

# APLICAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA ELABORAÇÃO DO ÍNDICE DE DILUIÇÃO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS NO ESTADO DA PARAÍBA

Elba Magda de Souza Vieira <sup>1</sup>  
Jessica Kaori Sasaki <sup>2</sup>  
Bervylly Lianne de Farias Santos <sup>3</sup>  
Lorena Rayssa Cunha França <sup>4</sup>

## RESUMO

A carência da coleta e tratamento de esgoto no Brasil resulta em uma parcela relevante de carga poluidora que é despejada em corpos hídricos, gerando consequências negativas aos diversos usos dos recursos hídricos. Analisar a capacidade de diluição dos corpos receptores, e as cargas remanescentes (tratadas ou não) dos esgotos domésticos urbanos que estes corpos recebem, é de suma importância para avaliar a qualidade dos corpos hídricos, e se esses são capazes de diluir as cargas orgânicas que recebem sem influenciar na classe de enquadramento à que pertence. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é aplicar as ferramentas do Sistema de Informações Geográficas (SIG) para auxiliar na confecção de um Índice de Diluição de Esgotos (IDE) nos corpos receptores do estado da Paraíba. Para isso, utilizou-se de metadados coletados da Agência Nacional de Águas, com o intuito de gerar mapas a partir da modelagem dos dados selecionados. O mapa do IDE apresentou que 39% dos municípios paraibanos são classificados como “Bom”, 26% como “Regular”, 17% como “Péssimo”, 16 % como “Ruim” e 2% como “Excelente” em relação à diluição de esgoto em corpos receptores. Embora a maioria dos municípios possuam um IDE “Bom”, as principais cidades paraibanas apresentaram um IDE “Péssimo”, demonstrando que investimentos devem ser realizados no setor do saneamento básico, a fim de aumentar a quantidade de esgotos coletados e tratados, reduzindo a carga remanescente destes efluentes. O uso do SIG constitui-se em uma excelente ferramenta no auxílio à tomada de decisão, sobretudo para ações do poder público.

**Palavras-chave:** Índice de diluição dos esgotos, Sistema de Informações Geográficas, Carga remanescente, Tomada de decisão.

## INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997, estabelece a gestão das águas no Brasil, baseando-se no atendimento ao uso múltiplo das águas e na gestão por bacias hidrográficas. A PNRH apresenta como um de seus

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, [elba.msv8@gmail.com](mailto:elba.msv8@gmail.com);

<sup>2</sup> Mestranda do PPGECA – UFCG, [jessिकाaori@hotmail.com](mailto:jessिकाaori@hotmail.com);

<sup>3</sup> Mestranda do PPGECA – UFCG, [bervylly.santos@gmail.com](mailto:bervylly.santos@gmail.com);

<sup>4</sup> Mestranda do PPGECA – UFCG, [lorenarayssacf@gmail.com](mailto:lorenarayssacf@gmail.com).

objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

No que diz respeito às diretrizes da PNRH, estas devem considerar questões relacionadas ao controle da poluição hídrica, sendo de vital importância a integração entre políticas públicas visando alcançar os objetivos de ambas (ANA, 2017). Assim, a Lei Federal nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, torna-se necessária para que ocorra essa integração, abordando diretrizes para a adoção da bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento das ações e a necessidade de compatibilização dos planos de saneamento com os planos de bacia.

A disposição inadequada dos esgotos urbanos é de suma importância quando se trata em qualidade e poluição de águas (LIMA, 2019), tornando o sistema de esgotamento sanitário um dos serviços de saneamento que mais carece de análises e soluções, principalmente no que diz respeito a gestão dos recursos hídricos (ANA, 2017). Ainda de acordo com Lima (2019), o crescimento e a ocupação desordenada dos centros urbanos, onde a expansão urbana cresce mais rapidamente do que a prestação de serviços de saneamento consegue ser executados, faz com que haja um aumento na pressão da rede hídrica disponível.

A carência da coleta e tratamento de esgoto no Brasil resulta em uma parcela relevante de carga poluidora que é despejada em corpos hídricos, gerando consequências negativas aos diversos usos dos recursos hídricos (ANA, 2017). De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), que tem como ano base 2017, 52,4% dos municípios cujos prestadores de serviços responderam ao SNIS, possuem índice de atendimento total com rede de esgoto; já o índice de atendimento urbano com rede de esgotos é de 60,2%. No que diz respeito ao índice médio de tratamento dos esgotos coletados, que representa a parcela do volume de esgotos tratado em relação ao volume de esgotos coletado, era igual a 73,7% em 2017.

O despejo inadequado de esgotos domésticos nos corpos hídricos sem tratamento ou em discordância com as legislações vigentes para lançamento de efluentes, acarreta na poluição dos recursos hídricos, podendo inviabilizar o uso dessas águas a jusante do ponto de lançamento. Isso ocorre principalmente em áreas urbanas (LIMA, 2019; ÁVILA, 2018).

Diante desse contexto, analisar a capacidade de diluição dos corpos receptores, bem como as cargas remanescentes (tratadas ou não) dos esgotos domésticos urbanos que estes corpos recebem, é de suma importância para avaliar a qualidade dos corpos receptores, e se

esses são capazes de diluir as cargas orgânicas que recebem sem influenciar na classe de enquadramento à que pertence.

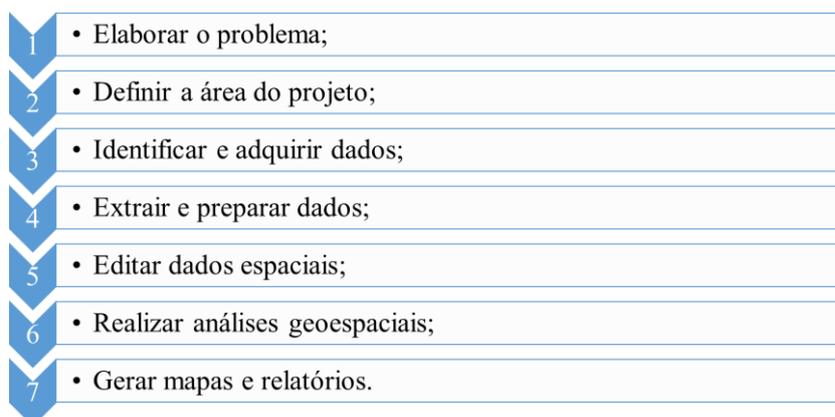
Algumas ferramentas podem auxiliar no estudo e avaliação dos corpos receptores, como é o caso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). De acordo com Loh e Tapaneeyakul, (2012), SIGs são sistemas de *hardware*, *software*, dados, pessoas, organizações e arranjos institucionais para coletar, armazenar, analisar e disseminar informações sobre áreas da Terra.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é aplicar as ferramentas do Sistema de Informações Geográficas para auxiliar na confecção de um índice de diluição de esgotos nos corpos receptores do estado da Paraíba. Para isso utilizou-se de metadados coletados da Agência Nacional de Águas (ANA), com o intuito de gerar mapas a partir da modelagem dos dados selecionados.

## METODOLOGIA

A pesquisa seguiu a metodologia de Loh e Tapaneeyakul (2012), em que as etapas para a resolução de problemas ambientais envolvendo as ferramentas do SIG estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1 - Etapas para a resolução de problemas ambientais envolvendo as ferramentas do SIG



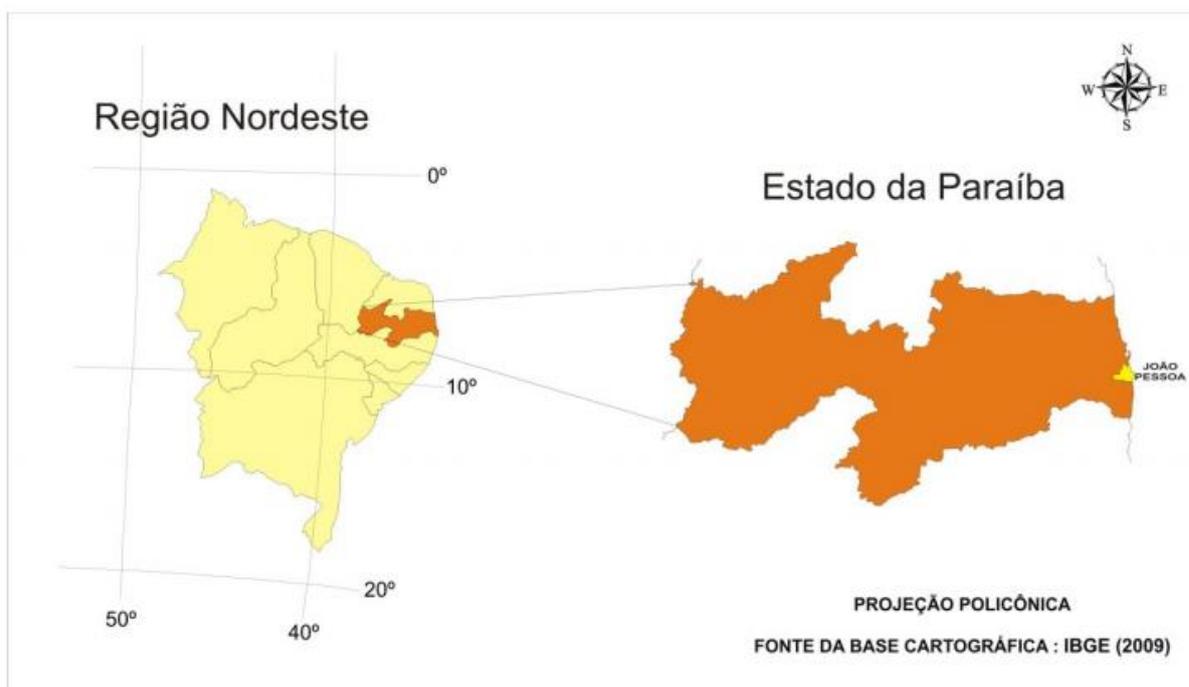
Fonte: Autoria Própria.

### - Área de estudo

O Estado da Paraíba, localizado na região Nordeste do Brasil (Figura 2), limita-se com três estados: ao norte, com o Rio Grande do Norte; ao sul, com Pernambuco; e à oeste com o Ceará; além do Oceano Atlântico ao leste. Tem território dividido em 223 municípios, apresentando uma área total de 56.372 km<sup>2</sup>, que corresponde a 0,662% do território nacional.

Encontra-se posicionado entre os paralelos 6°02'12" e 8°19'18"S, e entre os meridianos de 34°45'54" e 38°45'45"W (FRANCISCO, 2010). A capital do estado é João Pessoa, e outras cidades importantes são Campina Grande, Santa Rita, Bayeux, Guarabira, Patos, Pombal, Sousa, Cajazeiras, Cabedelo e Bananeiras.

Figura 2 - Localização da área de estudo



Fonte: Francisco (2017).

A cobertura vegetal é caracterizada por formações florestais definidas, como caatinga arbustiva arbórea aberta, caatinga arbustiva arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, tabuleiro costeiro, mangues, mata-úmida, mata semidecidual, mata atlântica e restinga (FRANCISCO, 2010).

No que diz respeito à pluviometria, o Estado da Paraíba é caracterizado por dois regimes de chuvas, um de fevereiro a maio, nas regiões do Alto Sertão, Sertão e Cariri/Curimataú; e o outro de abril a julho, no Agreste, Brejo e Litoral (FRANCISCO, 2017).

A Paraíba encontra-se inserida na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental. Em se tratando apenas das bacias hidrográficas do estado, a Paraíba é abrangida por um conjunto de onze bacias, sendo as duas maiores a do rio Piranhas, que cobre 26 047,99 km<sup>2</sup> de área, e a do Rio Paraíba, com uma área de 20 071,83 km<sup>2</sup>, respectivamente.

### - Coleta de dados

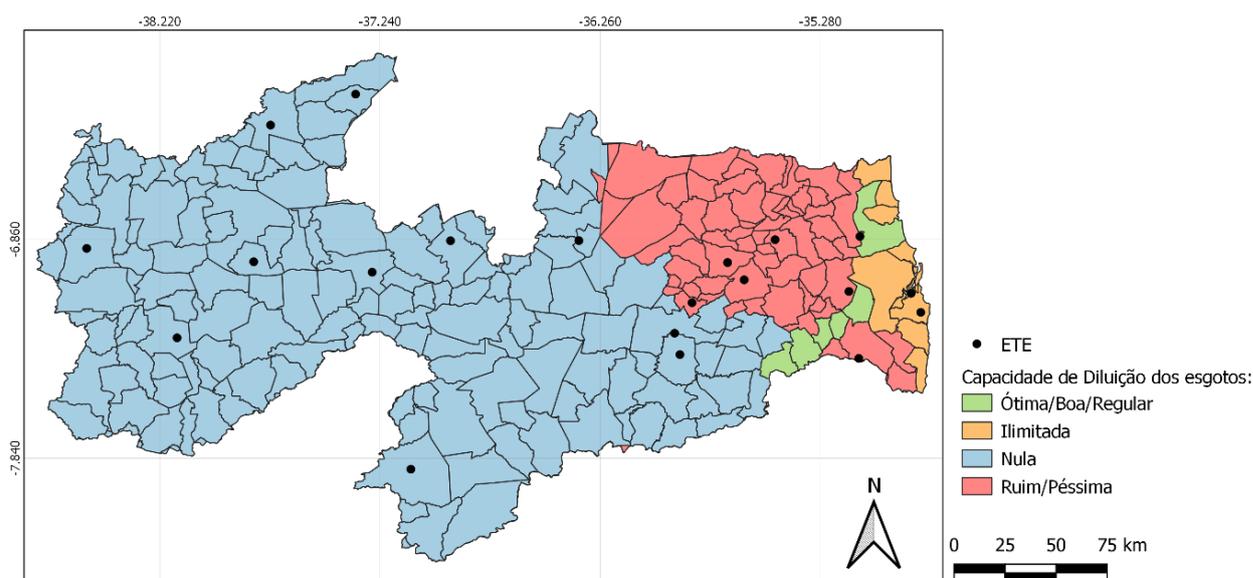
Para realização da pesquisa, foram utilizados os metadados do banco de dados da Agência Nacional das Águas (ANA). Foram realizados os downloads das *shapefiles* “Estação de Tratamento de Esgoto”, “Remoção da Carga de Esgotos Gerada na Sede Municipal”, “Capacidade de Diluição dos Esgotos por Município” e a planilha “Dicionário de Dados” (Descrição dos Campos das Tabelas de Atributos), disponíveis no link (<https://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01>).

### - Elaboração do Índice de Diluição dos Esgotos no estado da Paraíba

A construção do Índice de Diluição dos Esgotos (IDE) foi realizada através da manipulação dos dados espaciais disponibilizados pela ANA. Utilizou-se a ferramenta QGis versão 3.6.0 e, sendo o QGis um *software* livre, com código fonte aberto, a utilização do índice desenvolvido pode ser de fácil acesso a outros usuários interessados.

As variáveis utilizadas da tabela de atributos foram: nome de identificação da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), Capacidade de diluição do esgoto dos municípios da Paraíba e Carga Remanescente Total pelo Município. Para uma análise mais detalhada do comportamento dessas variáveis foram elaborados mapas temáticos (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Classificação dos municípios da Paraíba quanto a capacidade de diluição de esgotos

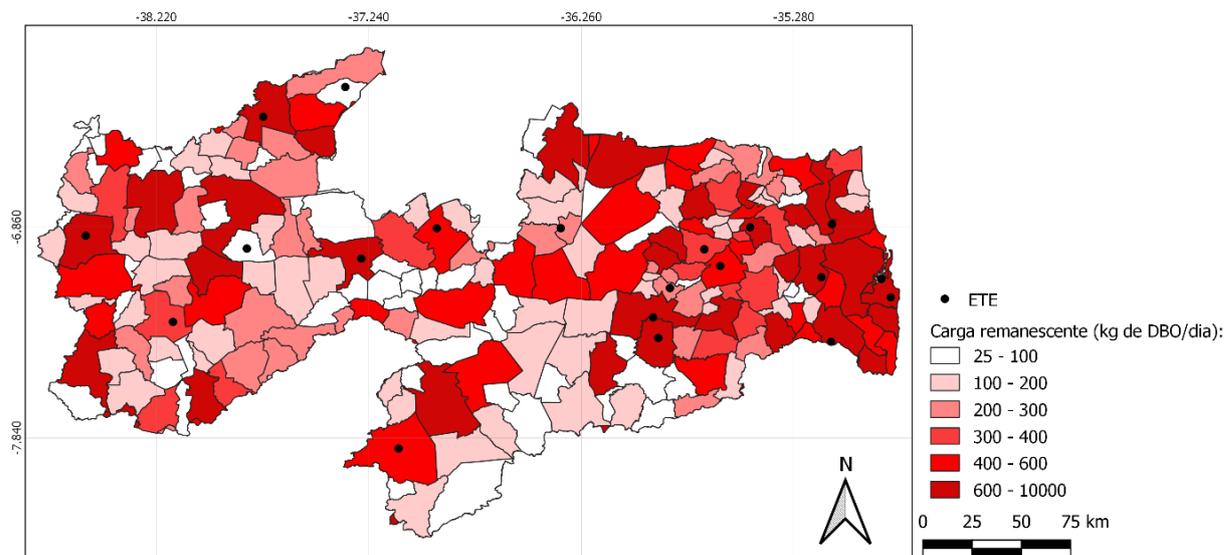


Fonte: Autoria Própria.

A capacidade de diluição dos esgotos nos municípios paraibanos estão divididas nas seguintes classificações, de acordo com o Dicionário de Dados da ANA (2017): “Ótima/Boa/Regular” (Ótima: não há problemas para diluição de efluentes; Boa: pode atender corpos d’água Classe 2 com remoção de até 60% da carga orgânica ou; Regular: pode atender corpos d’água Classe 2 com 60 a 80% de remoção da carga orgânica); “Ilimitada” (possibilidade de lançamento ao mar); “Nula” (corpo receptor efêmero ou intermitente sem vazão de diluição); “Ruim ou Péssima” (Ruim: pode atender corpos d’água Classe 2 com 90 a 97% de remoção da carga orgânica ou Classe 3 com 90% de remoção da carga orgânica gerada ou; Péssima: pode atender corpos d’água de Classe 4).

Observando a Figura 3, verifica-se que apenas 06 (seis) municípios possuem uma capacidade de diluição dos seus esgotos como “Ótima/Boa/Regular”, sendo a maior parte do estado composta por corpos receptores efêmeros ou intermitentes, os quais não possuem vazão de diluição dos esgotos.

Figura 4 - Carga de esgoto remanescente por município paraibano



Legenda: DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio)

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 4 apresenta as cargas de esgotos remanescentes (kg de DBO/dia) por município. De acordo com a ANA (2017), carga remanescente é “a parcela da carga total de esgotos gerada nas cidades brasileiras que alcança os corpos d’água”. Cabe destacar que inúmeros municípios paraibanos não dispõem de ETEs para o tratamento de efluentes, sendo estes dispostos nos corpos receptores com elevadas cargas de matéria orgânica e poluentes.

Para formulação do IDE, considerou-se pesos para cada classificação da capacidade de diluição dos esgotos, e intervalo de cargas de esgoto remanescente, conforme Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Pesos atribuídos para classificação da capacidade de diluição dos esgotos

Capacidade de diluição	Peso atribuído
Ótima/Boa/Regular	1
Ilimitada	2
Nula	3
Ruim/Péssima	4

Fonte: Autoria própria.

Quadro 2 – Pesos atribuídos para intervalos de cargas de esgoto remanescente

Intervalo de carga remanescente (kg DBO/dia)	Peso atribuído
$\geq 25$ e $\leq 200$	1
$\geq 201$ e $\leq 400$	2
$\geq 401$ e $\leq 600$	3
$\geq 601$ e $\leq 10000$	4

Fonte: Autoria própria.

Após a definição dos pesos, pode-se atribuir o peso característico de cada município dentro das quatro condições descritas acima, para as duas *shapefiles*, utilizando a calculadora de campo do *software* QGis versão 3.6.0. Uniu-se então a *shapefile* da capacidade de diluição dos corpos receptores com a *shapefile* de cargas de esgotos remanescente, através da ferramenta “União”. Somou-se os pesos atribuídos a cada município pelas duas *shapefiles*, por meio da calculadora de campo.

A partir da soma dos pesos atribuídos para as duas *shapefiles*, considerou-se faixas de valores para a elaboração do IDE, as quais apresentam-se no Quadro 3.

Quadro 3 – Faixas do Índice de Diluição (IDE) dos Esgotos dos município paraibanos

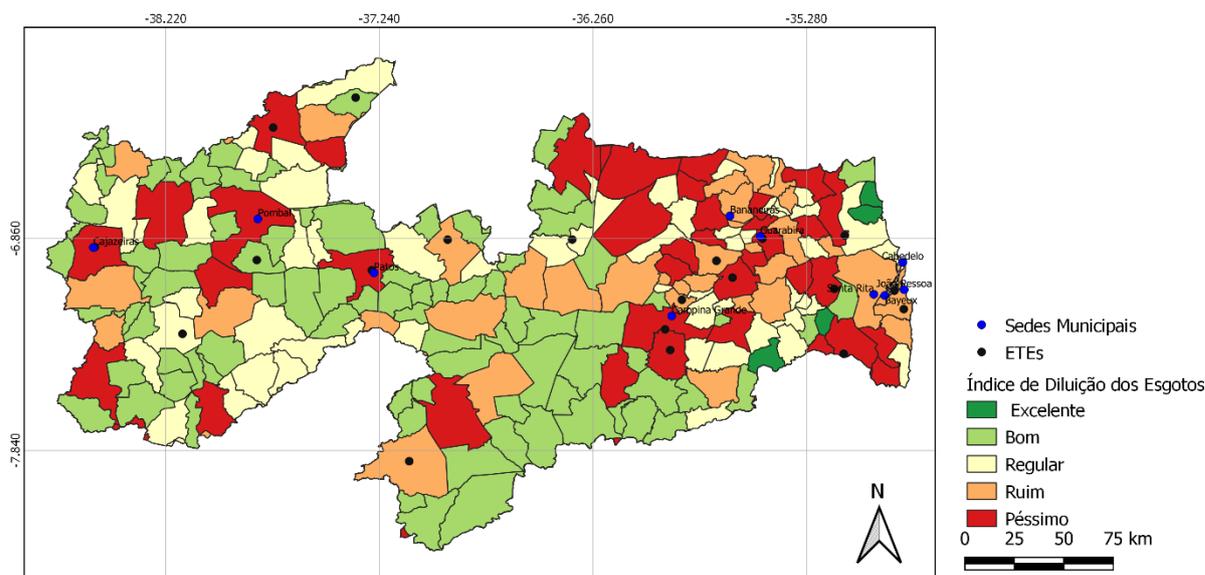
Faixa de soma dos pesos	IDE
Entre 2 – 3	Excelente
Entre 3 -4	Bom
Entre 4 -5	Regular
Entre 5 - 6	Ruim
Entre 6 – 8	Péssimo

Fonte: Autoria própria.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os municípios classificados pode-se elaborar um mapa (Figura 5) indicando o Índice de Diluição dos Esgotos (de excelente à péssimo) de cada localidade. O índice realizado nessa modelagem baseia-se na própria capacidade de diluição dos corpos d'águas e na carga de esgoto remanescente gerada em cada município do Estado.

Figura 5 - Índice de diluição dos esgotos municipais do estado da Paraíba



Fonte: Autoria própria.

De acordo com o mapa gerado do IDE (Figura 5), observa-se que dos 223 municípios paraibanos, apenas 04 (quatro) apresentam um IDE excelente, são eles: Salgado de São Félix, São Miguel de Taipu, Marcação e Baía da Traição, representando apenas 2% do total de municípios. 39% dos municípios paraibanos apresentam um IDE “Bom”, ou seja, 87 municípios. 58 municípios se enquadram no Índice como “Regular”, representando 26% do total. 16% possuem um IDE “Ruim” (36 municípios) e 17% apresentam um índice “Péssimo” (38 municípios).

Embora a capital do estado, João Pessoa, localizada na faixa litorânea, apresente uma capacidade de diluição “Ilimitada”, com a possibilidade de lançamento dos seus efluentes no mar, seu IDE calculado foi classificado como “Ruim”. Isso pode estar atrelado ao fato do município apresentar uma carga remanescente de efluentes muito alta, dificultando sua diluição.

No que diz respeito aos outros principais municípios do estado, Bayex, Cabedelo e Santa Rita, apesar de estarem localizados na Mata Paraibana (região litorânea), assim como João Pessoa, também apresentam um IDE “Ruim”. Assim como acontece com a capital, estas cidades

possuem capacidade de diluição “Ilimitada” com possibilidade de lançamento de efluentes no mar, porém suas cargas remanescentes de efluentes são altas, apresentando um índice de diluição de esgotos ruim.

Ainda entre os principais municípios paraibanos, Bananeiras, Campina Grande e Guarabira estão localizados na mesorregião do Agreste, região semiárida onde predomina o bioma da caatinga, mas também há presença dos brejos nas regiões de altitude elevada (MONTEIRO, 2014). A cidade de Bananeiras apresenta um IDE “Ruim”, possivelmente devido ao fato de sua capacidade de diluição ser classificada pela ANA como “Ruim/Péssima”, uma vez que sua carga remanescente de esgoto não é tão alta.

Campina Grande e Guarabira apresentam IDE “Péssimo”. Enquanto Guarabira apresenta uma capacidade de diluição definida pela ANA como “Ruim/Péssima”, Campina Grande apresenta uma capacidade de diluição classificada como “Nula”, onde o corpo receptor é efêmero ou intermitente sem vazão de diluição. Ambas as cidades possuem elevadas cargas remanescentes, o que justifica, junto com a capacidade de diluição classificada pela ANA, a classificação “Péssimo” do índice de diluição dos esgotos.

As cidades de Cajazeiras, Patos, Pombal e Souza estão localizadas da mesorregião do Sertão (localizado no semiárido, é caracterizado por longos períodos de seca). As 04 (quatro) cidades apresentam capacidade de diluição definida pela ANA como “Nula”, onde os corpos receptores são efêmeros ou intermitentes, não possuindo vazão de diluição de efluentes. Ambas as cidades também possuem elevadas cargas de esgoto remanescente, o que explica sua classificação no IDE como “Péssima”.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir do Índice de Diluição de Esgotos gerado neste trabalho, foi possível identificar que a maioria dos municípios paraibanos apresentam um bom IDE (39%). Porém, as principais cidades do estado apresentam um IDE entre “Ruim” a “Péssimo”, demonstrando que devem ser feitos maiores investimentos no setor do saneamento básico, a fim de aumentar a quantidade de esgotos coletados e tratados, diminuindo a carga remanescente destes efluentes.

O investimento na universalização dos serviços de saneamento básico é de suma importância para diminuir a degradação ambiental, significando cursos d’águas mais limpos, com menos carga orgânica e poluentes, minimizando a eutrofização e favorecendo a vida aquática, além de prevenir mortes e minimizar o aumento de doenças de veiculação hídrica.

Com o mapa do IDE gerado, é possível avaliar quais municípios necessitam de investimentos mais urgentes no setor do saneamento básico, demonstrando que o uso do Sistema de Informação Geográfica é uma excelente ferramenta no auxílio à tomada de decisão por parte do poder público.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017, 88p.
- ÁVILA, R. D. *O índice de Diluição de Esgoto e o Estudo de Caso da Região Metropolitana de São Paulo I*. Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997.
- BRASIL. *Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007*: Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, 2007.
- Brasil. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017*. Brasília: SNS/MDR, 2019.
- FRANCISCO, P. R. M. *Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas*. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.
- FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. *Climatologia do estado da Paraíba*: 1ª ed. Campina Grande: EDUFCG, 2017.
- GEONETWOR - Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <[metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01](http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01)>. Acessado em: 28 de out. 2019.
- LIMA, I. M. *Utilização do modelo matemático QUAL-UFMG para avaliar a capacidade de autodepuração do rio Paraíba do Sul*. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.
- MONTEIRO, H. S. C. *Estudo da formação e características da situação socioeconômica e física da microrregião do Curimataú*. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.
- LOH, K. D.; TAPANEEYAKUL, S. GIS for Environmental Problem Solving. In: *Sustainable Development: Authoritative and Leading Edge Content for Environmental Management*. Org. por Curkovic, S. ed. IntechOpen, 2012, pp. 83 – 104.