



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

PAULA RAÍZA ALVES CAVALCANTE

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
JAGUARIBE – PB**

JOÃO PESSOA

2018

PAULA RAÍZA ALVES CAVALCANTE

**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
JAGUARIBE – PB**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Ambiental no campus I da Universidade Federal da Paraíba como requisito final para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Camila Cunico

JOÃO PESSOA

2018

C376v Cavalcante, Paula Raíza Alves.

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO JAGUARIBE - PB / Paula Raíza Alves
Cavalcante. - João Pessoa, 2018.

84 f. : il.

Orientação: Camila Cunico.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Vulnerabilidade socioambiental. 2. Risco social. 3. Risco
Ambiental. 4. Qualidade da água. I. Cunico, Camila. II. Título.

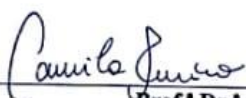
UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

PAULA RAÍZA ALVES CAVALCANTE

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAGUARIBE – PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 24/10/2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:



Prof.ª Dr.ª Camila Cunico
Orientadora

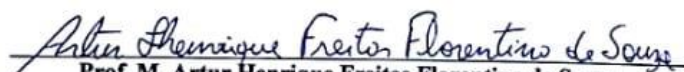
Departamento de Geociências do CCEN/UFPB

APROVADA



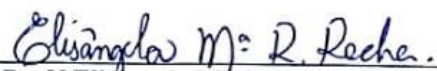
Prof. Dr. André Luiz Queiroga Reis
Centro Universitário João Pessoa - UNIPÊ

APROVADA



Prof. M. Artur Henrique Freitas Florentino de Souza
Universidade Federal do Piauí - UFPI

APROVADA



Prof.ª Elisângela Maria Rodrigues Rocha
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Prof.ª Elisângela M. R. Rocha
Coord. CCGEAMCT/UFPB
Mat. SIAPE 1821373

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Rivaneide Alves Cavalcante e Francisco Paulo Gomes Cavalcante, que são minha base e meus maiores exemplos de força, dedicação, afeto e amor. Obrigado por acreditarem no meu potencial, e por se manterem firmes nos meus momentos de fraqueza me lembrando que eu sou mais capaz do que posso imaginar. Sem vocês não teria chegado até aqui. Por vocês todo o meu amor.

Aos meus irmãos, Expedito Cavalcante do Nascimento Neto e Juan Pablo Alves Cavalcante, o primeiro por consolidar o papel de irmão mais velho sendo um exemplo de ser humano e acadêmico, o segundo por toda sua doçura, todo seu amor, carinho e gentileza, meu pequeno e agora grande menino.

À toda a minha família que são meus grandes exemplos de vida, por me mostrarem que os obstáculos da vida na verdade são as pontes dos sonhos. Obrigada por todo conforto e por cada abraço reconfortante. Amo todos vocês.

A todos os meus amigos que me ajudaram nesta batalha, aos de longa data que sempre me confortaram mesmo distante, aos que fiz nesta bela cidade que me recebeu de braços abertos e me presenteou com pessoas inesquecíveis, levarei todos vocês no coração.

À professora Dr^a. Cristina Crispim, que me deu a oportunidade de entrar na iniciação científica, agradeço imensamente a todo conhecimento adquirido, a todos os ensinamentos e a oportunidade de tê-la como exemplo, não só como professora, mas como uma profissional espetacular, e cima de tudo um dos meus maiores exemplos de humanidade e gentileza.

Aos meus colegas e amigos do Laboratório de ecologia aquática por todo conhecimento compartilhado, pelas risadas e por todo o ensinamento.

À professora e orientadora Camila Cunico, que além de me auxiliar na elaboração deste trabalho, me ensinou como toda dedicação, paciência e persistência sobre as ferramentas de geoprocessamento e suas diversas utilidades, sempre me guiando da melhor forma possível, agradeço de todo coração por todo conhecimento adquirido neste percurso e pela oportunidade de trabalhar com uma profissional tão competente.

Por fim agradeço a Deus meu maior protetor.

*Fauna e flora valem mais
Do valor que o ouro tem
A natureza é selvagem
Mas não ofende ninguém
Ela é a mãe dos seres vivos
Precisa viver também
Ouça os índios, limpem os rios
Façam a Deus esse favor
Floresta é palco de ave
Museu de sonho e de flor
Vamos cuidar com carinho
Do que Deus fez com amor
(Sebastião Dias)*

RESUMO

Os rios urbanos, quase sempre se caracterizam como áreas de degradação ambiental. Um dos grandes problemas enfrentados por esses corpos hídricos é a poluição hídrica e ocupação indevida. Áreas que apresentam risco ambiental, muitas vezes, são ocupadas de forma irregular desconsiderando as legislações urbanística e ambiental existentes e com isso são tidas como áreas impróprias para habitação. Diante disto tem-se que a vulnerabilidade socioambiental é a interação entre as características existentes em uma localidade que apresenta baixa qualidade de vida, alto índice de pobreza e alta privação com a existência de áreas que apresentam índices de risco ou degradação ambiental. Desta forma o presente trabalho tem como objetivo identificar os diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, área urbana da cidade de João Pessoa- PB, utilizando a análise da água como uma variável ambiental para complemento da análise da vulnerabilidade socioambiental. Esta identificação é feita por meio da elaboração de mapas temáticos. Para a composição do risco social utilizou-se como indicadores socioeconômicos algumas variáveis do IBGE, já o risco ambiental considera áreas localizadas a 50 metros da margem dos rios e áreas que apresentem clinografia superior a 30%. A sobreposição dos mapas de risco social e de risco ambiental permite a composição do mapa de vulnerabilidade socioambiental. A análise da qualidade da água foi feita considerando parâmetros biológicos, mais especificamente a comunidade zooplânctônica. Os resultados mostram que de acordo com as análises biológicas realizadas para a indicação da qualidade da água os pontos que apresentaram maiores índices de poluição foram o P4, P5 e P6, isto torna-se perceptível quando se analisa a baixa densidade da comunidade zooplânctônica, podendo representar que o rio perdeu sua capacidade depuradora e não consegue mais se restaurar, o risco ambiental neste pontos variou de “Alto” para “Muito Alto”, já o risco social foi de “Médio” para “Alto” e a vulnerabilidade se manteve “Alta”. Na bacia do Jaguaribe a vulnerabilidade socioambiental foi proveniente do adensamento populacional, das condições econômicas, da escolaridade e da falta de saneamento básico, bem como das condições naturais do terreno, representado pelo risco ambiental. O grau de vulnerabilidade pode ser mitigado com o auxílio de políticas públicas que venha a amparar a parcela da sociedade que está exposta aos altos índices de vulnerabilidade e risco socioambiental.

Palavras chave: Vulnerabilidade socioambiental, risco social, risco ambiental e qualidade da água.

ABSTRACT

The urban rivers are almost always characterized as environmental degradation areas, as those watercourses are surrounded by the urbanization, one of the biggest problems faced by those water bodies located in those areas actually is the hydric pollution and undue occupation. Areas who presents environmental hazard are constantly occupied in an irregular way, disregarding the urban and environmental existent legislations, due those issues, they're regarded as improper areas to habitation. In front of this, it is assumed that the is result of the existing characteristics on localities who presents low life quality, high poverty rate, and high deprivation with the existence of areas who denote risk indices or environmental degradation. So, the present work has as objective to identify the many levels of social and environmental vulnerability that occurs in the hydrographic basin of the Jaguaribe River, located in the urban zone of João Pessoa – PB, using water analysis as variable for the complement of the social and environmental analysis. This identification is made through the elaboration of thematic maps. For the composition of the social risk, IBGE variables has been used as socioeconomic indicators, in otherwise, the environmental risk considers areas 50 meters from the river bank and areas that present clinography superior than 30%. The overlapping of social risk and environmental risk maps allows the mapping of social and environmental vulnerability. The water quality analysis has been made considering biological. The characteristics present in the water of points P4, P5 and P6 show that the river has lost its regeneration capacity and can no longer recover, the environmental risk on those points has changed from “High” to “Very High”, not differently, the social risk has changed from "Medium" to "High", the vulnerability remained "High". In the Jaguaribe basin socioenvironmental vulnerability was due to population density, economic conditions, schooling and lack of basic sanitation, as well as the natural conditions of the land, represented by environmental risk. The rate of socio-environmental vulnerability can be mitigated with the aid of public policies that will support the portion of society that is exposed to high levels of vulnerability and socio-environmental risk.

Keywords: Socio-environmental vulnerability, social risk, environmental risk, water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, João Pessoa – PB.....	15
Figura 2: Localização dos pontos analisados na bacia do rio Jaguaribe – PB.....	28
Figura 3: Ponto 1 de coleta, em Oitizeiro	Figura 4: Ponto 2 de coleta no Bairro Varjão
.....	29
Figura 5: Ponto 3 de coleta, em S. Rafael	Figura 6: Ponto 4 de coleta em Tito Silva
Figura 7: Ponto 5 de coleta no Bairro S. José	Figura 8: Ponto 6 de coleta no Bairro S. José
.....	30
Figura 9 : Mapa de moradores em domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.	40
Figura 10: Mapa referente ao valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe	42
Figura 11: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.	44
Figura 12: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar, na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.	46
Figura 13: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar, na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.	48
Figura 14: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB.	50
Figura 15: Mapa referente a quantidade de pessoas analfabetas na bacia do rio Jaguaribe – PB.	52
Figura 16: Risco social na bacia do rio Jaguaribe – PB	54
Figura 17: Áreas de risco ambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB	56
Figura 18: Percentual de risco ambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB.....	58
Figura 19: Vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.	60
Figura 20: Densidade total da comunidade zooplancônica no Rio Jaguaribe - PB.....	61
Figura 21: Densidade de copépodos na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando os subgrupos e os meses estudados	62

Figura 22: Densidade de copépodos na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.	62
Figura 23: Densidade de Cladocera na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.	63
Figura 24: Densidade de Cladocera na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.	63
Figura 25: Densidade de Rotaria sp. na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.	64
Figura 26: Densidade de Rotifera na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.	64
Figura 27: Densidades de Rotifera presentes no Rio Jaguaribe, referente à coleta do mês de dezembro de 2017, de acordo com os pontos analisados	65
Figura 28: Densidade de espécies de Rotifera presentes no Rio Jaguaribe referente à coleta feito de fevereiro de 2018, de acordo com os pontos analisados.....	66
Figura 29: Índice de diversidade para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro....	67
Figura 30: Índice de dominância para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro....	67
Figura 31: Índice de Chao-1 para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.....	67
Figura 32: Índice de equitabilidade para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.	67
Figura 33: Índice de dominância para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro....	68
Figura 34: Índice de diversidade para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro....	68
Figura 35: Índice de equitabilidade para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.	69
Figura 36: Índice de Chao-1 para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.....	69
Figura 37: Representação do grau de vulnerabilidade socioambiental com os pontos em que se realizou a análise da qualidade da água.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis socioeconômicas utilizadas para determinação das áreas de risco social.	25
Tabela 2: Representação da quantidade de moradores em domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB, considerando as respectivas áreas.	38
Tabela 3: Representação do valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, considerando as respectivas áreas.....	40
Tabela 4: Representação da quantidade de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB, considerando as respectivas áreas.	43
Tabela 5: Representação da quantidade de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB , considerando as respectivas áreas.	45
Tabela 6: Representação da quantidade de domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar, na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, considerando suas repetitivas áreas.	47
Tabela 7: Representação da quantidade de domicílios particulares permanentes sem lixo coletado na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB, considerando suas respectivas áreas....	49
Tabela 8: Representação da quantidade responsáveis analfabetas na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB, considerando suas respectivas áreas.....	50
Tabela 9: Representação do risco social e suas respectivas áreas.	53
Tabela 10: Classe do risco ambiental considerando suas respectivas classes.	57
Tabela 11: Graus de vulnerabilidade socioambiental e suas respectivas áreas.	58
Tabela 12:Distribuição das chuvas na cidade João Pessoa durante os meses estudados.	60
Tabela 13: Relação entre os parâmetros da qualidade da água com o diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental.	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivos.....	16
1.1.1 Objetivo geral.....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
2. REVISÃO TEÓRICA.....	17
2.1 Rios urbanos e suas relações com a ocupação irregular nas cidades.....	17
2.2 Risco e vulnerabilidade socioambiental nas áreas urbanas.....	19
2.3 A qualidade da água como um indicador de risco e vulnerabilidade socioambiental.....	21
3. METODOLOGIA.....	23
3.1 Procedimentos operacionais para o mapeamento da vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.....	23
3.1.1 Risco social.....	24
3.1.2 Risco ambiental.....	26
3.1.3 Vulnerabilidade socioambiental.....	27
3.2 Análise da qualidade da água.....	27
3.2.1 Amostragem.....	28
3.2.2 Indicadores biológicos.....	30
3.2.2.1 Análises estatísticas e de diversidade biológica.....	31
4. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAGUARIBE – PB.....	34
4.1 Levantamento histórico.....	34
4.2 Caracterização do ambiente natural.....	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
5.1 Risco social da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.....	38
5.2 Risco ambiental da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.....	55
5.3 Vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.....	58
5.4 Análise da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.....	60
5.4.1 Variável biológica: comunidade zooplancônica.....	61
5.4.1.1 Índices de diversidade, dominância, equitabilidade e riqueza.....	66
5.5 Relação da vulnerabilidade socioambiental com a qualidade da água.....	70
6 CONCLUSÃO.....	74

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 INTRODUÇÃO

Os rios urbanos, quase sempre se caracterizam como áreas de degradação ambiental, pois esses cursos hídricos são rodeados pela urbanização, estando sujeitos a diversos tipos de impactos ambientais, tais como a alteração do curso natural do rio, o desmatamento da mata ciliar, o assoreamento do rio, os despejos de efluentes e resíduos, a poluição da água, a mudança no ecossistema local, a perda de espécies de fauna e flora, e entre outras características que venham a alterar a dinâmica natural do corpo hídrico.

Os rios urbanos sofrem as consequências da inter-relação com as cidades, pois tem a capacidade de modificarem o ambiente, da mesma forma que são modificados pelos processos de urbanização (ALMEIDA, 2010).

De acordo com Almeida e Carvalho (2010), os rios urbanos nas cidades brasileiras são vistos como depósitos de resíduos, fundos de lote e locais de despejos de efluentes, esse processo de negação leva a desvalorização dos recursos naturais e a degradação do meio ambiente.

De modo geral as consequências sofridas pela intervenção humana nos rios urbanos são diversas e trazem sérias implicações não somente para o corpo hídrico, mas também para a população dos entornos, pois são grandes as possibilidades de inundações, enchentes e alagamentos, podendo levar a perda de bens, disseminação de doenças e até mesmo mortes.

Um dos grandes problemas enfrentados pelos corpos hídricos localizados em áreas urbanizadas é a poluição hídrica. Em muitas cidades brasileiras os efluentes domésticos e industriais são despejados de forma irregular nos rios, bem como resíduos sólidos de todos os tipos. Essa situação apresenta problemas para os ecossistemas locais, alterando as características naturais dos corpos hídricos, mudando a dinâmica natural desses ecossistemas e desta forma levando ao processo de eutrofização e contaminação da água, essas características transformam demasiadamente a qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo.

Com isso, salienta-se a necessidade da análise da qualidade da água dos rios urbanos, pois as comunidades presentes nos entornos de tais rios podem sofrer as consequências direta ou indireta da poluição hídrica. Desta forma a poluição dos corpos hídricos é uma das características do risco destas localidades.

As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas apresentam algumas características específicas relacionadas a adaptação do corpo hídrico com o processo de urbanização. Existem várias legislações que norteiam esses processos, tais como: a Política

Nacional de Meio Ambiente estabelecida pela Lei Federal de nº 6938/81 de janeiro de 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos referente a Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, o Código Florestal, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012, entre outras. Estes instrumentos visam proteger os recursos naturais de forma a manter e assegurar a integridade dos ecossistemas e o bem estar da população, apesar de todo este aparato legal estas áreas ainda são muito expostas a degradação, isso devido principalmente a falta de fiscalização pelos órgãos de controle ambiental.

De acordo com Alves (2013), áreas que apresentam risco ambiental são, muitas vezes, ocupadas de forma irregular desconsiderando a legislação urbanística e ambiental existente. Este fato torna tais áreas impróprias para habitação. O autor também evidencia que em alguns casos as áreas são tidas como impróprias tanto por apresentarem risco ambiental quanto por serem áreas de preservação permanente

Apesar disto, populações que estão sujeitas as condições econômicas menos favoráveis, quase sempre ocupam essas áreas de risco ambiental ficando sujeitas a condições precárias de moradia bem como outros problemas ambientais, sanitários e de saúde (TORRES, 2000).

A fragilidade sofrida por essa parcela da sociedade, que não consegue sustentar os padrões necessários para manter as condições básicas de subsistência e acabam por viverem em situação precária, caracteriza um dos pontos centrais referentes a vulnerabilidade social.

Diante do exposto, percebe-se a importância da delimitação do estudo e da análise das áreas que apresentam risco e vulnerabilidade socioambiental.

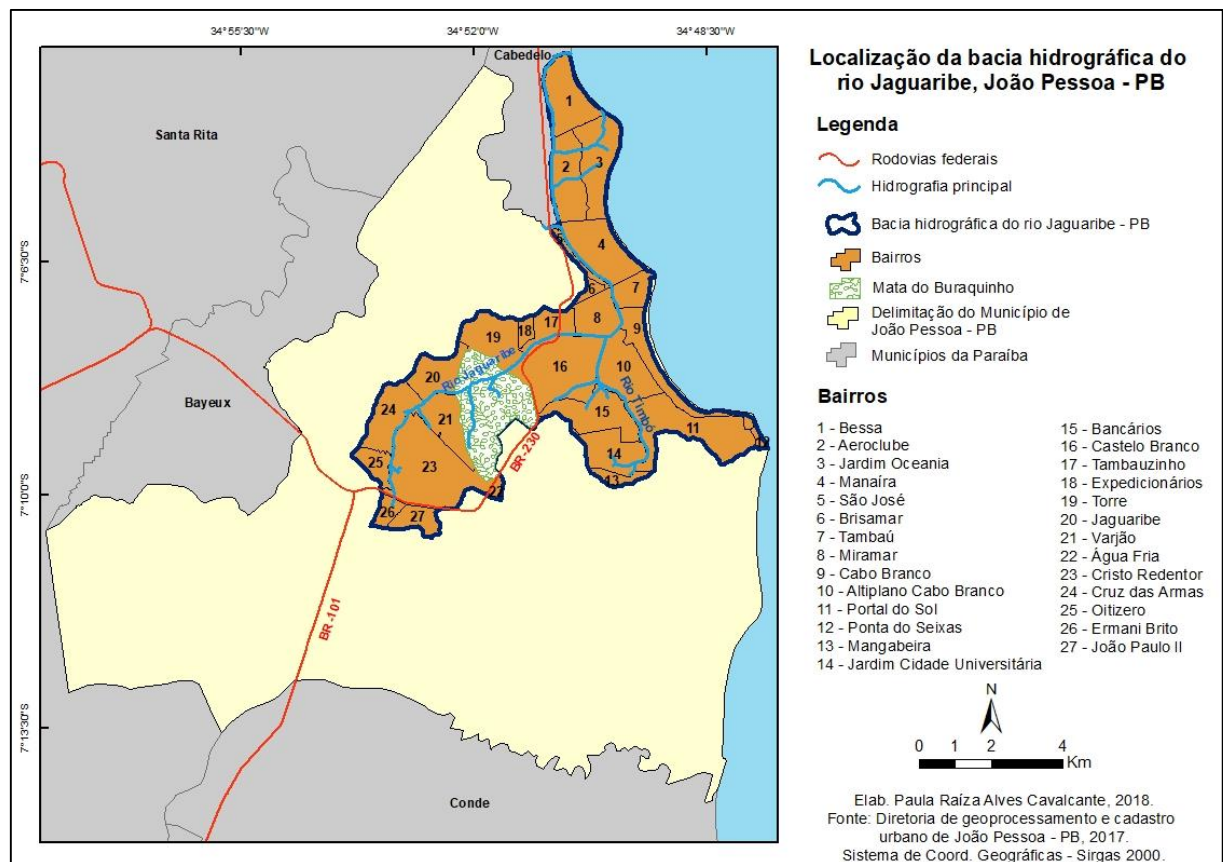
Com isso destaca-se a cidade de João Pessoa – PB que possui uma bacia hidrográfica urbana conhecida como a bacia do rio Jaguaribe que é responsável pela drenagem de uma área de aproximadamente 4.824,52 ha. Está bacia tem como rio principal o Jaguaribe, que possui aproximadamente 21 km de extensão e como afluente principal o rio Timbó que percorre cerca de 5,5 km até encontrar o rio Jaguaribe (DIEB e MARTINS, 2017).

A ocupação da bacia hidrográfica se dá quase que completamente por áreas urbanizadas, nela estão inseridos inteiramente ou parcialmente 27 bairros da cidade, como é possível observar na Figura 1.

Contudo, diante do ambiente urbanizado que está inserido a bacia hidrográfica do rio Jaguaribe encontra-se um remanescente de mata atlântica representado pela mata do Buraquinho, que possui cerca de 515 ha, este remanescente abriga o Jardim Botânico Benjamim Maranhão (SUDEMA, 2018).

Apesar desta exceção, a bacia do Jaguaribe apresenta um elevado índice de urbanização e ocupações irregulares. Tendo em vista que trata-se de uma bacia hidrográfica urbana, que pode conter índices consideráveis de poluição, o presente trabalho irá identificar os graus de vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, e também apresentará resultados referentes a análise da qualidade da água por meio da utilização da comunidade zooplanctônica como bioindicador das condições ambientais.

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, João Pessoa – PB



1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar os diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, área urbana da cidade de João Pessoa- PB.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar o risco social e ambiental da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB;
- Utilizar a análise da comunidade zooplancônica como indicadora da qualidade da água da água para complemento da análise da vulnerabilidade socioambiental;
- Fornecer informações técnicas para a prevenção de futuros impactos e medidas mitigadoras para os impactos já existentes.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 Rios urbanos e sua relação com a ocupação irregular nas cidades

Os rios são estruturas naturais que estão em constante mudança, são considerados estruturas vivas e dinâmicas (ALMEIDA, 2010). Para cada seção de um rio, irá existir uma respectiva bacia hidrográfica. Considerando essa seção, a bacia é composta por todo território, que por gravidade, irá contribuir para que a água siga para um único ponto (exutório), por meio deste processo define-se as delimitações da bacia hidrográfica (TUCCI, 2006).

Este comportamento hidrológico é função das características físico-naturais como a forma, o relevo, a área, a geologia, a rede de drenagem, o solo, e também tipo de cobertura vegetal (LIMA, 1976). Diante disto, Santos (2001) acrescenta que a definição de bacia hidrográfica está associada a uma compartimentação geográfica delimitada por divisores de água.

A bacia hidrográfica possui características sistêmicas, nela ocorrem os balanços de entrada, por meio das precipitações, e saída por meio do exutório. Com isso, este sistema é definido como sendo uma área de captação natural da água de precipitação que converge o escoamento para um único ponto de saída (PORTO; PORTO, 2008).

Destaca-se ainda que de acordo com os autores Pires, Santos, e Del Prette (2002, p. 17) a definição de bacia hidrográfica está relacionada ao "conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes".

As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanizadas formam um sistema integrado, é neste ambiente que a água interage com o meio físico, meio biótico, o meio social, econômico e cultural (YASSUDA, 1993).

Muitos rios que estão localizados em áreas urbanas refletem vigorosamente a pressão do sistema de urbanização. Porath (2003) define rio urbano como sendo aquele que sofreu modificações por meio do processo de urbanização e que muitas vezes não teve seu potencial ambiental e paisagístico aproveitado.

Os rios urbanos em sua maioria são ocultos na paisagem urbana, apesar de cruzarem o tecido urbano nas mais variadas modulações paisagísticas, como as florestas urbanas, áreas públicas, áreas de uso industrial, comercial, institucional, residencial, entre outros, são áreas negligenciadas pela população e até mesmo pelo poder público (COSTA et al, 2002)

Assad (2013) destaca que no Brasil as cidades e os rios mantêm uma relação de ambiguidade, pois muitas das cidades brasileiras crescem e se desenvolvem ao redor dos rios estes, por sua vez, tornam-se importantes elos para o desenvolvimento urbano e agrícola das cidades durante esse processo de desenvolvimento que leva a urbanização. Porém, comumente esses processos desconsideram a preservação desses recursos hídricos, as cidades usufruem dos recursos naturais até onde convém, degradando o meio ambiente sem a preocupação com preservação destes recursos, com isso os rios sofrem com a poluição, o assoreamento, o desvio de seus cursos e com a destruição das matas ciliares.

As bacias hidrográficas localizadas em áreas urbanas sofrem serias consequências com o processo de desmatamento e impermeabilização do solo. Quando a capilaridade de uma bacia é reduzida reflete no processo de absorção da água pelo solo, a proporção de infiltração torna-se menor que a da evaporação, por consequência o ciclo hidrológico torna-se mais curto, como a infiltração diminui ocorre maior incidência do escoamento superficial o que contribui para aumento de inundações (GORSKI, 2008).

Spirn (1995), enfatiza que os grandes rios urbanos estão sumindo dos mapas modernos, pois em muitos casos tornaram-se tubulações, córregos de concreto ou foram soterrados. Diante disto Macedo (1986) ressalta que:

Urbanizar significa drenar mangues, retificar rios, ganhar terras adequadas à construção de novos prédios e ruas, aterrar, cortar, cobrir, desmatar, e muitas destas intervenções visam realmente melhorar as condições de vida de populações carentes que se instalam nas áreas alagadiças, sobre os mangues, nas várzeas e nas encostas. Os reflexos diretos são inundações nas áreas distantes, (onde antes não ocorriam), na diminuição de vida animal nas águas vizinhas a mangues extintos, no assoreamento de rios devido ao desmatamento e terraplanagem e no aumento das temperaturas das áreas urbanas muito construídas (p. 108).

Jacobi (2004), afirma que o modelo de apropriação do espaço nas metrópoles brasileiras vem causando graves problemas ambientais, bem como refletindo as desigualdades socioeconômicas vigentes. Esse modelo reflete a ineficiência das políticas públicas e falta de uma boa administração, que não buscam uma alocação adequada e correta para todos os cidadãos, principalmente aquelas que residem em locais inapropriados por questões econômicas e sociais.

Desta forma percebe-se à inércia da administração pública na detecção, correção e proposição de medidas visando ao ordenamento do território e à garantia da melhora da qualidade de vida da população.

2.2 Risco e vulnerabilidade socioambiental nas áreas urbanas

Almeida (2010), afirma que no Brasil, a urbanização descontrolada unida a condições de pobreza e os eventos naturais são os principais aspectos que induzem os riscos nas cidades brasileiras.

Veyret (2007) declara que o risco só existirá quando houver relação com indivíduos ou grupo social, ou seja, só há risco quando houver uma população vulnerável a esta ação.

Desta forma o risco pode ocorrer no plano individual ou coletivo, bem como pode se apresentar de forma permanente ou momentânea, por consequência tem-se a existência de dois agentes: o ameaçador e o receptor da ameaça (UMBELINO, 2006).

Daí entende-se a importância do conhecimento dos tipos de riscos e das respostas que estes trarão ao meio. Isto posto, adotou-se como definição de risco como sendo a probabilidade da ocorrência de perigo a população exposta a determinada situação (VEYRET, 2007). Considerando que perigo caracteriza um conjunto de circunstâncias que possuem potencial de causar ou contribuir para uma lesão ou morte (SANDERS; MCCORMICK, 1993).

Dentre as várias formas de riscos existentes, deve-se enfatizar quatro delas, que são: os riscos naturais, os riscos tecnológicos, os riscos sociais e os riscos ambientais. (DAGNIMO; CARPI, 2007).

De acordo com Egler (1996) o risco natural está associado a dinâmica dos sistemas naturais, tais como: inundações, desabamentos e aceleração de processos erosivos. Já o risco tecnológico é proveniente de ações antrópicas e está relacionado as decisões de investimento na estrutura produtiva, como: explosões, vazamentos, derramamentos de produtos tóxicos ou contaminação a longo prazo dos sistemas naturais por lançamento e deposição de resíduos do processo produtivo.

Egler (1996) define o risco social como sendo o resultado das carências sociais ao desenvolvimento humano que pode levar a degradação das condições de vida da população. Essa situação pode ser representada pelas condições de habitabilidade mais diretamente pelo acesso aos serviços básicos, tais como: água tratada, esgotamento de resíduos e coleta de lixo.

Posto isto declara-se que risco social é consequência das atividades humana, são as fragilidades existentes por conta das desigualdades sociais e econômicas.

Por fim, Veyret e Meschinet de Richemond (2007), afirmam que os riscos ambientais são resultados da associação entre os riscos naturais e os riscos decorrentes de processos naturais que são agravados pela atividade humana e/ou pela ocupação do território.

Áreas de risco ambiental (próximas de lixões, sujeitas a inundações e desmoronamentos), quase sempre, são as únicas acessíveis às populações de mais baixa renda, que acabam construindo nesses locais domicílios em condições precárias, sem nenhum tipo de condição adequada de moradia (ALVES, 2006).

Diante dessas realidades tem-se que a vulnerabilidade socioambiental que é a interação entre as características existentes em uma localidade que apresenta baixa qualidade de vida, alto índice de pobreza e alta privação, caracterizando vulnerabilidade social, com a existência de áreas que apresentam índices de risco ou degradação ambiental, o que representa a vulnerabilidade ambiental (ALVES, 2006)

Com isso, Cartier et al. (2009), define a vulnerabilidade socioambiental como sendo a sobreposição espacial de grupos sociais menos favorecidos que vivem nos arredores de áreas de risco ambiental.

A vulnerabilidade social é caracterizada pela insegurança e a exposição ao risco social (CEPAL, 2002; KAZTMAN et al., 1999).

Alves (2006) destaca que as áreas que apresentam alta vulnerabilidade ambiental apresentam condições socioeconômicas significativamente piores, com isso criam-se assim situações em que justamente os grupos sociais com maiores níveis de pobreza e privação social (e portanto com maior índice de risco social) vão residir nas áreas com maior exposição ao risco e à degradação ambiental, configurando-se situações de alta vulnerabilidade socioambiental.

Os riscos e as vulnerabilidades socioambientais nas cidades são decorrentes do complexo processo de transformação do cenário urbano, e com isso acabam se tornando um desafio para o desenvolvimento já que indicam as fraquezas do processo de urbanização por meio da apresentação das falhas, como por exemplo a precariedade de serviços básicos (água potável, tratamento de esgoto, coleta de lixo), sendo que essas falhas refletem diretamente na sociedade, e são mais perceptível na população menos favorecida economicamente e socialmente (JACOBI, 2004).

A espacialização das áreas de vulnerabilidade socioambiental demonstra na integrar os locais que apresentam maiores fragilidades sociais e ambientais, esse processo facilita a busca

por medidas mitigadoras e preventivas, e desta forma pode ser utilizado como uma ferramenta de auxílio para a detecção de áreas impróprias para a habitação.

2.3 A qualidade da água como um indicador de risco e vulnerabilidade socioambiental

Os problemas estruturais decorrentes das ocupações irregulares em locais de risco e vulnerabilidade ambiental normalmente levam a falta de um sistema de saneamento nessas localidades, que por consequência acabando utilizam os rios para descarga de seus resíduos, gerando problemas de saúde e de baixa qualidade de vida para a população residente e também a perda do valor das águas (JACOBI, 2006).

A degradação dos recursos hídricos é proveniente da insuficiência de políticas de saneamento ambiental urbano e uso e cobertura do solo. Essa realidade demonstra o descaso dos governantes com a qualidade de vida da população (MENDONÇA; LEITÃO, 2008). Estes mesmos autores também destacam que:

Nas regiões metropolitanas do país, as reservas de recursos hídricos tendem a se esgotar ou se contaminar tornando sua utilização imprópria, com o desperdício e o gerenciamento inadequados da água, bem como a insuficiência de políticas adequadas de ocupação do solo com fins de recuperação, preservação e conservação dos recursos hídricos (p.161).

De acordo com Tucci (2006) grande carga de esgoto não tratado é jogado sem nenhum tipo de tratamento nos rios, sem que as cidades sejam responsabilizadas pelo dano ambiental que é causado. O autor também destaca que um grande problema da urbanização é a produção de lixo. Quando o lixo é depositado de forma incorreta ele obstrui os sistemas de drenagem, polui os rios e o solo e acaba criando péssimas condições ambientais.

Tundisi (2014) afirma que existem quatros problemas fundamentais referente aos impactos sofridos pelas bacias hidrográficas do Brasil, são eles: o aumento da toxicidade das águas e da biota aquática, o aumento dos custos referentes ao tratamento de água, os impactos na saúde humana, que geram mais gastos com tratamentos e internações e o aumento da vulnerabilidade das populações humanas.

A poluição hídrica causa sérios problemas aos ecossistemas, como a alteração das características naturais dos corpos hídricos, que muda a dinâmica natural do ambiente e leva ao processo de eutrofização. Este processo apresenta como consequência o crescimento acelerado de organismos fotossintéticos, que acarreta na eliminação das espécies mais sensíveis às novas

condições ambientais e o aumento da demanda bioquímica de oxigênio. Em suma a eutrofização deixa o ambiente com níveis insuficientes de oxigênio para o eficiente desenvolvimento da vida aquática, essas características alteram demasiadamente a qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo (LACERDA; MALM, 2008)

Desta forma, torna-se importante salientar a necessidade da análise da qualidade da água dos rios urbanos, pois as comunidades presentes no entorno destas localidades podem sofrer as consequências diretas e indiretas desta poluição hídrica.

A análise da qualidade da água, bem como o monitoramento dos corpos hídricos pode ser realizado por meio da utilização de métodos físicos, químicos e biológicos. As análises físico-químicas representam importantes parâmetros, sendo eles: temperatura, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio, fósforo e entre outros. Porém, quando esses resultados são analisados sozinhos percebe-se que sua representatividade não é significativa, pois esses fatores não demonstram as variações do meio de forma detalhada e difusa, sendo que muitos desses parâmetros sofrem alterações diárias, com isso, em alguns casos não é possível demonstrar as variações que ocorrem no meio a longo prazo (LI, 2010). Por meio disto, percebe-se a necessidade da análise dos parâmetros biológicos.

Alba-Tercedor (1996) afirmou que as comunidades biológicas possuem organismos que apresentam respostas significativas às alterações do meio, em alguns casos, esses organismos apresentam uma considerável capacidade de adaptação, já em outros casos podem apresentar um rígido limite de tolerância. Essas respostas irão depender das condições ambientais locais, bem como das substâncias a que os organismos foram expostos, e também das singularidades de cada espécie.

Dentre os indicadores biológicos destaca-se a comunidade zooplânctônica, esses organismos possuem grande sensibilidade ambiental e tem a capacidade de responder de forma direta a diversos tipos de impactos, seja pela alteração na quantidade de indivíduos, ou na composição e diversidade da comunidade zooplânctônica (COELHO; BOTELHO, 2002).

Vários autores foram utilizados para a identificação os organismos zooplânctônicos sendo eles: Edmondson (1959), Koste, (1972 e 1978) e Ruttner-Kolisko (1954) (Rotífera), El Moor-Loureiro (1997) (Cladóceros) e Reid (1985), Rocha e Matsumura-Tundisi (1976), Silva (2003) e Silva e Matsumura-Tundisi (2005) (Cópodo).

3 METODOLOGIA

3.1 Procedimentos operacionais para o mapeamento da vulnerabilidade socioambiental

A elaboração de mapas referentes a vulnerabilidade socioambiental é feita por meio da utilização de ferramentas de geoprocessamento, dentre essas ferramentas têm-se o sistema de informações geográficas (SIG) que permitem a interligação dos bancos de dados digitais, neste caso de dados socioeconômicos e ambientais.

Dentre os métodos de geoprocessamento, a tecnologia SIG é amplamente utilizada quando se trata de estudos ambientais, é caracterizada como uma ferramenta que permite uma avaliação integrada de um grande número de variáveis e uma rápida geração de informações, assim como permite a inclusão ou retirada de variáveis a qualquer momento (DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2005)

Santos (2016), destaca a importância da análise de processo ambientais por meio de um SIG, pois este sistema permite a compreensão da natureza de uma forma dinâmica, considerando que as informações obtidas podem ser modificadas ou atualizadas dependendo da evolução da pesquisa. Este mesmo autor destaca que o SIG é uma ferramenta significativa para a caracterização da dinâmica natural de uma bacia hidrográfica e das diversas formas de interferência antrópicas que nela existem, visto que este sistema possui a capacidade de gerar e armazenar dados alfanuméricos e vetoriais.

Diferentes *softwares* de geoprocessamento foram utilizados para o processamento dos dados e elaboração dos mapas necessários para a identificação das áreas que apresentam vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe.

A obtenção dos dados socioeconômicos foi feita com base no último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2010. Os dados ambientais foram obtidos por meio no GeoPortal da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), no acervo deste portal pode-se encontrar mapas e dados espaciais, referentes a base cartográfica do estado da Paraíba, Plano Estadual de Recursos Hídricos e imagens de satélites. Também foram utilizados para as variáveis ambientais a base de dados STRM do TOPODATA do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que contém um banco de dados geomorfométricos do Brasil.

É importante destacar que os procedimentos metodológicos utilizados para a representação do risco social, do risco ambiental e da vulnerabilidade socioambiental foram estabelecidos com os pressupostos de com Alves (2006 e 2007) e Alves e Torres (2006).

Vale salientar que para melhor distribuição dos valores e representação das classes necessária para interpretação dos mapas temáticos a elaboração dos mesmos considerou o método estático conhecido como quantis. Por meio deste método pode-se dividir a amostra em partes iguais e assim classifica-la por classe. De acordo com Ramos et al. (2016), o método do quantil induz que cada classe possua o mesmo número de elementos. Após definidos a quantidade de classes, deve-se determinar os limites das classes. A primeira classe é iniciada com o valor mínimo estabelecido, a segunda terá limite superior a este, porém inferior ao próximo elemento ordenado na amostra, e assim sucessivamente, sendo que o último índice deve representar a quantidade máxima de elementos existente estes intervalos de classes.

Medeiros (2007) explica este método por meio o crescimento percentual dos elementos em cada classe, por exemplo, um quantil dividido em 5 classe, sendo este estabelecido para o presente estudo, cada classe é representada por 20% da amostra, neste caso a primeira classe é caracterizada por apresentar 20% da amostra, a segunda 40%, a terceira 60% a quarta 80% e por fim a quinta que representa 100% da amostra. Considerando essas divisões as análises foram feitas de forma qualitativa sendo que para cada intervalo foi estabelecido um grau de risco, variando de “Muito Baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito Alto”.

3.1.1 Risco social

Para o mapeamento das áreas de risco social foi necessário a definição dos indicadores socioeconômicos, os quais foram estabelecidos com base no censo do IBGE de 2010.

O IBGE fornece a base de dados considerando as divisões dos estados e municípios, porém não especifica os dados considerando as bacias hidrográficas, desta forma foi necessário realizar a sobreposição do *shape* referente a base de dados do IBGE com o *shape* que delimita a da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, que foi fornecido pela diretoria de geoprocessamento e cadastro urbano de João Pessoa Paraíba. Por meio dessa sobreposição pode-se realizar o recorte da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, considerando os setores censitários do IBGE.

A bacia do Jaguaribe possui 421 setores censitários. De acordo com o IBGE (2011), o setor censitário é definido como a menor unidade territorial, formada por área contínua, independentemente de ser área urbana ou rural e que possuam dimensões adequadas para a realização das pesquisas. O conjunto desses setores englobam todo o território nacional, desta forma pode-se afirmar que este levantamento estatístico recobre o país, permitindo uma análise completa da população (IBGE, 2011).

Para este estudo foram utilizadas variáveis específicas, que representassem de forma significativa as condições socioeconômicas da população que reside na bacia do rio Jaguaribe, como é demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Variáveis socioeconômicas utilizadas para determinação das áreas de risco social.

Código da variável	Descrição
Dados básicos	
V002	Moradores em domicílios particulares permanentes ou residentes em domicílios particulares permanentes
V005	Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes
Dados de Domicílio	
V013	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade
V019	Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar
V021	Domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar
Sem_V035	Domicílios particulares permanentes sem lixo coletado
Responsável pelo domicílio	
V001	Pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes
Sem_V093	Pessoas Responsáveis analfabetas

Fonte: IBGE, 2011.

A variável que representam domicílios particulares permanentes sem lixo coletado (Sem_V035), foi gerada a partir de uma operação algébrica, neste caso foi relacionado os dados dos domicílios particulares permanentes com os dados existentes na variável que considera os domicílios particulares permanentes com coleta de lixo. Uma operação parecida foi realizada para a variável que representa pessoas responsáveis analfabetas (Sem_V093), neste caso foi

relacionada os dados de pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes como os dados existentes na variável que considera as pessoas responsáveis alfabetizadas (V093).

Essas variáveis foram escolhidas considerando as singularidades da área de estudo, tendo em vista que se trata da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, que está completamente inserida na malha urbana da cidade e, logo sofre consequência do despejo de efluentes e de outras medidas que levem a poluição hídrica, com isso torna-se necessário a adoção de algumas variáveis referentes a saneamento básico e até mesmo a falta deste sistema, como pode-se observar nas variáveis V013, V019, V021 e Sem_V035

De acordo com as variáveis supracitadas foram elaborados mapas temáticos considerando cada um destes indicadores. A sobreposição destas variáveis foi realizada tendo em vista a média aritmética das mesma e desta forma pode-se elaborar o mapa de risco social, de acordo com a metodologia adotada. Considerando o método quantil dividido em 5 classes foram atribuídos valores de um a cinco para a representação do risco social, sendo que para cada valor foi estabelecido um grau de risco. A variação se deu entre risco “Muito baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito alto”.

3.1.2 Risco ambiental

De acordo com Alves (2006, 2007), as áreas de risco ambiental são classificadas de acordo com dois fatores, sendo eles:

- Áreas localizadas próximos a cursos de água, ou seja, 50 metros da margem dos rios, córregos ou represas, estas áreas são definidas com alto risco ambiental, pois estão sujeitas a ocorrências de enchentes e/ou doenças relacionadas a contaminação e poluição do corpo hídrico.
- Áreas que apresentem clinografia superior a 30% e inferior a 3%, pois são áreas que possuem predisposição a ocorrência de enchentes e de deslizamentos.

Considerando a rede hidrográfica do local, o mapeamento das áreas de risco ambiental foi realizado por meio da geração de *buffers* de 50 metros em cada uma das margens do corpo hídrico, e com isso pode-se mapear o sistema de drenagem da bacia hidrográfica, relacionando esta variável com a declividade da bacia, pode-se observar as áreas que estão mais sujeitas a risco ambiental na bacia do rio Jaguaribe.

Assim como os riscos sociais, os riscos ambientais também foram classificados por meio do método dos quantis, as ordens das classes variaram entre: “Muito baixo”, “Baixo”,

“Médio”, “Alto” e “Muito alto”. A sobreposição das variáveis ambientais estabelecidas, com os setores censitários permitiram a elaboração do mapa de risco ambiental.

3.1.3 Vulnerabilidade socioambiental

A sobreposição dos mapas de risco social e de risco ambiental permite a composição do mapa de vulnerabilidade socioambiental, o mesmo foi obtido por meio da representação das características sociais e ambientais locais, através desta associação pode-se perceber quais localidades pertencentes a bacia do rio Jaguaribe estão mais sujeitas a sofrerem consequências a eventos adversos.

A integração das variáveis estabelecidas no mapa de risco social e risco ambiental foi realizada por meio da álgebra de mapas, a associação destes dois mapas forneceu como produto o mapa temático para a demonstração da vulnerabilidade socioambiental no local de estudo. Desta forma a vulnerabilidade socioambiental foi definida tendo em vista a representação por cinco classes sendo elas: “Muito baixa”, “Baixa”, “Média”, “Alta” e “Muito alta”.

Para melhor interpretação dos dados a bacia do Jaguaribe foi dividida em três setores considerando as similaridades das suas características, o primeiro setor refere-se a parte litorânea da bacia, o segundo setor é referente as localidades que antecedem a mata do Buraquinho, já o terceiro setor é relativo as áreas que estão localizadas logo depois da mata do Buraquinho, próximo a nascente do rio Jaguaribe.

Esta análise permite caracterizar as condições demográficas, sociais e econômicas da população que está inserida nestas localidades, relacionando as características dos setores censitários com as áreas de risco ambiental, sendo assim foi possível perceber as condições da população nos locais em que ocorrem a sobreposição das áreas de risco ambiental e social (CUNICO, 2013).

3.2 Análise da qualidade da água

A análise da qualidade da água na bacia pode ser utilizada como complemento para a interpretação da vulnerabilidade socioambiental, pois a qualidade da água torna-se uma variável considerável para a indicação do risco social e ambiental presente nestas localidades. Sendo que a parcela da população que reside próximo a esses corpos hídricos tem maior probabilidade de manterem contato com esta água, podendo haver a disseminação de doenças caso a água esteja contaminada. Assim, como Alves e Torres (2006) afirmam que em residências

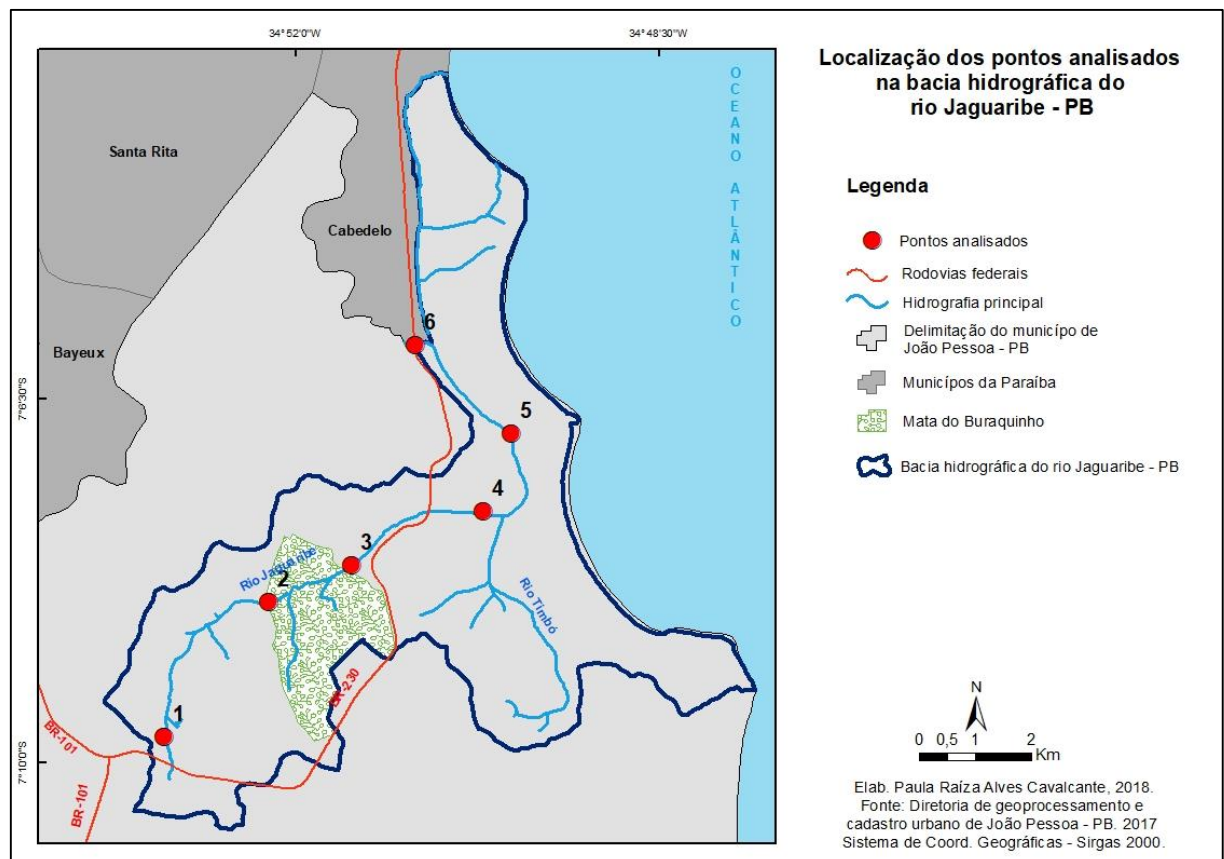
localizadas próximos a cursos hídricos, além da exposição a enchentes, há um contato direto com a água contaminada e exposição a vetores de doenças de veiculação hídrica.

Para tanto foram realizadas duas coletas de água no rio Jaguaribe, a primeira no mês de dezembro de 2017 e a segunda no mês de fevereiro de 2018, com intuito da análise da qualidade da água no rio. Assim sendo pode-se relacionar a qualidade da água em cada um dos pontos analisados com o grau de vulnerabilidade socioambiental que foi calculado.

3.2.1 Amostragem

A análise da variável biológica da qualidade da água foi realizada em 6 pontos no curso do rio Jaguaribe (Fig. 2). Considerando a validação estatística para cada ponto foram coletados 3 réplicas, para a obtenção de uma estimativa mais precisa.

Figura 2: Localização dos pontos analisados na bacia do rio Jaguaribe – PB.



A representação geográfica dos pontos podem ser observada a seguir.

- Ponto 1: Localizado no bairro Oitizeiro, próximo a nascente do rio Jaguaribe, nas coordenadas 7° 09' 45" S de latitude e 34° 53' 16" W de longitude (Fig. 3);
- Ponto 2: Localizado no bairro Varjão, nas coordenadas 7° 08' 27" S de latitude e 34° 52' 37" W de longitude (Fig. 4);
- Ponto 3: Localizado na comunidade São Rafael, nas coordenadas 7° 08' 06" S de latitude e 34° 51' 28" W de longitude (Fig.5);
- Ponto 4: Localizado na comunidade Tito e Silva, nas coordenadas 7° 07' 35" S de latitude e 34° 50' 12" W de longitude (Fig. 6);
- Ponto 5: Localizado no início do Bairro São José, nas coordenadas 7° 06' 50" S de latitude e 34° 49' 56" W de longitude (Fig. 7);
- Ponto 6: Localizado no final do Bairro São José, nas coordenadas 7° 05' 59" S de latitude e 34° 50' 51" W de longitude (Fig.8).

Figura 3: Ponto 1 de coleta, em Oitizeiro



Fonte: Acervo próprio (2018)

Figura 4: Ponto 2 de coleta no Bairro Varjão



Fonte: Acervo próprio (2018)

Figura 5: Ponto 3 de coleta, em S. Rafael



Fonte: Acervo próprio (2018)

Figura 6: Ponto 4 de coleta em Tito Silva



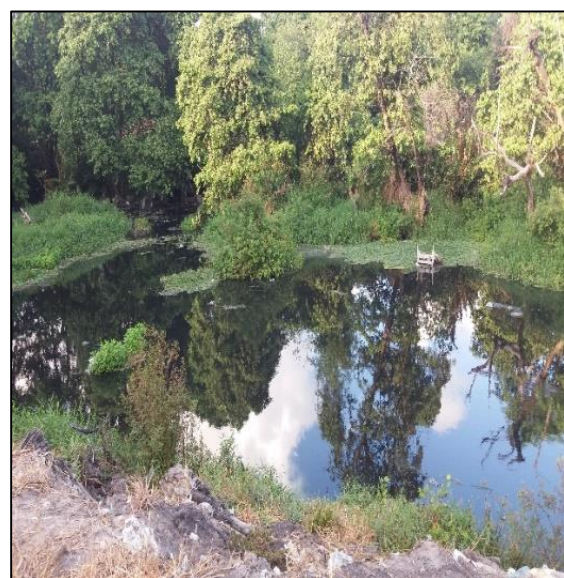
Fonte: Acervo próprio (2018)

Figura 7: Ponto 5 de coleta no Bairro S. José



Fonte: Acervo próprio (2018)

Figura 8: Ponto 6 de coleta no Bairro S. José



Fonte: Acervo próprio (2018)

3.2.2 Indicador biológico

Como já foi exposto na fundamentação teórica, foi utilizado como indicador biológico a comunidade zooplânctônica. Para a coleta do zooplâncton, 80 L de água foram filtrados em uma rede de plâncton de 45 μ m de malha, o material coletado foi armazenado em recipientes esterilizados e conservado em formol com uma concentração final de 4% saturado com glicose. (HANEY & HALL, 1972; PREPAS, 1978).

Para as análises das amostras foi utilizado um microscópio binocular, que possui uma capacidade de aumento de até 1000x, sendo utilizado uma câmera de contagem do tipo *Sedgewick-Rafter*, que comporta 1 ml. Porém, para o cálculo da densidade dos organismos zooplancônicos é necessário que pelo menos 100 indivíduos sejam identificados por réplica.

A equação 1 demonstra o cálculo necessário para a obtenção da densidade dos organismos em indivíduos por litros (ind/L).

$$Ind.L^{-1} = \frac{[(n * VolA) * \frac{1}{VolC}]}{VolF}$$

(Equação 1)

Onde: n = número de indivíduos contados por espécie;

$VolA$ = volume da amostra;

$VolC$ = volume contado;

$VolF$ = o volume filtrado.

3.2.2.1 Análises estatísticas da comunidade biológica e de diversidade biológica

Para as análises estáticas, sendo elas médias, mediana, desvio padrão, máximo e mínimo foram calculadas por meio do programa EXCEL. Já para as análises de diversidade biológica utilizou-se o programa PAST. Por meio deste foi possível a obtenção do índice de Shannon-Wiener, índice de Equidade de Pielou, índice de riqueza (método Chao-1) e por fim o índice de dominância de Simpson.

O índice de Shannon-Wiener é comumente utilizado para a análise de diversidades das espécies. De acordo com Johnson & Kotz (1988), este índice tem a capacidade de medir a variabilidade qualitativa dos indivíduos, já que demonstra a dispersão qualitativa dos indivíduos que venha a apresentar distintas categorias. O índice de Shannon-Wiener é representando pela equação 2.

$$H' = - \sum_{i=1}^s (pi)(\log_2 pi)$$

(Equação 2)

Sendo: H' = diversidade;

p_i = representação de cada espécie;
 S = número total de espécies na amostradas.

Sabe-se que o índice de Equabilidade de Pielou considera no índice de diversidade de Shannon. Pielou (1966) afirma que este índice representa a uniformidade da distribuição dos indivíduos considerando as espécies existentes. O valor encontrado para este índice deve variar de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 0 menos uniforme será a proporção de espécies e quanto mais próximo de 1 maior será a uniformidade da proporção (VIEIRA, 2016). A equação de equabilidade é dada a seguir:

$$J' = \frac{H'}{H_{max}}$$

(Equação 3)

Sendo: H' = índice de diversidade de Shanon-Wiener;
 $H_{max} = \ln(S)$;
 S = número total de espécies amostradas.

O método de Chao-1 estima a riqueza tendo como base na abundância de espécies (COLWELL E CODDINGTON, 1994). Este método utiliza dois tipos de amostras, a *singletons* (um indivíduo por amostra) e a *doubletons* (dois indivíduos por amostra) para a estimativa da riqueza (BARROS, 2007). A equação 4 demonstra a formula.

$$S_e = s + \frac{F_1}{2F_2}$$

(Equação 4)

Em que: S_e = riqueza estimada;
 s = riqueza observada;
 F_i = número de espécies que têm exatamente i indivíduos em todas as amostras.

O Índice de Simpson baseia-se na teoria das probabilidades, pois por meio dele é possível medir a proporção de dois indivíduos, selecionados de forma aleatória na amostra,

serem da mesma espécie (BROWER & ZARR, 1984). Comunidades com espécies que tiveram maior diversidade terão menor dominância (VIEIRA, 2016). A equação para o cálculo de Simpson é dada a seguir:

$$D' = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

(Equação 5)

Sendo: n_i = número de indivíduos da amostra para a i -ésima espécie;

N = número total de indivíduos amostrados.

4. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAGUARIBE - PB

4.1 Levantamento histórico

A área de estudo refere-se a Bacia do Rio Jaguaribe que está localizada na área urbana do município de João Pessoa – PB. De acordo com Dieb e Martins (2017) a bacia do Rio Jaguaribe engloba dois rios, o Rio Jaguaribe e o Rio Timbó e é responsável pela drenagem de uma área de 4.824,52 ha, sendo o rio Jaguaribe o principal rio da bacia. Vale salientar que o riacho dos Macacos outrora também era afluente do rio Jaguaribe, porém em virtude da expansão do bairro da Torre e de parte do bairro de Jaguaribe este encontra-se desaparecido, pequenos córregos e drenos completam o sistema de drenagem (MELO et al., 2001).

O rio Jaguaribe nasce ao sul da cidade de João Pessoa, entre os bairros Esplanada e Cristo Redentor, as margens da BR-230 (SANTOS, 2016). O rio desaguava diretamente no mar, porém na década de 1920, sofreu um grande impacto referente ao desvio do seu curso natural. Sendo assim este corpo hídrico que desaguava diretamente no mar passou a desaguar no manguezal do rio Mandacarú (DIEB; MARTINS, 2017). De acordo com Oliveira (2001) este desvio ocorreu por conta da implantação de obras drenagem dos pântanos sub-litorâneos, considerado necessário por questão de saneamento para fins de urbanização dos bairros da orla marítima.

A bacia hidrográfica do rio Jaguaribe engloba 27 bairros da cidade, sendo que 13 estão completamente inseridos dentro da bacia, são eles: Bessa, Aeroclube, Manaíra, Tambaú, Cabo Branco, Jardim Oceania, Altiplano Cabo Branco, Bancários, Castelo Branco, Miramar, São José, Tambauzinho e Varjão. E 14 bairros estão inseridos parcialmente dentro da bacia, são eles: Brisamar, Expedicionários, Torre, Jaguaribe, Cruz das Armas, Oitizero, Ernani Brito, João Paulo II, Ponta do Seixas, Portal do Sol, Mangabeira, Jardim Cidade Universitária, Água Fria e Cristo Redentor. Destaca-se ainda que 4 bairros compõem uma pequena parcela da bacia, sendo eles: Ipês, Pedro Goldim, Anotália e Jardim São Paulo, a proporção em relação a área da bacia do Jaguaribe nestes bairros é tão pequena que foram desconsiderados na análise.

Oliveira (2001) afirma que o crescimento urbano da cidade se intensificou por volta de 1964, quando houve a implantação da política habitacional do Banco Nacional de Habitação (BNH), como a intenção de melhorar os problemas de moradia da classe trabalhadora. Porém, a parcela da sociedade que não possuía condições para o financiamento de imóveis se fixou em locais com baixo ou nenhum valor imobiliário, como as encostas e margens do rio Jaguaribe.

Esse processo de ocupação irregular se intensificou ao longo dos tempos, caracterizado pelo êxodo rural e o crescimento populacional da cidade, várias famílias que não possuíam poder aquisitivo para se acomodarem em locais seguros se alojaram em áreas impróprias (OLIVEIRA, 2001).

De acordo com a Fundação Instituto de Planejamento da Paraíba, na década de 1980 a cidade de João Pessoa possuía 31 aglomerados subnormais, essas localidades são definidas pelo IBGE (2006) como sendo as áreas conhecidas por diversos nomes, como favela, comunidade, grotão, vila, mocambo, entre outros. Dos aglomerados subnormais da cidade de João Pessoa, 15 estavam localizados nas margens do Jaguaribe (SANTOS, 2007).

Atualmente a cidade de João Pessoa é composta por 59 aglomerados subnormais (favelas) que abrigam um total de 91.351 habitantes, sendo que 28 estão localizados na bacia do rio Jaguaribe (IBGE, 2011).

Os impactos sofridos pela bacia do Rio Jaguaribe não se restringem somente a ocupação desordenada do meio, a bacia sofreu diversos impactos com o passar do tempo como consequência do desenvolvimento da cidade.

Um grande impacto refere-se a nascente do rio Jaguaribe, que atualmente está localizada no conjunto Residencial Esplanada. A nascente foi soterrada para dar espaço a esta obra habitacional que foi realizada com incentivo do Governo do Estado (ALVES; FARIAS; ARAÚJO, 2009).

A nascente se estende até um conjunto de lagoas, que é nomeado popularmente como as Três Lagoas de Oitizeiro. No ano 2000, o Governo do Estado da Paraíba, como intuito de melhorar o trânsito local, iniciou a construção de viaduto nesta localidade, que levou ao aterramento de grande parte de umas das lagoas. Oliveira (2001) destaca que:

A crítica quanto à implantação desta obra, deve-se ao fato da mesma está sendo executada sem critérios de preservação do ambiente, que está sendo bruscamente afetado pelas intervenções realizadas. Tal realidade pode ser comprovada através das cicatrizes dos cortes deixadas no local sem qualquer tratamento, uma prova do descaso para com o meio ambiente (p. 47)

Atualmente a obra já foi executada e seguiu sem nenhum critério de preservação ao ambiente afetado, nem mesmo nenhum projeto com o intuito de recuperar os danos causados no período de construção (OLIVEIRA, 2001).

Este mesmo autor também destaca a construção do Shopping Center Manaíra, que foi construindo sobre uma grande área de manguezal do rio Jaguaribe. Postos de gasolina, oficina mecânica, supermercado e grandes edifícios também foram construídos sobre áreas de aterros localizadas nas imediações do rio, estes empreendimentos quase todos estão localizados nos bairros de Miramar, Tambaú e Cabo Branco.

Assim percebe-se que a bacia do Jaguaribe não apresenta mais características naturais do seu sistema, a mesma foi e ainda está sendo degradada em nome do crescimento urbano e econômico da cidade de João Pessoa. O rio está praticamente morto tanto pelo desvio do seu curso natural, soterramento das nascentes, das áreas de várzeas, do manguezal, quanto pela poluição, por meio do despejo de resíduos líquidos e sólidos.

4.2 Caracterização do ambiente natural

Com relação ao clima de acordo Oliveira (2001), a cidade de João Pessoa está dentro do domínio tropical úmido atlântico, apresentando uma estação seca que dura de 3 a 4 meses e uma estação chuvosa, onde os maiores índices pluviométricos se dão durante os meses de maio, junho e julho.

Considerando os aspectos geológicos da bacia, a Formação Barreiras é a unidade litoestratigráfica que mais se destaca, a qual é constituída de sedimentos areno-argilosos mal consolidados de origem continental, dispondo-se em camadas areno-siltosos, arenosos, conglomeráticos e ferruginosos (ARAUJO, 1993).

É notório a presença dos sedimentos dessa formação nas encostas do vale do rio Jaguaribe e de seus afluentes, assim como nas falésias que se estendem desde a Avenida Beira Rio, entre o médio e baixo curso fluvial até as proximidades do Shopping Center Manaíra, localizado no bairro de Manaíra (OLIVEIRA, 2001).

De acordo com Marinho (2011), o alto curso do rio Jaguaribe vai desde a sua nascente até a Avenida Pedro II, nas proximidades do Jardim Botânico de João Pessoa, o médio curso é delimitado deste ponto até a confluência do rio Timbó entre os bairros do Altiplano Cabo Branco, Miramar e Cabo Branco. E o baixo curso é representado pela área que vai desde do limite como o médio curso até a foz no rio Mandacaru. O autor ainda destaca que o rio Jaguaribe tem seu alto e médio curso localizados sobre terrenos sedimentares dos baixos planaltos costeiros, e o baixo curso sobre planícies costeiras.

Considerando a vegetação presente na bacia do rio Jaguaribe destaca-se uma reserva de mata atlântica, que é comumente conhecida como Mata do Buraquinho, atualmente a mesma

se encontra na condição de uma unidade de conservação de proteção integral (SANTOS, 2016). Por ser uma reserva de proteção integral só é permitido o uso indireto dos recursos naturais, como por exemplos atividades voltadas para o meio educacional e ecoturismo.

De acordo com Melo et al. (2001) é possível observar a formação de vegetação arbustivo-arbórea sobre os tabuleiros, esse tipo de vegetação ocorre principalmente na faixa litorânea e em alguns trechos da mata do Buraquinho. Já nas áreas de várzeas se destacam as herbáceas, sendo representadas por hidrófitas e higrófitas.

É importante destacar a formação Manguezal, na bacia do rio Jaguaribe o mangue se forma na desembocadura do rio, mais precisamente na confluência com o rio Mandacaru, estando posto entre os Bairros São José, Manaíra e Ipês. O mangue também está presente no bairro do Bessa onde está localizado a antiga foz do rio Jaguaribe (MELO et al., 2001).

5 RESULTADOS

5.1 Risco social na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB

A bacia do rio Jaguaribe possui 421 setores censitários, todos inseridos na área urbana da cidade de João Pessoa. De acordo com a metodologia estabelecida foi realizado a análise de seis mapas temáticos, considerando sete variáveis que representaram as condições sociais e econômicas locais. Todo esse processo levou a espacialização do risco social. Dentre essas seis variáveis obteve-se a quantidade de moradores em domicílios particulares permanentes como pode-se observar na Tabela 2, assim como na Figura 9.

Tabela 2: Representação da quantidade de moradores em domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB, considerando as respectivas áreas.

Classe do risco	Intervalos	Área (km²)	Porcentagem (%)
Muito baixo	Inferior a 516	10,95	23,85
Baixo	517 - 661	5,31	11,57
Médio	662 - 782	10,43	22,71
Alto	783 - 944	9,76	21,25
Muito Alto	Acima de 945	9,46	20,61
	TOTAL	45,92	100,00

Fonte: Mapa de moradores em domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.

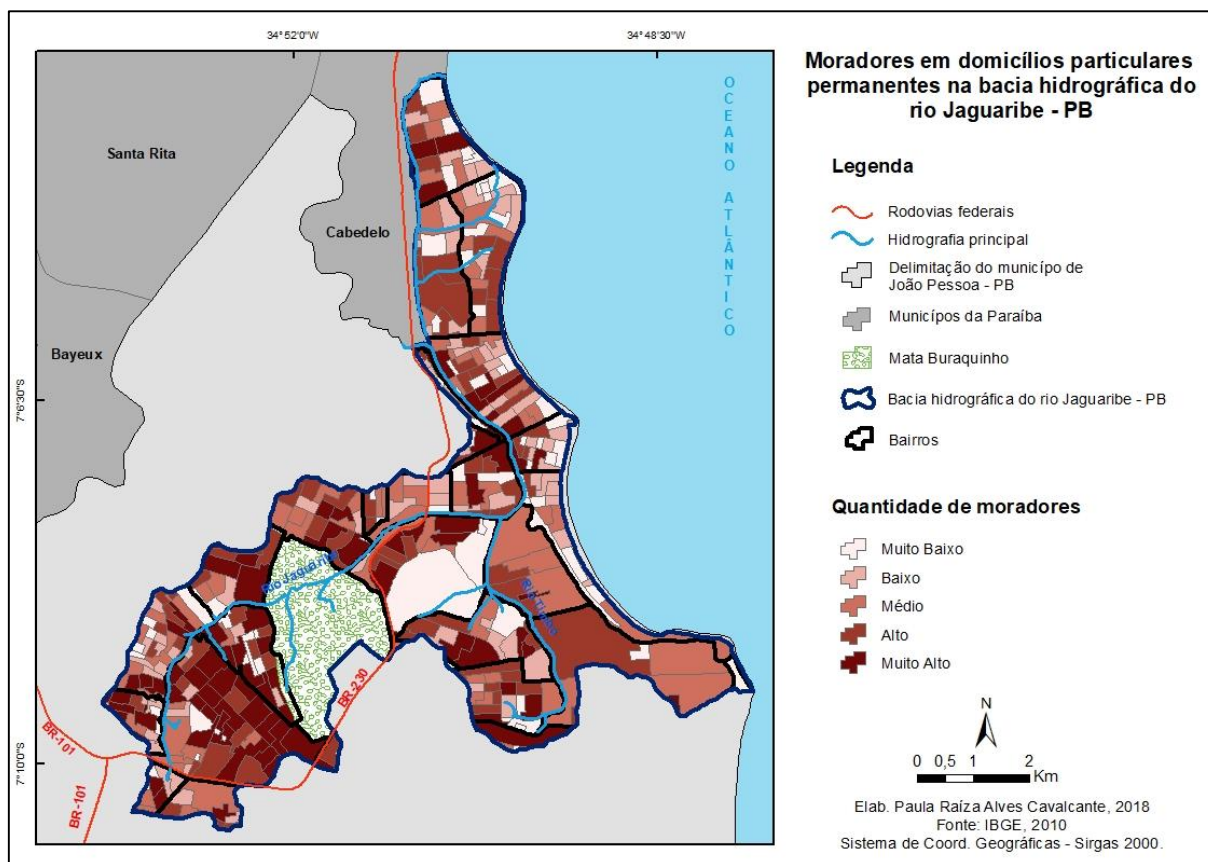
Ao todo, foram contabilizados 305.968 habitantes em domicílios particulares permanentes, sendo que os domicílios particulares permanentes totalizaram 93.290. A classe de risco “Muito Baixo” representa valores inferior a 516 habitantes que é referente a 23,85% da área total, esta classe encontra-se espalhada pela bacia, porém está presente de forma mais significativa a medida que se aproxima da orla de João Pessoa, mais precisamente nos bairros: Bessa, Jardim Oceania, Manaíra, Tambaú e Cabo Branco, este comportamento pode ser explicado pelo fato de que nos bairros próximos da orla os terrenos são mais caros o que delimita os habitantes que podem residir nestas localidades. Vale salientar também que existem muito empreendimentos nestas localidades voltados para o turismo e não com o intuito habitacional. Nos setores que antecederam a mata do Buraquinho o bairro Castelo Branco se

destacou nesta classe, possivelmente por ser um bairro que é composto em sua maioria por residências individuais e poucos prédios verticais, sendo caracterizado como um bairro familiar.

O segundo intervalo que caracteriza a classe de risco “Baixo” apresenta as mesmas características de habitação do primeiro, o mesmo está entre os intervalos “517 a 661” e apresentou o menor percentual de área 11,57%. A classe de risco “Médio” que está entre o intervalo “662 e 781” totalizou 21,71% da área total da bacia, esta classe foi a segunda que apresentou maior percentual de área. Ambas as classes encontram-se dispersas pela bacia.

As classes “Alto” e “Muito Alto”, respectivamente apresentaram intervalos entre “782 a 944” e acima de 945, estas classes se destacaram nas áreas próximas a nascente do rio Jaguaribe, mais precisamente entre os bairros: Jaguaribe, Varjão, Água Fria, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Oitizeiro, Ernani Brito e João Paulo II. Este fato pode ser explicado considerando que a ocupação da bacia do rio Jaguaribe instituiu-se pelo bairro Cruz das Armas, na década de 60, logo após surgiram os loteamentos que originaram os bairros do Varjão (ou Rangel) e Cristo Redentor, com isso se intensificou a demanda populacional nestas localidades. Destaca-se ainda que este trecho próximo a mata do buraquinho engloba a nascente do Jaguaribe (DIEB e MARTINS, 2017).

Figura 9 : Mapa de moradores em domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.



Outra variável analisada foi o valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes, esta variável está representada na Tabela 3 e na Figura 10.

Tabela 3: Representação do valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, considerando as respectivas áreas.

Classe de risco	Intervalos (R\$)	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Muito Baixo	Inferior a 617,41	8,10	17,64
Baixo	617,42 – 1.218,72	9,65	21,02
Médio	1.218,73 – 2.390,08	9,05	19,71
Alto	2.390,09 – 4.466,35	8,61	18,74
Muito Alto	Acima de 4.666,36	10,51	22,89
	TOTAL	45,92	100,00

Fonte: Mapa do valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.

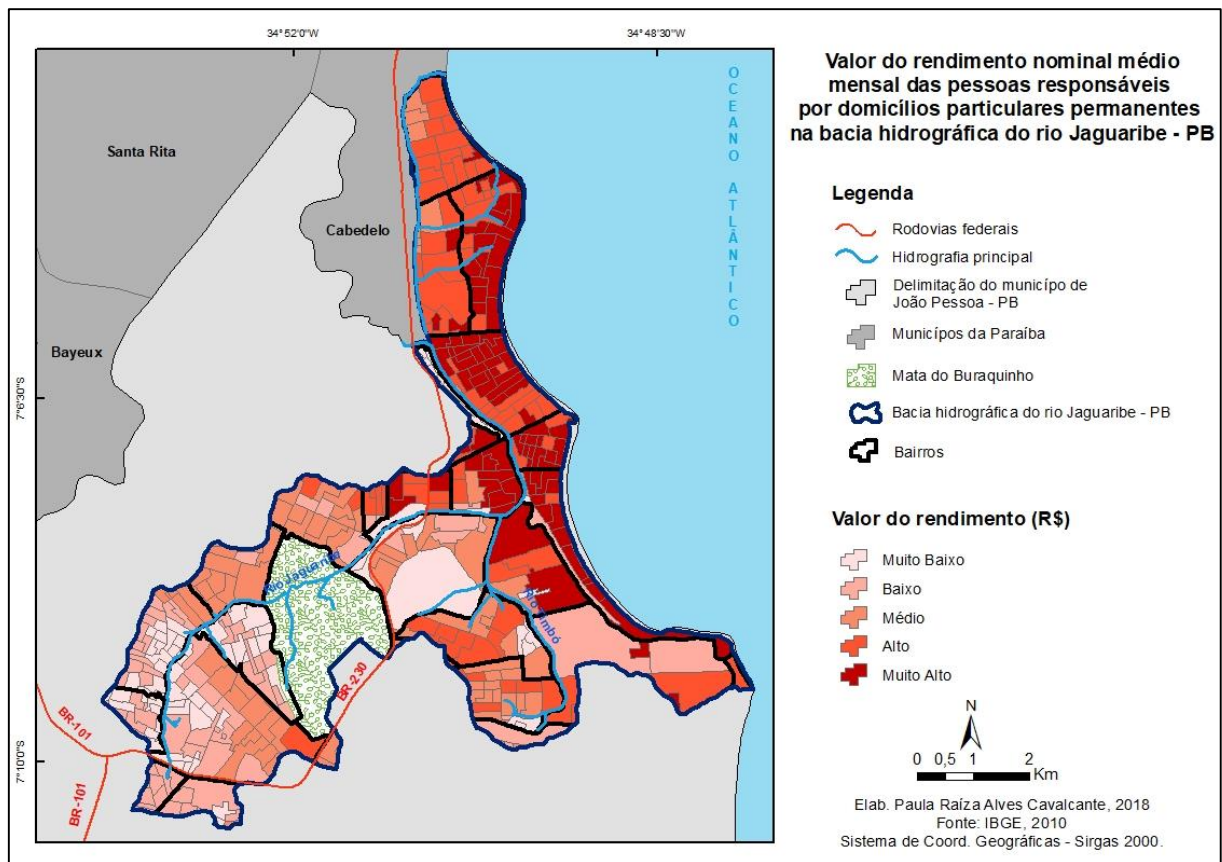
Torna-se importante destacar que o salário mínimo adotado no ano de 2010, ano referente ao estudo realizado pelo IBGE, era de R\$ 510,00. A classe de risco que mais se aproxima desta base refere-se a “Muito Baixo”, tendo um intervalo inferior a 617, 41. Considerando a área total da bacia esta classe representou 17,64% da área.

A segunda classe, “Baixo”, ficou entre R\$ 617,42 e R\$ 1.218,72 e configura um percentual de 21,02% com relação a área total. Essas duas primeiras classes estão presentes de forma mais representativa nas áreas próximas a nascente do rio Jaguaribe, mais precisamente entre os bairros: Jaguaribe, Varjão, Água Fria, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Oitizeiro, Ernani Brito e João Paulo II. Tal fato pode ser explicado considerando que, no processo de urbanização, a classe mais privilegiada economicamente migrou para os bairros da orla, enquanto no centro da cidade permaneceu um contingente cada vez maior de pessoas das classes populares.

No mapa temático (Figura 9) pode-se perceber que a distribuição das classes se deu de forma mais uniforme, sendo que os maiores valores de rendimento médio mensal estavam localizados no litoral da cidade. A classe de risco “Médio” ficou entre "R\$ 1.218,73 e R\$ 2.390,09, caracterizando 19,71 % da área total. Os valores acima desta classe representaram 41,63% da área total da bacia, sendo que 22,89% foi referente aos rendimentos superiores a R\$ 4.662,36.

Este comportamento pode ser explicado considerando que a intensificação do processo de urbanização levou ao desenvolvimento dos bairros próximos ao litoral da cidade, e estas localidades além de apresentarem uma considerável beleza paisagística, também foram considerados bairros apazíveis e tranquilos, e com isso aos poucos as camadas sociais de maior poder aquisitivo deslocaram em direção a esses bairros (SILVIA, 2016). Nota-se que as localidades que apresentaram maior adensamento populacional também apresentaram menor poder aquisitivo.

Figura 10: Mapa referente ao valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe



Considerando que o rio Jaguaribe está completamente inserido na cidade de João Pessoa, fez-se necessário a adoção de variáveis que representem a forma que a população usufrui do rio, assim como variáveis que possam vir a demonstrar a poluição hídrica do mesmo. Com isso, foi especializado a variável que demonstra os domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade, levando em conta que a contaminação do aquífero poderá refletir na qualidade da água de abastecimento, e desta forma interferir no bem-estar da população. Esta variável está representada na Figura 11 e na Tabela 4.

Tabela 4: Representação da quantidade de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB, considerando as respectivas áreas.

Classe de risco	Intervalos	Área (km²)	Porcentagem (%)
Muito Baixo	Outra forma de abastecimento	23,52	51,23
Baixo	1	4,25	9,27
Médio	2 - 4	6,05	13,18
Alto	5 - 36	5,54	12,05
Muito Alto	Acima de 37	6,55	14,27
	TOTAL	45,92	100,00

Fonte: Mapa referente domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.

Ao total, 4.151 domicílios utilizam a água de poço como forma de abastecimento de água, o que compreende 49% da área total da bacia. A classe de risco “Muito Baixa” foi referente a outras formas de abastecimento e teve como percentual 51,23% da área total da bacia, já a classe “Médio” representou 13,18%, ficando entre o intervalo de 2 a 4 domicílios por setor censitário. Os valores acima desta classe foram referentes 26,32% da área total.

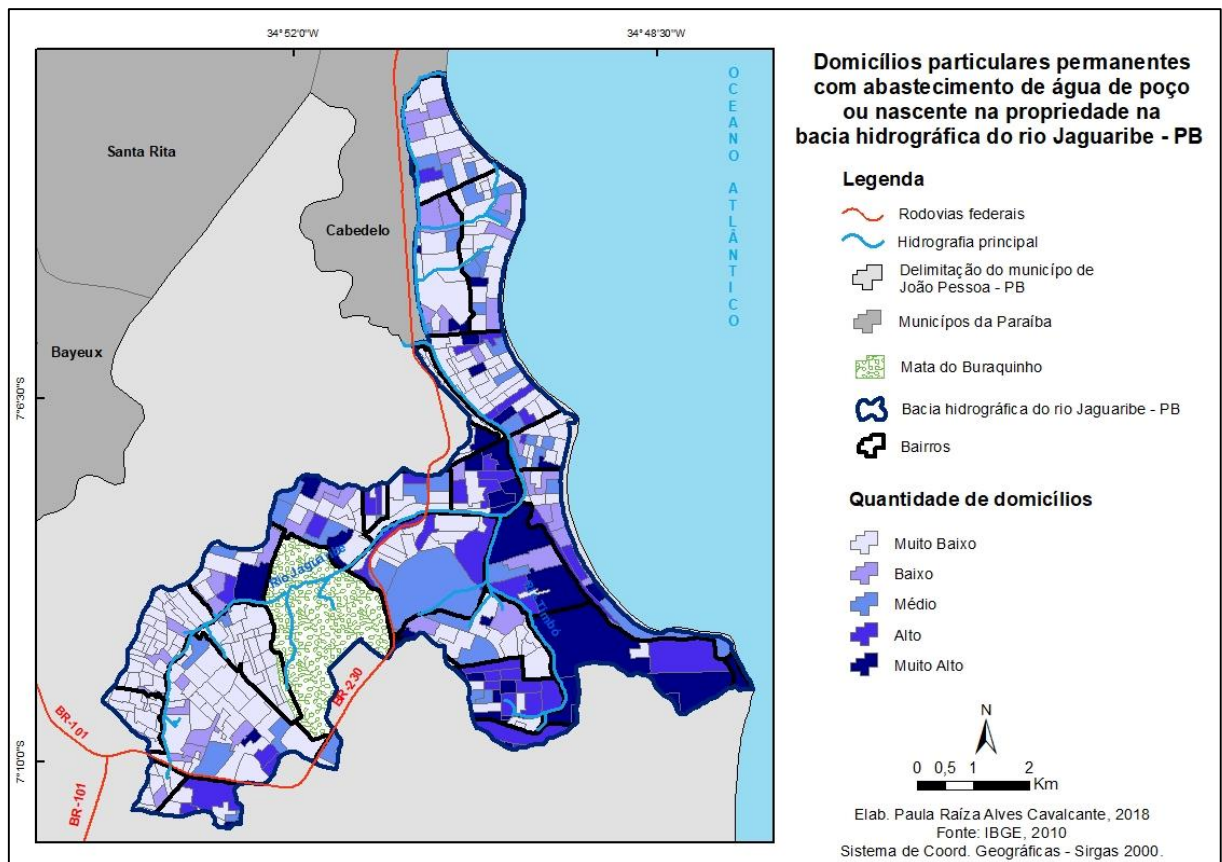
De acordo com a Figura 11 percebe-se que esta forma de abastecimento pode ser encontrada por toda bacia, porém os setores censitários localizados no litoral sul da cidade de João Pessoa se destacam por apresentarem maiores aglomerados que representam essa forma de abastecimento, mais precisamente nos bairros: Brisamar, Miramar, Cabo Branco, Altiplano Cabo Branco, Portal do sol e Ponta do Seixas.

Este fato pode ser explicado considerando que estes bairros possuem uma expansão habitacional recente, por conta do processo de especulação imobiliária, tendo em vista que o atrativo destas localidades é a proximidade com a orla marítima de João Pessoa. Porém o crescimento desta parte da cidade não acompanhou os investimentos em infraestrutura de saneamento básico, áreas de lazer, equipamentos comunitários, ou ainda de preocupações com os processos ambientais, esta expansão acelerada acabou criando déficits referentes a provisão de valores de uso coletivos no conjunto da cidade (JAMARILLO, 1986; BARBOSA, 2005).

Além do mais Oliveira (2001) afirma que a o grande problema do abastecimento de água por meio de poços na cidade de João Pessoa é o fato de que a água é utilizada pelos

moradores sem nenhum tratamento prévio, além de que alguns destes poços encontram-se a pouca profundidade, e existem casos em que esses poços estão localizados próximos aos terraços fluviais, por onde correm efluentes domésticos.

Figura 11: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.



Considerando as possíveis formas de contaminação do aquífero destaca-se a presença de fossa rudimentar, com isso também se fez a espacialização da variável que exprime a quantidade de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar, representada pela Tabela 5 e pela Figura 12.

Tabela 5: Representação da quantidade de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB, considerando as respectivas áreas.

Classe de risco	Intervalos	Área (km²)	Porcentagem (%)
Muito Baixo	Outra forma de esgotamento sanitário	14,31	31,17
Baixo	Inferior a 3	11,82	25,75
Médio	4 - 15	8,47	18,45
Alto	16 - 83	5,54	12,07
Muito Alto	Acima de 84	5,77	12,56
	TOTAL	45,92	100,00

Fonte: Mapa referente aos domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.

A utilização de fossa rudimentar é uma forma antiga de despejo de efluentes, este tipo de tratamento tem sérias consequências ambientais, pois nestes casos o esgoto é despejado no solo sem nenhuma medida paliativa, ou tratamento prévio, muito menos medidas que pretejam o solo para evitar vazamento e infiltração deste efluente nos aquíferos. Na bacia do Jaguaribe existem 14.207 domicílios particulares que possuem este tipo de despejo.

Considerando as classes, “Muito Baixo” foi referente a outra forma de esgotamento sanitário, que resulta em 31,17 % da área da bacia, percebe-se que esta classe está presente de forma mais representativa na parte litorânea da cidade. Enquanto que nas localidades que antecedem a mata do Buraquinho, mais precisamente entre os bairros: Mangabeira, Jardim Cidade Universitária, Bancários, Castelo Branco, Tambauzinho, Expedicionários e torre, destacam-se as classes de risco referentes a “Baixo” e a “Médio”, que totalizam 44,2% da área da bacia.

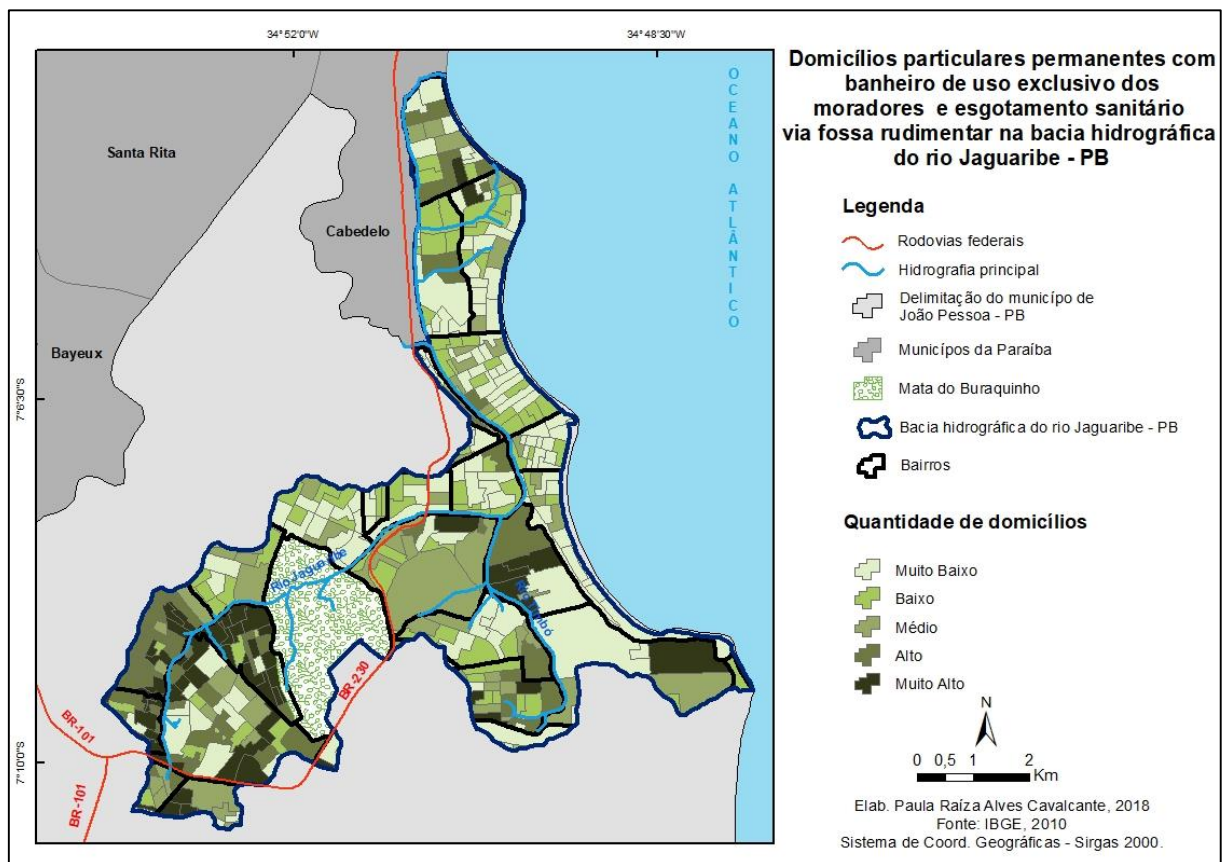
As classes que demonstram os valores acima da mediana representam 24, 63% da área da bacia, tendo como valor máximo o intervalo acima de 84 domicílios por setor censitário, está classe destacou-se nas localidades próximas a nascente do rio Jaguaribe, mais precisamente entre os bairros: Jaguaribe, Varjão, Água Fria, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Oitizeiro, Ernani Brito e João Paulo II. Estas mesmas áreas apresentaram menores valores de rendimento médio mensal e maior adensamento populacional, então pode-se dizer que este tipo de

esgotamento é o que está mais acessível à população de menor poder aquisitivo. Este fato caracteriza um grande problema de saneamento básico nestas localidades.

Algumas dessas localidades que possuem um grande aglomerado de domicílios que utilizam fossa séptica como forma de esgotamento sanitário coincidiram com locais que possuem uma considerável quantidade de domicílios que usam a água de poço para o abastecimento, como os bairros: Portal do Sol, Altiplano Cabo Branco, Jardim Cidade Universitária e Castelo branco.

Com isso torna-se importante salientar que de acordo com Tucci (2006), as fossas sépticas tendem a contaminar o aquífero, e esta contaminação pode comprometer o abastecimento urbano e levar a proliferação de doenças, sendo esta uma grave consequência da falta de saneamento básico.

Figura 12: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa rudimentar, na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.



Ainda levando em conta as singularidades dos rios localizados em bacias hidrográficas inteiramente urbanas, tendo em vista a bacia do rio Jaguaribe especializou-se uma variável

referente a domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar, pode-se observar por meio da Tabela 6 e da Figura 13.

Tabela 6: Representação da quantidade de domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar, na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, considerando suas repetitivas áreas.

Classe de risco	Intervalos	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Muito Baixo	Outra forma de esgotamento sanitário	39,02	84,98
Baixo	Inferior a 2	3,73	8,12
Médio	3 - 10	1,46	3,17
Alto	11 - 36	1,12	2,43
Muito Alto	Acima de 37	0,59	1,29
	TOTAL	45,92	100,00

Fonte: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.

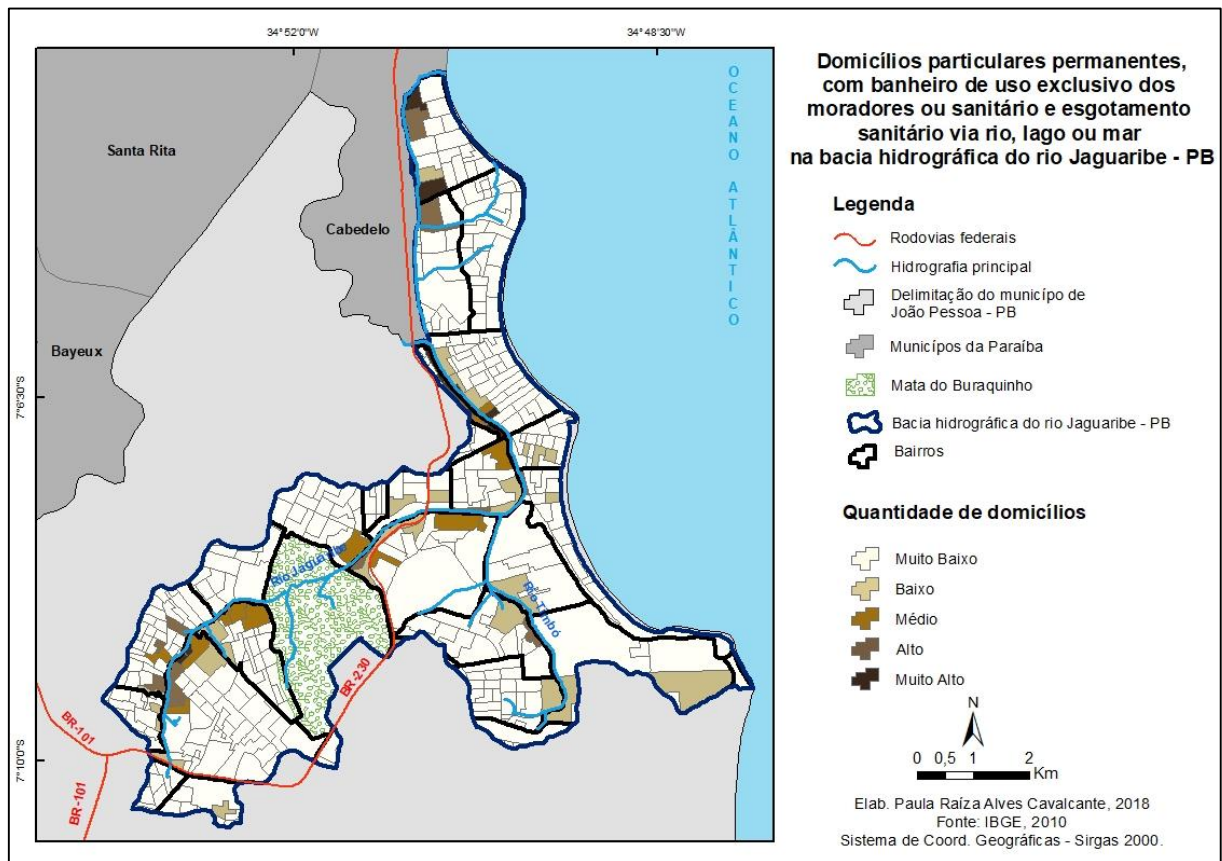
A primeira classe de risco, “Muito Baixo”, refere-se a outras formas de esgotamento sanitário e apresentou um total de 84,98% do total da bacia.

A maior área com esse tipo de despejo foi refletida na classe de risco “Baixo”, onde o intervalo é inferior a 2 e a porcentagem com relação a área total foi de 8,12%. 1.676 domicílios usam o rio como forma direta de esgotamento que totalizam 15, 02% da área da bacia, como pode-se observar na Figura 13. Este torna-se um grave problema referente a falta de saneamento básico, pois nestas casos o esgoto é despejado *in natura* no rio, sem nenhum tipo de tratamento, sendo que este tipo de efluente pode causar sérios problemas de saúde pública, levando a propagação de doenças vinculadas a qualidade da água.

Percebe-se que os locais mais representativos para este tipo de esgotamento foram as áreas após a mata do buraquinho, nas áreas próximas a nascente do rio Jaguaribe, mais precisamente nos bairros: Varjão, Cruz das Armas, Cristo Redentor, em regiões próximas a nascente do rio Jaguaribe, sendo assim observa-se que o rio já nasce com uma carga de poluição considerável que se mantém a sua foz. Ainda é possível ressaltar que as áreas que apresentarem este tipo de esgotamento também exibiram menor rendimento médio nominal, corroborando

que as áreas com menor rendimento coincidem com as áreas com menores índices de saneamento básico. Exceto pelo bairro do Bessa, que apresentou quatro setores censitários com uma considerável aglomerados de domicílios como esse tipo de esgotamento.

Figura 13: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes, com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar, na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.



Ainda considerando as variáveis referentes a saneamento básico especializou-se variável que reflete a quantidade de domicílios particulares permanente sem coleta de lixo, representado pela Tabela 6 e pela figura 13.

Tabela 7: Representação da quantidade de domicílios particulares permanentes sem lixo coletado na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB, considerando suas respectivas áreas.

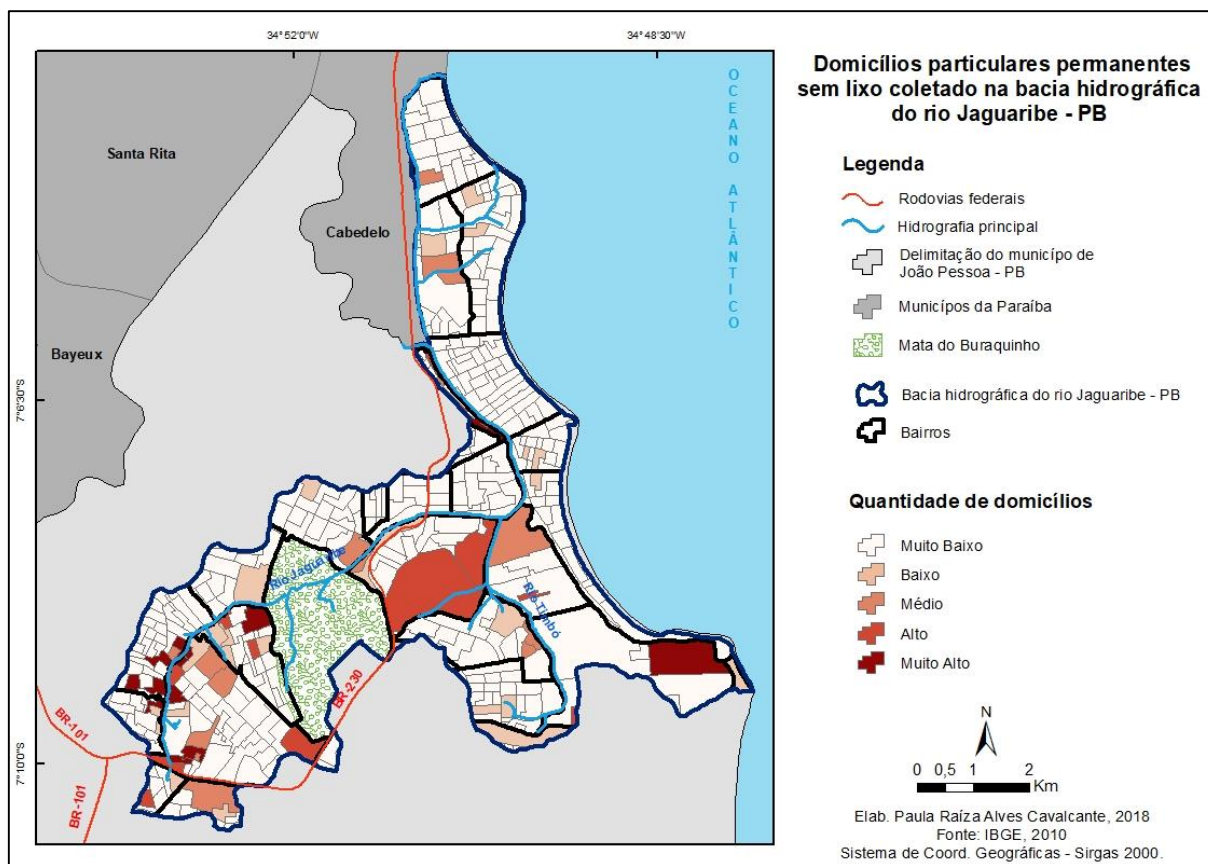
Classe de risco	Intervalos	Área (km²)	Porcentagem (%)
Muito Baixo	Com lixo coletado	35,78	77,93
Baixo	1	3,05	6,65
Médio	2 - 4	2,53	5,50
Alto	5 - 11	2,94	6,40
Muito Alto	Acima de 12	1,61	3,52
	TOTAL	45,92	100,00

Fonte: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes sem lixo coletado na bacia

Ao total 615 domicílio não possuem serviço de coleta de lixo o que compreende 22% da área total da bacia. A primeira classe referente aos domicílios que possuem coleta de lixo obteve como percentual 77,93% da área total da bacia.

Os valores acima da classe de risco “Médio” foram referentes 9,9% da área total, e referem-se aos intervalos entre “5 – 11” para a classe de risco “Alta” e o intervalo acima de 12 domicílios por setor censitário para a classe de risco “Muito Alta”. Essas classes se destacaram nas localidades próximas a mata do buraquinho a nascente do rio Jaguaribe, mais precisamente entre os bairros: Jaguaribe, Varjão, Água Fria, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Oitizeiro, Ernani Brito e João Paulo II. Estas mesmas áreas apresentaram menores valores de rendimento médio mensal e maior adensamento populacional, assim com como menor índice de tratamento de efluente domésticos, já que nestas localidades também se destacaram esgotamento sanitário por meio de fossa séptica ou via rio, lago ou mar.

Figura 14: Mapa referente a quantidade de domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB.



Por fim, foi especializado a variável que representa a quantidade de pessoas analfabetas responsáveis por domicílio permanente, esta variável permite a análise da escolaridade local, que é um aspecto indispensável para a análise do risco social. A Figura 15 e a Tabela 8 explanam sobre essa variável.

Tabela 8: Representação da quantidade responsáveis analfabetas na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB, considerando suas respectivas áreas.

Classe de risco	Intervalos	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Muito Baixo	Alfabetizadas	11,65	25,37
Baixo	Inferior a 6	8,34	18,16
Médio	7 – 18	12,33	26,85
Alto	19 – 38	7,30	15,89

Muito Alto	Acima de 39	6,30	13,73
	TOTAL	45,92	100,00

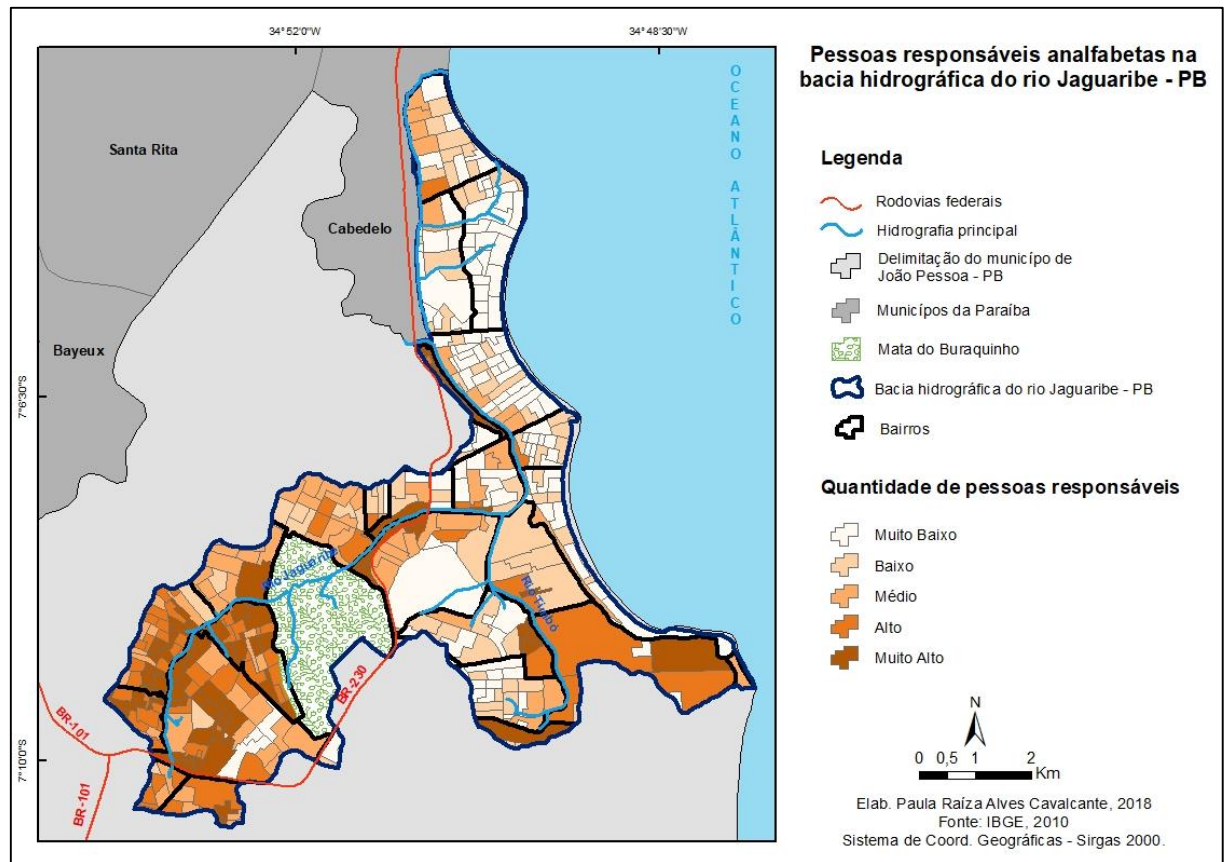
Fonte: Mapa referente a pessoas responsáveis analfabetas na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.

A primeira classe está relacionada com a quantidade de pessoas alfabetizadas, que compõe 25,37% da área total da bacia, esta classe considera a classe de risco “Muito Baixa”. Dentre as pessoas analfabetas contabiliza-se 7.439 habitantes, a classe de risco que mais representou essa parcela da população foi a de risco “Médio”, com um intervalo variando de 7 a 18 habitantes por setor censitário.

Pela figura 15 pode-se analisar que o maior aglomerado de pessoas responsáveis analfabetas está presente em áreas próximas a nascente do rio Jaguaribe, mais precisamente entre os bairros: Jaguaribe, Varjão, Água Fria, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Oitizeiro, Ernani Brito e João Paulo II. Ao contrário dos bairros próximos a orla de João Pessoa, bem como: Bessa, Aeroclube, Jardim Oceania, Manaíra, Brisamar, Tambaú e Cabo Branco, que apresentaram maior índice de pessoas alfabetizadas.

Percebe-se que os domicílios com maior poder aquisitivo (apresentaram maior média de rendimento mensal) foram os que apresentaram maior índice de alfabetismo, já os domicílios com menor poder aquisitivo (apresentaram menor média de rendimento mensal), coincidiram com os domicílios que demonstraram menor índice de alfabetismo. Por meio deste fato é possível concluir que o alfabetismo é uma das características da população que possui melhores condições financeiras.

Figura 15: Mapa referente a quantidade de pessoas analfabetas na bacia do rio Jaguaribe – PB.



Por meio das variáveis apresentadas acima e das ferramentas de geoprocessamento elaborou-se o mapa do risco social, neste caso a classe do risco foi estabelecido considerando os índices “Muito baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito alto”, para melhor representação dos resultados obtidos. Apesar de que a adoção destes índices pode chegar a reduzir as diversidades das situações de risco, eles apresentam-se favoráveis a interpretação dos graus de risco, bem como a comparação entre as classes. A Tabela 9 e a Figura 16 representam o risco social na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.

Tabela 9: Representação do risco social e suas respectivas áreas.

Classe do risco social	Área (km²)	Porcentagem (%)
Muito baixo	0,78	1,70
Baixo	17,39	37,88
Médio	20,08	43,73
Alto	6,23	13,57
Muito alto	1,43	3,11

Fonte: Mapa de risco social da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.

Percebe-se que somente 1,7% da área total na bacia apresentou a classe de risco considerada “Muito baixo”, os setores censitários desta classe estão localizados em sua maioria nas localidades próxima orla de João Pessoa, que apresentaram maior índice de pessoas alfabetizadas. Como é possível observar na Figura 16.

A classe de “Baixo” risco social apresentou um percentual de área de 37,88% do total da bacia, esta classe está representada de forma mais significativa nas proximidades do litoral da cidade de João Pessoa, apresentando também algumas manchas na parte central da bacia. Os setores que foram representados por risco “Muito baixo” e “Baixo” coincidiram com aqueles que apresentaram maior renda, menores problemas relacionadas a falta de saneamento, assim como maior índice de pessoas alfabetizadas. Essas classes foram mais representativas entre os bairros: Bessa, Aeroclube, Jardim Oceania, Manaíra, Tambaú, Miramar, Cabo Branco e Tambaúzinho.

A classe de risco “Médio” foi a que apresentou maior percentual de área, totalizando 43,73%, esta classe encontra-se distribuída de forma não uniforme na bacia, porém apresenta aglomerados significativos nas regiões anteriores e posteriores a mata do Buraquinho, de forma mais precisa entre os bairros: Altiplano Cabo Branco, Portal do Sol, Jardim Cidade Universitária, Bancários, Castelo Branco, Torre, Jaguaribe, Cristo Redentor, Cruz das Armas e Oitizeiro.

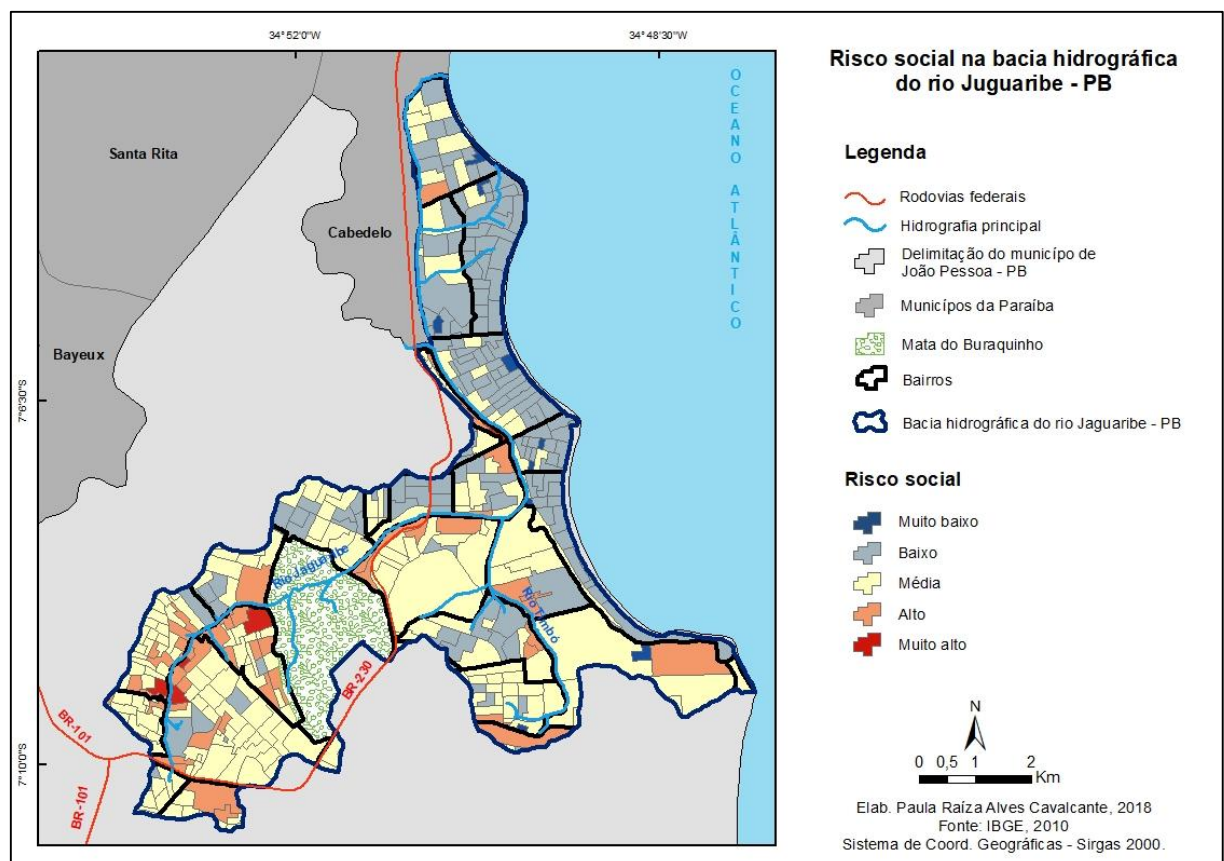
Já a classe “Alta” representa 13,57% da área total da bacia, poucos fragmentos desta classe estão presentes nos setores censitário próximos ao litoral. As áreas próximas a nascente do rio Jaguaribe, apresentaram maiores aglomerados de risco social “Alto”, mais precisamente entre os bairros: Jaguaribe, Varão, Cruz das armas, Cristo Redentor e João Paulo II, descaram-

se também alguns setores censitários nos bairros: Portal do sol, Jardim Cidade Universitária e Castelo Branco. Esta situação pode ser explicada considerando que o rendimento nestas localidades em sua maioria ficou entre R\$ 617,42 e R\$ 1.218,72, o abastecimento em algumas dessas áreas é feito por meio de água de poço, também destacou-se o esgotamento sanitário por meio de fossas sépticas, al índice de analfabetos também foi alto.

O risco “Muito alto” foi o menos representativo totalizando 3,11% do total da bacia, somente cinco setores censitários ficaram dentro desta classe localizados nos bairros: Cruz das Armas, Cristo Redentor, São José e Varjão.

As classes risco “Médio”, “Alto” e “Muito Alto” apresentaram maior representatividade nas localidades próximas a nascente do rio Jaguaribe, essas áreas apresentaram maior densidade populacional, baixo índice de rendimento médio nominal, esgotamento sanitário por meio de fossa séptica e via rio, lago ou mar e também apresentou maior índice de pessoas responsáveis analfabetas, estas características demográficas, econômicas e sociais colocaram esta parcela da sociedade em condição elevada de risco social. Por meio desta análise percebe-se como a falta de saneamento básico e a escolaridade interfere na boa condição de vida da população.

Figura 16: Risco social na bacia do rio Jaguaribe – PB



5.2 Risco ambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB

Levando em conta a metodologia de Alves (2006 e 2007) e Torres (2006), as áreas de risco ambiental foram obtidas por meio da determinação de um *buffer* de drenagem, que estabelece 50 metros das margens dos rios e de áreas que possuem clinografia abaixo de 3% e acima de 30%. Tendo como base essas metodologias e com o auxílio das ferramentas de geoprocessamento obteve-se o mapa referente as áreas de risco ambiental (Figura 17).

Torna-se importante ressaltar que a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, referente ao código florestal, considera as faixas marginais do cursos hídricos como sendo Áreas de Preservação Permanente e estabelece também uma largura mínima para essas faixas, esse parâmetro irá depender da largura do rio.

Destaca-se ainda que a constituição brasileira assegura por lei que não é permitido o loteamento do solo em áreas com terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes que tenha sido tomada providências para assegurar o escoamento das águas, bem como o loteamento de localidades que apresentem declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes, de acordo com Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979.

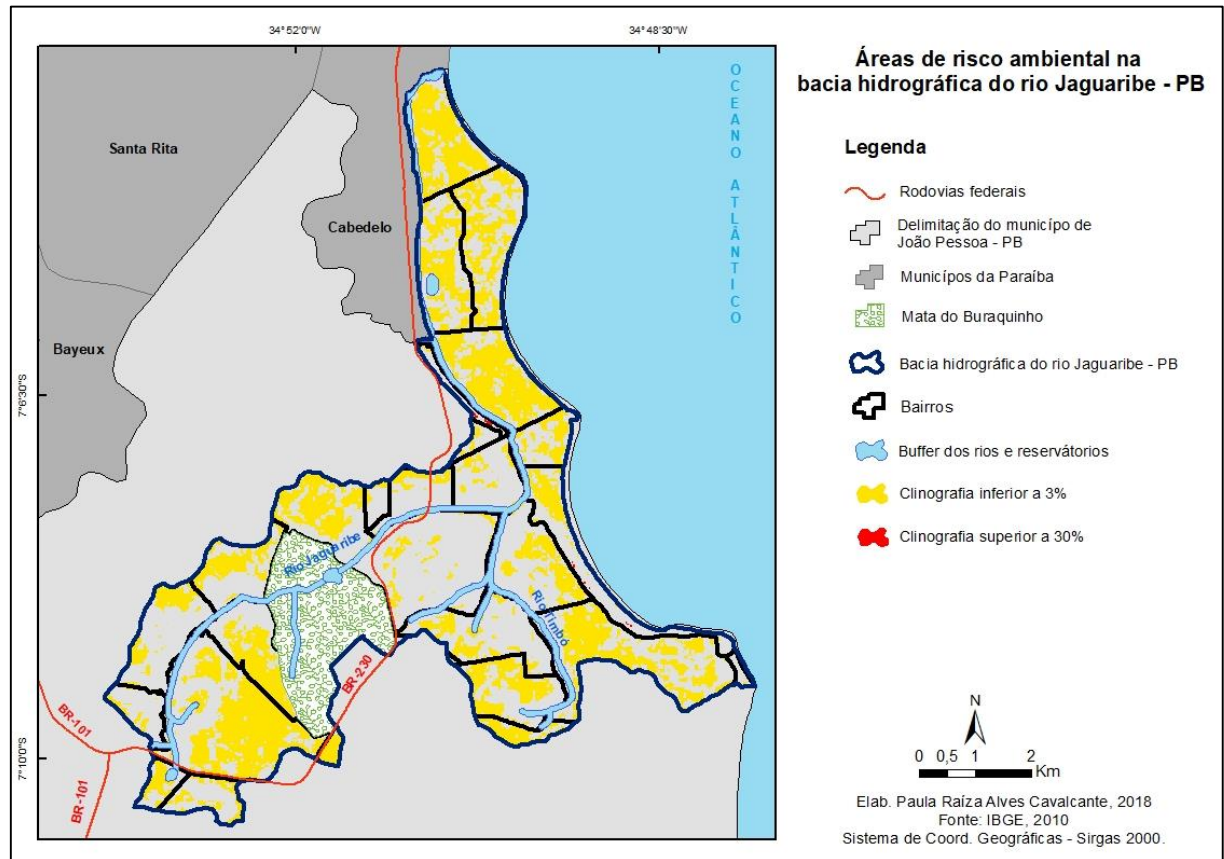
Assim o plano diretor da cidade de João Pessoa, elaborado no ano de 1994, apresenta como Zonas Especiais de Preservação os vales dos rios Jaguaribe, Cuia, do Cabelo, Água Fria, Gramame, Sanhauá, Paraíba, Tambiá, Mandacaru, Timbó, Paratibe, Aratu e Mussuré. Os terrenos urbanos e encostas com declividade superior a 20%, também são considerados Zonas Especiais de Preservação. O plano diretor estabelece que essas zonas devem possuir normas específicas e diferenciados para o uso da cobertura da terra, desta forma devem-se manter a preservação e manutenção paisagística, ambiental e culturais.

Com isso pode-se perceber a importância da preservação das margens dos cursos hídricos, bem como a irregularidade de habitações nesta localidades, ficando sujeito não somente ao descumprimento da lei, mas também a processos que podem ser prejudiciais para a manutenção da vida nesta localidades, assim como prejuízos ambientais imensuráveis, tornando o ambiente propício a diversos tipos de risco, entre eles os riscos ambientais.

Na Figura 17 percebe-se que a maioria das áreas na bacia da Jaguaribe apresentam clinografia inferior a 3%, somando 17,2 km². O litoral da cidade apresentou parcelas consideráveis de áreas de risco ambiental, assim como as áreas localizadas próximo a mata do

Buraquinho. A bacia também possui três reservatórios, um deles localizados na mata do Buraquinho e os outros dois na malha urbana da cidade.

Figura 17: Áreas de risco ambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB



A espacialização do risco ambiental foi feita com base nas áreas de risco ambiental, que foram obtidas por meio da metodologia estabelecida, e com base nos setores censitários do IBGE. Neste caso, os intervalos de risco ambiental foram instituídos considerando a delimitação do quantiles, tendo em vista os intervalos adotados o risco ambiental foi classificado como “Muito baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito Alto”, como é possível observar na Tabela 10.

Tabela 10: Classe do risco ambiental considerando suas respectivas classes.

Percentual das classes em relação ao total da área dos setores sob condição de risco ambiental (%)	Classe do risco	Área (km²)
Inferior a 16,6	Muito baixo	8,13
16,7 - 36,9	Baixo	12,91
36,9 - 53,9	Médio	10,13
54 - 72,9	Alto	9,52
Acima de 73	Muito alto	5,23

Fonte: Mapa de risco ambiental bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB

A primeira classe de risco “Muito Baixo” forneceu um intervalo de risco ambiental inferior a 16,6% em uma área que totalizou 17,7% do total. Na Figura 18, é possível perceber que a maior parcela dessas áreas se destacou ao centro da bacia.

A segunda classe foi referente a uma área de 28,12% de toda bacia, está classe se caracterizou como risco “Baixo”, com um intervalo entre 16,7% a 36,9% de risco ambiental. Os respectivos setores censitários estão localizados de forma dispersa na bacia, porém é possível perceber uma concentração maior no centro na bacia e nos setores próximos a mata do Buraquinho, assim como algumas manchas representativas na orla da cidade.

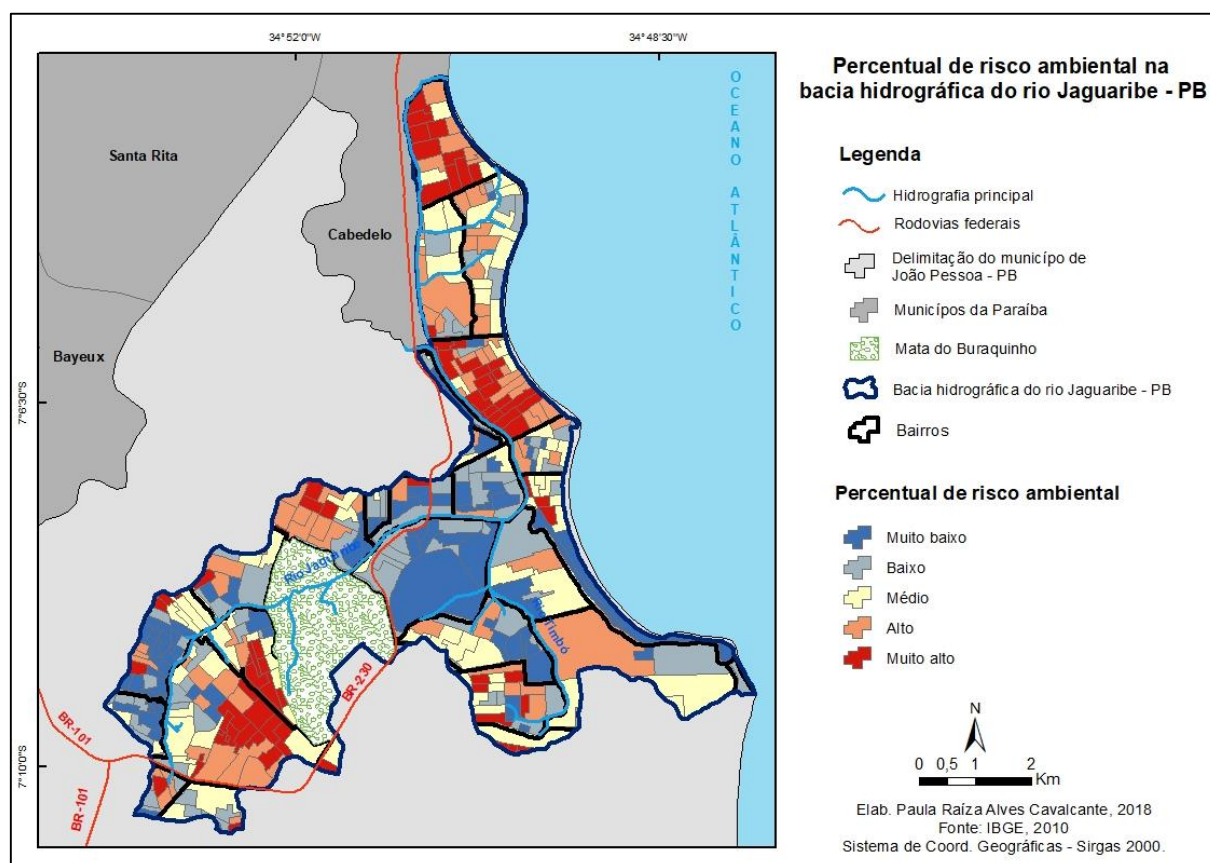
As classes de risco “Muito Baixo” e “Baixo”, estão presentes de forma mais significativa em alguns bairros da orla da cidade de João Pessoa e no centro da bacia, mais precisamente entre os bairros: Cabo Branco, Miramar, Tambauzinho, Expedicionários, Castelo Branco. Nas áreas próximas a nascente do rio Jaguaribe se destacaram os bairros Cruz das Armas e Oitizeiro.

A classe de risco “Médio”, totalizou 22,05% da área total da bacia, esta classe está presente por toda a extensão da bacia de forma variada. As áreas de risco “Alto” e de risco “Muito alto” somaram 32,13% da área total bacia, e obtiveram como intervalo máximo valores de risco ambiental acima de 73%. Em sua maioria essas áreas estão localizadas no litoral da cidade, região característica de baixa declividades, mais precisamente entre os bairros: Bessa, Aeroclube, Jardim Oceania e Manaíra. Nas áreas próximas a mata do Buraquinhos estas duas classes se destacaram nos bairros: Torre, Varjão e Cristo Redentor.

Percebe-se que 45,82% da área total da bacia está avaliada em risco baixo e muito baixo, enquanto 54,18% demonstra valores consideráveis de risco ambiental. Torna-se

importante destacar que essas são áreas impróprias para habitação, pois podem levar a ocorrência de deslizamentos e inundações, colocando a população dessas localidades em perigo. Em locais que apresentam este tipo de risco, conciliado com o risco social, têm-se a vulnerabilidade socioambiental.

Figura 18: Percentual de risco ambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe - PB



5.3 Vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB

Por meio da combinação dos mapas de risco social e ambiental tem-se o mapa de vulnerabilidade socioambiental, como é possível perceber na Figura 19 e na Tabela 11.

Tabela 11: Graus de vulnerabilidade socioambiental e suas respectivas áreas.

Graus de vulnerabilidade	Área (km ²)	Porcentagem (%)
Muito baixo	1,19	2,60

Baixo	15,55	33,86
Médio	20,08	43,73
Alto	8,04	17,52
Muito alto	1,05	2,30

Fonte: Mapa de vulnerabilidade socioambiental.

A vulnerabilidade socioambiental foi classificada por graus, que variaram de “Muito baixo”, “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito alto”. Na bacia do Jaguaribe o grau “Muito baixo” foi o segundo menos significativo, representando somente 2,6% da área total da bacia, que se refere a 1,19 km², esses pequenos fragmentos totalizam seis setores censitário, que estão localizados nos bairros: Jardim Oceania, Torre, Tambauzinho, Tambaú e Portal do Sol.

Já a classe que representa o grau “Baixo” caracterizou 33,86% da área total da bacia, este grau de vulnerabilidade tornou-se mais perceptível na orla da cidade e principalmente centro da bacia hidrográfica, nas áreas que antecedem a mata do Buraquinho.

A vulnerabilidade classificada como “Média” foi a mais representativa na bacia, totalizando 43,73% da área, este grau está representado por toda bacia, de forma distribuída, apresentando manchas significativas nas localidades próximas a orla da cidade e a mata do Buraquinho. Os graus de vulnerabilidade “Baixo” e “Médio” foram mais representativos nos bairros: Aeroclube, Jardim Oceania, Tambaú, Cabo Branco, Ponta do Seixas, Brisamar, Miramar, Castelo Branco, Tambauzinho, Expedicionários, Bancários, Cruz das Armas e Oitizeiro.

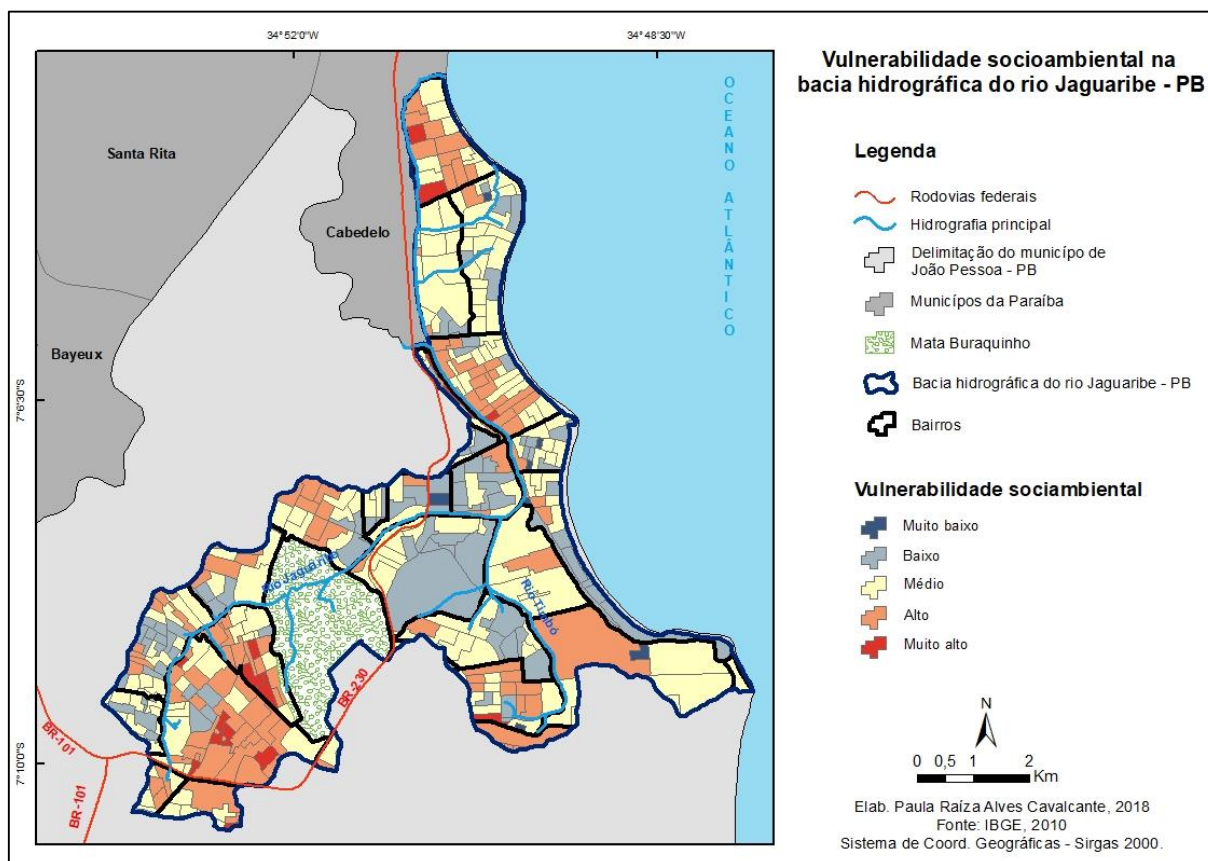
A classe que representa o grau “Alto”, totalizou 17,52% do total da bacia e foi presente principalmente nas áreas posteriores a mata do Buraquinho, próximo a nascente do rio Jaguaribe, e em algumas localidades próximo a orla da cidade, mais precisamente nos bairros: Bessa, Manaíra, Portal do Sol, Bancários, Jardim Cidade Universitária, Mangabeira, Torre, Varjão, Cristo Redentor, Ernani Brito e João Paulo II.

Já a vulnerabilidade considerada “Muito Alto” representou a menor parcela, um total de 2,30 % da área total da bacia, que representa 1,05 km². Os bairros que apresentaram maior destaque nesta área foi o Bessa, Varjão, Cristo Redentor e o bairro São José respectivamente.

Diante do exposto conclui-se que o grau de vulnerabilidade que apresentou maior destaque foi o “Médio” com 43,73% da área total. A vulnerabilidade socioambiental que apresentou maior percentual de área se manteve entre “Média”, “Alto” e “Muito alto”, que totalizou 63,55% da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe. Sendo assim destaca-se que a bacia do rio Jaguaribe possui um elevado índice de vulnerabilidade socioambiental e assim torna-se

indispensável o entendimento dessas áreas e a busca por medidas que possam vir a diminuir este grau.

Figura 19: Vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB.



5.4 Análise da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Jaguaribe – PB

O dados coletados referentes ao mês de dezembro, caracteriza um período de baixos índices pluviométricos e fevereiro caracteriza um período de maiores índices pluviométrico. A análise da pluviosidade torna-se um fator de grande importância, pois a variação pluviométrica pode interferir na dinâmica hidrológica da bacia, que poderá refletir nos parâmetros analisados. Diante disto a Tabela 1 demonstra os índices pluviométricos referente aos meses estudados, na cidade de João Pessoa, já que a bacia está completamente inserida neste município.

Tabela 12: Distribuição das chuvas na cidade João Pessoa durante os meses estudados.

Período	Pluviosidade acumulada (mm)
---------	-----------------------------

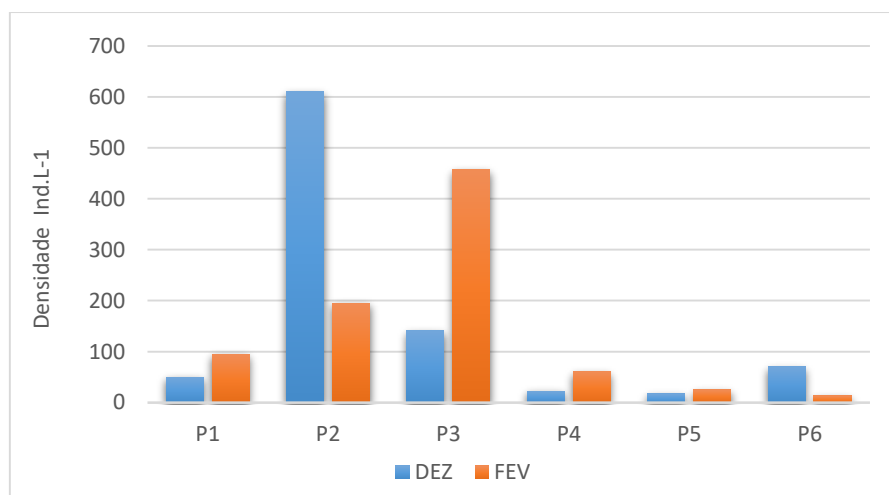
Dezembro de 2017	13,1
Fevereiro de 2018	140,13

Fonte: AESA, 2018.

5.4.1 Variável biológica: comunidade zooplanctônica

Para as análises dos resultados faz-se necessário a identificação das espécies zooplanctônicas, que foram utilizadas como bioindicadores da qualidade da água. Sabendo que a comunidade zooplanctônica é considerada sensível às variações na qualidade de água, bem como as variações de pluviosidade e que a bacia sofre interferências antrópicas, como a descarga de esgoto industrial e doméstico, a análise da comunidade zooplanctônica indicará a qualidade da água nos referentes pontos de coleta. Desta forma a figura 20 demonstra as variações da densidade da comunidade zooplanctônica em cada ponto de estudo, nos meses de dezembro e fevereiro.

Figura 20: Densidade total da comunidade zooplanctônica no Rio Jaguaribe - PB.



O ponto 2 apresentou um maior valor de densidade durante o mês de dezembro, já com relação ao mês de fevereiro o ponto 3 destacou-se, esse fato pode ser explicado considerando que no mês de fevereiro houve um aumento considerável na pluviosidade, como o ponto 2 é caracterizado por apresentar uma queda de água o que deixa o corpo hídrico mais agitado por conta do aumento da carga hídrica que o rio recebeu, esta situação pode ter levado à diminuição das densidades da comunidade zooplanctônica neste ponto em fevereiro, devido

ao aumento do fluxo de água, visto que no período seco este local consegue manter áreas com menos correnteza.

A comunidade zooplancônica é formada por três grupos, são eles: Copepoda, Rotifera e Cladocera. É importante destacar que só foi realizada a análise por espécies do grupo Rotífero e Cladocera, no grupo Copépoda a análise foi feita considerando as Classes deste grupo, que são divididas em: Calanoida, Cyclopoida, Harpacticoida, estes podem ser encontrados na fase juvenil (copepodito), na fase adulta e na fase larvar do grupo conhecida como Náuplio. Nas Figuras 21 e 22, pode-se observar as densidades de copépodos.

Figura 22: Densidade de copépodos na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.

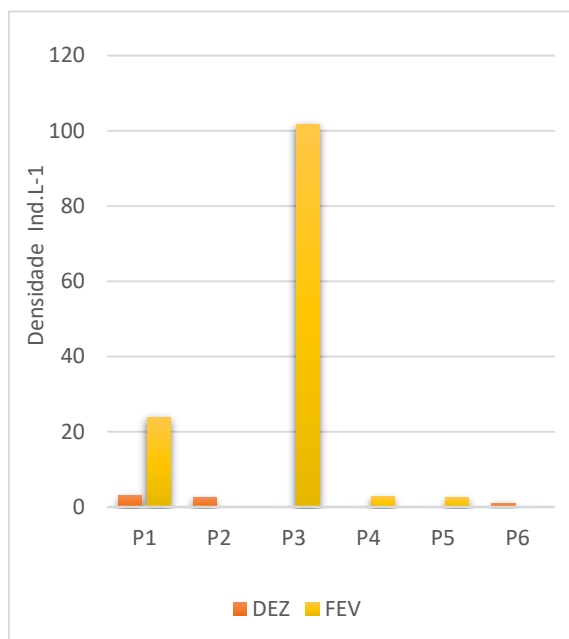
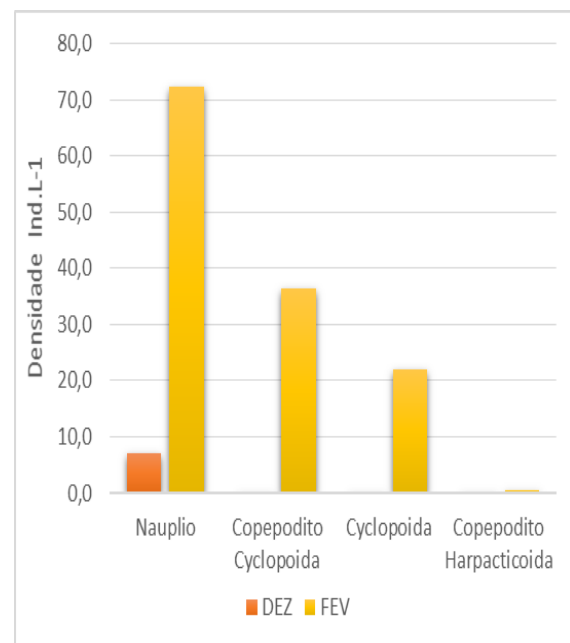


Figura 21: Densidade de copépodos na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando os subgrupos e os meses estudados



Na Figura 22 é possível observar que os copépodos foram mais abundantes durante o mês que apresentou maior índice pluviométrico e no ponto 3. Isso demonstra que em dezembro, mês com menos chuva, a água apresentava condições limitantes à maior abundância de Copepoda, principalmente a partir do P3. Com o efeito diluidor da chuva, o ambiente alcançou condições capazes de permitir a ocorrência de Copepoda, incluindo sua reprodução, visto a maior abundância de náuplios (Figura 21). O segundo mais abundante foi Cyclopoida que foi encontrado na fase copepodito e também na fase adulta durante o mês de fevereiro, apresentando maiores densidades no ponto 1 e 3. O ponto 1 fica perto das nascentes e o ponto

3 após a passagem do rio pela Mata do Buraquinho, ou seja, verifica-se que este grupo de microcústáceos, foi mais abundante onde a água apresenta melhor qualidade, o que leva a estimar que a menor presença deste grupo nos outros pontos é por ser o ambiente limitante à sua presença.

O grupo dos cladocéros (Figuras 23 e 34) apresentou as menores densidades durante todo o período estudado, no mês de dezembro nenhum indivíduo deste grupo foi encontrado, este grupo só foi registrado durante o mês de fevereiro e no ponto 3. A espécie que apresentou uma maior abundância foi *Diaphanosoma sp.*, a mesma esteve presente no ponto 3 e no ponto 4, obtendo maiores densidades no ponto 3, esta espécie é resistente às variações alimentares por serem filtradoras e tem a capacidade de selecionar partículas alimentares pequenas (PAGANO, 2008, HAN et al., 2011). *Ilyocryptus spinifer* e *Alona sp.* foram encontradas no ponto 6, porém ambas apresentaram baixas densidades.

Figura 24: Densidade de Cladocera na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.

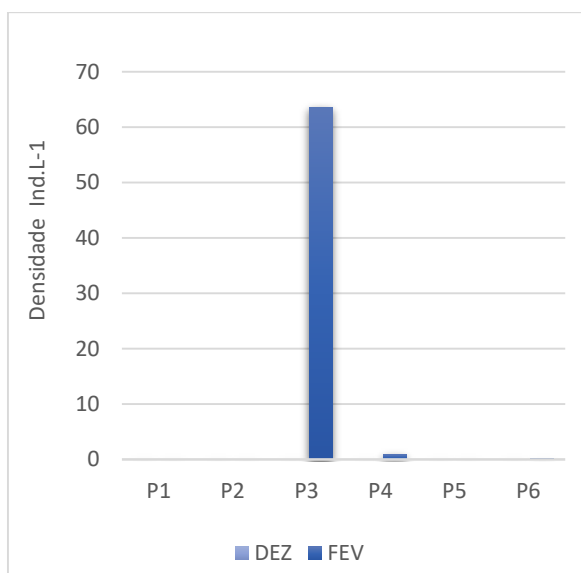
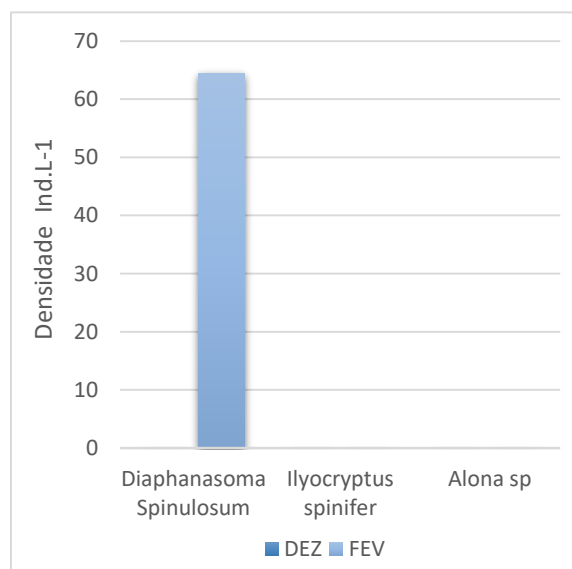


Figura 23: Densidade de Cladocera na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.



O grupo que apresentou maior densidade foi Rotífera (Figura 26) tendo maiores abundâncias durante o mês de dezembro. As maiores densidades foram registradas nos pontos 2, 3 e 6. Entre Rotífera a ordem Bdelloidea e dentro dela o gênero *Rotaria sp.* (Figura 25) apareceu com maior frequência, estando presente em todos os pontos analisados em densidades

elevadas, quando comparado com os demais. Em virtude disso, esta espécie foi apresentada separada das outras espécies.

O Filo Rotifera é caracterizado por apresentar rápidas respostas ambientais, desta forma são considerados como bons indicadores de poluição hídrica e de qualidade da água (MOREIRA, 2014). Os rotíferos da ordem Bdelloidea são resistentes às variações ambientais e respondem a estes distúrbios entrando em diapausa, quando as condições do habitat voltam a tornar-se a apropriadas, estes indivíduos voltam às atividades, porém a taxa de recuperação desse grupo irá depender de cada espécie (RICCI, 1998). A maior densidade de Bdelloidea é porque estes organismos alimentam-se de material particulado e levam vantagem em relação aos outros rotíferos que são herbívoros e se alimentam de microalgas, daí terem tido vantagem no período de dezembro, com a água menos diluída

Figura 26: Densidade de Rotifera na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.

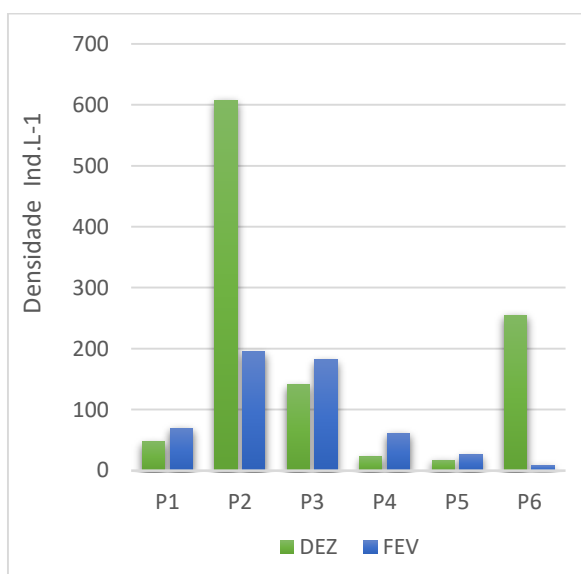
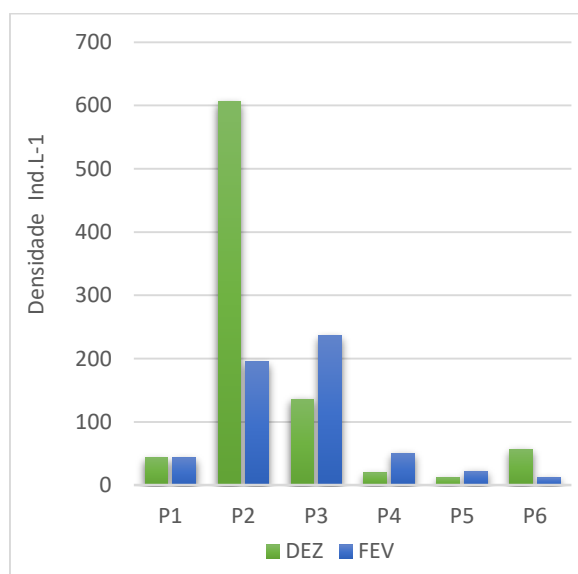


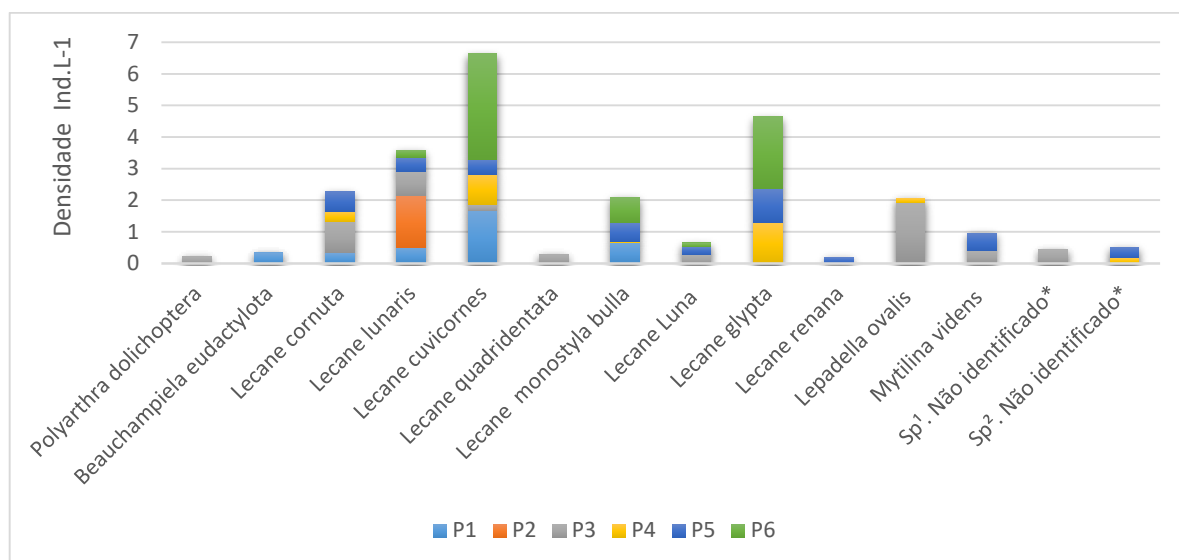
Figura 25: Densidade de Rotaria sp. na bacia rio Jaguaribe – PB, considerando distribuição espacial e os meses.



A abundância dos Bdelloidea em ambientes poluídos também pode ser explicada por meio da alimentação deste grupo que é baseada na filtragem ou raspagem de pequenos itens alimentares, tais como bactérias, algas unicelulares, leveduras ou matéria orgânica particulada (RICCI, 1984). Outro ponto importante é que o grupo rotífera é r-estrategista, tem a capacidade de se reproduzir sob condições de estresse hidrodinâmico (MATSUMURA-TUNDISI, 1999, TUNDISI et al., 1995).

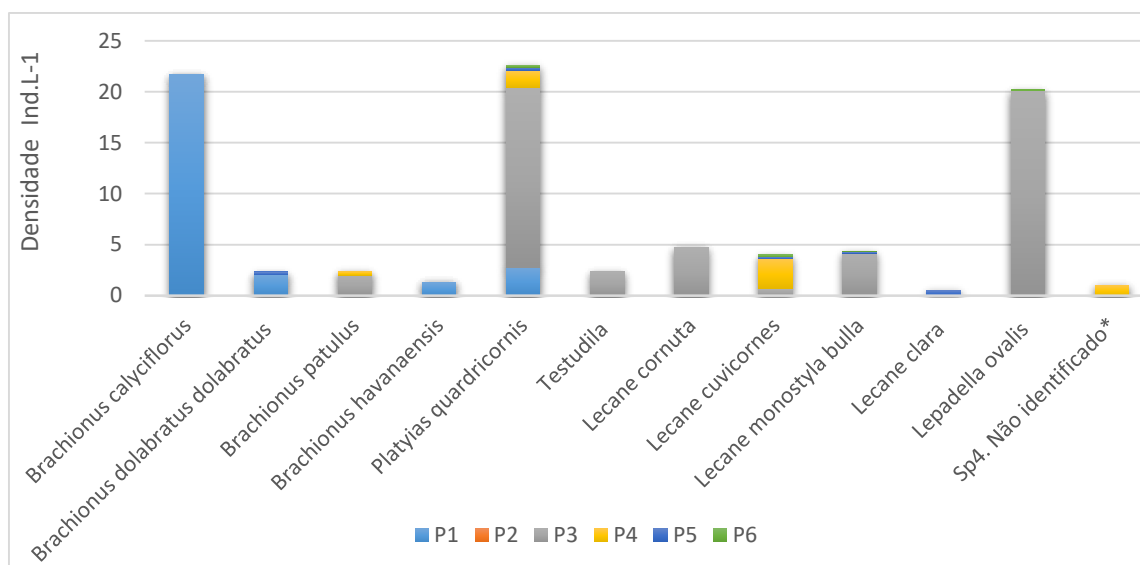
Este grupo foi o que apresentou maior diversidade de espécies, como mostram as figuras 27 e 28. É importante destacar que as espécies que estão representadas nas figuras apresentaram menores densidades quando comparadas com *Rotaria sp.*, que atingiu densidades de mais de 600,0 ind.L⁻¹. Pode-se verificar que os Pontos P1 e P3 foram os que apresentaram maior diversidade de espécies, revelando que esses locais apresentaram águas com melhor qualidade. No entanto, em dezembro, a maior parte das espécies para além de *Rotaria sp.* foram espécies do gênero *Lecane*, que de acordo com Segers (2004) esse gênero é comumente encontrados em áreas litorâneas e em locais eutrofizados.

Figura 27: Densidades de Rotifera presentes no Rio Jaguaribe, referente à coleta do mês de dezembro de 2017, de acordo com os pontos analisados



No mês de fevereiro, que choveu mais, outras espécies foram registradas, sendo as mais abundantes *Brachionus calyciflorus*, *Platyas quadricornis* e *Lepadella ovalis*. Novamente os pontos com maiores densidades de espécies foram os P1 e P3 (Figura 28).

Figura 28: Densidade de espécies de Rotífera presentes no Rio Jaguaribe referente à coleta feito de fevereiro de 2018, de acordo com os pontos analisados.



As densidades no mês de dezembro foram baixas, mas a diversidade de espécies foi maior, apresentando mais uma espécie. As maiores densidades de espécies ocorreram no ponto 6, com *Lecane curviconis*, *Lecane bulla* e *Lecane glypta*.

Referente ao mês de fevereiro (Fig. 28), as densidades foram mais elevadas. Os pontos que apresentaram maiores densidades foram o ponto 1, com maior densidade de *Brachionus calyciflorus*, e o ponto 3 com densidades mais elevadas de *Platyias quadricornis* e *Lepadella ovalis*.

Desta forma pode-se perceber que o Ponto 2 apresentou maior densidade de indivíduos, como mostra a Figura 20, porém menor variedade de espécies, sendo que o maior destaque para este ponto foi o gênero *Rotaria sp.* (Figura 25).

5.4.1.1 Índices de diversidade, dominância, equitabilidade e riqueza

Os índices foram calculados somente para dois grupos, Cladocéro e Rotífera, pois foi feito apenas a identificação até espécie para estes dois grupos, e para os dois meses.

Para o mês de dezembro não houve a presença de cladócero, e pode-se observar que os índices foram mais representativos no ponto 5 para o grupo rotífera, como está representado pelas Figuras 29, 30, 31 e 32.

Figura 30: Índice de dominância para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.

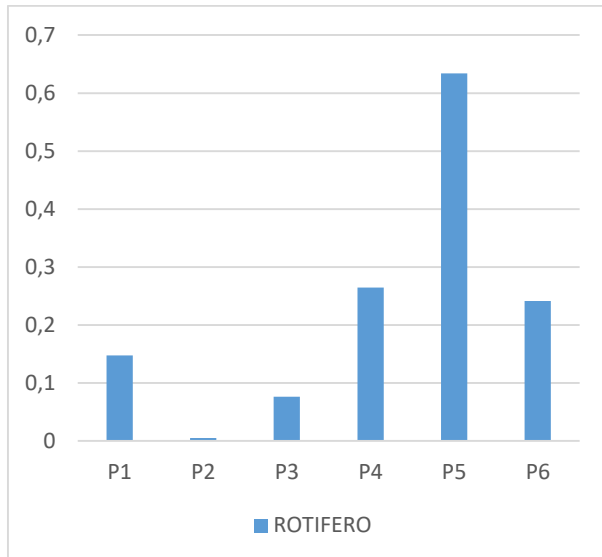


Figura 29: Índice de diversidade para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.

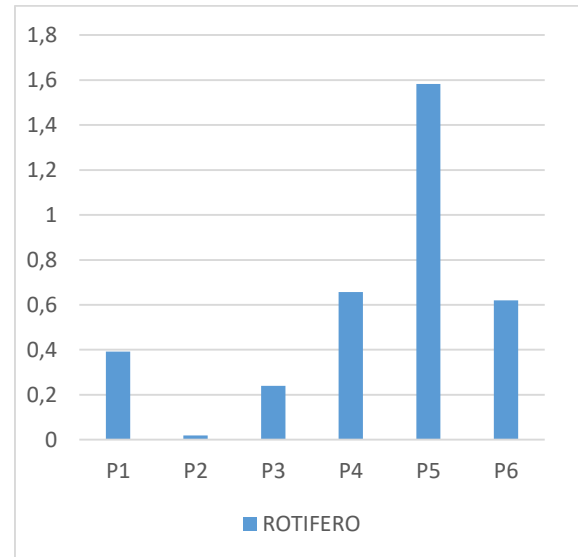


Figura 32: Índice de equitabilidade para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.

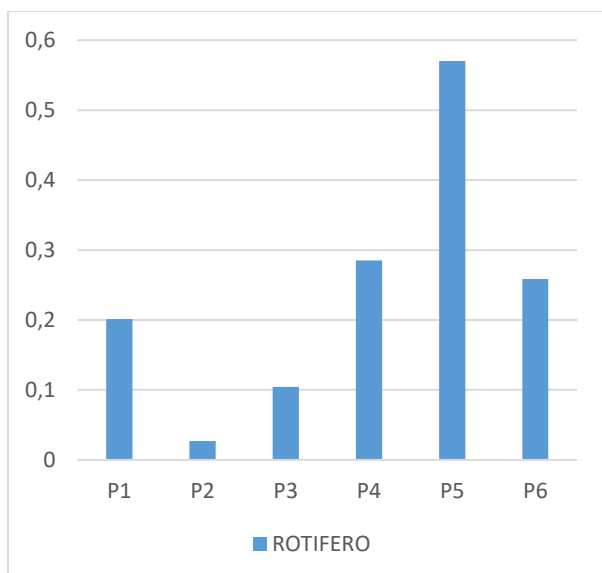
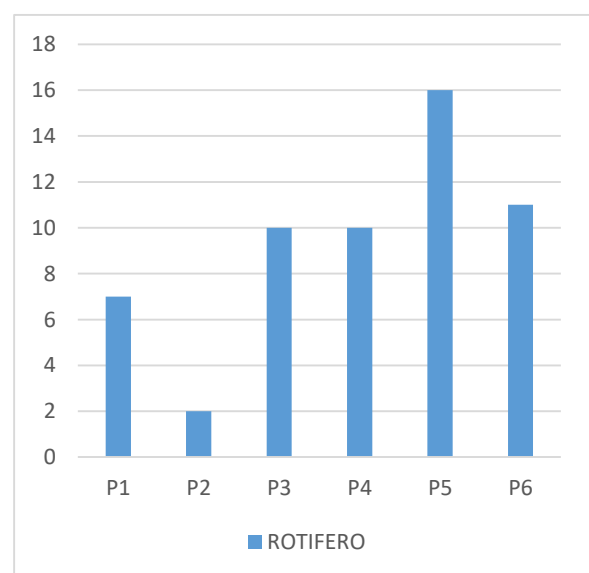


Figura 31: Índice de Chao-1 para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.



Considerando o mês de fevereiro onde os dois grupos estavam presentes, o índice de dominância (Figura 33) foi mais representativo para o grupo Cladocéro, exceto pelo ponto 1, esse fato é explicado considerando que o grupo cladocéro apresentou menor quantidade de

espécies do que o grupo Rotífero, principalmente nos pontos 3 e 4 onde a espécie predominante foi a *Diaphanosomas spinulosun*. O contrário do ponto 6, que apresentou menores densidades, porém duas espécies distintas. Desta forma como o grupo Rotífera apresentou maior variedade de espécies sua dominância foi menor e por consequência a diversidade deste grupo foi maior (Figura 34).

A equitabilidade (Figura 35) foi maior para o cladocero, indicando que este grupo é mais uniforme. O índice de Chao-1 (Figura 36) foi mais significativo pro Rotífero com isso pode-se afirmar que a riqueza desse grupo foi maior.

Figura 33: Índice de dominância para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.

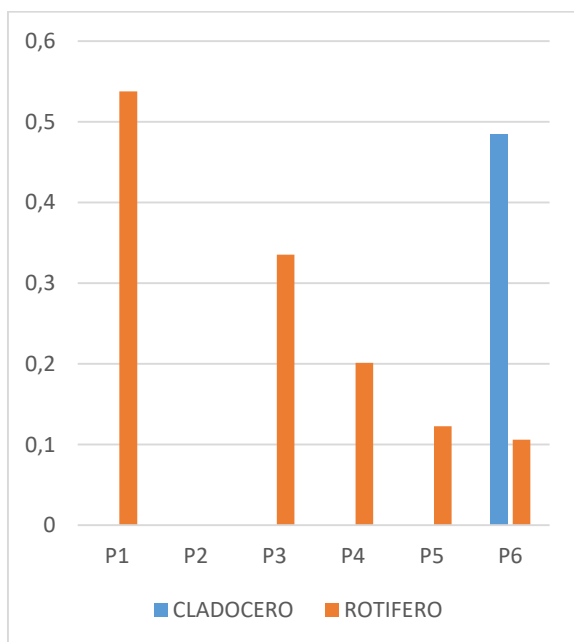


Figura 34: Índice de diversidade para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.

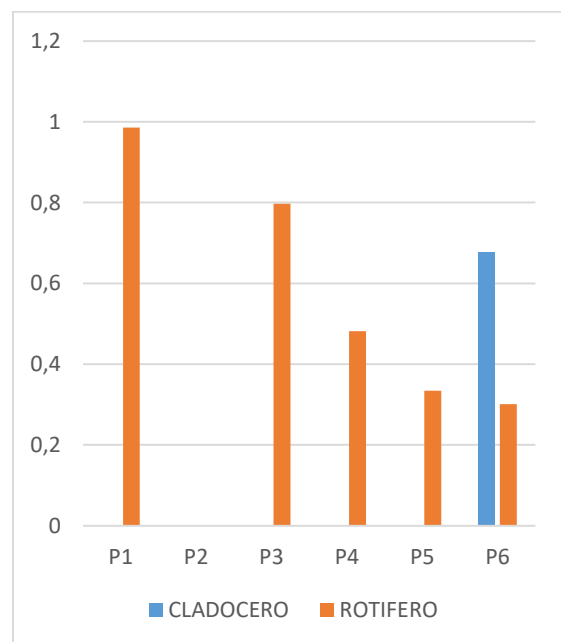


Figura 35: Índice de equitabilidade para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.

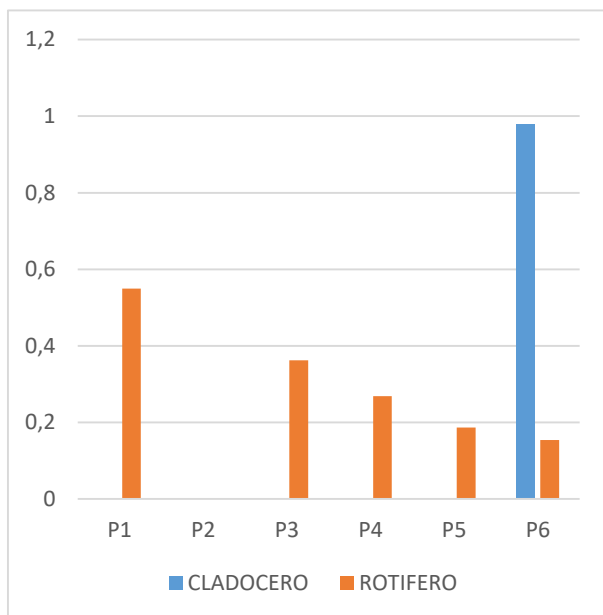
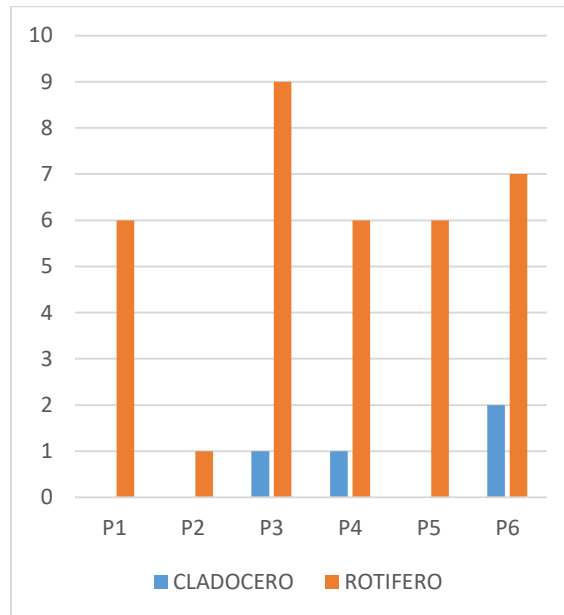


Figura 36: Índice de Chao-1 para cada ponto estudado referente ao mês de dezembro.



Diante das análises realizadas, obteve-se como bioindicador da comunidade zooplanctônica do subgrupo rotífera da espécie *Rotaria* sp., como resistente à poluição na bacia do rio Rio Jaguaribe, que apresentou densidades elevadas, principalmente no ponto 2 e ponto 3. As análises revelaram que estes pontos possuem características da presença de matéria orgânica, possivelmente proveniente de efluentes domésticos, logo este ambiente foi propício ao desenvolvimento da comunidade biológica, principalmente da espécie bioindicadora de poluição. Porém também é possível observar que no ponto 3 a água apresentou melhor qualidade, demonstrando que o rio melhora suas características quando passa pela mata do Buraquinho.

Foi possível perceber que os demais pontos analisados no Rio Jaguaribe apresentaram cargas consideráveis de poluentes, apesar de não apresentarem considerável densidades zooplanctônica. Com isso pode-se concluir que neste pontos (P4, P5 e P6) o ecossistema e a capacidade de autodepuração foram tão comprometidos que dificultou a presença do zooplâncton, assim é possível perceber que toda a biota do rio pode estar comprometida, por conta dos altos níveis de poluentes que são descarregados no mesmo diariamente.

Verifica-se que o rio apresenta piores condições de qualidade de água a partir do P3, pois até este ponto a comunidade zooplancônica apresentou maiores densidades e diversidade de indivíduos que nos pontos a jusante.

Sendo assim infere-se que até o ponto 3, apesar de toda poluição, o rio de certa forma ainda está em equilíbrio, pois permite o desenvolvimento da comunidade biológica. Diferente dos pontos P4, P5 e P6 que apresentaram níveis tão altos de poluição que a comunidade biológica demonstrou dificuldades em se estabilizar, ou seja neste pontos o ecossistema local já está completamente alterado pelos níveis de poluição.

Um estudo realizado por Reis (2016) avaliou indicadores de sustentabilidade nas bacias hidrográficas localizadas na cidade de João pessoa, entre elas a bacia do rio Jaguaribe, nesta bacia o estudo obteve como pior indicador da dimensão ambiental a qualidade da água, comprovado pelo monitoramento da qualidade da água da bacia, por meio deste monitoramento o autor pode afirmar que o maior impacto identificado para este indicador foi o lançamento de agentes poluentes proveniente de ligações clandestinas de esgoto doméstico pela população e até mesmo o lançamento indevido de esgoto bruto pela própria Companhia de água e esgoto do estado da Paraíba.

O autor ainda declara que em todas as estações de monitoramento da qualidade da água, indo da nascente até a foz do rio, praticamente todos os parâmetros analisados estavam fora das especificações do CONAMA 357. Os impactos identificados ao longo do curso do rio foram referentes a assoreamento, eutrofização, construção as margens do rio e o lançamento clandestino de esgoto doméstico.

Com relação a dimensão social, Reis (2016) destaca que o indicador de notificações de doenças de transmissão e veiculação hídrica teve o pior desempenho, pois foram detectados inúmeras ocorrências relativas a esse tipo de doença. Desta forma percebe-se a necessidade da ação das políticas públicas e a gestão correta da bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe, com a interrupção de todas as fontes de poluição e com a utilização de medidas de biorremediação, como macrófitas e biofilme, para minimizar os impactos da poluição hídrica.

5.5 Relação da vulnerabilidade socioambiental com a qualidade da água

Como já foi explanado o presente trabalho tem como um dos seus objetivos utilizar dados referentes a análise da qualidade da água como complemento para a análise do índice de vulnerabilidade socioambiental. A Tabela 13 demonstra relação entre os parâmetros da qualidade da água com os diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental.

Tabela 13: Relação entre os parâmetros da qualidade da água com os diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental.

	Variável biológica da qualidade da água	Vulnerabilidade socioambiental		
	Comunidade zoo. (ind/L)	Risco social	Risco ambiental	Vul. Socioambiental
P1	72,5	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO
P2	402,6	ALTO	BAIXO	MÉDIO
P3	299,4	ALTO	BAIXO	MÉDIO
P4	41,8	ALTO	ALTO	ALTO
P5	21,5	MÉDIO	MUITO ALTO	ALTO
P6	42	MÉDIO	MUITO ALTO	ALTO

Tendo em vista as análises biológicas realizadas para a indicação da qualidade da água os pontos que apresentaram maiores índices de poluição foram o P4, P5 e P6, isto torna-se perceptível quando se analisa a baixa densidade da comunidade zooplanctônica. Desta forma pode-se afirmar que nestes pontos o rio perdeu sua característica natural de tal forma que o ecossistema local está demasiadamente aletrado, e assim dificulta o desenvolvimento da comunidade biológica. O risco social nestes pontos variou de “Médio” para “Alto”, pois há um considerável adensamento populacional, assim como o abastecimento em grande parte das residências próximas a estas localidades é realizado por água de poço, destaca-se também que uma considerável parcela de domicílios particulares permanente localizados próximos a este pontos usam fossa rudimentar como forma de esgotamento sanitário, e outra parcela dos domicílios próximos estes pontos utilizam o rio para despejo do seu efluentes. O risco ambiental neste pontos variou de “Alto” para “Muito Alto”, já o risco social foi de “Médio” para “Alto” e a vulnerabilidade se manteve “Alta”.

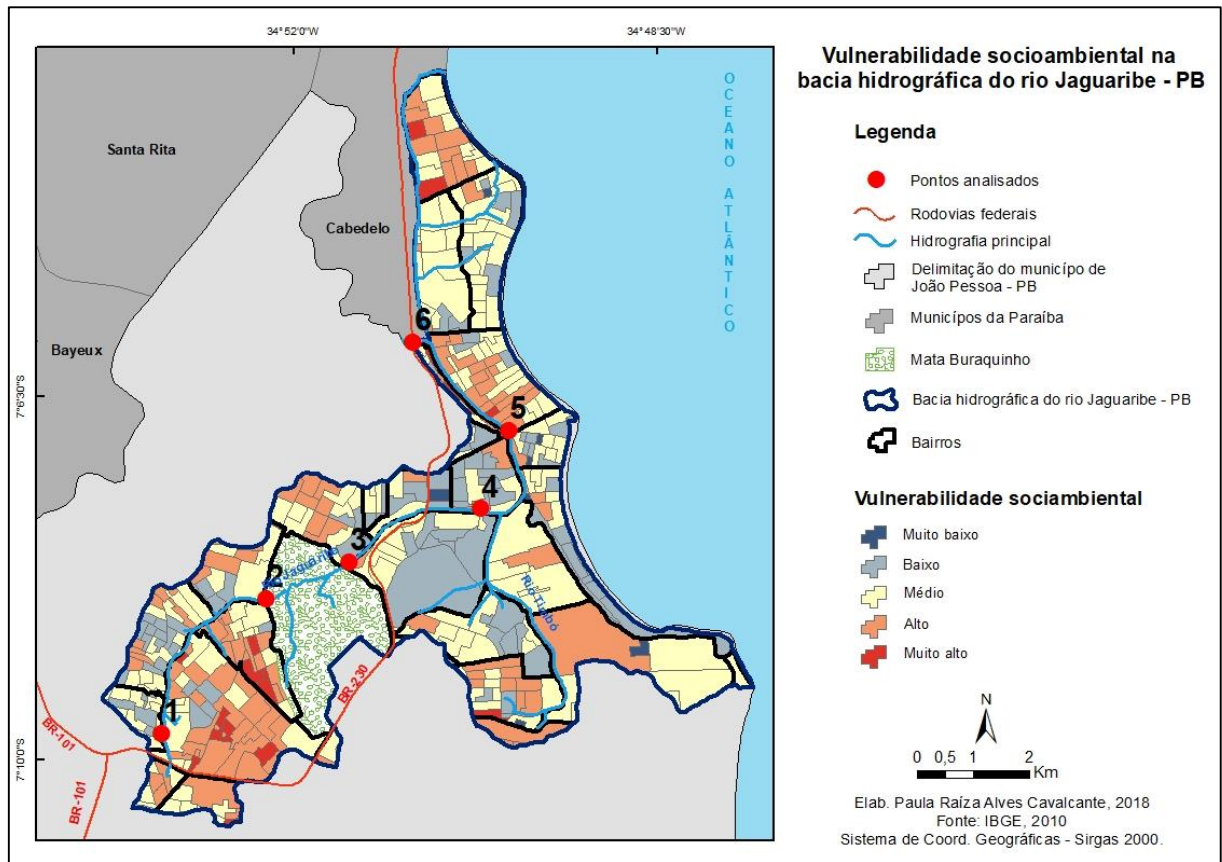
Os demais pontos também apresentaram características de poluição hídrica e a vulnerabilidade se manteve “Média”. No ponto P1 o risco social foi “Baixo”, este ponto está localizado próximo a nascente do rio Jaguaribe, vale salientar que plantas aquáticas em excesso no ambiente leva ao processo de eutrofização que é caracterizado pela presença de matéria orgânica em excesso que possivelmente é consequência do despejo de efluentes.

Nos pontos localizados próximos a mata do buraquinho, torna-se importante destacar que foram caracterizadas como “Alto” risco social, pois possuem um grande adensamento populacional, baixo rendimento médio nominal, e baixo nível de escolaridade, destacasse ainda que neste pontos há uma considerável concentração de setores censitário que usam o rio como forma esgotamento sanitário, depositando os efluentes no corpo hídrico sem nenhum tipo de tratamento prévio, salienta-se ainda que nesta mesma região muitos domicílios usam como forma alternativa de esgotamento sanitário fossa sépticas que contaminam o aquífero. Porém o risco ambiental nestas áreas foi “Baixo”, por conta disso a vulnerabilidade socioambiental nestes pontos se caracterizou como “Média”.

Desta forma a hipótese adotada no início do trabalho de que as áreas que apresentarem pior qualidade da água iriam representar maior grau de vulnerabilidade socioambiental foi aceita, pois os pontos que apresentaram pior qualidade de água foram aqueles que apresentaram maior índice de vulnerabilidade socioambiental. Este fato pode ser explicado considerando a falta de saneamento básico nestas localidades, que torna a água mais poluída e caracteriza valores consideráveis para o risco social, já que neste caso foram adotados variáveis referentes a saneamento básico. O risco ambiental também apresentou valores consideráveis, demonstrando que essas áreas possuem características que podem torna-las impróprias para habitação.

A figura 37 demonstra a sobreposição dos pontos em que foi feito a análise da qualidade da água com o mapa que demonstra os diferentes graus de vulnerabilidade socioambiental.

Figura 37: Representação do grau de vulnerabilidade socioambiental com os pontos em que se realizou a análise da qualidade da água.



6 CONCLUSÃO

O mapeamento das áreas de vulnerabilidade socioambiental demonstra as fragilidades sociais e ambientais existem nas localidades, desta forma permite-se a busca por soluções que venham a minimizar as consequências dessas fragilidades.

Na bacia do Jaguaribe a vulnerabilidade socioambiental foi proveniente do adensamento populacional, das condições econômicas, da escolaridade e da falta de saneamento básico, bem como das condições naturais do terreno, representado pelo risco ambiental. Com isso o grau de vulnerabilidade “Alto” e “Muito Alto” apresentou um considerável adensamento nos bairros próximos a nascente do rio Jaguaribe e em algumas localidades próximas a orla marítima da cidade de João Pessoa, mais precisamente entre os bairros: Bessa, Manaíra, Varjão, Cristo Redentor e João Paulo II.

Considerando as bacias hidrográficas presentes em centros urbanos a qualidade da água torna-se um fator importante, sendo que a poluição hídrica além de alterar as condições do ecossistema local, interfere na questão da saúde pública, pois pode proporcionar a proliferação de doenças. O comparativo feito, tendo em vista a qualidade da água no rio Jaguaribe e o grau de vulnerabilidade socioambiental demonstrou que existe uma tendência da performance vulnerabilidade socioambiental com o a qualidade da água local, sendo que os locais que apresentaram pior índice de qualidade da água coincidiram com os locais que apresentaram maior grau de vulnerabilidade socioambiental.

O grau de vulnerabilidade socioambiental pode ser mitigado com o auxílio de políticas públicas que venha a amparar a parcela da sociedade que está exposta aos altos índices de vulnerabilidade e risco socioambiental. Algumas medidas que poderia auxiliar neste processo seriam:

- Condição de saneamento básico em todo o território da bacia, pois como foi observado existem localidades na bacia do rio Jaguaribe que não possuem as condições básico para a manutenção da saúde e do bem-estar da população, como esgotamento sanitário e coleta de lixo.
- Retirar a população residente em áreas com considerável nível de risco ambiental, um dos grandes problemas desta medida é que a população cria laços afetivos aos locais que vivem e em muitos casos por mais que saibam do risco existente na localidade preferem não deixar o ambiente. Neste caso o mínimo que se pode fazer é buscar

medidas alternativas, como alertar da existência de pequenos sinais, como por exemplo a presença de rachaduras se o local for suscetível a desabamento, alertar de grandes chuvas, se o lugar for passível a inundações;

- Buscar medidas que minimizem os impactos causados pelos grandes empreendimentos que estão espalhados pela bacia do Jaguaribe, assim como estudar a possibilidades da retirada dos mesmo caso estejam localizados em áreas de alto ou muito alto risco ambiental.
- Melhorar a condição de fiscalização na bacia do Jaguaribe, tendo em vista que existem muitos despejos clandestinos de efluentes no rio Jaguaribe.
- Realizar palestras e ações referentes a educação ambiental, por meio disto a população terá conhecimento dos riscos ambientais existentes e também entenderá a necessidade da proteção do corpo hídrico, este sistema poderia evitar a poluição hídrica causada por despejos de efluentes pela população, e poderia diminuir os níveis de risco social;
- Elaboração de um plano emergencial caso a população fique exposta as fragilidades existentes nas áreas de vulnerabilidade socioambiental;
- Aplicar a legislação existem no plano diretor da cidade de João Pessoa, que adotou como Zona de proteção especial a área de várzea do rio Jaguaribe.

Ponderando as análises feitas para o presente trabalho, propõe-se algumas medidas para a melhor interpretação dos dados, bem como:

- Complementar a análise da qualidade da água por meio da utilização de parâmetros físico-químicos, para que desta forma seja possível uma análise mais completa do ambiente poluído;
- Realizar uma análise temporal da vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do rio Jaguaribe, considerando o banco de dados do IBGE nos anos de 2000 e 2010, para facilitar a interpretação das variáveis utilizadas e entender de forma mais direta como ocorreu o processo de urbanização da bacia, assim como compreender de que forma esse processo interferiu no grau de vulnerabilidade socioambiental.

REFERÊNCIAS

APHA, AWWA & WPCF. **Standard methods for the examination of waster and waster-water**. 18 ed. New York, APHA/AWWA/WPCF, 1193p , 1998.

ALVES, H. P. F. Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. In: **Revista Brasileira de Estudos da População**. v. 30. n. 2. São Paulo, 2013.

ALVES, H. P. F. Desigualdade ambiental no município de São Paulo: análise da exposição diferenciada de grupos sociais a situações de risco ambiental através do uso de metodologias de geoprocessamento. In: **Revista Brasileira de Estudos da População**. v. 24. n.2. São Paulo, 2007.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. In: **Revista Brasileira de Estudos da População**. v. 23. n.1. São Paulo, 2006.

ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. In: **São Paulo em Perspectiva**. v. 20, n. 1. São Paulo: Fundação Seade, 2006.

ALVES, Clayriston S.; FARIAS, Maria S. Sobral De; ARAÚJO, Aline De F. Levantamento dos impactos ambientais a bacia do Jaguaribe em João Pessoa e suas possíveis ações Mitigatórias. **Centro Científico Conhecer - ENCICLOPÉDIA BIOSFERA** , Goiânia, v. 5, n. 8, p. 1-10, jan. 2009. Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2009B/levantamento%20dos%20impactos.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

ALBA-TERCEDOR J. 1996. **Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos**. IV SIAGA, Almeria, vol. II: 203-213

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia). São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, 2010.

ALMEIDA, L. Q.; CARVALHO. **Representações, riscos e potencialidades de rios urbanos: análise de um (des) caso histórico**. Caminhos de Geografia. v.11, n.34, set/2007, p.145-161.

ARAÚJO, M. E. **Estudo Geomorfológico do extremo Sul do Litoral da Paraíba**. 142f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 1993.

ASSAD, Leonor. **Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento**. *Cienc. Cult.* [online]. 2013, vol.65, n.2, pp.06-09. ISSN 2317-6660. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252013000200003>. Acesso em: 5 de set. de 2018

BARROS, R.S.M., 2007. **Medidas de Diversidade Biológica**. Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais – PGECOL. Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Juiz de Fora, MG, 13p.

BARBOSA, A. Gomes. **Produção do espaço e transformações urbanas no litoral sul de João Pessoa – PB**. Dissertação (Mestrado em geografia). Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia da UFRN, 2005.

BRASIL. RESOLUÇÃO n. 357, de 17 de mar. de 2005. CONAMA. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. p. 1-27, mar. 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018.

BRASIL. Lei no 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1970-1979/lei-6766-19-dezembro-1979-366130-norma-pl.html>. Acesso em 20 de set. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Novo código florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-norma-pl.html>. Acesso: 20 de set. de 2018.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2.ed.Iowa: Wm. C. Brown Company, 1984.

CARTIER, R.; BARCELLOS, C.; HÜBNER, C. PORTO, M. F. Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. Caderno de Saúde Pública. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, 2009.

COELHO-BOTELHO, M. J. 2002. **Influência da transposição das águas do reservatório Billings para o reservatório Guarapiranga (São Paulo) na comunidade zooplancônica. I. Período chuvoso (1997 a 2001)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 24. Resumos...Itajaí: [s.n.].

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – **CEPAL**. Sociodemographic vulnerability: old and new risks for communities, households and individuals. Summary and conclusions. Brasília: UNA, 2002.

COSTA, Lucia M. et al. **Rios Cariocas**. In: Encontro Nacional de Ensino de Paisagismo em Escolas de Arquitetura e Urbanismo,VI, Recife, 2002. Anais... Recife: [S.I.], 2002.

COLWELL, R.; CODDINGTON, J.A. **Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation**. Philos. Trans. R. Soc. London B series, London, v. 345, p. 101-118,1994.

CUNICO, Camila. **Do risco à adaptação: a identificação da vulnerabilidade socioambiental de Curitiba – PR**. 269 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI, Salvador Junior. Climatologia e Estudos da Paisagem Rio Claro - Vol.2 - n.2 - julho/dezembro/2007.

DIEB, Marília de Azevedo; MARTINS, Paula Dieb. DESENVOLVIMENTO, CRISE E RESISTÊNCIA: QUAIS OS CAMINHOS DO PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL?: SESSÕES TEMÁTICA 7 : CIDADE E HISTÓRIA. In: ENANPUR, XVII., 2017, São Paulo. **O Rio Jaguaribe e a história urbana de João Pessoa/Pb: da harmonia ao conflito** ... São Paulo: [s.n.], 2017. p. 1-22. Disponível em: <http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR_Anais/ST_Sessoes_Tematicas/ST%207/ST%207.8/ST%207.8-03.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018.

DONHA, Annelissa G.; SOUZA, Luiz C. de P.; SUGAMOSTO, & Maria L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. v.10, n. n.1, p. 175-181, out. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n1/v10n1a26>>. Acesso em: 19 set. 2018.

EDMONDSON, W. T., Rotifera. In: EDMONDSON, W. T. (ed.). **Freshwater Biology**. New York: John Wiley & Sons, p. 420-494, 1959.

EGLER, C. A. G. Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira. In: **Revista Território**. v. 1. Rio de Janeiro: LAGET/UFRJ, 1996.

EL MOOR-LOUREIRO, L. M. A. , 1997. **Manual de identificacao dos cladoceros limnicos do Brasil**. Brasília: UCB, 100 p.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde. Brasília .2014.

GORSKI, Maria Cecilia Barbieri. **Rios e cidades: ruptura e reconciliação**. 2008. 243 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

HARNER J, Warner K, Pierce J, Huber T. Urban environmental justice indices. *Prof Geogr* 2002; 54: 318-31.

HAN et al. **Why is *Diaphanosoma* (Crustacea: Ctenopoda) so common in the tropics? Influence of temperature and food on the population parameters of *Diaphanosoma dubium*, and a hypothesis on the nature of tropical cladocerans**. *Hydrobiologia* (2011) 668:109–11.

HANEY, J.F; HALL, D.J. **Sugar-coated Daphnia: A preservation technique for Cladocera**. *Limnol. Oceanogr*. 18:331 -333. 1973.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultados do universo por setor censitário**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JACOBI, Pedro. Dilemas socioambientais na gestão metropolitana: do risco à busca da sustentabilidade urbana. **Política & Trabalho**, [S.l.], n. 25, p. 115-164, out. 2006. Disponível

em: <<http://www.periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/politicaetrabalho/article/view/6742/4181>>. Acesso em: 28 ago. 2018.

JACOBI, P. **Impactos socioambientais urbanos – do risco à busca de sustentabilidade**. In: MENDONÇA, F. A. (org.). Impactos Socioambientais Urbanos. Curitiba: UFPR, 2004.

JAMARILLO, Samuel. **Crise dos meios de consumo coletivo e capitalismo periférico**. Tradução: Adriana Batistuzzo. Espaço e Debates. São Paulo, v. 6, n. 18, p. 19-39, 1986.

JOHNSON, N. L.; KOTZ, S. **Encyclopedia of statistical science**, v.2. New York: John Wiley, 1988.

KAZTMAN, R.; BECCARIA, L.; FILGUEIRA, F.; GOLBERT, L.; KESSLER, G. **Vulnerabilidad, activos y exclusión social en Argentina y Uruguay**. Santiago de Chile: OIT, 1999.

KOSTE, W, 1972. Rotatorien aus Gewässern Amazoniens. **Amazoniana**, v. 3, n. 3/4, p. 258-505.

KOSTE, W. **Rotatoria: Die Radertiere Mitteleuropas ein Bestimmungswerk begründet von Max Voigt: Monogononta**. Berlin: Gerbruder Borntraeger, 1147 p, 1978

LACERDA, L. D. e MALM O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: Uma análise das áreas críticas. PP. 173-190. **Estudos Avançados**. Vol. 22 (63) 336 pp. USP. 2008.

LI, et al.; **Biomonitoring and Bioindicators Used for River Ecosystems: Definitions, Approaches and Trends**, International Society for Environmental Information Sciences 2010 Annual Conference (ISEIS). 1510–1524, 2010.

LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP. 143p. 1976.

MACEDO, S. S. **Os espaços livres de edificação e o desenho da paisagem urbana**. In: II SEDUR - Seminário sobre Desenho Urbano no Brasil. Anais. São Paulo: FAPESP, 1986.

MARINHO, E. G. A. **Bases geológicas e geomorfológicas das organizações espaciais no município de João Pessoa (PB)**. 318f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

MENDONÇA, F. A. **Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Curitiba: Ed. da UFPR, n.10, p.139-148, jul./dez. 2004.

MENDONÇA, Francisco de Assis; LEITÃO, Sanderson Alberto Medeiros. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **GeoTextos** , [S.l.], v. 4, n. 1 e 2, p. 145-163, jan. 2008. Disponível em: <<https://rigs.ufba.br/index.php/geotextos/article/download/3300/2413>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

MELO, Antonio S. T. (Org); ALVES, Euzivan L.; RODRIGUEZ, Janete L.; TAVARES, Marceluze A.; DANTAS, Maria A. C.; GUIMARÃES, Maria M. M.; GOMES, Rosa L. P.; HECKENDORFF, Wolf D. **Os Aglomerados Subnormais dos vales do Jaguaribe e do Timbó: Análise geo-ambiental e qualidade do meio ambiente.** Relatório de Pesquisa. João Pessoa: Centro Universitário de João Pessoa – Unipê – Dept. De Geografia, 2001.

MOREIRA, Raquel Aparecida. **Estudos biológicos e ecotoxicológicos da espécie *Philodina roseola* Ehrenberg, 1830 (Rotifera, Bdelloidea).** São Carlos : UFSCar, 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2014.

OLIVEIRA, Francisco Borges de. **Degradação do meio físico e implicações ambientais na Bacia do Rio Jaguaribe – João Pessoa – PB.** 2001.xii, 93 folhas. il. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2001.

PAGANO. Feeding of tropical cladocerans (*Moina micrura*, *Diaphanosoma excisum*) and rotifer (*Brachionus calyciflorus*) on natural phytoplankton: effect of phytoplankton size–structure. **Journal Of Plankton Research** 30 (4): 401–414, 2008

PESSOA, Zoraide Souza. **A metrópole periférica: Identidade e vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Natal-Rn/Brasil** . 2012. 306 p. Tese (Programa de Doutorado em Ambiente e Sociedade do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas e ao Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais da Universidade Estadual de Campinas)- Instituto De Filosofia E Ciências Humanas, Universidade Estadual De Campinas, Campinas/SP, 2012.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. **Conceitos de bacias hidrográficas : teorias e aplicações.** Editores Alexandre Schiavetti, Antonio F. M. Camargo. - Ilhéus, Ba : Editus, 2002. 293p. : il.

PIELOU, E.C. **Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession.** Journal Theory Biology, v. 10, p. 370-383, 1966.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados** , [S.l.], v. 22, n. 63, p. 43-60, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a04.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2018.

PORATH, S. L. **A paisagem de rios urbanos: a presença do rio Itajaí-Açu na cidade de Blumenau.** (Dissertação de Mestrado). Florianópolis: POSARQ - UFSC. 2003.

PREPAS E. (1978) **Sugar-frosted Daphnia: an improved fixation technique for Cladocera.** **Limnol.** Oceanogr., 23, 557-559.

MEDEIROS, Carlos Augusto de. **Estatística aplicada à educação.** Brasília : Universidade de Brasília, 2007. 130 p. : il. Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica.

RAMOS, Ana Paula Marques et al. Avaliação qualitativa e quantitativa de métodos de classificação de dados para o mapeamento coroplético. **Revista Brasileira de Cartografia** , [S.l.], v. 3, n. Nº 68, p. 609-629, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1296>>. Acesso em: 20 set. 2018.

RICCI C. Cultivo de alguns rotíferos. Bdelloid. **Hydrobecia** 112: 45–51. 1984.

RICCI C. Capacidades anidrobióticas de rotíferos bdelloid. **Hidrobiologia** 387/388 : 321-326. 1998.

RUTTNER - KOLISKO A. 1954 – **Psammonstudien II. Das Psammon des Erken in Mittelschweden.** – Osterr. Akad. Wiss. Math.-Nat. K1. Sitzungsber. 163: 301–324. (in German).

REID, J. W. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea: Copepoda).

REIS, A. L. Q. **Índice de sustentabilidade em uma bacia ambiental: uma abordagem para a gestão e planejamento da conservação e preservação dos rios urbanos de João Pessoa (PB).** 2016. 260 p. Tese (Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal da Paraíba,). João Pessoa/PB. 2016.

ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Atlas do zooplâncton (Represa do Broa, São Carlos).** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 68 p, 1976.

ROCHA, O.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J. G. Seasonal Fluctuation of *Argyrodiaptomus furcatus* populations in Lobo reservoir (São Carlos, SP-Brazil). **Tropical Ecology**, 23 (1): 134-150, 1982. **Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo** 9: 17-43.

SPIRN, Anne W. **O Jardim de granito: a Natureza no desenho da cidade.** São Paulo: Edusp, 1995.

SANDERS, MS.; McCORMICK, E. J. Human Error, Accidents, and Safety. In: SANDERS, M.S.; McCORMICK, E. J. Human Factors in Engineering and Design. 7ª ed. New York: McGraw-Hill, 1993. Chap. 20, p. 655-695.

SANTOS, Caio Lima dos. **Análise da suscetibilidade a ocorrência de enchentes e inundações na bacia do rio Jaguaribe – João Pessoa/PB.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Recife, 2016.

SANTOS, Jocélio Araújo dos. **Análise dos riscos ambientais relacionados às enchentes e deslizamentos na favela São José, João Pessoa PB .** 2007. 117 p. Dissertação (Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGG.)- Universidade Federal da Paraíba-UFPB., João Pessoa/PB, 2007. Disponível em:<http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/analise_dos_riscos_ambientais.pdf>. Acesso em: 13 set. 2018

SANTOS, ALEXANDRE R. DOS. **Caraterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa, MG .** 2001. 143 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola.) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001. Disponível em:

<http://file:///C:/Users/paula/Google%20Drive/UFPB/TCC/Artigos%20rios%20urbanos/Tese_Doutorado_Prof_Alexandre_Rosa_Santos_unlocked.pdf>. Acesso em: 25 set. 2018.

SEGRS, H. **Rotifera: Monogononta**. In: YULE, C.M.; YONG, H.S. (Ed.). *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region*. Kuala Lumpur: Academy of Sciences of Malaysia, 2004. p.106-120.

SILVA, W. M., 2003. **Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de agua doce do estado de Sao Paulo: taxonomia, ecologia e genetica**. Mestre (Doutorado), Universidade Federal de Sao Carlos, 154 p.

SILVA, A.M.A.; MEDEIROS, P.R.; CRISPIM, M.C.B.; BARBOSA, J.E.L. Diel vertical migration and distribution of zooplankton in a tropical Brazilian reservoir. **Biotemas**, **22** (1): 49-57, 2009

SILVA, P. V.; PINTO, A. L.; CARVALHO, E. M.; PIROLI, E. L. A visão sistêmica na gestão de bacias hidrográficas. Anais... XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, Maceió, 2011. p. 1-15.

SILVA, W. M.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Taxonomy, ecology and geographical distribution of the genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) in Sao Paulo State, Brazil, with description of a new species. **Brazilian Journal of Biology** **65** (3): 521-531, 2005.

SILVIA, Regina. A revitalização do centro histórico de João Pessoa: uma estratégia para a reprodução do capital (versão corrigida). Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Letras e ciências humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. São Paulo, 2016.

SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente. Serviços públicos. João Pessoa, 2018. Disponível em: <<http://sudema.pb.gov.br/servicos/servicos-ao-publico/jardim-botanico>>. Acesso em: 02 out. 2018.

TAGLIANI, C. R. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11., 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: INPE, 2003. p.1.657-1.664.

TORRES, H. **A demografia do risco ambiental**. In: TORRES, H.; COSTA, H. (Orgs.). *População e meio ambiente: debates e desafios*. São Paulo: Editora Senac, 2000, p.53-73.

TUCCI, CARLOS E. M. PROCESSOS HIDROLÓGICOS N A TURAIS E TURAIS E TURAIS E ANTRÓPICOS. In: TUCCI, CARLOS E. M.; MENDES, CARLOS ANDRÉ. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica** . 2.ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente / SQA, 2006. cap. 1, p. 15-99. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2018.

TUNDISI, J.G.; BICUDO, C.E.; TUNDISI, T.M., eds. *Limnology in Brazil*. Rio de Janeiro: **Brazilian Academy of Sciences Brazilian Limnological Society**, 1995. p. 195-217

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. p.76.

UMBELINO, G. J. M. **Proposta metodológica para a avaliação da população residente em áreas de risco ambiental: o caso da bacia hidrográfica do Rio da Onça/MG.** 2006. Dissertação (Mestrado em Demografia) - CEDEPLAR, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

VEYRET, Y. **Os riscos – o homem como agressor e vítima do meio ambiente.** São Paulo: Contexto, 2007

VEYRET, Y.; MESCHINET DE RICHEMOND, N. O risco, os riscos. In: VEYRET, Y. (Org.) Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

VIEIRA, Ana Carolina Brito. **A dinâmica do zooplâncton em um reservatório profundo do semi árido brasileiro:** influência da alimentação, do clima e da sazonalidade. 2016. 191 pag. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade federal da Paraíba- 2016.

YASSUDA, E. R. **Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais.** Rev. Adm. Púb., v.27, n.2, p.5-18, 1993.