspondentes aos 16 reservatórios do território potiguar.

Os estudos realizados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2012) sobre a rede hidrológica da bacia foram fundamentados em informações secundárias disponíveis nas bases de dados do Sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas, da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), da Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Norte (SEMARH/RN), da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Ciência e Tecnologia da Paraíba (SECTMA), da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) e no banco de dados FAOCLIM<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A base de dados FAOCLIM Net é organizada e mantida pela Food and Agriculture Organization of the United States (FAO) e contém dados agroclimáticos em todo o mundo. (Disponível em: [http://www.fao.org/nr/climpag/pub/en1102\\_en.asp](http://www.fao.org/nr/climpag/pub/en1102_en.asp))

Nos cadastros inventariados foram localizados 217 postos pluviométricos internos e externos<sup>2</sup> à bacia, dos quais parte deles apresentam-se em duplicidade e outros com curtos períodos de observação ou sem registros pluviométricos. As séries temporais mais longas referem-se a um pequeno número de postos, a maioria instalados pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) no início do século 20. A rede de postos pluviométricos<sup>3</sup> foi reestruturada pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) em 1963, quando teve início a ampliação da rede hidrométrica de sua área de atuação.

Nos documentos Estudo Hidrológico da Bacia e Disponibilidade Hídrica realizado em setembro de 2012 pela IBI Engenharia Consultiva<sup>4</sup> que subsidiará a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Piranhas-Açu (em construção) foram selecionados apenas 61 postos para a composição do Mapa de Falhas<sup>5</sup>. Os critérios adotados para a seleção dos postos pluviométricos foram a extensão das séries históricas, distribuição espacial dos postos na bacia e minimização do preenchimento de falhas e da correção por consistência dos dados.

A análise de consistência dos dados pluviométricos foi realizada após o preenchimento das falhas com o emprego do método das Curvas de Duplas Massas<sup>6</sup>.

No que diz respeito à **fluviometria**, o estudo identificou 112 estações fluviométricas distribuídas na bacia do rio Piranhas-Açu. A maioria dessas estações não apresenta registro de dados de vazão ou apresenta registros em quantidade bastante reduzida de anos. A maioria dessas estações apresentam apenas réguas de monitoramento.

Das 112 estações fluviométricas apenas 14 apresentam dados de medição de cotas e vazão e, dessas, apenas sete<sup>7</sup> podem ser consideradas confiáveis quando se considera o mapa de falhas, a representatividade espacial e as áreas de drenagem das estações.

---

<sup>2</sup> Os valores de pluviosidade de postos pluviométricos externos em relação a um dado posto podem ser utilizados para o cálculo da pluviosidade deste posto pluviométrico utilizando o *método dos polígonos de Thiessen*. O método consiste em determinar um polígono formado pelos pontos que representam os postos de valores conhecidos e o posto de valor desconhecido. Traçam-se as mediatrizes dos lados desses polígonos as quais determinam, com esses mesmos lados, as áreas de influência que serão utilizados no algoritmo de Thiessen. O algoritmo calcula a média ponderada da pluviosidade do posto a partir dos valores de cada área de influência e seus respectivos valores de pluviosidade. O método dos polígonos de Thiessen é também utilizado para a construção dos mapas de isoietas.

<sup>3</sup> Informações disponíveis no Sítio da EMPARN revelam que a SUDENE durante os anos 1960 instalou 46 novos pluviômetros ampliando a rede de postos pluviométricos. Todavia, a partir de 1986 a Superintendência praticamente paralisou as atividades de manutenção e operação da rede que fora assumida pela EMPARN em 1991. Atualmente a rede possui 220 postos cuja manutenção e transferência de dados é feita pela EMPARN em parceria com Prefeituras Municipais, Secretaria de Segurança Pública e Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Norte. (Disponível em: <http://www.emparn.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/emparn/principal/enviados/index.asp>. Pesquisado em 21 abr. 2013)

<sup>4</sup> Consultoria contratada pela Agência Nacional de Águas para a elaboração do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Piranhas-Açu, através do CONTRATO 042/ANA/2012.

<sup>5</sup> O mapeamento das falhas de dados pluviométricos consiste no levantamento dos dados de pluviosidade conhecidos para todas as estações pluviométricas localizadas na área de influência de uma bacia hidrográfica, considerando um determinado período de tempo. A série histórica que resulta desse levantamento e identifica os períodos cujos dados pluviométricos são desconhecidos é o que se chama mapa de falhas de dados pluviométricos de uma bacia.

<sup>6</sup> O método de Dupla Massa foi desenvolvido pelo US Geological Survey, sendo um dos mais usados em função de sua simplicidade. Consiste na comparação de duas curvas que são traçadas no plano cartesiano, uma de totais anuais ou mensais de pluviosidade acumuladas do posto que irá ser analisado e outra da média acumulada dos totais anuais ou mensais de postos confiáveis da região considerada. (WISSMANN *et al.*, 2006, p. 100, apud TUCCI, 1993; VILLELA E MATTOS, 1975)

<sup>7</sup> Nos anos 1980 foi construída a barragem Armando Ribeiro Gonçalves que incorporou o antigo açude Boqueirão. A estação Acauã I que estava instalada naquele açude foi transferida para a jusante da barragem e passou a ser denominada Acauã II.

A área total drenada pelas bacias onde se localizam essas sete estações FLU é de 92.140km<sup>2</sup> o que corresponde a 210,94% da área total da bacia do rio Piranhas-Açu que é de 43.681,50km<sup>2</sup>. Esse dado físico, *de per si*, não é suficiente para a realização dos estudos fluviométricos que dependem da análise de regionalização das vazões observadas nas estações fluviométricas e da extensão e completude da série histórica dos dados fluviométricos.

A respeito do **balanço dos recursos hídricos superficiais** na bacia Piranhas-Açu a ANA utiliza o índice da relação entre as demandas consuntivas acumuladas e a disponibilidade no respectivo trecho de rio, o que possibilita avaliar o grau de estresse hídrico quantitativo nas bacias hidrográficas brasileiras.

As bacias localizadas em áreas que apresentam uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos passam por situações de escassez e estresse hídrico. Por esta razão é fundamental comparar as demandas consuntivas existentes na bacia, com suas disponibilidades totalizadas. A bacia do rio Piranhas-Açu apresenta uma situação em que a grande maioria dos trechos mapeados encontra-se na classe muito crítica (CBH-PPA, 2011, p. 33).

A vazão legal de referência para gestão operacional dos reservatórios é a Q<sub>90%</sub> anual, ou seja, espera-se que em média, para cada período de 10 anos o reservatório atenda satisfatoriamente uma demanda hídrica igual a sua vazão regularizada em pelo nove anos.

A recomendação da ANA é que a vazão regularizada de referência para o planejamento deve ser a Q<sub>95%</sub> haja vista que o consumo humano exige um nível maior de garantia em relação aos demais usos consuntivos estabelecidos na lei das águas. Desse modo, para cada período de 20 anos, respeitado o limite da vazão regularizada, o reservatório atenderia satisfatoriamente a demanda em pelo menos 19 anos.

O conceito de **qualidade da água** está relacionado com o uso que se faz dessa água. Uma água de qualidade adequada para uso industrial, navegação ou geração de energia pode não ter qualidade adequada para o abastecimento humano, dessedentação animal ou preservação da vida aquática. Nesse ponto o enquadramento dos corpos de água se mostra um instrumento imprescindível para a gestão das águas.

A qualidade pode ser aferida a partir dos usos de indicadores<sup>8</sup>. Os indicadores expressam aspectos parciais ou particulares da qualidade da água. A escolha entre vários indicadores existentes geralmente está relacionada à disponibilidade de dados dos órgãos técnicos responsáveis pelo monitoramento.

Na bacia Piranhas-Açu a qualidade da água é influenciada, principalmente, pela escassez hídrica, intermitência dos cursos de água e pela salinidade (ANA, 2012b).

A qualidade das águas dos açudes depende de fatores naturais – clima, geologia, tipos de solos e regime hidrológico – e de fatores antrópicos – uso e ocupação dos solos, esgotos domésticos e industriais, drenagem urbana e agrícola, dentre outros. A ação antrópica desvinculada de práticas adequadas de gestão ambiental e hídrica possibilita o surgimento de problemas como eutrofização<sup>9</sup>, salinização e contaminação dos açudes por metais pesados, o que interfere diretamente na qualidade das águas desses corpos d'água e, por conseguinte, na bacia hidrográfica.

O monitoramento da qualidade da água na bacia Piranhas-Açu é realizado em 47 dos 51 reservatórios estratégicos e em sete trechos de rios, todos localizados no Rio Grande do Norte. Essa quantidade de amostra está abaixo da recomendação da ANA (2012b) que é de um ponto amostral para cada 1000km<sup>2</sup>.

---

<sup>8</sup> A principal vantagem de utilizar esses índices é que eles sintetizam a informação o que facilita a comunicação com o público. A desvantagem é a perda de informação das variáveis individuais que compõem cada índice.

<sup>9</sup> É o aumento da concentração de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de suas produtividades (ESTEVES, 1988).

No território potiguar o monitoramento é realizado desde 2008<sup>10</sup> pelo Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN) que analisa 14 dos 21 parâmetros mínimos recomendados pela ANA (2012b), conforme mostra o quadro 1.

**Quadro 1** - Parâmetros mínimos da Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas que são monitorados nos açudes da bacia Piranhas-Açu

<b>Categoria</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Realizado</b>
Físico-químicos (13)	Temperatura do Ar e da Água; Turbidez; Potencial Hidrogeniônico (pH); Oxigênio Dissolvido; Sólidos Totais Dissolvidos; Demanda Bioquímica de Oxigênio (água doce)	Sim
	Carbono Orgânico Total (águas salobras e salinas <sup>11</sup> ); Transparência <sup>12</sup>	Sim
	Condutividade Elétrica; Alcalinidade Total; Cloreto Total; Demanda Química de Oxigênio; Sólidos em Suspensão	Não
Microbiológicos (1)	Coliformes Termotolerantes	Sim
Biológicos (2)	Clorofila-a; Fitoplâncton – qualitativo e quantitativo (Cianobactérias)	Sim
Nutrientes (5)	Fósforo Total; Nitrogênio Total	Sim
	Nitrogênio Amoniacal	Sim
	Fósforo Solúvel Reativo; Nitrato	Não

Fonte: Própria com base em ANA (2012a) e ANA (2012b)

O Índice de Estado Trófico (IET) na bacia Piranhas-Açu foi calculado através do método de Lamparelli (2004) somente para a concentração de fósforo total. O IET para a concentração de clorofila-a não foi calculado devido à falta de monitoramento na maioria dos pontos de amostragem da bacia para esse parâmetro (ANA, 2012a).

O estado trófico do açude Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves (ARG) vem sendo monitorado por sensoriamento remoto desde o ano 2000, através do Projeto de Cooperação Internacional firmado entre a ANA e o Institut de Recherche pour le Développement (IRD-FRA), órgão do governo francês vinculado aos Ministérios de Pesquisa e de Cooperação.

Estudo realizado com base na amostragem disponível para dez pontos distribuídos no reservatório no período 2006-2007, revelou um gradiente longitudinal nas concentrações de fósforo total, as quais decresceram de 0,150 para 0,080 mg/L no sentido da montante para o barramento do reservatório (MOSCA, 2008). As concentrações de fósforo total em todas as amostras coletadas apresentaram-se acima do limite de 0,05 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 3, valor considerado por Thornton & Rast (1993) *apud* ANA (2012a), como o limite crítico para deflagração da eutrofização em açudes do semiárido.

A figura 1 mostra que no período 2000-2009 o açude ARG esteve mais de 80% do tempo no estado eutrófico ou hipereutrófico com exceção dos anos 2004, 2008 e 2009 devido ao vertimento do reservatório e a renovação da massa de água. Em 2005, logo após a grande cheia de 2004, o estado trófico do reservatório já havia voltado ao nível de 2003, permanecendo

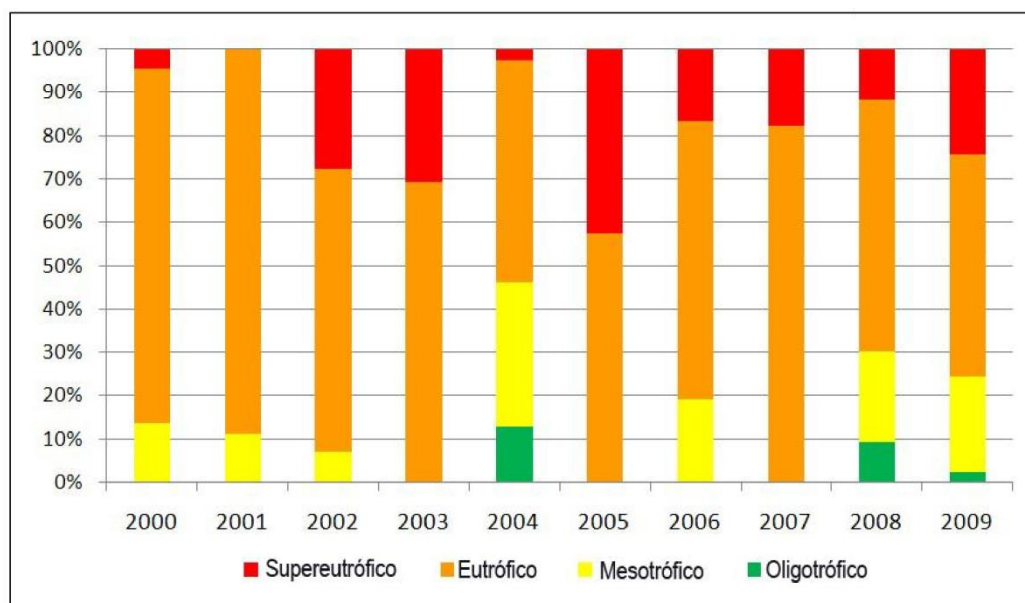
<sup>10</sup> Os dados referem-se aos períodos chuvosos de 2008, 2009, 2010 e 2011 e ao período seco de 2010. Cada parâmetro de qualidade da água analisado por ponto amostral foi representado por uma média e um desvio-padrão no período chuvoso. No período seco essa metodologia não foi aplicada por se tratar de dado único.

<sup>11</sup> Parâmetros específicos para reservatórios da Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental (na qual está localizada a bacia Piranhas-Açu) e para as regiões estuarinas.

<sup>12</sup> Parâmetros específicos para ambientes lênticos.

durante todo aquele ano no estado eutrófico ou supereutrófico, o que denota a elevada resiliência<sup>13</sup> do estado eutrófico/supereutrófico.

**Figura 1** - Variação anual do Índice de Estado Trófico do açude Armando Ribeiro Gonçalves, no período de 2000 a 2009



Fonte: ANA (2012a)

A presença de cianobactérias tóxicas nos açudes da bacia Piranhas-Açu destinados ao abastecimento humano foi constatada através de estudos realizados por Costa *et al.* (2006), Mosca (2008) e Vasconcelos *et al.* (2011).

Diagnóstico realizado no período 2002-2004 nos açudes ARG, Boqueirão de Parelhas, Marechal Dutra (Gargalheiras), Itans, Passagem das Traíras e Santo Antônio, mostrou intenso processo de eutrofização, com elevadas concentrações de fósforo total e clorofila-a (ESKINAZI-SANT'ANNA *et al.*, 2006) e altas densidades de cianotoxinas (PANOSSO *et al.*, 2007).

A presença de metais pesados na bacia Piranhas-Açu é fator que contribui para a degradação da qualidade das águas de seus reservatórios. No estudo realizado por Eskinazi-Sant'Anna *et al.* (2006), já referenciado, foi constatado que os metais pesados alumínio, cádmio, chumbo, ferro, níquel, manganês e zinco apresentaram concentrações superiores ao estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 para corpos d'água de classe 2. As concentrações de zinco, níquel e mercúrio apresentaram valores abaixo do limite máximo. Os metais pesados cromo e cádmio foram também identificados, mas a metodologia utilizada não forneceu dados conclusivos sobre suas concentrações.

A salinidade dos reservatórios da bacia Piranhas-Açu localizados no território potiguar apresenta-se em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, embora a ausência de série temporal de dados não permita uma avaliação do comportamento desse parâmetro ao longo dos períodos de seca e chuva (ANA, 2012a, p. 222-223).

O Índice de Conformidade ao Enquadramento desenvolvido pelo Canadian Council of Ministers of Environment (CCME) para o acompanhamento da qualidade da água em relação

<sup>13</sup> Capacidade de um ecossistema de absorver perturbações externas e persistir no tempo mantendo sua estrutura e suas funções, ou seja, seu potencial adaptativo. (HOLLING *et al.*, 1998, *apud* REBOUÇAS; FILARDI; VIEIRA, 2006)

às metas de enquadramento, apresentado pela ANA no relatório Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil 2012 (ANA, 2012b) como estratégia para a gestão hídrica, não é utilizado pelos órgãos gestores dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte. Situação idêntica ocorre em relação ao Índice de Poluição Orgânica, constante do referido relatório.

No que se refere aos **recursos hídricos subterrâneos**, em geral, a bacia caracteriza-se pela presença de rochas com baixa capacidade de armazenamento de água, sendo esta, frequentemente de baixa qualidade. As formações sedimentares com maior porosidade e, portanto, maior capacidade de armazenamento de transmissão de água estão presentes na sub-bacia do rio do Peixe, próximo a Souza-PB e na região do Baixo-Açu, compreendendo essencialmente as formações Jandaíra, Açu e Barreiras. Outra fonte importante de água subterrânea são os aquíferos aluviais que, na maioria dos casos, fornecem água de boa qualidade para abastecimento humano, animal e irrigação.

A geologia da bacia é constituída por várias formações, dentre as quais o embasamento cristalino, que ocupa a maior parte da bacia. Destacam-se ainda as formações Açu, Jandaíra, Barreiras e Serra dos Martins, a bacia do rio do Peixe, e coberturas e aluviões.

A Formação Açu está inserida na Bacia Sedimentar Potiguar (BSP)<sup>14</sup>; é formada por espessas camadas de sedimentos clásticos com até 1.000m, representados predominantemente por arenitos médios a grosseiros, esbranquiçados, intercalados com folhelhos e argilitos verde-claro e siltitos castanho-avermelhados. Apresenta contato inferior discordante e erosivo com a Formação Alagamar e com o embasamento cristalino, e em sua porção superior é concordante com a Formação Jandaíra, lateralmente, em direção ao mar, interdigitando-se com as formações Ponta do Mel e Queimadas (VASCONCELLOS; LIMA NETO; ROOS, 1990).

A Formação Jandaíra está inserida na BSP e compreende calcários que estão sobrepostos aos arenitos da Formação Açu e, regionalmente, apresentam-se como calcarenitos e calcilitos bioclásticos de granulometria média a grosseira e bastante compactados.

A bacia Piranhas-Açu apresenta intensa atividade de perfuração de poços tubulares e escavados. No cadastramento dos poços da bacia realizado em 2005 pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), através do seu Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), registrou a ocorrência de 7.975 poços dos quais 7.077 (88,74%) são do tipo tubular, 865 (10,85%) escavado e 33 fontes naturais (0,41%).

A rede de monitoramento das águas subterrâneas da bacia se restringe a 83 poços do Aquífero Açu, localizados na borda leste da BSP. Desse quantitativo de poços, 81 foram objeto de estudo do projeto “Hidrogeologia do Aquífero Açu na borda leste da Bacia Potiguar, trecho Upanema - Afonso Bezerra<sup>15</sup>” e dois foram construídos e devidamente instalados pelo Serviço Geológico do Brasil.

Os riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas é uma função que associa vulnerabilidade do aquífero à carga contaminante disposta sobre ou sob a superfície do terreno. Desse modo, se um aquífero apresenta vulnerabilidade alta e não existe contaminante, o risco é baixo; ao contrário, se a vulnerabilidade é baixa e a carga de contaminante é intensa o risco pode ser elevado.

---

<sup>14</sup> A bacia Potiguar está localizada na extremidade nordeste do Brasil, mais precisamente na margem costeira norte do estado do Rio Grande do Norte e nordeste do Ceará. Apresenta área total de 60.000km<sup>2</sup>, sendo 40% localizada na parte emersa (ARARIPE e FEIJÓ, 1994). Limita-se a oeste com o Alto de Fortaleza, a sudoeste e ao sul com o embasamento cristalino da Faixa Seridó e ao norte e a nordeste pela cota batimétrica de 200m.

<sup>15</sup> Projeto desenvolvido pelo CPRM e pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) sobre o Aquífero Açu na sua zona principal de recarga (zona de afloramento da Formação Açu na borda leste da BSP), entre os municípios potiguares de Afonso Bezerra e Upanema e resultou na criação de uma rede de monitoramento constituída por 81 poços – Afonso Bezerra (12), Angicos (4), Assu (31), Ipanguaçu (16) e Upanema (18). A borda sul da BSP no RN corresponde a uma faixa de aproximadamente 90km no sentido leste-oeste e 30km no sentido norte-sul, o que equivale a uma área total de 2.700km<sup>2</sup>.



As atividades urbanas estão concentradas nos municípios de Assu e Ipanguaçu, nos quais a vulnerabilidade está relacionada ao tipo de saneamento (fossas e sumidouros), à presença de postos de combustíveis e cemitérios e à disposição de resíduos sólidos urbanos e não urbanos (depósito de saís, em Assu). As atividades agrícolas caracterizam-se pelo desenvolvimento de culturas com manejo agrícola intenso, com o uso de fertilizantes e agroquímicos que representam sérios riscos de contaminação por nitratos e metais pesados.

O processo de contaminação pode estar sendo retardado ou reduzido devido à recarga contínua e direta do aquífero aluvial com águas da barragem ARG (CPRM; UFRN, 2007).

### **3 METODOLOGIA**

O método de investigação utilizado na pesquisa é o hermenêutico-sistêmico. A concepção sistêmica do método baseia-se no conceito de paradigma sistêmico de Edgar Morin e de paradigma social, de Fritjof Capra. Segundo Barbosa (2011), este método permite compreender os sentidos das normas jurídicas e entender as características implícitas dos documentos, instituições e entidades que abordam questões de natureza ambiental, dentre as quais as hídricas. O método permite também analisar os aspectos sociais da realidade humana.

O estudo faz parte do grupo das pesquisas explicativas que são aquelas cuja preocupação central consiste em identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. É o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, por isso mesmo é o tipo mais complexo e delicado. (GIL, 2007, p. 44).

A abordagem foi orientada, ainda, a partir de uma pesquisa exploratória haja vista a necessidade de construção de uma visão geral sobre o tema, ainda pouco explorado. Assim, foram analisados documentos impressos e eletrônicos, bem como normas jurídicas que tratam da matéria, o que possibilitou uma produção sistematizada sobre o estado da arte da gestão ambiental e dos recursos hídricos na bacia hidrográfica Piranhas-Açu, no Rio Grande do Norte.

A técnica de análise foi a da interpretação que objetiva examinar, perquirir e apreender os sentidos dos textos normativos e não normativos. No exercício da interpretação, as dimensões jurídica e não jurídica foram alçadas na medida exata da necessidade.

A escolha da bacia Piranhas-Açu como estudo de caso deve-se ao fato de que essa bacia é mais representativa para o RN do ponto de vista espacial, político, socioeconômico e ambiental e especialmente por ser uma bacia de domínio federal, o que implica na maior complexidade para a gestão. Os municípios estudados foram os que desenvolviam ações relacionadas à gestão ambiental e suas possíveis inter-relações com os recursos hídricos.

O recorte temporal foi o período compreendido entre julho de 2012 e maio de 2013. Os documentos foram devidamente analisados, sendo interpretados apenas aqueles que se fizeram necessários.

## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E SUAS INTERFACES COM OS RECURSOS HÍDRICOS**

A bacia Piranhas-Açu está totalmente inserida no clima semiárido nordestino, entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, com área total de drenagem de 43.681,50 km<sup>2</sup>. Compreende 147 municípios, sendo 45 municípios localizados no RN e 102 municípios na PB. A população total é de 1.417.310 habitantes, dos quais 914.343 (64,5%) habitam na PB e 502.967 (35,5%), no RN.

Os **aspectos socioeconômicos** tratados referem-se aos 45 municípios potiguares pertencentes à bacia Piranhas-Açu. Os indicadores demográficos mostram que nesses municípios vivem 502.967 habitantes, equivalente a 18,11% da população norte-rio-grandense, numa área de 17.498,5km<sup>2</sup>, correspondente a 33% do território potiguar. A população residente nas cidades é de 349.357, equivalente a 69,46% do total dos habitantes, o que indica a predominância da população urbana. A taxa de urbanização da bacia é, portanto, inferior à do RN, que é de 73,17%, o que se mostra interessante para o território estudado, considerando que elevadas taxas de urbanização implicam no agravamento da situação hídrica, em face do aumento da demanda hídrica e da produção de efluentes domésticos e de resíduos sólidos.

Os municípios mais urbanizados da bacia são Caicó (88,81%), Currais Novos (87,1%), Parelhas (80,78%), Acari (79,01%), Pendências (78,45%), Jardim do Seridó (77,21%), Carnaúba dos Dantas (76,61%), Timbaúba dos Batistas (76,29%), Paraú (77,15%), Cruzeta (73,45%), São João do Sabugi (72,69%) e Assu (72,32%). Apenas dois municípios têm população rural significativa, Carnaubais (74,31%) e Ipanguaçu (63,50%) que estão acima da taxa referencial de 60%.

O Índice de Desenvolvimento Humano<sup>16</sup> (IDH ou IDH-M) do ano 2000 dos municípios potiguares da bacia Piranhas-Açu é 0,658, superior ao IDH do estado, que é de 0,637. Os municípios com melhores índices são Caicó (0,756), Currais Novos (0,724), Alto do Rodrigues (0,688), Assu (0,677), Ipanguaçu (0,613) e Pendências (0,631).

O **acesso à saúde pública** nos municípios potiguares drenados pela bacia é analisado a partir de indicadores apurados do Sistema de Informações Hospitalares do Ministério da Saúde (DATASUS, 2001) e do Anuário Estatístico do Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA, 2002).

Assim, em relação ao indicador número de estabelecimentos de saúde, há 358 estabelecimentos, dos quais 237 pertencem à rede pública e 121 à rede privada. Os estabelecimentos da rede pública correspondem a 166 postos de saúde, 39 centros de saúde, 23 unidades mistas e nove policlínicas. A rede hospitalar do Sistema Único de Saúde (SUS) disponibiliza 1.598 leitos, nas especialidades cirurgia (226), clínica médica (590), obstetrícia (359) e outros (39). Na rede hospitalar existem 53 unidades, sendo 27 públicas e 26 privadas.

O indicador cobertura vacinal expressa a porcentagem de crianças com idade inferior a um ano que foram vacinadas, em relação ao número total de crianças aptas para receber as dosagens de vacina. As coberturas vacinais nesses municípios são: BCG<sup>17</sup> (95,57%); Sarampo (88,23%); Hepatite B (84,70%); Tríplice (84,27%); Pólio (82,14%) e a Influenza B (78,93%). É importante melhorar a eficiência da cobertura vacinal, haja vista que muitas doenças são de veiculação hídrica.

Em relação ao **acesso à educação básica**, que compreende a educação infantil e os ensinos fundamental e médio, a análise foi referenciada no indicador número de salas de aula permanentes, em conformidade com os dados da Secretaria de Estado da Educação, da Cultura e dos Desportos do Estado do Rio Grande do Norte (SECD, 2001) e do Anuário Estatístico do IDEMA, de 2002.

A totalidade de salas de aula disponíveis é de 4.287. Na zona rural existem 1.420 salas, correspondente a 33,12% das salas disponíveis nos municípios da bacia Piranhas-Açu e 21,76% do total das salas de aula existentes no estado. A rede municipal de ensino possui 2.269 salas, sendo mais de 50% delas localizadas na zona rural. A rede estadual tem 1.315 salas (30,67%),

---

<sup>16</sup> Índice de Desenvolvimento Humano geral de um município resulta da ponderação de suas três de componentes fundamentais, quais sejam, longevidade, educação e renda. Isso significa que um município com IDH (ou IDH-M) alto não necessariamente corresponde ao mais desenvolvido ou o que apresenta as melhores condições de vida da população.

<sup>17</sup> *Bacillus Calmette-Guérin* ou vacina contra a tuberculose é uma vacina obtida através da bactéria *Mycobacterium bovis*, em estado atenuado (MS, 2001).

sendo 249 (17,53%) situadas em áreas rurais. A rede particular tem atuação mais concentrada nas áreas urbanas com 703 salas (16,40%), das quais apenas 17 em áreas rurais. Os municípios com maior oferta de salas de aula são: Caicó, 529 (12,34%); Assu, 386 (9,0%); e Currais Novos, 352 (8,21%), o que se justifica considerando que esses municípios são os mais populosos da porção territorial da bacia no Rio Grande do Norte.

As **atividades econômicas** são analisadas a partir dos indicadores estrutura fundiária, atividades agrícolas, pecuária, carcinicultura e atividades industriais. Quanto ao indicador estrutura fundiária, constata-se que 89,76% da área drenada pela bacia Piranhas-Açu no RN é registrada em nome de seus proprietários (detentores da titularidade), e 6,69% da área corresponde a ocupações diversas. Os proprietários detêm 65,47% dos empreendimentos rurais, enquanto 21,70% desses empreendimentos estão sob a posse dos ocupantes. Portanto, a estrutura fundiária caracteriza-se pela coexistência da concentração fundiária e do elevado número de minifúndios. Os municípios da região do Baixo-Açu, especialmente nas áreas irrigáveis, caracterizam-se pela presença de elevado número de minifúndios de até três hectares.

A base econômica desses municípios, nessa ordem, são, as atividades agropecuárias, as atividades industriais (relativamente diversificada), e, mais recentemente, a carcinicultura e a fruticultura irrigada. Desde a última década, a agricultura tradicional começou a ceder lugar para a agricultura irrigada, desenvolvida em grandes, médias e pequenas propriedades.

No Vale do Açu, região compreendida entre a barragem ARG e a foz do rio Piranhas-Açu, em Macau-RN, destacam-se a fruticultura irrigada e a carcinicultura pela criação de ocupação e renda e pela expressiva geração de divisas na pauta de exportação do RN. De acordo com a Secretaria de Estado da Agricultura, da Pecuária e da Pesca (SAPE, 1998), o perímetro irrigado é de aproximadamente 10.000 hectares (ha), que inclui os três grandes empreendimentos – Del Mont, Finobrasa e o Distrito Irrigado do Baixo-Açu (DIBA<sup>18</sup>) – com 5.500 há, e a irrigação difusa, exercida por 285 pequenos produtores, que exploram a atividade numa área de 4.500 ha. Os grandes empreendimentos criam cerca de 10 mil empregos diretos, enquanto os pequenos, aproximadamente, nove mil. Juntos, produzem renda anual estimada em 100 milhões de reais.

Na região do Seridó predomina a agricultura de sequeiro, voltada para a subsistência dos agricultores, ocorrendo irrigações pontuais em solos de várzeas, no entorno dos reservatórios, consideradas subirrigações de vazantes, voltadas para o aproveitamento de forragens para as pecuárias de leite e de corte. Os rebanhos bovino (45,52%), ovino (28,08%), caprino (15,44%) e suíno (5,42%) são os mais expressivos. Destaca-se a bacia leiteira na região do Seridó.

As atividades industriais mais significativas são a produção e o beneficiamento do sal marinho, a exploração de petróleo e gás natural, as indústrias têxtil e de cerâmica vermelha, a exploração mineral (ferro, scheelita, tantalita, columbita, berílio, caulim, mármore, turmalina, ouro *etc.*), e a produção alimentícia, dentre outras. O maior consumidor de energia elétrica é o setor industrial, seguido pelos consumidores residenciais e pelo consumo na zona rural.

A barragem ARG, que acumula 2,4 bilhões de metros cúbicos de água, correspondente a aproximadamente 82% do total de água superficial armazenada na bacia e 68% do total de água superficial acumulada no RN, apresenta-se como estratégica para o desenvolvimento regional, constituindo-se no principal insumo para a atividade agrícola e para o abastecimento humano de grandes contingentes populacionais, como é o caso de Mossoró, o segundo maior município do estado, e que não faz parte dessa bacia hidrográfica.

---

<sup>18</sup> O DIBA é um projeto público de irrigação, localizado no município de Alto de Rodrigues, que apresenta uma grande variedade de produtos agrícolas, dentre os quais destacam-se banana pacovan, mamão formosa, manga *Tommy Atkins*, coco-da-baía, milho, feijão, algodão, melão, melancia, pinha, graviola, feno, entre outros.

## 4.2 DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

O **diagnóstico dos recursos hídricos superficiais quantitativo** apresenta pelo menos três problemas. O primeiro refere-se aos postos pluviométricos, caracterizados pelas longas descontinuidades de observações, sendo as falhas randomicamente distribuídas, isto é, sem uma padronização uniforme, o que impossibilita a utilização de algoritmos matemáticos.

O segundo diz respeito à fluviometria. A maioria das 112 estações fluviométricas instaladas na bacia Piranhas-Açu não apresenta registro de dados de vazão ou apresenta registros em quantidade bastante reduzida de anos. A maior parte delas apresenta somente régua de monitoramento.

A terceira está relacionada ao balanço hídrico da bacia, que apresenta uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos o que caracteriza o estresse hídrico. Na maior parte dos trechos da bacia a situação é muito crítica.

O **diagnóstico dos recursos hídricos superficiais qualitativo** revela que a qualidade das águas dos açudes depende de fatores naturais (clima, geologia, tipos de solo) e de fatores antrópicos (uso e ocupação dos solos, esgotos domésticos e industriais, drenagem urbana e agrícola). O primeiro problema identificado diz respeito ao monitoramento que é realizado em apenas sete trechos de rio, quando a recomendação normativa estabelece o mínimo de um ponto amostral para cada 1.000km<sup>2</sup>. Além disso, todos os pontos estão localizados no RN.

O Índice de Estado Trófico na bacia para a concentração de clorofila-a não foi calculado devido à falta de monitoramento na maioria dos pontos de amostragem, em descumprimento à diretiva da Portaria nº 2.914/2001, do Ministério da Saúde, que determina o monitoramento semanal nos pontos de captação dos mananciais superficiais para fins de abastecimento humano.

No período 2006-2007, a concentração de fósforo total no açude ARG em todas as amostras coletadas estiveram acima do limite de 0,05 mg/L, estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005. Foram encontrados metais pesados (alumínio, cádmio, chumbo, ferro, níquel, manganês e zinco) em concentrações superiores às estabelecidas pelo CONAMA, o que resulta em risco para a população que se alimenta de peixes, moluscos e crustáceos contaminados. Estudos publicados em 2006, 2008 e 2011, mostram a presença de cianobactérias tóxicas nos açudes da bacia Piranhas-Açu, destinados ao abastecimento humano. Por fim, o Índice de Conformidade ao Enquadramento (ICE) e o Índice de Poluição Orgânica (IPO) não têm sido utilizados pelos órgãos gestores do RN.

## 4.3 DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS

O diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos da bacia Piranhas-Açu revela uma intensa atividade de perfuração de poços tubulares e escavados na bacia a partir da década de 1980. Constata-se que o SIAGAS não disponibiliza informações sobre a situação dos poços (ativo, desativado, abandonado, não instalado) localizados no Rio Grande do Norte.

A rede de monitoramento das águas subterrâneas da bacia Piranhas-Açu se restringe a 83 poços do Aquífero Açu, localizados na borda leste da Bacia Sedimentar Potiguar. O mapa de vulnerabilidades do Aquífero Açu apresenta áreas de vulnerabilidade elevada (planície aluvial do rio Açu e vales dos rios do Carmo e do Mulungu), vulnerabilidade moderada (setor oriental, a oeste do rio do Carmo e no entorno da Lagoa Piató e domínios mais restritos próximos aos municípios de Afonso Bezerra e Upanema) e vulnerabilidade baixa (quase todo o setor ocidental ou a oeste do Vale do Açu e no setor oriental numa faixa relativamente estreita, contígua aos calcários da Formação Jandaíra).

#### 4.4 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E SUAS INTERFACES COM OS RECURSOS HÍDRICOS

O uso e ocupação dos solos na bacia Piranhas-Açu vem ocorrendo sem a observância de práticas adequadas de manejo e tem por finalidade a exploração agrícola e a coleta de lenha, fonte energética para olarias, panificadoras e uso doméstico. Essas práticas provocam diversos problemas, como a degradação da cobertura vegetal, observada na maior parte da bacia.

As consequências imediatas dessas práticas são a perda de biodiversidade e a exposição do solo à ação erosiva das chuvas, o que provoca o transporte de partículas para os corpos hídricos e causa o gradual assoreamento dos reservatórios da região. A região do Seridó Potiguar, que compreende a parte oriental da bacia, nas proximidades do município de Caicó, tornou-se um dos focos de desertificação presentes no País.

Em geral, a poluição das águas superficiais da bacia também está associada aos tipos de uso e ocupação do solo. Dentre as fontes de poluição destacam-se os efluentes doméstico e industrial e as cargas difusas urbana e agropastoril, sendo ainda desconhecida a quantificação das contribuições de cada uma dessas fontes.

Os esgotos domésticos apresentam compostos orgânicos biodegradáveis, nutrientes e micro-organismos patogênicos. Os efluentes industriais apresentam maior diversificação de contaminantes em função da matéria-prima e dos processos industriais utilizados.

A contaminação dos mananciais torna-se mais acentuada no período chuvoso, quando os poluentes depositados na superfície do solo, valas e bueiros são carregados mais facilmente para os corpos d'água. O quadro se agrava ainda mais devido à ausência ou incipiência do saneamento básico e ao tratamento inadequado ou mesmo a ausência de tratamento dos resíduos sólidos.

O saneamento atende apenas 6% da população da bacia. Isso significa que 94% da população lança seus esgotos diretamente na rede de drenagem natural ou no sistema de drenagem urbana e, por conseguinte, nos rios, riachos e açudes, que são também o destino final dos resíduos sólidos.

No período não chuvoso, que compreende a maior parte do ano, a diminuição do volume de água dos mananciais e o tempo de residência dessas águas, reduz a capacidade de autodepuração dos esgotos que se torna praticamente nula.

O uso e manejo dos solos da bacia para atividades agropecuárias é geralmente inadequado e resulta da ausência de zoneamento ecológico-econômico. Dentre as práticas impróprias destacam-se o cultivo em áreas inadequadas, o desmatamento da caatinga e o manejo inadequado da irrigação, que podem provocar, respectivamente, erosão, desertificação e salinização dos solos.

Dentre os poluentes das atividades agrícolas destacam-se os fertilizantes e os agrotóxicos. Os perímetros irrigados (públicos e privados) se destacam como principais fontes poluidoras agrícolas, devido ao uso intensivo do binômio solo/água e a disponibilidade de recursos financeiros em relação à chamada agricultura de subsistência.

As atividades industriais desenvolvidas na bacia apresentam elevado potencial poluidor. Destacam-se a indústria do petróleo e gás natural na região do Baixo-Açu, os parques ceramistas do Baixo-Açu e do Seridó, as atividades de mineração praticadas intensamente no Baixo-Açu (mármore e granitos) e no Seridó (scheelita e pegmatitos), as indústrias alimentícia e têxtil localizadas no Seridó e os matadouros distribuídos de forma difusa em toda a bacia hidrográfica.

As indústrias de cerâmica vermelha apresentam elevado potencial de degradação ambiental, pois utilizam a lenha como combustível, o que provoca desmatamento, desertificação, erosão, assoreamento dos mananciais, elevação do nível de turbidez das águas e geração de poluentes atmosféricos.

A indústria alimentícia, mesmo incipiente, gera efluentes orgânicos de potencial poluidor, principalmente o setor de beneficiamento da bacia leiteira do Seridó. O setor têxtil gera efluentes químicos, oriundos dos processos de lavagem e fixação de corantes, os quais contêm resíduos orgânicos e metais pesados, como o acetato de chumbo.

Os riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas é uma função que associa a vulnerabilidade do aquífero à carga contaminante disposta sobre ou sob a superfície do terreno. Desse modo, se um aquífero apresenta vulnerabilidade alta e não existe contaminante, o risco é baixo; ao contrário, se a vulnerabilidade é baixa e a carga de contaminante é intensa, o risco pode ser elevado.

As atividades urbanas concentradas nos municípios de Assu e Ipanguaçu, nos quais a vulnerabilidade está relacionada ao tipo de saneamento (fossas e sumidouros), à presença de postos de combustíveis e cemitérios e à disposição de resíduos sólidos urbanos e não urbanos (depósito de saís em Assu).

As atividades agrícolas caracterizam-se pelo desenvolvimento de culturas com manejo agrícola intenso, com o uso de fertilizantes e agroquímicos que representam sérios riscos de contaminação por nitratos e metais pesados.

A área compreendida pelo município de Upanema e pela região localizada a sudoeste desse município apresenta riscos potenciais moderado a elevado associados às atividades urbanas, com destaque para o saneamento *in situ*, e ao desenvolvimento de agricultura de manejo intenso, mesmo em áreas reduzidas.

A vulnerabilidade é moderada no setor oriental e baixa no setor ocidental, neste último devido à elevada profundidade das águas subterrâneas. O uso e ocupação dos solos desses setores devem ser planejados e orientados por práticas adequadas de manejo a fim de prevenir a ocorrência de contaminação das águas.

## 5 CONCLUSÕES

A taxa de urbanização média da bacia é inferior à do RN, sendo este indicador importante para a bacia considerando que elevadas taxas de urbanização implica no agravamento da situação hídrica em face do aumento da demanda hídrica e da produção de efluentes domésticos e resíduos sólidos.

O IDH médio dos municípios da bacia Piranhas-Açu é 0,658, superior ao IDH médio do RN, que é de 0,637, o que se mostra importante para a bacia, não obstante as limitações desse indicador para medir o desenvolvimento sustentável.

A ausência de zoneamento de ecológico-econômico e da implementação de políticas de uso e ocupação dos solos na bacia explica a ocorrência de diversos problemas tais como perda de biodiversidade, perda de solo, assoreamento dos reservatórios, contaminação dos solos e dos mananciais com efluentes domésticos e industriais, e com fertilizantes e agrotóxicos.

As atividades agrícolas caracterizam-se pelo desenvolvimento de culturas com manejo intenso, com o uso de fertilizantes e agroquímicos que representam sérios riscos de contaminação por nitratos e metais pesados.

O balanço hídrico da bacia demonstra a situação de estresse hídrico decorrente da combinação de baixa disponibilidade e grande utilização desses recursos, sendo a situação considerada muito crítica na maioria dos trechos.

O monitoramento dos recursos hídricos superficiais do ponto de vista pluviométrico caracteriza-se pelas longas descontinuidades de observações, com falhas randomicamente distribuídas. A maioria das estações fluviométricas instaladas não apresenta registro de dados de vazão ou apresenta registros em quantidade bastante reduzida de anos.

A bacia Piranhas-Açu apresenta metais pesados (alumínio, cádmio, chumbo, ferro, níquel, manganês e zinco) em concentrações superiores às estabelecidas pela legislação ambiental, o que resulta em risco para a população que se alimenta de peixes, moluscos e crustáceos contaminados.

A rede de monitoramento das águas subterrâneas da bacia se restringe a 83 poços do Aquífero Açu, localizados na borda leste da Bacia Sedimentar Potiguar, estando praticamente toda a bacia desprovida desse instrumento de controle de quantidade e qualidade das águas.

Por fim, não há informações disponíveis sobre a situação dos poços (ativo, desativado, abandonado, não instalado) nos estados do RN e da PB, não obstante a intensa atividade de perfuração de poços na bacia Piranhas-Açu, a partir da década de 1980.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Brasília: ANA, 2012b. 264p.: il.

\_\_\_\_\_. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Piranhas-Açu. Estudo Hidrológico da Bacia e Disponibilidade Hídrica (qualidade e quantidade)**. Relatório Parcial (RP-02). Brasília: ANA, 2012a. 293p.: il.

BARBOSA, Erivaldo Moreira. **Direito ambiental e dos recursos naturais: biodiversidade, petróleo e água**. Belo Horizonte: Fórum, 2011. 297p.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA PIANCÓ-PIRANHAS-AÇU (CBH-PPA). **Termo de referência do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Piranhas-Açu**. Disponível em: <[http://www.piranhasacu.cbh.gov.br/arquivo\\_docum.aspx](http://www.piranhasacu.cbh.gov.br/arquivo_docum.aspx)>. Acesso em: 10 nov. 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

ESKINAZI-SANT'ANNA, Eneida Maria *et al.* **Águas Potiguares: oásis ameaçados**. Ciência Hoje, v. 39, p. 68-71, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 206p.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 252p.

JACOBI, Pedro Roberto; BARBI, Fabiana. **Governança dos recursos hídricos e participação da sociedade civil**. Anais do II Seminário Nacional Movimentos Sociais, Participação e Democracia - ISSN 1982-4602, p. 518-533, 2007. Disponível em: <[www.sociologia.ufsc.br/npms/fabiana\\_barbi\\_pedro\\_jacobi.pdf](http://www.sociologia.ufsc.br/npms/fabiana_barbi_pedro_jacobi.pdf)>.

LAMPARELLI, Marta Condé. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 235f. - Tese, Programa de Pós-graduação em Ciências - Ecossistemas Terrestres e Aquáticos. Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. São Paulo, 2004.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Russel, 2010. 688p.: il.

MOSCA, Vanessa Pereira. **Eutrofização do reservatório Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves no Rio Grande do Norte**: implicações para o abastecimento público e para a piscicultura intensiva em tanques-rede. 73f. - Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

OLIVEIRA, Marcos Antônio de; BARBOSA, Erivaldo Moreira; DANTAS NETO, José. **Gestão de recursos hídricos no Rio Grande do Norte**: uma análise da implementação da política hídrica. Revista Holos - ISSN 1807-1600 [online], ano 29, v. 1, p. 3-27, 2013.

PANOSSO, Renata de Fátima et al. **Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle das florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Oecologia Brasiliensis (Impresso), v. 11, p. 433-449, 2007.

POMPEU, Cid Tomanik. **Direito de águas no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2010. 475p.

REBOUÇAS, Gabriel Nunes Maia; FILARDI, Ana Carla Leão; VIEIRA, Paulo Freire. **Gestão integrada e participativa da pesca artesanal**: potencialidades e obstáculos no litoral do Estado de Santa Catarina. Revista Ambiente & Sociedade - ISSN 1809-4422 [online], v. IX, n. 2, p. 83-104, 2006.

RIO GRANDE DO NORTE. Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos (SERIH). **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Relatório Síntese. Hidroservice Engenharia Ltda. 1998. 267p. Disponível em: <<http://www.serhid.rn.gov.br>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS (SEMARH). **Estudos de estratégia institucional e planejamento institucional do sistema gestor SEMARH-IGARN e de atualização e adequação do arcabouço legal para a gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte**. Relatório Síntese. Programa de Desenvolvimento Sustentável e Convivência com o Semi-Árido Potiguar (PSP). 2010. CD-ROM.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Atlas digital dos recursos hídricos subterrâneos dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte**. Projeto “Cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea”. 2005. CD-ROM.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ (UFC). **Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do nordeste brasileiro**: levantamentos geofísicos na porção sul da bacia Potiguar. Relatório Conclusivo (Eletoresistividade, vol. 2). Fortaleza-CE, [2005?]. 78p. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Potiguar\\_eletoresistividade.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Potiguar_eletoresistividade.pdf)>. Acesso em: 18 mai. 2013.

VASCONCELLOS, E. P, LIMA NETO, F. F; ROOS, S. Unidades de correlação da formação Açú - bacia Potiguar. In: **SBG/Núcleo Nordeste**. Congresso Brasileiro de Geologia. Natal. Anais, n. 36(1), p. 227-240,1990.

WOLFFENBÜTTEL, A. **O que é marco regulatório**. Brasília: IPEA, 2005.