



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE**  
**NÚCLEO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

RENATHA MICHELLY SABINO DOS SANTOS

**ESTUDO DAS ÁGUAS DO RIO IPOJUCA, ENTRE AS  
CIDADES DE CARUARU E BEZERROS: PARÂMETROS  
FÍSICO-QUÍMICOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS  
INTERVENIENTES**

Caruaru, 2017.

RENATHA MICHELLY SABINO DOS SANTOS

**ESTUDO DAS ÁGUAS DO RIO IPOJUCA, ENTRE AS  
CIDADES DE CARUARU E BEZERROS: PARÂMETROS  
FÍSICO-QUÍMICOS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS  
INTERVENIENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste (CAA), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Saneamento Ambiental

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves

Caruaru, 2017.

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Marcela Porfírio CRB/4 - 1878

S237e Santos, Renatha Michelly Sabino dos.  
Estudo das águas do Rio Ipojuca, entre as cidades de Caruaru e Bezerros :  
parâmetros físico-químicos e condições ambientais intervenientes. / Renatha Michelly  
Sabino dos Santos. – 2017.  
85f. ; il. : 30 cm.

Orientadora: Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de  
Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2017.  
Inclui Referências.

1. Água – Purificação. 2. Engenharia ambiental. 3. Poluição. I. Gonçalves,  
Elizabeth Amaral Pastich (Orientador). II. Título.

620 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2017-293)

RENATHA MICHELLY SABINO DOS SANTOS

**ESTUDO DAS ÁGUAS DO RIO IPOJUCA, ENTRE AS CIDADES DE  
CARUARU E BEZERROS: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E CONDIÇÕES  
AMBIENTAIS INTERVENIENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil do  
Centro Acadêmico do Agreste (CAA), da  
Universidade Federal de Pernambuco  
(UFPE), como requisito para a obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Saneamento  
Ambiental

A banca composta pelos professores abaixo, considera A ALUNA RENATHA  
MICHELLY SABINO DOS SANTOS APROVADA COM NOTA \_\_\_\_\_.

Caruaru, 19 de dezembro de 2017.

Banca Examinadora:

---

Profª. Dra. Elizabeth Amaral Pastich Gonçalves  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientadora)

---

Profª. Dra. Marileide Lira de Araújo Tavares  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

---

Prof. Dra. Simone Machado Santos  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliador)

---

Prof. Dr. Cléssio Lima Leão  
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ter me dado a coragem e a fé para chegar ao fim desta etapa da minha vida e a minha mãe, Maria Aparecida, por ter sido sempre meu porto seguro e meu maior exemplo de coragem e determinação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço acima de tudo a Deus, arquiteto da minha vida, por me guiar e proteger, por ter sido minha força e esperança e por ter me dado a fé e a coragem para trilhar este caminho. Agradeço a Ele por toda a sabedoria e bênçãos recebidas.

À minha mãe, Maria Aparecida, por todo o apoio e por todo o amor, por estar sempre me encorajando na busca dos meus sonhos. Agradeço por todas as palavras, orações e abraços de conforto, itens essenciais para que eu chegasse até aqui.

Às minhas irmãs, Rayanny e Roberta, por estarem comigo em todos os momentos importantes da minha vida, me encorajando e incentivando, e por sempre se orgulharem de todas as conquistas na minha trajetória acadêmica.

A meu companheiro Nicolas, por ter sido essencial nessa etapa da minha vida, que estive ao meu lado me apoiando e acreditando na minha capacidade. Por ter vibrado comigo a cada conquista e por todo carinho e afeto.

À minha orientadora, Professora Beth Pastich, pela orientação, paciência e apoio ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho.

Às minhas amigas, Gabriela e Priscilla, por me apoiarem na realização dos meus sonhos, pela longa amizade e companheirismo. Agradeço por todas as palavras de incentivo e por toda felicidade compartilhada.

Ao Laboratório de Engenharia Ambiental por ter sido o palco da realização deste trabalho, a todos os técnicos e professores. Agradeço também a Joelithon, por ter me acompanhado e participado do desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Pernambuco – Campus Agreste, aos meus professores, por todo o ensinamento e por terem contribuído na minha formação ética e profissional.

A todos que tiveram participação nesta minha formação direta ou indiretamente, minha mais sincera gratidão.

*“As nuvens mudam sempre de posição,  
mas são sempre nuvens no céu.  
Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém, leais  
com o que pensamos e sonhamos;  
lembre-se, tudo se desmancha no ar,  
menos os pensamentos.”  
(Paulo Baleki)*

## RESUMO

A poluição dos corpos d'água, causada pelo aporte de poluentes, pode ter origem em fontes pontuais e difusas, entre as fontes pontuais podem ser destacados os efluentes domésticos e industriais. O processo de autodepuração é um importante fenômeno natural de depuração dos cursos d'água, referindo-se ao restabelecimento de suas características naturais, principalmente em relação às concentrações de oxigênio. Os despejos ricos em material orgânico em um curso d'água podem ser avaliados através do decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido e/ou aumento da concentração de matéria orgânica. A medida do aporte de matéria orgânica na água pode ser realizada de forma indireta se estimando a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a influência das cidades de Caruaru e Bezerros no aporte de matéria orgânica no rio Ipojuca-PE. Para este estudo, foram realizadas coletas mensais no período de dezembro/2016 a novembro/2017, compreendendo o período seco (dez/16 a abril/17 e ago/17 a nov/17) e chuvoso (maio/17 a julho/17), em sete pontos de coleta, distribuídos num trecho de 52,6 km de rio. Os parâmetros de qualidade da água (OD e DBO) foram correlacionados estatisticamente com os dados pluviométricos, além de uma avaliação quanto a sua adequação aos limites estabelecidos pela legislação ambiental (CONAMA Nº 357/2005). Também foram analisados os parâmetros temperatura, pH e demanda química de oxigênio (DQO), verificando a influência dos mesmos no comportamento do rio Ipojuca durante o período de estudo. Os resultados indicaram que as cidades de Caruaru e Bezerros contribuem com um elevado teor de carga orgânica no rio Ipojuca, contribuindo negativamente na qualidade da água do mesmo. O índice pluviométrico foi um fator importante na análise da qualidade da água do rio Ipojuca, elevando os níveis de OD e reduzindo os níveis de DBO. Ficou evidente que o rio Ipojuca tem recebido uma carga orgânica maior do que o mesmo pode assimilar, comprometendo sua capacidade de autodepuração e inviabilizando o corpo d'água para diversos usos.

**Palavras-chave:** Autodepuração. Poluição. Oxigênio dissolvido.

## ABSTRACT

Water bodies pollution caused by the contribution of pollutants can originate from point and diffuse sources. Point sources are mostly represented by domestic and industrial effluents. The self-purification process is an important natural phenomenon for the purification of water courses, referring to the restoration of their natural characteristics especially in relation to oxygen concentrations. Dumps rich in organic material in a watercourse can be evaluated through the decrease of dissolved oxygen concentration and/or the increase of the concentration of organic matter. The amount of organic matter disposed into a watercourse can be indirectly evaluated by estimating the amount of oxygen that is required to oxidize the organic matter present in the water. In this context, the main purpose of this work was to evaluate the influence of the cities of Caruaru and Bezerros on the organic matter poured in the Ipojuca river located in the state of Pernambuco. In this study, monthly collections were carried out from December / 2016 to November / 2017, comprising the dry season (December / 16 to April / 17 and August / 17 to November / 17) and rainy season (May / 17 to July / 17), in seven sampling points, distributed in a 52.6 km stretch of the Ipojuca river. The water quality parameters (DO and BOD) were statistically correlated with the rainfall data, as well as an evaluation of their adequacy to the limits established by environmental legislation (CONAMA No. 357/2005). The parameters temperature, pH and chemical oxygen demand (COD) were also analysed, verifying their influence on the behaviour of the Ipojuca river during the study period. The results indicated that the cities of Caruaru and Bezerros contribute with a high content of organic load in the Ipojuca river, contributing negatively in its water quality. The rainfall index was an important factor in the analysis of the water quality of the Ipojuca river, increasing DO levels and reducing BOD levels. It was evident that the Ipojuca river has received a greater organic load than it can assimilate, compromising its capacity of self-purification and making the water body unfeasible for various uses.

**Keywords:** Self-purification. Pollution. Dissolved oxygen.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição das águas na terra.....	19
Figura 2 – Principais zonas de autodepuração em um corpo d'água.....	34
Figura 3 – Progressão temporal da oxidação da matéria orgânica (adaptado de Sperling, 1996). .....	36
Figura 4 – Localização da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.....	37
Figura 5 – Unidades de análise na bacia hidrográfica do rio Ipojuca. ....	39
Figura 6 – Isoietas anuais médias da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. ....	40
Figura 7 – Isolinhas anuais médias de evapotranspiração potencial de Hargreaves (mm) na bacia hidrográfica do rio Ipojuca .....	40
Figura 8 – Localização dos pontos de coleta no trecho do rio Ipojuca analisado.....	42
Figura 9 – Ponto de coleta P1 a) Período seco b) Período chuvoso.....	43
Figura 10 – Ponto de coleta P2 a) Período seco b) Período chuvoso.....	43
Figura 11 – Ponto P3, próximo ao centro urbano de Caruaru .....	44
Figura 12 – Ponto P4, localizado na zona urbana de Caruaru .....	44
Figura 13 – Ponto P5, localizado na Comunidade Jacaré, zona rural de Caruaru ....	44
Figura 14 – Ponto P6, localizado na zona rural à montante da cidade de Bezerros .	45
Figura 15 – Ponto P7, localizado à jusante da cidade de Bezerros .....	45
Figura 16 – Diagrama unifilar do trecho do rio Ipojuca analisado.....	46
Figura 17 – Trecho analisado em destaque na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca ....	47
Figura 18 – Matéria orgânica remanescente na Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca ...	48
Figura 19 – Contribuição dos efluentes domésticos na Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca.....	49
Figura 20 – Precipitação mensal nas cidades de Bezerros e Caruaru.....	51
Figura 21 – Precipitação acumulada nos cinco dias anteriores ao dia da coleta .....	52
Figura 22 – Ponto de coleta P7, em Bezerros.....	52
Figura 23 – Proximidades do ponto P7 em Bezerros .....	52
Figura 24 – Ponto de coleta P4 em Caruaru .....	53
Figura 25 – Poluição nas margens do Rio Ipojuca em Bezerros-PE a) Lixo nas margens do rio b) Lixo nas proximidades da margem do rio.....	54
Figura 26 – Resíduos de construção civil nas proximidades da margem do rio Ipojuca em Bezerros-PE .....	55
Figura 27 – Lançamento de efluente diretamente no rio Ipojuca, Bezerros-PE .....	55

Figura 28 – Lançamento de efluentes diretamente no rio Ipojuca, Caruaru-PE .....	55
Figura 29 – Lançamento de efluente no rio Ipojuca, Caruaru-PE.....	55
Figura 30 – Lançamento de efluente no rio Ipojuca, Caruaru-PE.....	56
Figura 31 – Comportamento da temperatura nos pontos monitorados .....	57
Figura 32 – Comportamento do pH nos pontos de coleta .....	60
Figura 33 – Demanda química de oxigênio nos pontos de coleta .....	62
Figura 34 – Oxigênio dissolvido na água dos pontos de coleta .....	65
Figura 35 – Resultados da demanda bioquímica de oxigênio na água dos pontos de coleta.....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Padrões de qualidade para os corpos d’água das diversas classes e padrão de lançamento.....	28
Tabela 2 – Municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Ipojuca.....	38
Tabela 3 – Características e localização dos pontos de coleta.....	42
Tabela 4 – Distância entre os pontos de coleta.....	43
Tabela 5 – Data das coletas entre dez/2016 e nov/2017. ....	49
Tabela 6 – Coordenadas geográficas das estações pluviométricas monitoradas pela APAC .....	50
Tabela 7 – Variáveis relativas à medição da temperatura nos pontos de coleta.....	58
Tabela 8 – Variáveis relativas à medição do Ph nos pontos de coleta.....	60
Tabela 9 – Coeficiente de correlação de Pearson para pH e pluviometria.....	61
Tabela 10 – Variáveis relativas à medição da DQO nos pontos de coleta.....	62
Tabela 11 – Coeficiente de correlação de Pearson para DQO e pluviometria .....	63
Tabela 12 – Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro OD ....	66
Tabela 13 – Coeficiente de correlação de Pearson para a pluviometria e OD.....	69
Tabela 14 – Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro DBO ..	73
Tabela 15 – Coeficiente de correlação de Pearson para a pluviometria e DBO.....	73
Tabela 16 – Coeficiente de correlação de Pearson para DBO e temperatura .....	74
Tabela 17 – Coeficiente de correlação de Pearson para DBO e pH .....	75
Tabela 18 – Coeficiente de correlação de Pearson para DBO e OD .....	75
Tabela 19 – Coeficiente de correlação de Pearson para DBO e DQO.....	75
Tabela 20 – Coeficiente de correlação de Pearson para pH e DQO.....	75
Tabela 21 – Coeficiente de correlação de Pearson para pH e OD.....	75
Tabela 22 – Coeficiente de correlação de Pearson para pH e temperatura.....	76
Tabela 23 – Coeficiente de correlação de Pearson para temperatura e DQO .....	76
Tabela 24 – Coeficiente de correlação de Pearson para OD e DQO .....	76
Tabela 25 – Coeficiente de correlação de Pearson para a temperatura e OD .....	76
Tabela 26 – Análise da variação entre os pontos de coleta .....	77
Tabela 27 – Meses de coleta com diferença significativa na análise do parâmetro DQO .....	77
Tabela 28 – Meses de coleta com diferença significativa na análise do parâmetro OD .....	77

Tabela 29 – Meses de coleta com diferença significativa na análise do parâmetro pH .....	78
Tabela 30 – Meses de coleta com diferença significativa na análise do parâmetro temperatura .....	78

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.1. Objetivo Geral .....	18
2.1. Objetivos Específicos .....	18
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
3.1. Principais usos da água.....	19
3.2. Problemas de escassez .....	21
3.3. Aspectos Gerais da poluição dos corpos d'água.....	23
3.4. Poluição de corpos hídricos.....	24
3.5. Processo de Poluição .....	25
3.6. Legislação Ambiental.....	26
3.7. Resolução CONAMA Nº 357/2005.....	27
3.8. Oxigênio Dissolvido .....	29
3.9. Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio .	30
3.10. Temperatura.....	31
3.11. Potencial Hidrogeniônico .....	32
3.12. Autodepuração .....	32
3.13. Depleção do oxigênio.....	35
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
4.1. Área de estudo.....	37
4.2. Trecho do rio Ipojuca avaliado.....	41
4.3. Características dos pontos de coleta .....	41
4.4. Parâmetros avaliados .....	49
4.5. Precipitação .....	50
4.6. Correlação de Pearson.....	50

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1. Avaliação dos dados pluviométricos .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2. Poluição no rio Ipojuca .....</b>	<b>53</b>
<b>5.3. Temperatura.....</b>	<b>57</b>
<b>5.4. Potencial hidrogeniônico.....</b>	<b>59</b>
<b>5.5. Demanda Química de Oxigênio.....</b>	<b>61</b>
<b>5.6. Oxigênio Dissolvido .....</b>	<b>64</b>
<b>5.7. Demanda Bioquímica de Oxigênio.....</b>	<b>70</b>
<b>5.8. Correlações entre os parâmetros físico-químicos .....</b>	<b>74</b>
<b>5.9. Análise estatística .....</b>	<b>76</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Após a introdução de uma determinada quantidade de matéria orgânica, os corpos hídricos conseguem se recuperar através de meios naturais, porém essa capacidade de recuperação depende das características do próprio corpo hídrico e da quantidade de matéria orgânica introduzida. Essa recuperação natural é denominada de autodepuração.

De acordo com Von Sperling (1996), a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, em que a busca pelo estágio inicial encontrado antes do lançamento de efluentes, é realizada por mecanismos essencialmente naturais.

O Agreste Pernambucano sempre foi marcado por um cenário de escassez de água e há anos sofre com as limitações e/ou falta de água para abastecimento. A mesoregião do Agreste Pernambucano situa-se entre o Sertão e a Zona da Mata pernambucana sendo uma área de transição, abrigando características destas duas mesorregiões.

O problema comum de secas na Região Nordeste do Brasil está mais relacionado com a distribuição irregular das chuvas do que propriamente com a falta das mesmas. A baixa capacidade de retenção de umidade no solo e altas taxas de evaporação e evapotranspiração, contribuem para agravar o problema (GALVÍNCIO, 2008). A mesoregião do Agreste Pernambucano, onde se insere 70% da bacia do Ipojuca, apresenta o período mais chuvoso de fevereiro a junho (chuvas de verão/outono).

O rio Ipojuca caracteriza-se por ser na maior parte do seu trajeto um rio de regime temporário, tornando-se perene apenas na Zona da Mata. A qualidade da água deste rio atualmente se apresenta bastante comprometida devido a quantidade de nutrientes lançados no mesmo, provenientes de fontes pontuais e difusas de poluição. As fontes pontuais são caracterizadas por lançarem, de forma constante, efluentes em locais específicos, como principais fontes de contribuição tem-se os esgotos domésticos e efluentes industriais. As fontes difusas ou não pontuais são resultantes de ações dispersas não sendo identificadas em um único local de descarga, sendo

difíceis de serem mensuradas e identificadas, com contribuições significativas no período chuvoso.

A água tem sido um dos elementos mais importantes no processo de desenvolvimento e ocupação de uma região. A cidade de Caruaru, uma das principais cidades por onde o rio Ipojuca passa, localizada no Agreste pernambucano, é um pólo comercial e industrial, destacando-se a indústria de confecção de roupas, cujo efluente têxtil, proveniente das lavanderias de jeans, é composto por substâncias tóxicas ao homem e ao meio ambiente.

No trecho do rio Ipojuca analisado neste estudo os principais usos da água são o lançamento de efluentes doméstico e industriais, contribuindo com o aporte de matéria orgânica e degradação neste trecho do rio.

Este trabalho visa analisar a qualidade da água do rio Ipojuca através dos parâmetros físico-químicos e das condições ambientais intervenientes.

## **Motivação**

O acentuado crescimento da população e o desenvolvimento industrial têm causado sérios danos ambientais, especialmente, àqueles ligados às condições da água. A poluição da água está interligada com a redução de sua oferta para o planeta e resulta conseqüentemente na diminuição da qualidade, bem como na quantidade de água disponível para uso. Como exemplo de uso desregrado de um recurso hídrico tem-se o rio Ipojuca, apresentando pontos de lançamentos pontuais e difusos em sua extensão.

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca tem uma grande importância para a o Estado de Pernambuco, representando uma via de comunicação entre o Litoral e o Sertão Pernambucano, sediando cidades de grande importância econômica e turística como Belo Jardim, Caruaru, Bezerros, Gravatá e Ipojuca. Devido a sua importância, torna-se necessário o controle da poluição do rio Ipojuca através de estudos como o de autodepuração.

Devido a crescente poluição do rio Ipojuca, faz-se necessário a busca de maiores esforços para o controle dessa poluição.

O atual cenário do rio Ipojuca é merecedor de preocupação devido ao fato de que estamos vivenciando um período em que os recursos hídricos estão cada vez mais escassos, principalmente na região Nordeste.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar a qualidade da água em um trecho do rio Ipojuca, entre as cidades de Bezerros e Caruaru, através de um estudo dos parâmetros físico-químicos e condições ambientais intervenientes.

### **2.1. Objetivos Específicos**

- Avaliar a conformidades dos parâmetros temperatura (°C), potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), quanto aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005;
- Relacionar os índices pluviométricos com os parâmetros de qualidade da água;
- Sugerir medidas que possam contribuir para minimizar os impactos ambientais na bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

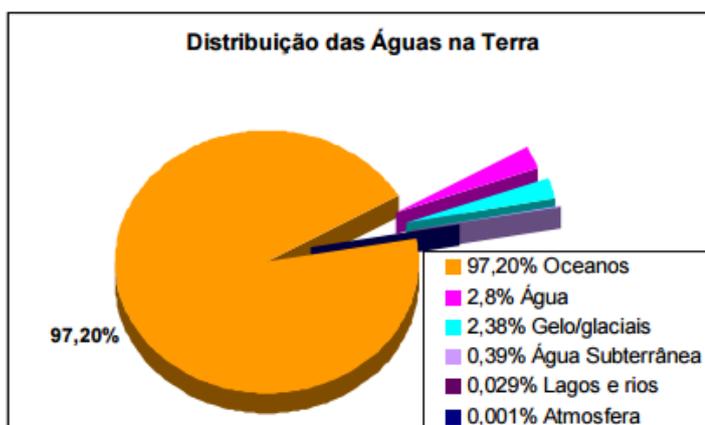
#### 3.1. Principais usos da água

A água é um elemento fundamental para existência da vida no planeta. O desenvolvimento da humanidade está intrinsecamente relacionado com tal recurso, mostrando-se essencial ao longo dos séculos, onde tem-se como exemplo os povos primitivos, passando pela história de civilizações antigas como os egípcios que dominavam sofisticadas técnicas de irrigação do solo na agricultura além de outras técnicas de armazenamento, uma vez que dependiam das enchentes do rio.

De acordo com Conte (2001), a disponibilidade de água, bem como o acesso a ela, são fatores condicionantes para a sobrevivência dos seres humanos, salientando que o desenvolvimento socioeconômico está diretamente relacionado com a presença dos recursos hídricos. Sardinha (2008) aborda que a disponibilidade de água não implica somente no que diz respeito à quantidade, mas também no que tange à qualidade da água para que desta forma se possam satisfazer as necessidades para os devidos fins aos quais for destinada.

A água utilizável está nos rios, nos lagos, nas águas da chuva e na água subterrânea. No entanto, elas todas juntas correspondem a apenas 1% do volume de água doce, a distribuição das águas na terra encontram-se na Figura 1 (VICTORINO, 2007).

Figura 1 – Distribuição das águas na terra.



Fonte: Victorino (2007).

De acordo com Silva (2004), da totalidade de água adequada para uso, 70,10% do consumo de água é destinado à agricultura, 20% é destinado a indústria e 9,90% para o uso doméstico.

O crescimento da população mundial e da produção, associado ao consumo insustentável, impõe pressões cada vez mais intensas sobre os recursos naturais. Torna-se necessário desenvolver estratégias para mitigar esses impactos, pois, de acordo com Victorino (2007), está prevista uma população superior a oito bilhões de pessoas para o ano de 2020: 65% em áreas litorâneas e 60% em cidades com mais de 2,5 milhões de pessoas.

É verdade que a utilização da provisão de água aumentou enormemente em um curto período de tempo: enquanto a renovação não alterou o nível dos recursos hídricos, de 1900 a 1995 a quantidade utilizada aumentou para seis vezes mais (duas vezes mais o índice de aumento populacional) e duas vezes mais desde 1975. A agricultura absorve uma média mundial de 70% das provisões de água, uma porcentagem que aumenta para 80 a 90% nos países subdesenvolvidos. Aí encontramos uma média de 20% para a indústria e 10% para usos domésticos e outros (VICTORINO, 2007).

A lei maior que disciplina o aproveitamento das águas no Brasil é de 10 de julho de 1934, o Código de Águas, que classifica as categorias jurídicas, discrimina os usos da água e respectivos preceitos e, sobretudo: procura assegurar os interesses gerais da sociedade. No antigo código era possível encontrar domínio privado da água em alguns casos, porém isto foi extinto a partir de outubro de 1988, quando todos os corpos d'água passaram a ser de domínio público.

Segundo o Programa Hidrológico Internacional da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), na América do Sul encontra-se 26% do total de água doce disponível no planeta e apenas 6% da população mundial. De acordo com o Banco Mundial, cerca de 80 países enfrentam hoje problemas de abastecimento. A Ásia é a região que apresenta a situação mais crítica, onde 60% da população vive com apenas 32% da água doce disponível (VICTORINO, 2007).

### 3.2. Problemas de escassez

O Brasil possui uma ampla diversificação climática devido a vários fatores, como a configuração geográfica, a altitude, a extensão territorial – tanto em relação à latitude quanto à longitude –, o relevo e a dinâmica das massas de ar. Em decorrência dessas diversificações, o Brasil recebe uma abundante pluviometria que varia, sobre mais de 90% do seu território, entre 1.000 e mais de 3.000 mm/ano (REBOUÇAS, 2003).

A disparidade e diversidade do clima e do tempo interferem de maneira significativa na disponibilidade da água. Em países que sofrem com o fenômeno das monções ou de estações de chuvas curtas, médias nacionais acerca das medidas pluviométricas anuais transmitem uma visão distorcida das disponibilidades reais existentes naquela localidade. A exemplo disto tem-se grande parte da Ásia, que recebe quase 90% da sua precipitação anual em menos de 100 horas, o que origina riscos de escassez, cheias intensivas durante alguns períodos do ano e uma seca prolongada no resto do tempo. Portanto, as disponibilidades reais ao longo de todo o ano não dependem apenas da precipitação, mas também da capacidade de armazenamento e do ritmo a que os caudais dos rios e as águas subterrâneas vão sendo repostos.

Segundo Rebouças (2003), no Brasil, um dos países mais ricos em água doce do planeta, as cidades enfrentam crises de abastecimento, das quais não escapam nem mesmo as localizadas na Região Norte, onde estão perto de 80% das descargas de água dos rios do Brasil.

A crise da água no Brasil, em especial na região Nordeste, é resultado de uma intervenção altamente desvatadora neste espaço, levando ao efeito perverso de aplicar, a um fenômeno marcadamente estrutural, políticas seladas pela visão conjuntural que induzem ao cultivo do problema (REBOUÇAS, 1997).

Segundo Rebouças (1997), os problemas de escassez resultam basicamente da falta de gerenciamento efetivo das ações desenvolvimentistas em geral e da água em particular. De maneira contraditória, estimulam-se urbanização e industrialização em áreas nas quais já se tem escassez de água para abastecimento. Ademais, a qualidade da água dos mananciais utilizados é degradada pelo lançamento –

deliberado ou tolerado – de esgotos domésticos e industriais não-tratados, uso e ocupação inadequada do meio físico e outros fatores impactantes.

Rebouças (1997) defendia que a crise da água será a marca do século XXI, segundo anunciavam os formadores de opinião e interessados no negócio, tanto em nível mundial quanto nacional. Porém, a crise da água interessa a alguns, à medida que conseguem transformar a escassez em vantagens, aproveitando-se sobretudo da pobreza política da sociedade em geral. Em consequência, apesar de todos os avanços culturais, sociais e tecnológicos disponíveis, as mudanças e as inovações que conduzem ao desenvolvimento sustentável se tornam distantes em muitos países e, em particular, na região Nordeste do Brasil.

O Nordeste brasileiro ocupa 1.600.000 km<sup>2</sup> do território nacional e tem incrustado em 62% da sua área, o Polígono das Secas, uma região semi-árida de 940 mil km<sup>2</sup>, que abrange nove Estados do Nordeste e enfrenta um problema crônico de falta de água e chuva abaixo de 800 mm por ano. No Semi-Árido, espalhado por 86% do território nordestino, vivem aproximadamente 30 milhões de pessoas, aproximadamente 15% da população nacional. São números que fazem do conjunto dessas áreas, a região seca mais populosa do mundo (MARENGO, 2010).

Segundo Marengo (2010), a irregularidade das chuvas é um obstáculo constante ao desenvolvimento das atividades agropecuárias, e a lacuna de sistemas eficientes para o armazenamento da água – estando na maioria das vezes concentrados nas mãos de poucos – aumenta ainda mais os efeitos sociais. Agravando ainda mais a situação, os ciclos de fortes estiagens e secas costumam atingir a região em intervalos que vão de poucos anos a até mesmo décadas, colaborando para desarticular de vez as já frágeis condições de vida de pequenos produtores e outros grupos mais pobres sendo estes motivos que provocam o possível abandono da região.

A Região Nordeste apresenta alto potencial para evaporação da água, em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas. Aumentos de temperatura associados à mudança de clima decorrente do aquecimento global, independente do que possa vir a ocorrer com as chuvas, já seriam suficientes para causar maior evaporação dos lagos, açudes e reservatórios e maior demanda evaporativa das plantas. Caso não haja aumento no volume das chuvas a água se

tornará um bem ainda mais escasso, com sérias consequências para a sustentabilidade do desenvolvimento regional (MARENGO, 2010).

### **3.3. Aspectos Gerais da poluição dos corpos d'água**

De acordo com a lei nº 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, em seu artigo 3º, entende-se por poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

De acordo com Soares (2003), no Brasil a poluição ocorre pelo não cumprimento da legislação, pela ineficiência de políticas públicas e, principalmente, pela falta de conscientização da população no sentido de prevenir a degradação.

Infelizmente, a conscientização da população brasileira, em se tratando da água, está relacionada a uma ideia de abundância que o Brasil possui, justificando-se o Brasil ser o país mais rico em água potável, com 8% das reservas mundiais, concentrando 18% do potencial de água de superfície do planeta (MAIA NETO, 1997).

Devido ao fato do Brasil apresentar uma porcentagem considerável de água em relação à outros lugares no mundo, há a dificuldade na manutenção da qualidade dos cursos d'água. O consumo excessivo e a ausência ou inadequado tratamento dos efluentes domésticos e industriais altera consideravelmente a qualidade da água do curso d'água, resultando em problemas de degradação envolvendo compostos orgânicos e inorgânicos, materiais tóxicos e agentes biológicos.

Entretanto, sabe-se que a distribuição da água no Brasil e no mundo não segue um padrão uniforme. No cenário brasileiro, as regiões mais populosas e industrializadas apresentam maior demanda e menor disponibilidade de recursos hídricos. Na região Nordeste, que é caracterizada por reduzidas precipitações, longas secas, elevadas

taxas de evaporação e pouca disponibilidade de águas superficiais, a ideia de abundância não se aplica.

A proteção do meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios. Também é competência dessas partes a melhoria das condições ambientais, legislar sobre a defesa do solo e dos recursos naturais e responsabilizar os envolvidos por dano ao meio ambiente (SOARES, 2003).

### **3.4. Poluição de corpos hídricos**

Devido aos problemas referentes a escassez de água em diversas partes do mundo, a poluição dos corpos hídricos superficiais vem sendo um problema amplamente discutido. A poluição é decorrente de diversas atividades que afetam de maneira negativa o meio ambiente e prejudicam a manutenção das condições básicas de qualidade da água para os mais diversos destinos.

De acordo com Leite (2004), os tipos mais comuns de poluição da água são o lançamento de esgotos domésticos e industriais, como também pode ser causada por detritos do solo que são incorporados à água durante escoamento superficial e por infiltrações naturais de mananciais subjacentes a solos contaminados. Dentre as consequências da poluição dos corpos hídricos podem ser citados os problemas de saúde na população, causados tanto pelo contato direto com a água contaminada, ou indiretamente quando a água serve para irrigação de alimentos consumidos pela população.

Leite (2004) afirma que a produção de dejetos é uma condição inerente à existência humana. Para a vida em sociedade seu destino correto é essencial, portanto tal fato não é sempre observado, e quanto maior for a concentração demográfica, maiores são os problemas enfrentados. Como solução para este problema, o mesmo apresenta a ideia de que é necessário um planejamento urbano eficiente e grandes obras de infraestrutura que sejam capazes de fazer a coleta adequada do esgoto, o transporte e a destinação adequada com o tratamento de efluentes.

Araujo (1997) afirma que a poluição das águas pode ser caracterizada por meio de três ordens de fatos diferentes. A principal fonte de poluição pode ser atrelada a

elevação da urbanização aliado a falta de saneamento básico. Depois podemos colocar o desenvolvimento da indústria e seus despejos de poluentes das mais variadas composições químicas. E por último temos a poluição relacionada à produção agrícola, que resulta no transporte de pesticidas e fertilizantes através da água. Ambas afetam não somente rios, riachos, lagos e praias, mas também fontes naturais subterrâneas.

### **3.5. Processo de Poluição**

A poluição hídrica de maior representatividade em volume e carga é de natureza orgânica, sendo representada pelos esgotos domésticos. Segundo Leite (2004), em países desenvolvidos este problema já está contornado, porém ainda constitui o principal impacto de qualidade ambiental no Brasil, que apresenta uma infraestrutura precária de coleta e tratamento de esgotos domésticos em todo o território nacional.

Segundo Leite (2004), para o processo de estabilização da matéria orgânica presente no esgoto doméstico que é lançado diretamente em um corpo hídrico receptor, ocorre o consumo de oxigênio dissolvido no meio, pela ação do metabolismo dos microrganismos decompositores. Muitas vezes, há o consumo total do oxigênio presente no meio levando à extinção da vida aquática em geral.

Na falta de oxigênio, a matéria orgânica presente no corpo d'água é degradada através de processo anaeróbio, processo pelo qual os seres decompositores usam outros elementos diferentes do oxigênio para obtenção de energia para seu metabolismo. Este processo necessita de maior período de tempo para os microrganismos completarem a estabilização da matéria orgânica, além disso, este processo gera como subprodutos gases que causam odores desagradáveis. Poucos seres vivos conseguem viver em um corpo hídrico que se encontra em estado anaeróbio, o que faz tal ambiente ser considerado um ambiente morto.

Leite (2004) enfatiza que é desejável evitar a estabilização da matéria orgânica no curso d'água através de processos anaeróbios e que os processos anaeróbios são tolerados apenas em locais próximos a descartes de efluentes e na região próxima aos sedimentos de fundo. Entretanto, os processos anaeróbios são bastante utilizados

no tratamento de esgotos domésticos, uma vez que tal processo dispense muito menos energia em estações de tratamento de esgoto.

### **3.6. Legislação Ambiental**

Devido aos inúmeros casos de poluição de corpos d'água em todo o mundo, estimulou-se a criação de programas de revitalização e despoluição dos corpos hídricos de grande importância. Os impactos ambientais provenientes deste tipo de poluição levaram a necessidade da criação de normas e instrumentos de controle e incentivos que possam evitar o problema na sua origem.

Com este objetivo surgiram então leis estaduais visando o controle e manutenção da qualidade ambiental, culminando com a publicação de uma norma federal: a Resolução número 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Resolução CONAMA 20), de 18 de junho de 1986, que estabelecia limites de concentração de alguns parâmetros físicos e químicos para o lançamento de cargas poluidoras em corpos hídricos e para a classificação dos corpos hídricos de acordo com os seus usos preponderantes. Esta resolução, alterada pela Resolução nº 274, de 2000 e revogada pela Resolução nº 357, de 2005, contemplava os estados que necessitavam de normas neste sentido, e servia de base para os padrões dos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente, já existentes ou a serem criados, que não podem ser menos restritivos do que aqueles presentes na resolução.

A estipulação de padrões de qualidade ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), regida pela Lei Federal Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. A saúde e o bem estar do ser humano, entre outros aspectos, aliados ao equilíbrio ecológico em corpos d'água para a compatibilização dos seus diversos usos, também foram levados em consideração na estipulação dos níveis de qualidade.

A criação da lei Nº 9.433, em 8 de Janeiro de 1997, através da Política Nacional de Recursos Hídricos, é baseada em alguns fatores fundamentais, definindo a água como bem de domínio público, além de ser um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, cria normas, como uso prioritário das águas para o consumo humano e dessedentação de animais em situações de escassez.

A lei Nº 9433/1997, no seu artigo 1º, estabelece também que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades, uma vez que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

### **3.7. Resolução CONAMA Nº 357/2005**

A Resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005 revoga a Resolução CONAMA Nº 20/1986 e, em seu artigo 1º, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.

O artigo 2º da referida resolução separa as águas em águas doces, como águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰, as águas salobras como águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰, e as águas salinas como águas com salinidade igual ou superior a 30‰.

Nos artigos 4º, 5º e 6º são definidas classes de acordo com o destino ao qual aquele tipo de água, doce, salgada ou salobra, será submetido, sendo assim, tal enquadramento procura preservar a qualidade das águas a fim de assegurar os seus usos.

Para as águas doces, conforme artigo 4º, a resolução CONAMA 357/2005 classifica os cursos de água em 5 categorias diferentes, sendo elas:

- Classe Especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, após desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;
- Classe 1: águas destinadas ao abastecimento humano, após tratamento simplificado; à proteção de comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rente ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

- Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional; à proteção de comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.
- Classe 3: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais.
- Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

Percebe-se, ao analisar as classes, que quanto maior o número da mesma, menos nobre são os usos destinados para o corpo d'água. Além disso, a CONAMA Nº 357/2005 também estabelece parâmetros ambientais de qualidade da água de acordo com as classes dos corpos d'água, conforme Tabela 1. A Resolução CONAMA Nº 430/2011, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357/2005.

Tabela 1 – Padrões de qualidade para os corpos d'água das diversas classes e padrão de lançamento.

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Padrão de lançamento
<b>Cor</b>	uH	30	75	75	-	-
<b>Turbidez</b>	uT	40	100	100	-	-
<b>Sabor e odor</b>	-	VA	VA	VA	-	-
<b>Temperatura</b>	°C	-	-	-	-	< 40
<b>Material flutuante</b>	-	VA	VA	VA	VA	ausente
<b>Óleos e graxas</b>	-	VA	VA	VA	(1)	(2)
<b>Corantes artificiais</b>	-	VA	VA	VA	-	-
<b>Sólidos dissolvidos</b>	mg/L	500	500	500	-	-
<b>Cloretos</b>	mg/L	250	250	250	-	-
<b>pH</b>	-	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9	5 a 9

<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	-	-	-	-	(4)
<b>DQO</b>	mg/L	-	-	-	-	(4)
<b>OD</b>	mg/L	6	5	4	2	-
<b>Sólidos em suspensão</b>	mg/L	-	-	-	-	(4)
<b>Amônia</b>	mg/L	0,02 <sup>(5)</sup>	0,02 <sup>(5)</sup>	-	-	5,0 <sup>(5)</sup>
<b>Subst. Potenc. Prejudiciais</b>	-	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)
<b>Coliformes totais</b>	org/100 ml	1.000	5.000	20.000	-	-
<b>Coliformes termotolerantes</b>	org/100 ml	200	1.000	4.000	-	-
<b>Regime de lançamento</b>	-	-	-	-	-	(7)

Fonte: Resolução CONAMA Nº 357/2005 e Resolução CONAMA Nº 430/2011

Notas:

- O quadro lista apenas os parâmetros principais;
- Na Classe Especial não são apenas permitidos lançamentos de qualquer natureza, mesmo que tratados;
- Em princípio, um efluente deve satisfazer, tanto ao padrão de lançamento, quanto ao padrão de qualidade do corpo receptor (segundo a sua classe). O padrão de lançamento pode ser excedido, com permissão do órgão ambiental, caso os padrões de qualidade do corpo receptor sejam resguardados, como demonstrados por estudos de impacto ambiental, e desde que fixados o tipo de tratamento e as condições para o lançamento;
- VA: virtualmente ausente.
- (1): Toleram-se efeitos iridescentes, isto é, que gerem as cores do arco-íris
- (2): Minerais: 20 mg/L; vegetais e gorduras animais: 50 mg/L
- (3): Pode ser ultrapassado caso estudos de autodepuração indiquem que o OD deverá estar dentro dos padrões, nas condições críticas de vazão (média das mínimas de 7 dias consecutivos em 10 anos de recorrência)
- (4): Consultar a legislação estadual pertinente
- (5): Amônia: padrão do corpo receptor: amônia ionizada (NH<sub>3</sub>); padrão de lançamento amônia total
- (6): Várias substâncias: consultar a resolução
- (7): Regime de lançamento: a vazão máxima deverá ser no máximo 1,5 vezes a vazão média do período de atividade do agente poluidor

### 3.8. Oxigênio Dissolvido

O oxigênio se encontra dissolvido nas águas em sua forma gasosa e costuma se originar tanto da atmosfera como da ação fotossintética das algas. A absorção de oxigênio pela água ocorre através da diferença de pressão parcial entre a água e a atmosfera. A taxa de absorção de oxigênio em águas naturais pela superfície depende das características hidráulicas sendo, portanto, também proporcional à velocidade. Como exemplo, a taxa de reaeração superficial em uma cascata é maior do que a de

um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, onde a velocidade normalmente é bastante baixa.

A concentração de oxigênio dissolvido é também um parâmetro fundamental nos modelos de autodepuração natural das águas, pois nestes modelos, a entrada e o consumo de oxigênio em função do tempo no corpo hídrico são balanceadas, de modo a estimar sua concentração em seus diversos pontos em toda sua extensão.

Nos corpos d'água a solubilidade do OD varia com altitude e temperatura. Ao nível do mar, na temperatura de 20°C, a concentração de saturação é igual a 9,2 mg/L, valores superiores à saturação há indicação da presença de algas, já valores de OD bem inferiores à saturação são indicativos da presença de matéria orgânica, provavelmente esgotos. Com OD entre 4 – 5 mg/L morrem os peixes mais exigentes, com OD igual a 2 mg/L todos os peixes estão mortos e por fim com OD igual a 0 tem-se condições de anaerobiose. (VON SPERLING, 1996)

### **3.9. Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), expressam a presença de matéria orgânica, portanto, são um importante indicador de qualidade das águas. Ambos os parâmetros indicam o consumo de oxigênio (em mg/L) pelas bactérias na estabilização da matéria orgânica. A DQO é expressa como a quantidade de oxigênio consumido pela oxidação química e é utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica das águas naturais e dos esgotos.

A quantidade de oxigênio dissolvido na água necessária para a decomposição da matéria orgânica é denominada de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Ou seja, a DBO não é propriamente um poluente, mas sim o indicativo da quantidade de oxigênio molecular requerida pelas bactérias para a decomposição da matéria orgânica presente na água. Segundo Braga et. al (2005), a matéria orgânica em si não é um poluente, porém, seu despejo no meio aquático pode ocasionar um desequilíbrio entre a produção e o consumo de oxigênio.

A determinação da DBO é realizada a partir da diferença na concentração de OD em amostra de água em período de 5 dias ( $DBO_5$ ) e temperatura de 20°C, enquanto que a DQO é realizada por titulação e o resultado sai em menos de 3 horas.

É importante destacar que a DQO engloba a parcela estabilizada quimicamente, portanto, o seu valor é sempre superior ao da DBO. Nas águas naturais, comumente a  $DBO_5$  deve ser inferior a 5 mg/L. Valores mais elevados para a  $DBO_5$  são encontrados em corpos d'água receptores de efluentes domésticos e industriais ou de águas lixiviadas de criatórios de animais.

Desta maneira Von Sperling (1996) demonstra como pode ser medido em laboratório, o consumo de oxigênio que um volume padronizado de esgoto ou outro líquido exerce em período de tempo pré-fixado. Introduziu-se, portanto, o conceito de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que retrata a quantidade de oxigênio requerida para estabilizar, através de processos bioquímicos, a matéria orgânica carbonácea, sendo então uma indicação indireta do carbono biodegradável.

### **3.10. Temperatura**

Medida da intensidade de calor é um parâmetro importante, pois, a temperatura influencia em algumas propriedades da água, tais como: densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido, com reflexos sobre a vida aquática.

A medição da temperatura nos corpos d'água é importante, pois as elevações da temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas e diminuem a solubilidade de gases como o oxigênio dissolvido e aumentam a taxa de transferência de gases, o que pode gerar mau cheiro no caso da liberação de gases com odores desagradáveis.

A temperatura pode variar em função de fontes naturais como energia solar e fontes antropogênicas como despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas. A Resolução CONAMA Nº 357/2005 foi revogada pela CONAMA Nº 430/2011, que estabelece a temperatura apenas para padrão de lançamento no corpo receptor.

### **3.11. Potencial Hidrogeniônico**

Potencial hidrogeniônico (pH), está relacionado com a concentração de íons hidrogênio H<sup>+</sup> nas águas e representa a intensidade das condições ácidas, neutras ou alcalinas do ambiente aquático, apresentando sua faixa de 0 a 14.

O pH da água depende de sua origem e características naturais, porém pode sofrer alteração pela introdução de resíduos. O pH baixo torna a água corrosiva, águas com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações. A vida aquática depende do pH, sendo recomendável a faixa de 6 a 9.

Esse parâmetro é frequentemente utilizado na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, caracterização de águas residuárias, controle da operação de estações de tratamento de água, controle de operação de estações de tratamento de esgotos e caracterização de corpos hídricos. Valores elevados de pH em corpos d'água podem estar associados à proliferação de algas (VON SPERLING, 1996).

### **3.12. Autodepuração**

De acordo com Von Sperling (1996), os rios, lagos e outros sistemas aquáticos possuem a capacidade de restabelecer suas características naturais após o recebimento de cargas poluidoras. Essa capacidade é possível graças a autodepuração, ou seja, ao potencial de depuração desses sistemas, havendo, através deste fenômeno natural, a transformação dos compostos orgânicos em compostos inertes, os quais não apresentam riscos ao ambiente aquático.

A autodepuração resulta da associação de vários processos de natureza física (diluição, sedimentação e reaeração atmosférica), química e biológica (oxidação e decomposição) de acordo com Von Sperling (1996), constitui o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático por processos essencialmente naturais após alterações induzidas, por ações antrópicas ou não, devido o despejo de esgoto ou matéria orgânica em corpos hídricos.

Segundo Branco (1978), a matéria poluidora que atinge um corpo aquático, sofre processos naturais de neutralização, os quais são compostos principalmente

pela diluição, sedimentação e estabilização química. Tal processo de neutralização é chamado de autodepuração.

O fenômeno de autodepuração se deve a fatores físicos como abordado por Palma-Silva et al. (2007), tais como, velocidade do curso d'água, profundidade média do rio, concentração de oxigênio dissolvido presente na água e vazão, levando em consideração que os sistemas aquáticos estão sujeitos a influências diretas e indiretas das ações antropogênicas, fazendo com que ocorram alterações em sua capacidade de autodepuração.

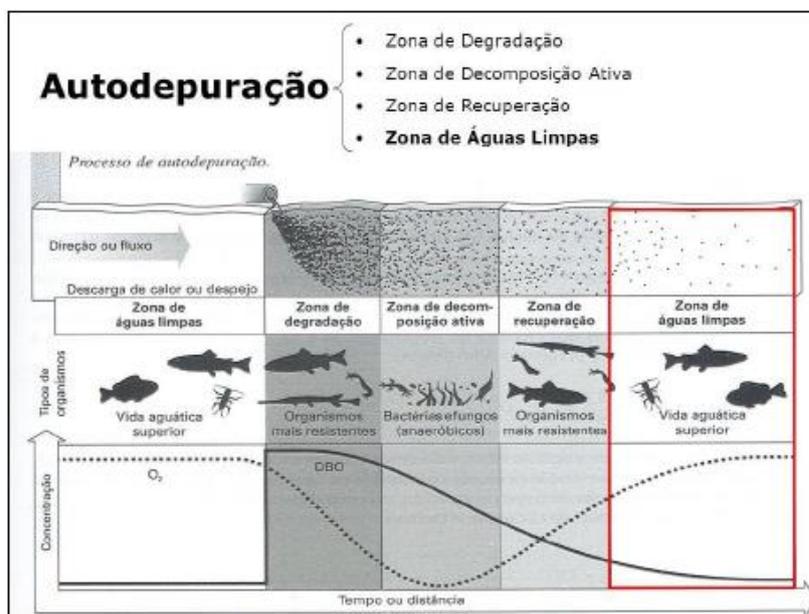
Quanto menor a concentração de poluente em um curso d'água, maior será a velocidade de autodepuração deste. Sendo assim, quanto maior a vazão do corpo receptor em relação a vazão afluente, maior será a diluição do poluente introduzido no meio.

Segundo Andrade (2010), devido a crescente poluição dos corpos d'água é imprescindível a busca de maiores esforços para o controle dessa poluição. Em meio ao desenvolvimento de tecnologias e mecanismos que reduzam esse impacto, é de extrema importância a compreensão da capacidade de autodepuração dos corpos hídricos, quantificando a real carga de poluentes que o sistema hídrico consegue absorver sem comprometer suas características.

Quantificar o potencial de autodepuração de um rio é uma importante ferramenta na gestão dos recursos hídricos, tendo em vista que esse recurso de assimilação dos rios pode ser usado para a diluição de efluentes decorrentes de tratamento de esgoto, bem como a redução de custos em razão de que a necessidade de maiores investimentos na estação de tratamento diminui à medida que o corpo receptor auxiliar na assimilação do efluente. Além de evitar a contaminação dos cursos d'água com o lançamento de efluentes acima dos padrões que o mesmo pode assimilar.

Segundo Braga et al. (2005), ao longo do tempo e considerando o perfil longitudinal dos cursos d'água, existem estágios de sucessões ecológicas associados as zonas fisicamente identificáveis nos rios, identificados como zonas de autodepuração, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Principais zonas de autodepuração em um corpo d'água.



Fonte: BRAGA et al. (2005).

- Zona de Águas Limpas – São localizadas em regiões a montante do lançamento do efluente e a jusante da zona de recuperação. Tem como característica a elevada concentração de oxigênio dissolvido e vida aquática superior;
- Zona de Degradação – Localiza-se diretamente à jusante do ponto de lançamento, sendo caracterizada por uma diminuição inicial na concentração de oxigênio dissolvido e presença de organismos mais resistentes;
- Zona de Decomposição Ativa - Região onde os reflexos do lançamento do efluentes são mais acentuados, e a qualidade da água apresenta-se mais deteriorada, com uma concentração de oxigênio dissolvido atingindo o valor mínimo e a vida aquática sendo predominada por bactérias e fungos (anaeróbicos);
- Zona de Recuperação – Esta é a zona onde inicia-se a etapa de recuperação, na qual ocorre o restabelecimento do equilíbrio anterior à poluição, com presença de vida aquática superior.

O efluente proveniente de esgotos é composto de matéria orgânica em suspensão, e dissolvida no meio, no caso a água. A matéria que se encontra em

suspensão tende a se sedimentar no fundo do corpo d'água, desta maneira, quanto mais rápida esta sedimentação, mais rápido será o processo de autodepuração.

O processo de autodepuração está intimamente ligado com a concentração de matéria orgânica no meio e quantidade de oxigênio dissolvido. A matéria sedimentada encontrada no fundo do corpo d'água também necessita de estabilização, porém tal estabilização ocorre em condições anaeróbias, devido a dificuldade de penetração do oxigênio na camada de lodo (ANDRADE, 2010).

De acordo com Garcia (1997), os mecanismos da autodepuração podem ser verificados por meio de análises de parâmetros de oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes totais (CT), os quais são relacionados à qualidade da água, salientando que DBO e CT são as principais causas no que se refere à proliferação de doenças transmitidas através da água, em razão de serem parâmetros que indicam a contaminação das águas. E os parâmetros de OD e DBO influem no que diz respeito à manutenção do equilíbrio aquático e do ecossistema.

Visando auxiliar na gestão, controle e proteção dos recursos hídricos é importante fazer uso de ferramentas que possibilitem a análise e o prognóstico dos corpos d'água as quais, conseqüentemente, auxiliam na tomada de decisões referentes ao gerenciamento desses recursos.

Para haver uma administração mais eficiente dos recursos hídricos, tem se tornado necessário identificar os fatores que influenciam na qualidade da água bem como prever impactos de determinados eventos.

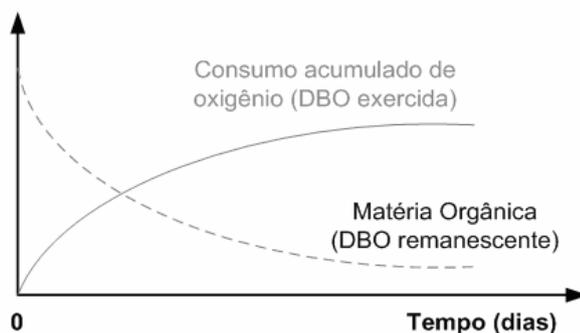
### **3.13. Depleção do oxigênio**

O termo depleção do oxigênio significa a diminuição do oxigênio dissolvido na água, devido às reações que ocorrem no corpo hídrico consumindo oxigênio. Neste contexto a curva de depleção do oxigênio representa o balanço do oxigênio dissolvido, mostrando a variação da concentração de oxigênio ao longo do tempo e do espaço.

Segundo Von Sperling (2005), o conceito de DBO pode ser representado tanto pela DBO remanescente quanto pela DBO exercida, conforme Figura 3. O primeiro termo significa a concentração de matéria orgânica remanescente na massa líquida em um dado instante. Já o segundo, é o oxigênio consumido para estabilizar a matéria

orgânica até determinado instante, ambos tendo como unidade de massa o oxigênio por unidade de volume.

Figura 3 – Progressão temporal da oxidação da matéria orgânica (adaptado de Sperling, 1996).



Fonte: Andrade,2010.

Sendo:

DBO exercida: oxigênio consumido (acumulado);

DBO remanescente: DBO restante ao longo do tempo.

Um dos elementos fundamentais para a sobrevivência das espécies é o oxigênio, sendo o gás de maior disponibilidade na água, seguido pelo nitrogênio, ressaltando sua importância principalmente no que diz respeito aos organismos aeróbicos, que necessitam de oxigênio para existirem.

A depleção de oxigênio elimina as espécies que não são capazes de sobreviver em concentrações inferiores, comprometendo a diversidade biológica em número de espécies e em número de indivíduos dentro da mesma espécie (LEITE, 2004).

Por meio da curva de depleção do oxigênio é possível identificar as zonas de autodepuração e principalmente o ponto crítico, ou seja, o tempo e o local onde a concentração de oxigênio é mínima, desta maneira é possível auxiliar na gestão da bacia hidrográfica no que tange ao lançamento de efluentes no curso d'água, com o intuito de minimizar os impactos sobre os recursos hídricos.

A análise do perfil do oxigênio dissolvido demonstra, de acordo com Von Sperling (1996), os impactos da poluição, a relevância no que tange ao balanço do oxigênio no corpo hídrico, análise se o corpo receptor encontra-se em total acordo com a legislação vigente, bem como a localização do restabelecimento das condições adequadas de concentração do oxigênio.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca possui uma área de 3.435,34 km<sup>2</sup>, representando 3,49% do território de Pernambuco, e está localizada na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental fazendo parte das Regiões de Desenvolvimento - RD do Sertão do Moxotó, Agreste Meridional, Agreste Central, Mata Sul e Metropolitana. Devido à sua abrangência regional (agreste, mata e litoral), a bacia do rio Ipojuca reflete um ambiente complexo no qual se evidenciam contrastes climáticos, de relevo, de solos e de cobertura vegetal, além de socioeconômicos, exigindo um modelo de gestão hídrica e ambiental, que possa atender às suas peculiaridades subregionais e locais. A Figura 4 mostra a localização da bacia hidrográfica do rio Ipojuca no estado de Pernambuco.

Figura 4 – Localização da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.



Fonte: Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (2011), adaptado.

Ao longo da sua extensão, a Bacia abrange territórios parciais de 25 municípios, dos quais, 12 possuem sede dentro da bacia hidrográfica, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

<b>Município</b>	<b>Área na Bacia (%)</b>
Agrestina	0,04
Alagoinha	1,77
Altinho	0,08
Amaraji	1,76
Arcoverde	2,80
Belo Jardim*	6,83
Bezerros*	6,02
Cachoeirinha	0,05
Caruaru*	11,31
Chã Grande*	1,79
Escada*	5,68
Gravatá*	5,55
Ipojuca*	4,45
Pesqueira	17,42
Poção*	5,34
Pombos	1,95
Primavera*	2,60
Riacho das Almas	0,24
Sairé	2,25
Sanharó*	7,12
São Bento do Una	2,06
São Caetano*	7,49
Tacaimbó*	4,10
Venturosa	0,05
Vitória de Santo Antão	1,14

\*Municípios com sede inserida na bacia

Fonte: Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (2011).

De acordo com o Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, foi considerada para estudo a regionalização da Bacia em quatro Unidades de Análise (UA1, UA2, UA3, e UA4), adotada no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia hidrográfica do Rio Ipojuca – PDRH (2002), conforme Figura 5.

Figura 5 – Unidades de análise na bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

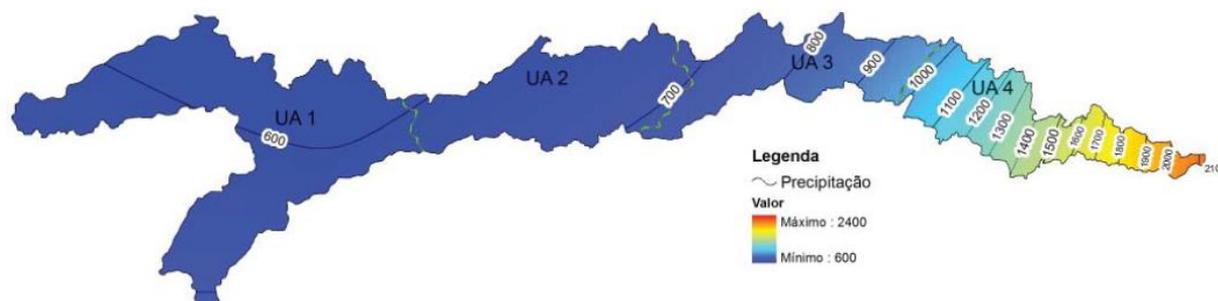


Fonte: Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (2011).

Geograficamente, a Bacia do Rio Ipojuca começa no início do Sertão, com sua maior parte situada no Agreste, passa pela Zona da Mata com término na faixa costeira do Litoral pernambucano, onde encontra o Oceano Atlântico para desaguar. As variações climáticas constatadas são responsáveis pelas modificações paisagísticas, as quais influenciam as diferentes ocorrências demográficas. A medida que se adentra no continente, as intensidades das chuvas decrescem, contrastando com os índices evaporimétricos que passam a crescer (SALGUEIRO, 2005).

A bacia do rio Ipojuca apresenta uma alta variabilidade da precipitação, com valores que vão de 600 a 2100 mm ao ano. Tal variabilidade espacial de chuvas confirma a influência dos dois principais sistemas atmosféricos que ocorrem na região estudada: Zona de Convergência Intertropical e Ondas de Leste. Os totais anuais precipitados apresentaram uma média de 1133,59 mm, com o aumento da precipitação à medida que os postos se aproximam do litoral. A Figura 6 mostra as isoietas anuais, que são as curvas que delimitam regiões de mesma pluviosidade, médias referentes à bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

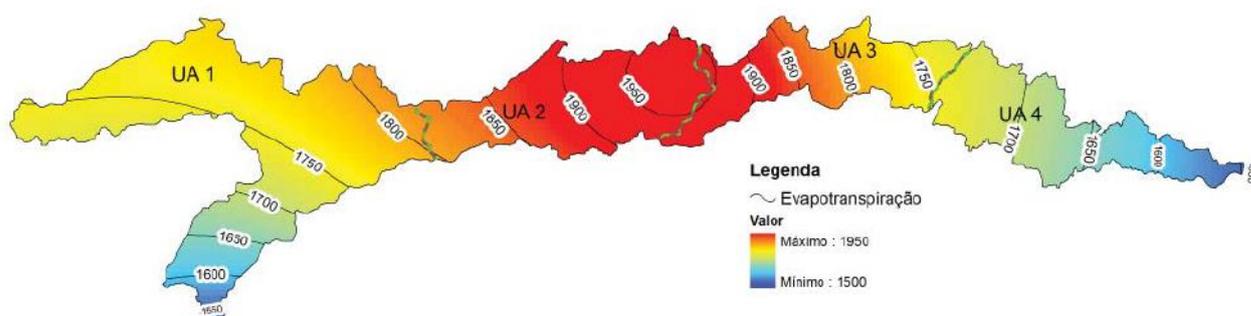
Figura 6 – Isoietas anuais médias da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.



Fonte: Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (2011).

Com relação à evapotranspiração, de acordo com o Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca (2011), dentro da UA1 a evapotranspiração potencial varia de 1550 a 1800 mm, no sentido de Norte para Sul. Na UA2, onde se observa o maior valor de evapotranspiração, a variação é de 1800 a 1950 mm. Quanto à UA3, observa-se uma diminuição da evapotranspiração na medida em que se aproxima do litoral, atingindo um valor em torno de 1750 mm. Por fim, o comportamento desta variável climatológica dentro da UA4 apresenta valores maiores na região Sudoeste, em torno de 1750 mm, com uma diminuição em direção a costa, onde o valor cai para 1550 mm, conforme Figura 7.

Figura 7 – Isolinhas anuais médias de evapotranspiração potencial de Hargreaves (mm) na bacia hidrográfica do rio Ipojuca



Fonte: Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (2011).

## **4.2. Trecho do rio Ipojuca avaliado**

O trecho do rio Ipojuca avaliado no presente estudo abrangeu as cidades de Caruaru e Bezerros, que possuem sede inserida na bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

De acordo com as divisões em unidades de análise, no Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, a cidade de Caruaru está inserida na unidade de análise UA2, e se encontra à 158 km da nascente do rio Ipojuca. A cidade de Bezerros, diferentemente de Caruaru, está inserida na unidade de análise UA3, à 187 km da nascente do rio Ipojuca.

## **4.3. Características dos pontos de coleta**

Para atingir o objetivo deste trabalho, foram coletadas amostras mensais no período de dezembro de 2016 a novembro de 2017, visando monitorar as mudanças causadas pelo ciclo hidrológico sazonal. Para isso, o trecho do rio Ipojuca avaliado foi dividido em sete pontos, entre as cidades de Caruaru e Bezerros.

Para a definição dos pontos de coleta nas cidades de Bezerros e Caruaru, foi realizada primeiramente uma visita *in loco*, observando bem a contribuição que cada ponto teria ao longo do trecho do rio analisado. Foram escolhidos pontos com características diferentes, visando analisar a influência destes na qualidade da água do rio. Portanto, foram definidos pontos a montante e a jusante das duas cidades, ponto inserido na zona industrial e pontos inseridos nas zonas centrais e periféricas de Caruaru.

Foram, então, definidos sete (07) pontos de coleta denominados de P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P7, para facilitar a coleta e as análises durante a pesquisa.

A Tabela 3, mostra as principais características desses pontos, bem como as coordenadas geográficas correspondentes.

Tabela 3 – Características e localização dos pontos de coleta.

Pontos de Coleta	Descrição	Coordenadas Geográficas
P1	Montante de Caruaru (zona rural)	08° 19' 15.00" S 36° 05' 44.40" W
P2	Montante de Caruaru (zona industrial)	08° 18' 9.65" S 36° 00' 37.97" W
P3	Localizada no início da área central de Caruaru	08° 17' 27.20" S 35° 59' 5.50" W
P4	Localizada após a área central de Caruaru	08° 16' 49.20" S 35° 56' 22.80" W
P5	Jusante de Caruaru (zona rural)	08° 15' 57.20" S 35° 54' 24.70" W
P6	Montane de Bezerros (zona rural)	08° 14' 21.30" S 35° 46' 30.10" W
P7	Jusante de Bezerros, localizada após a área central da cidade	08° 13' 45.80" S 35° 45' 01.30" W

A Figura 8 mostra a localização dos pontos de coleta em Caruaru e Bezerros, no trecho do rio Ipojuca analisado neste trabalho.

Figura 8 – Localização dos pontos de coleta no trecho do rio Ipojuca analisado.



Fonte: Google Earth (2017), adaptado.

Os pontos de coleta inseridos no município de Caruaru são os pontos P1 à P5, e para o município de Bezerros são os pontos P6 e P7.

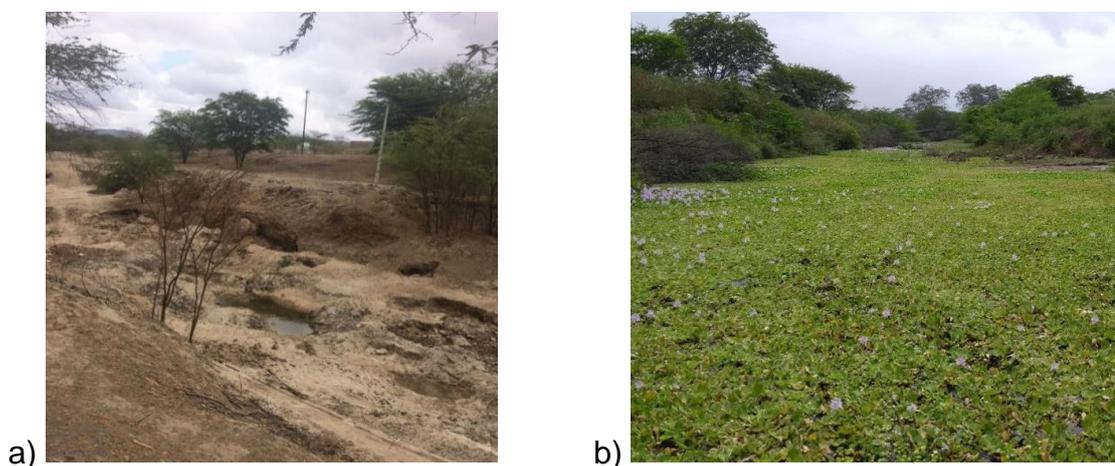
As distâncias entre o ponto P1 e outros demais seis pontos foram, respectivamente e aproximadamente, 11,5 km, 15,8 km, 22,8 km, 32,5 km, 49,3 km e 52,3 km. A Tabela 4 mostra a distância entre cada ponto de coleta.

Tabela 4 – Distância entre os pontos de coleta.

<b>Pontos de Coleta</b>	<b>Distância (km)</b>
P1-P2	11,50
P2-P3	4,27
P3-P4	7,07
P4-P5	9,63
P5-P6	16,80
P6-P7	3,31

As Figuras 13 a 19, são referentes aos pontos de coleta localizados em Caruaru/PE.

Figura 9 – Ponto de coleta P1 a) Período seco b) Período chuvoso



Fonte: autora (2017)

Figura 10 – Ponto de coleta P2 a) Período seco b) Período chuvoso



Fonte: autora (2017)

Figura 11 – Ponto P3, próximo ao centro urbano de Caruaru



Figura 12 – Ponto P4, localizado na zona urbana de Caruaru



Fonte: autora (2017)

Figura 13 – Ponto P5, localizado na Comunidade Jacaré, zona rural de Caruaru



Fonte: autora (2017)

As Figuras 14 e 15 mostram os dois pontos localizados em Bezerros/PE.

Figura 14 – Ponto P6, localizado na zona rural à montante da cidade de Bezerros



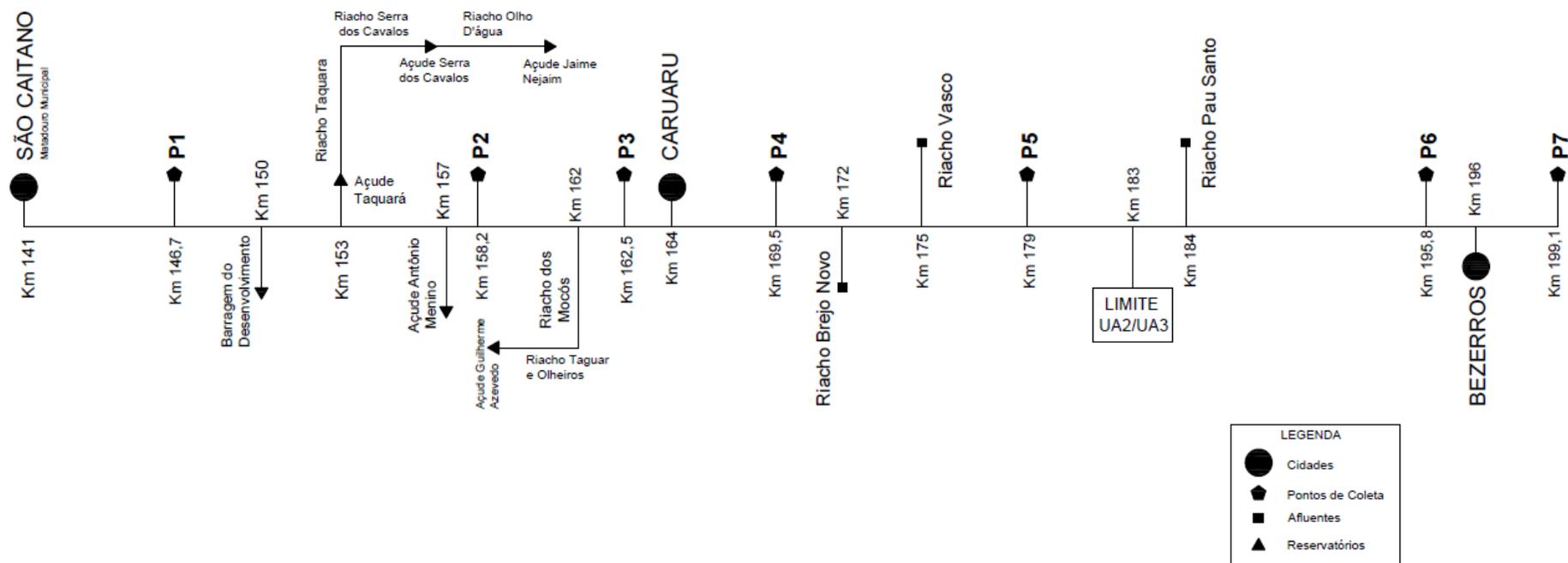
Figura 15 – Ponto P7, localizado à jusante da cidade de Bezerros



Fonte: autora (2017)

A Figura 16, apresenta o diagrama unifilar do trecho do rio Ipojuca avaliado, adaptado do Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (2011), com as distâncias em km referentes à distância da nascente do rio Ipojuca, na Serra do Pau D'arco no município de Arcoverde-PE.

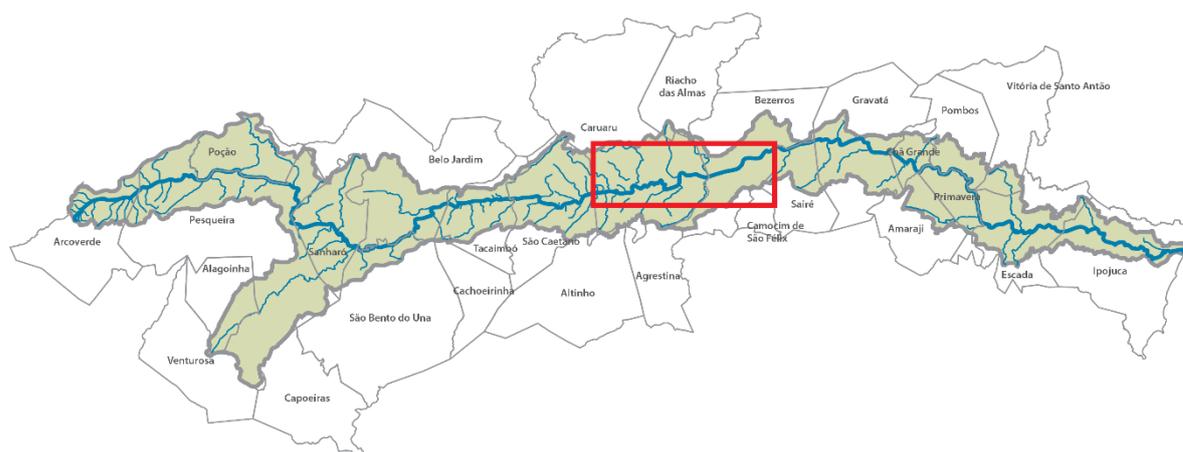
Figura 16 – Diagrama unifilar do trecho do rio Ipojuca analisado



Fonte: Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (2011), adaptado.

A Figura 17 apresenta a bacia hidrográfica do rio Ipojuca e as cidades que integram a bacia, sendo demarcado o trecho em estudo:

Figura 17 – Trecho analisado em destaque na bacia hidrográfica do Rio Ipojuca



Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco (2017), adaptado.

O Município de Caruaru está localizado na região Agreste do estado de Pernambuco, possuindo 356.128 habitantes (IBGE, 2017) e área territorial de 920,61 km<sup>2</sup> (IBGE, 2016). De acordo com dados do IBGE (2017), o município de Caruaru corresponde a um dos mais populosos municípios do estado, e está estrategicamente localizado, sendo considerado um município que serve como meio para a logística, fazendo ligações com 60 cidades, através das rodovias estaduais e federais que cortam o município, ligando pessoas à capital, Recife, às cidades do sertão, agreste setentrional e zona da mata, (IBGE, 2010).

O Município de Bezerros, também localizado na região Agreste de Pernambuco, possui 60.549 habitantes (IBGE, 2017). Sua superfície territorial é de 490,82 Km<sup>2</sup> (IBGE, 2016), localizado às margens da BR 232, principal ligação entre a capital e as cidades do interior pernambucano.

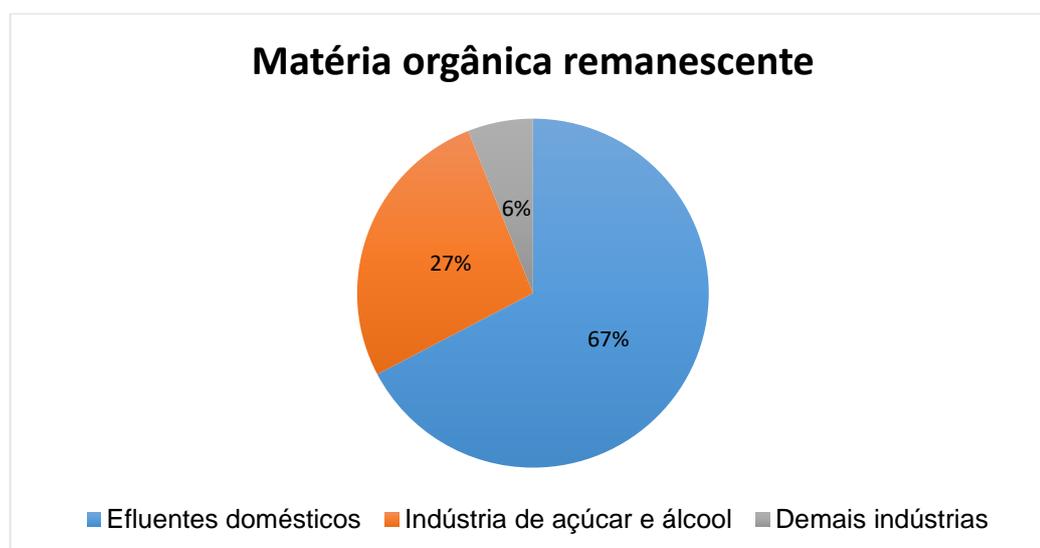
De acordo com dados que constam no Relatório SIP (Sistema de Informações Operacionais), de junho/2015, da Companhia Pernambucana de Saneamento – Compesa – apenas quatro municípios que fazem parte da Bacia do Ipojuca apresentam serviço de esgotamento sanitário, mas os efluentes coletados não são tratados e têm como destino final o Rio Ipojuca. São eles: Caruaru, Gravatá, Arcoverde

e Vitória. Isso significa que apenas 16% dos municípios da Bacia possuem serviço de esgoto. Em relação à população, significa que apenas 48,5% são atendidos (PSA-Ipojuca, 2015).

De acordo com o Plano de Saneamento da bacia do rio Ipojuca (PSA-Ipojuca, 2015), Caruaru, a maior cidade da Bacia, tem índice de esgotamento sanitário de 46%. Gravatá somente 1,3%; Arcoverde, 5,6% e Vitória de Santo Antão, 39,3%, enquanto que Bezerros não apresenta serviço de esgotamento sanitário.

O Plano Hidroambiental da Bacia do rio Ipojuca (PHBI) identifica fontes significativas de contaminação e degradação ambiental na Bacia sendo as mais importantes: os efluentes domésticos, industriais e da agroindústria, representadas na Figura 18.

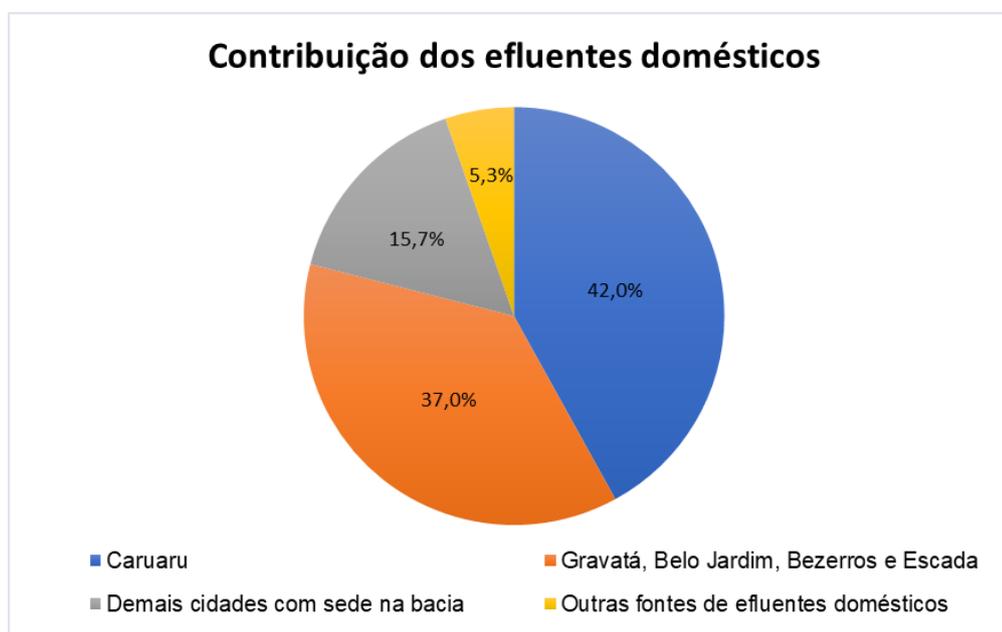
Figura 18 – Matéria orgânica remanescente na Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca



Fonte: Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2012.

Com relação aos efluentes domésticos as doze cidades na bacia contribuem com 94,7% da carga orgânica. O aporte de Caruaru, sozinho, representa um total de 42% da carga orgânica estimada de origem doméstica, de acordo com a Figura 19.

Figura 19 – Contribuição dos efluentes domésticos na Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca



Fonte: Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2012.

#### 4.4. Parâmetros avaliados

Foram realizadas coletas mensais, nos pontos definidos na área de estudo, no período de dezembro/2016 a agosto/2017. A Tabela 5 mostra a data em que foi feita a coleta nos pontos definidos para análise no rio Ipojuca:

Tabela 5 – Data das coletas entre dez/2016 e nov/2017.

<b>Número da coleta</b>	<b>Data da coleta</b>
<b>Dez/2016</b>	22/12/2016
<b>Jan/2017</b>	24/01/2017
<b>Fev/2017</b>	23/02/2017
<b>Mar/2017</b>	29/03/2017
<b>Abr/2017</b>	26/04/2017
<b>Mai/2017</b>	15/05/2017
<b>Jun/2017</b>	07/06/2017
<b>Jul/2017</b>	25/07/2017
<b>Ago/2017</b>	22/08/2017
<b>Set/2017</b>	21/09/2017
<b>Out/2017</b>	23/10/2017
<b>Nov/2017</b>	30/11/2017

Os parâmetros analisados neste trabalho foram: temperatura, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), demanda química de oxigênio (DQO)

e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Para a análise da DBO foi seguido o procedimento standard.

#### 4.5. Precipitação

Para a realização das análises dos resultados, pesquisou-se também os dados referentes aos índices pluviométricos dos municípios de Caruaru e Bezerros no período de monitoramento.

Os índices pluviométricos foram obtidos através das estações pluviométricas monitoradas pela APAC – Agência Pernambucana de Água e Clima. As estações utilizadas para estudo foram as estações IPA-24 e 67, localizadas em Caruaru e Bezerros, respectivamente.

Na Tabela 6 estão inseridas as coordenadas geográficas dos postos pluviométricos monitorados pela APAC:

Tabela 6 – Coordenadas geográficas das estações pluviométricas monitoradas pela APAC

Posto pluviométrico	Coordenada Geográfica
IPA-24	8°14' 17.8" S 35° 55' 00.6" W
67	8° 14' 35.8" S 35° 45' 10.1" W

#### 4.6. Correlação de Pearson

Muitas vezes é necessário avaliar o grau de relacionamento entre duas ou mais variáveis. É possível descobrir com precisão, o quanto uma variável interfere no resultado de outra. Poranto, neste trabalho foi avaliada a correlação dos parâmetros físico-químicos medidos nos pontos de coleta, incluindo o índice pluviométrico no período de análise.

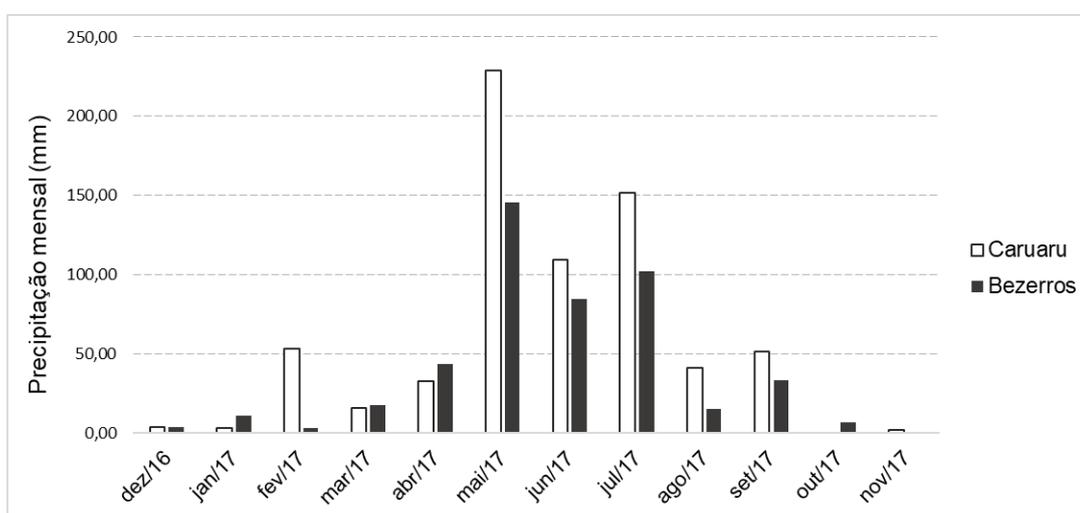
As análises do coeficiente de correlação de Pearson foram feitas com o auxílio do programa BioEstat 5.3.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Avaliação dos dados pluviométricos

A Figura 20, mostra a precipitação mensal nas cidades onde foram realizadas as coletas.

Figura 20 – Precipitação mensal nas cidades de Bezerros e Caruaru



Fonte: APAC - Agência Pernambucana de Água e Clima.

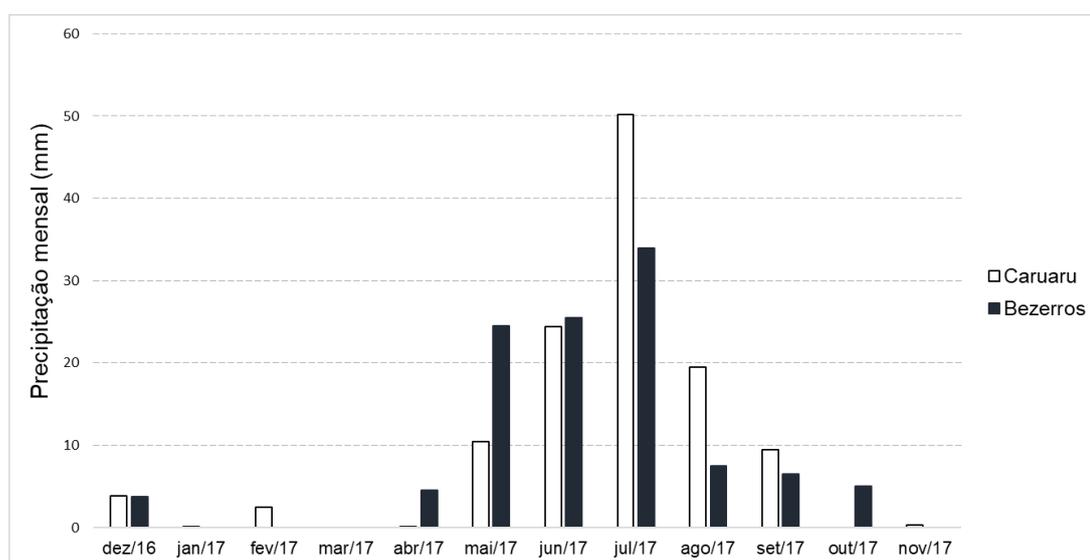
É importante observar que nos meses de dezembro/2016 a abril/2017, o índice de precipitação foi muito baixo, diferente dos meses de maio/2017 a julho/2017, onde o índice pluviométrico aumentou consideravelmente, voltando a diminuir no mês de agosto/2017 a novembro/2017. Portanto, no período em que foram realizadas as coletas houveram dois períodos distintos: chuvoso, entre maio/2017 e julho/2017, e seco, de dezembro/2016 a abril/2017 e de agosto/2017 a novembro/2017.

Na análise da precipitação, também é importante salientar que as chuvas não foram igualmente distribuídas durante os meses, devido à variabilidade temporal e espacial das chuvas. Houve um evento inesperado no final do mês de maio, mais precisamente entre os dias 25/05/2017 e 29/05/2017, onde foi registrado um elevado volume de precipitação, causando inundações e o carreamento de macrófitas em certos pontos do rio Ipojuca.

Portanto, foi realizada a análise da precipitação apenas para os cinco dias anteriores ao dia da coleta, neste caso, visando não contabilizar dados que possivelmente não tornariam os resultados próximos da realidade do rio Ipojuca no período em que foram realizadas as coletas. Isto acontece devido, principalmente, às altas taxas de evaporação e evapotranspiração que a região agreste apresenta.

O regime de pluviometria adotado neste trabalho foi conforme a Figura 21.

Figura 21 – Precipitação acumulada nos cinco dias anteriores ao dia da coleta



A Figuras 22 a 24 mostram como ficou o rio Ipojuca após o evento das inundações, ocorrido no final do mês de maio.

Figura 22 – Ponto de coleta P7, em Bezerros



Figura 23 – Proximidades do ponto P7 em Bezerros



Fonte: autora (2017)

Figura 24 – Ponto de coleta P4 em Caruaru



Fonte: Desconhecida

No início das análises não havia água nos pontos P1 e P2, porém, nos meses de julho/2017 a setembro/2017, os mesmos passaram a ser contabilizados nesse estudo, pois com a continuidade das chuvas nesse período houve um acúmulo de água nesses pontos, fazendo com que fosse possível e viável a coleta das amostras. É importante ressaltar que as coletas foram realizadas apenas uma semana após o evento das inundações, quando foi seguro a visita em todos os pontos de coleta deste trabalho. Nos meses de outubro/2017 e novembro/2017, a coleta já não era mais viável no ponto P1 devido a diminuição da disponibilidade de água e o acúmulo de vegetação neste ponto do rio.

## 5.2. Poluição no rio Ipojuca

No rio Ipojuca há fontes significativas de contaminação e degradação ambiental, sendo as mais importantes os efluentes domésticos, industriais e agroindustriais. Os efluentes domésticos representam cerca de 67% da carga orgânica lançada nos corpos d'água da bacia e são os principais responsáveis pelo atual quadro de degradação dos recursos hídricos (PSA-Ipojuca, 2015).

Com relação ao sistema de esgotamento sanitário na bacia do rio Ipojuca, apenas 16% dos municípios possuem serviço de esgotamento sanitário sendo que os efluentes coletados não são tratados, tendo como destino final o rio Ipojuca. Caruaru apresenta índice de esgotamento sanitário de 46%, enquanto que Bezerros não

possui esgotamento sanitário de atendimento à população urbana (PSA-Ipojuca, 2015).

Através dos dados divulgados pelo IDS (IBGE, 2010) o rio Ipojuca já apresentou maior grau de poluição, ficando em 3º lugar no ranking dos mais poluídos, recebendo a maior carga de resíduos orgânicos domésticos dos municípios de Caruaru, Gravatá, Bezerros, Escada e Belo Jardim.

As questões de poluição relativas ao Rio Ipojuca no município de Caruaru são bastante relevantes devido aos detritos lançados no rio, provenientes de indústrias locais, em especial das lavanderias de confecção, que, segundo pesquisa realizada por Ferreira et al (2011), 40% das lavanderias caruaruenses despejam efluentes industriais no esgoto público, e 38% nos canais, sendo que 18% são lançados diretamente no Rio Ipojuca.

No trecho do rio analisado neste trabalho foi possível observar em diversos pontos que os efluentes são lançados diretamente no rio. Além disso, também foram observados vários tipos de resíduos gerados das mais diversas atividades, como exemplo: lixo orgânico, resíduos de construção civil, resíduos sólidos domésticos, conforme Figuras 25 a 30.

Figura 25 – Poluição nas margens do Rio Ipojuca em Bezerros-PE a) Lixo nas margens do rio b) Lixo nas proximidades da margem do rio



Fonte: Autora (2017).

Figura 26 – Resíduos de construção civil nas proximidades da margem do rio Ipojuca em Bezerros-PE



Figura 27 – Lançamento de efluente diretamente no rio Ipojuca, Bezerros-PE



Fonte: Autora (2017).

Figura 28 – Lançamento de efluentes diretamente no rio Ipojuca, Caruaru-PE



Figura 29 – Lançamento de efluente no rio Ipojuca, Caruaru-PE



Fonte: Autora (2017).

Por apresentarem sede inserida na bacia do rio Ipojuca, as cidades analisadas neste trabalho contribuem com a degradação atual do rio principalmente com o lançamento de carga orgânica sem tratamento prévio.

Figura 30 – Lançamento de efluente no rio Ipojuca, Caruaru-PE



Fonte: Autora (2017).

O nitrogênio e o fósforo, que são nutrientes para as plantas aquáticas, especialmente para as algas, podem acarretar a eutrofização, fenômeno pelo qual a água é acrescida, principalmente por compostos nitrogenados e fosforados. A eutrofização ocorre pelo depósito de fertilizantes utilizados na agricultura, ou de lixo e esgotos domésticos, além de resíduos industriais. Isso promove o desenvolvimento de uma superpopulação de vegetais e de microorganismos decompositores que consomem o oxigênio, acarretando a morte das espécies aeróbicas. Quando morrem por asfixia, então, a água passa a ter uma presença predominante de seres anaeróbicos, que produzem ácido sulfídrico, responsável pelos maus odores (PEREIRA, 2004). Pontos em que as concentrações de oxigênio foram bem baixas, especialmente os pontos P3 e P4, exalavam mal odores.

O aumento da eutrofização dos ambientes aquáticos tem promovido mudanças significativas na qualidade da água, incluindo: ao aumento de incidência de florações de microalgas e cianobactérias, a redução do oxigênio dissolvido, morte intensiva de peixes. Ao percorrer o trecho do rio analisado neste trabalho, diversos pontos apresentavam vegetação superficial.

De acordo com o art. 42 da Resolução CONAMA N° 357/2005, quando não houver classificação das águas do corpo hídrico, ou seja, quando ainda não tiver sido estabelecido o enquadramento do curso d'água, este será classificado em caso de água doce, como pertencente a classe 2. Portanto, como ainda não foi realizado o



De acordo com a Figura 31 o ponto com temperatura mais elevada foi o ponto P3, seguido pelo ponto P4, no mês de março/2017.

Para este estudo, o período seco (dez/2016 a abril/2017 e ago/2017 a nov/2017) compreendeu o período com temperaturas mais elevadas, levando em consideração que o período chuvoso (maio/2017 a julho/2017) deu início apenas no final do mês de maio. Para o período seco, a média da temperatura foi de 27,84°C, já para o período chuvoso, a temperatura tornou-se mais amena, com média mensal de 24,74°C.

Em relação à temperatura do corpo hídrico, o valor máximo, mínimo, a média e o desvio padrão para esse parâmetro nos pontos analisados encontra-se na Tabela 7, em cada mês de coleta.

Tabela 7 – Variáveis relativas à medição da temperatura nos pontos de coleta

Variáveis (°C)	Pontos de coleta						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<b>Valor máximo</b>	24,80	27,90	33,70	30,90	27,00	28,60	30,90
<b>Valor mínimo</b>	23,10	23,80	23,90	23,80	24,60	23,50	23,30
<b>Média</b>	24,40	24,30	28,10	26,65	26,05	25,50	25,20
<b>Desvio padrão</b>	0,89	1,66	3,53	2,06	0,70	1,74	2,22

O ponto P3 foi o ponto que apresentou as maiores temperaturas durante os meses de coleta, com uma média de 28,10 °C.

A solubilidade do oxigênio em água aumenta com a diminuição da temperatura. Portanto, as águas frias retêm mais oxigênio que as águas mais quentes. A quantidade de oxigênio que se dissolve a 0 °C (14,2 mg/L) é mais do que o dobro da que se dissolve a 35 °C (7,0 mg/L). Deste modo, rios e lagos que possuem águas mais aquecidas por ação antrópica (poluição térmica) possuem como resultado menor concentração de OD. (FIORUCCI, 2005). Na Tabela 7 pode ser observado que os valores da temperatura foram maiores em média nos pontos P3, P4 e P7, localizados na zona urbana.

A Resolução do CONAMA N° 430/2011 estabelece a temperatura apenas para padrão de lançamento no corpo receptor devendo esta ser menor que 40°C.

#### 5.4. Potencial hidrogeniônico

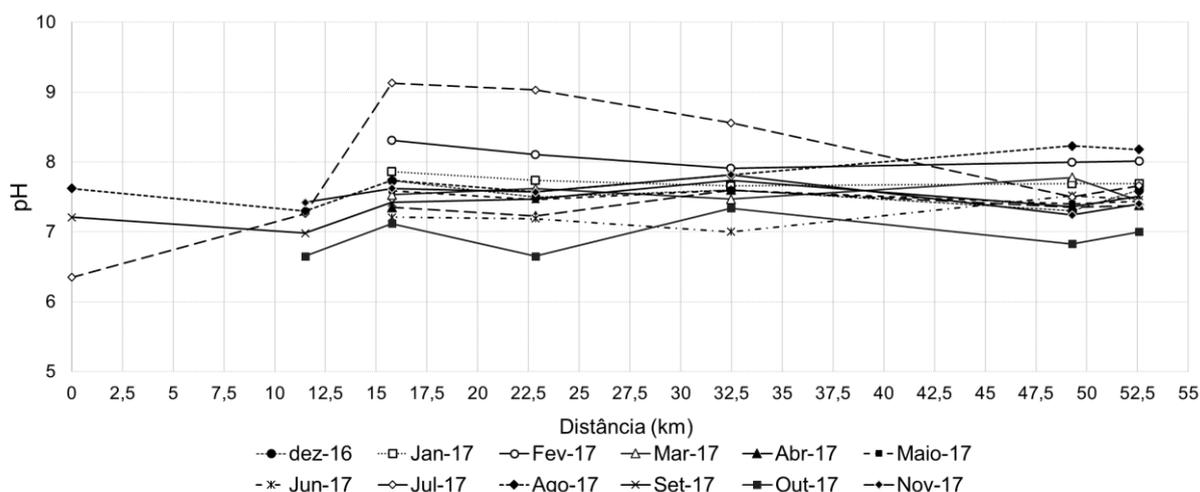
Em relação ao Potencial Hidrogeniônico (pH), segundo a Resolução do CONAMA Nº 357/05 para águas doces - Classe II o pH, deve situar-se na faixa entre 6,0 e 9,0. Durante o período estudado, foram encontrados valores de pH na faixa entre 6,0 e 9,0, que estão de acordo com os valores estabelecidos pela Resolução supracitada, como pode ser observado na Figura 32. O padrão estabelecido pela Resolução não foi atingido apenas no mês de julho/2017, para os pontos P3 e P4, sendo o pH de 9,13 e 9,03, respectivamente.

O pH (potencial hidrogeniônico) é representado por um valor numérico que indica se uma solução é ácida (menor que 7), neutra (igual a 7) ou alcalina (maior que 7).

O pH é diretamente influenciado pelas taxas de fotossíntese do ecossistema, pois quando esta se eleva, favorecida pelo enriquecimento da água por nitrogênio e fósforo, o pH da água tende a aumentar, ou seja, tornar-se mais alcalino em decorrência da diminuição das concentrações de gás carbônico na água (Wetzel, 2001).

As águas superficiais possuem um pH entre 4 e 9. Às vezes são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Nesses casos, naturalmente, o pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre. Em lagoas com grande população de algas, nos dias ensolarados, o pH pode subir muito, chegando a 9 ou até mais. Isso se deve ao fato de que as algas, ao realizarem fotossíntese, retiram muito gás carbônico, que é a principal fonte natural de acidez da água. Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais (ESTEVES, 1988). A Figura 32 apresenta o comportamento do pH nos pontos de coleta.

Figura 32 – Comportamento do pH nos pontos de coleta



A Tabela 8 mostra os valores máximo, mínimo, a média e o desvio padrão para o pH, nos pontos analisados, em cada mês de coleta. Os valores médios ficaram dentro da faixa permitida pela Resolução, e os desvios foram bem baixos, denotando uma maior estabilidade dos dados de pH.

Tabela 8 – Variáveis relativas à medição do Ph nos pontos de coleta

Variáveis	Pontos de coleta						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<b>Valor máximo</b>	7,62	7,42	9,13	9,03	8,56	8,23	8,18
<b>Valor mínimo</b>	6,35	6,65	7,12	6,65	7,00	6,83	7,00
<b>Média</b>	7,21	7,26	7,61	7,54	7,63	7,45	7,49
<b>Desvio padrão</b>	0,65	0,31	0,54	0,57	0,37	0,37	0,31

Os pontos P3 e P4, no mês de julho/2017, não apresentavam quantidades significativas de vegetação no rio, e mesmo assim o pH nesses pontos aumentou consideravelmente.

Com relação às variações nas medidas de pH, observadas nos outros meses da coleta, podem ser ocasionadas geralmente por consumo e também por produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), realizados por todos os organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração ou fermentação, produzindo ácidos fracos. A quantidade de matéria morta a ser decomposta influencia os valores de pH (NOZAKI et al, 2014).

De acordo com Esteves (1998), o pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, sendo que quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor o pH, pois para haver decomposição desse material muitos ácidos são produzidos.

Foi feita a correlação entre os dados de pH e pluviometria para verificar se os índices pluviométricos influenciaram nos valores de pH ao longo deste estudo.

Tabela 9 – Coeficiente de correlação de Pearson para pH e pluviometria

Pontos	Coef. Pearson (r)
P3	0,25
P4	-0,01
P5	-0,26
P6	-0,04
P7	0,32

Os pontos P1 e P2 não foram correlacionados com os dados de chuva devido ao fato de terem sido coletados apenas nos últimos meses deste estudo, podendo não gerar dados de correlação confiáveis.

A classificação proposta por Dancey e Reidy (2005) considera, para o coeficiente de Pearson:  $r = 0,10$  até  $0,30$  correlação considerada fraca;  $r = 0,40$  até  $0,6$  classificada como correlação moderada;  $r = 0,70$  até  $1$  considerada uma correlação forte. Os resultados mostram que a correlação entre o pH e a pluviometria foi fraca em todos os pontos de coleta.

## 5.5. Demanda Química de Oxigênio

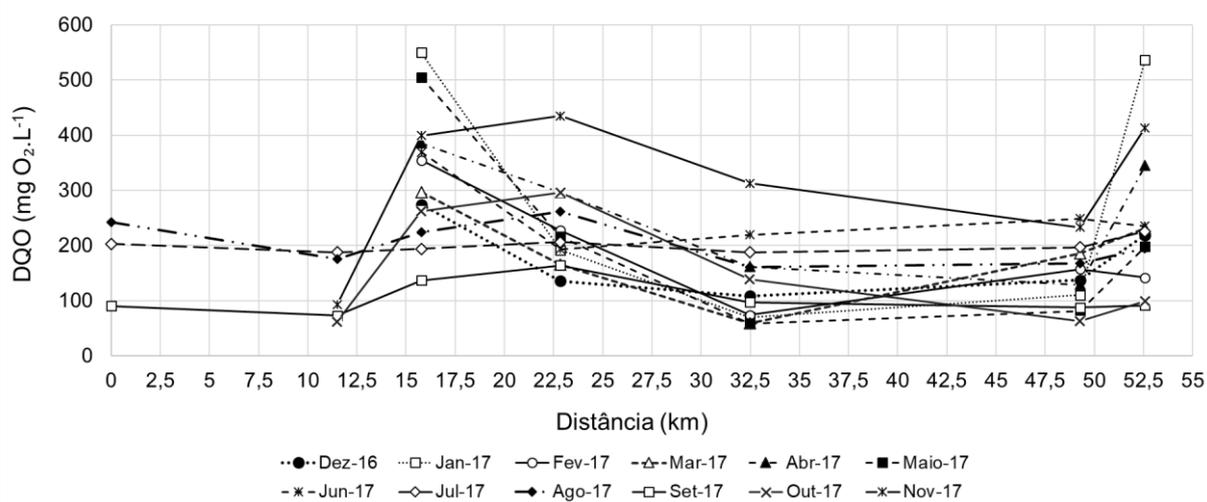
A Demanda Química de Oxigênio (DQO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica em um corpo hídrico através de um agente químico. A DQO, através da medição do carbono orgânico, indica o potencial do consumo de oxigênio dissolvido. A elevação da concentração de DQO num corpo d'água é ocasionado, na maioria das vezes, por despejos de matéria orgânica proveniente do lançamento de efluentes domésticos e industriais.

A Figura 33 mostra os resultados obtidos na análise de DQO nos pontos de coleta adotados neste estudo, que estão localizados no gráfico de acordo com a

distância acumulada do ponto P1, considerado como o quilômetro zero, aos demais pontos de coleta.

A Resolução CONAMA Nº 357/2005, não apresenta um limite estabelecido para esse parâmetro.

Figura 33 – Demanda química de oxigênio nos pontos de coleta



Sabe-se que o poder de oxidação por agentes químicos é geralmente maior do que o que resulta mediante a ação de microrganismos. Desta forma os resultados da DQO de uma amostra são superiores aos de DBO. Neste estudo, todos os pontos de coleta em todos os meses apresentaram os resultados da análise de DQO maiores que os obtidos na análise de DBO.

A Tabela 10 mostra as variáveis da DQO nos pontos de coleta analisados.

Tabela 10 – Variáveis relativas à medição da DQO nos pontos de coleta

Variáveis (mg O <sub>2</sub> /L)	Pontos de coleta						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<b>Valor máximo</b>	242,26	187,91	549,83	434,90	312,84	249,00	536,42
<b>Valor mínimo</b>	90,38	61,54	137,02	135,74	58,50	63,25	91,57
<b>Média</b>	202,95	92,89	325,74	211,18	123,75	147,16	222,23
<b>Desvio padrão</b>	78,83	59,33	122,34	81,32	76,64	59,39	129,65

Segundo Jordão e Pessôa (2011) a DQO dos esgotos domésticos varia entre 200 e 800 mg/L. Os pontos P3, P4 e P7, apresentaram os maiores valores máximos da concentração de oxigênio, sendo o ponto P3 o que se destacou entre eles por apresentar um valor máximo de 549,83 mg/L de DQO. Para os valores mínimos estes pontos também permaneceram como os pontos de maiores concentrações de oxigênio, sendo o ponto P3 o que obteve o maior valor, que foi de 137,02 mg/L.

O ponto P2 inserido à montante do centro urbano de Caruaru, apresentou, em média, DQO abaixo do limite considerado como esgoto bruto. O mesmo ocorreu para o ponto P5 à jusante do centro urbano de Caruru e para o ponto P6, localizado a montante de Bezerros. Vale salientar que os pontos P3, P4 encontram-se inseridos na zona urbana de Caruaru, e atingiram valores compatíveis com esgoto bruto. O ponto P7, inserido à montante de Bezerros também apresentou valores elevados de DQO e também compatíveis com os limites de esgoto bruto. Entre todos os pontos de análise, estes são os pontos que recebem matéria orgânica em maior quantidade. É importante notar que, como Caruaru apresenta um número maior de habitantes do que Bezerros, a carga orgânica é maior nessa cidade.

O ponto P5, em Caruaru, apresenta uma DQO média menor que o ponto P7 em Bezerros, isso se deve provavelmente ao fato de que o ponto P5 encontra-se na zona rural a uma distância maior do ponto de análise que o antecede, diferentemente do ponto P7 em Bezerros, que encontra-se a jusante, porém próximo, do centro urbano da cidade.

Os dados obtidos apontam para um aumento dos valores nos pontos em que o rio Ipojuca passa pelo centro urbano, tanto de Caruaru quanto de Bezerros, devido à carga de matéria orgânica recebida.

A correlação entre DQO e pluviometria se encontra na Tabela 11.

Tabela 11 – Coeficiente de correlação de Pearson para DQO e pluviometria

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	-0,70
<b>P4</b>	-0,73
<b>P5</b>	-0,33
<b>P6</b>	0,13
<b>P7</b>	-0,40

Os resultados mostram que a correlação entre DQO e pluviometria foi forte para os pontos P3 e P4, o ponto P5 e P6 apresentaram uma correlação fraca e o ponto P7 uma correlação moderada, indicando que o aumento dos índices pluviométricos atuou de maneira positiva nos pontos em que o índice de poluição no rio Ipojuca é maior.

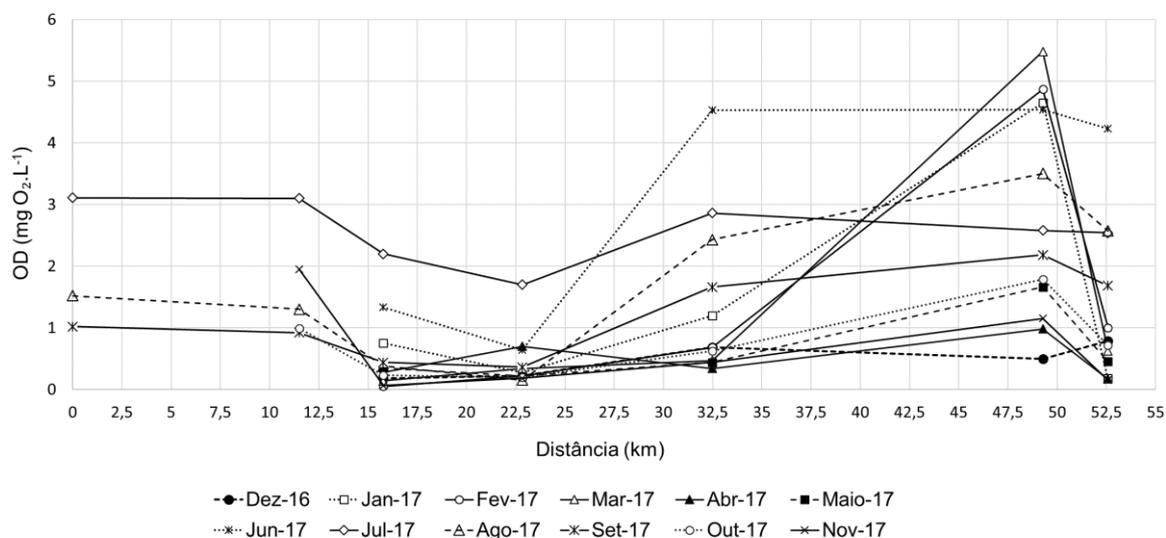
## **5.6. Oxigênio Dissolvido**

A Figura 34 mostra os resultados da análise de oxigênio dissolvido no trecho do rio Ipojuca analisado. Os pontos de coleta P1 e P2 foram apenas adicionados neste estudo a partir de julho/2017, pois antes deste período, a coleta estava inviabilizada por não haver água neste trecho, devido ao longo período de seca. A coleta no ponto P1 foi realizada até setembro/2017, tornando-se inviável a partir deste mês, devido à pouca disponibilidade de água no local e o aumento considerável da vegetação.

Na Figura 34 é importante observar que aproximadamente no quilômetro 45 é onde se encontra o limite entre as cidades de Caruaru e Bezerros.

Os resultados encontrados mostram que antes das áreas mais populosas, tanto em Caruaru (pontos P1 e P2) quanto em Bezerros (ponto P5), as condições do rio eram melhores, com OD médio de 1,41 mg O<sub>2</sub>/L, e 2,38 mg O<sub>2</sub>/L, respectivamente. Em Caruaru, a concentração de OD decresceu à medida que o rio passou pela zona urbana, incluindo o centro da cidade, e voltou a aumentar quando o rio atingiu a zona rural. Em Caruaru, os níveis de OD decrescem na medida em que o rio passa pela zona urbana da cidade e volta a aumentar no ponto P5, a jusante da cidade. Em Bezerros, existindo apenas dois pontos (P6 e P7), nota-se que os níveis de OD antes do rio entrar na cidade são maiores em relação ao ponto de coleta logo após a passagem do rio pela zona urbana.

Figura 34 – Oxigênio dissolvido na água dos pontos de coleta



Nas coletas realizadas no período chuvoso, de maio/2017 a julho/2017, pode ser observado na Figura 34 uma mudança no comportamento do OD do rio, devido ao aumento do índice pluviométrico neste período. É importante ressaltar que também houve um aumento na vazão do rio.

Baixos valores de oxigênio dissolvido (inferior à 4mg/L) indicam um provável consumo de OD devido ao metabolismo microbiano, que leva à depleção do oxigênio dissolvido ou ao excesso de matéria orgânica, pois esta necessita de oxigênio para se decompor (ALMEIDA et al. 2004).

A coleta no período chuvoso não foi realizada no período das inundações, uma vez que o acesso aos pontos de coleta não apresentavam segurança. Portanto, durante a coleta, o nível das águas já tinha diminuído um pouco, assim como a vazão de cheia. No período chuvoso, observou-se um aumento na vazão do rio e como o aumento da vazão está relacionado com a reaeração superficial da água, possivelmente ocorre aumento dos níveis de oxigênio dissolvido nesse período.

De acordo com Libânio (2005), além das ações antrópicas no lançamento de efluentes, as concentrações de OD podem variar naturalmente. Cursos d'água com uma velocidade mais elevada favorecem o aporte do oxigênio da atmosfera, enquanto em lagos e reservatórios, a concentração de OD pode superar à saturação em dias de intensa atividade fotossintética da comunidade algas e das plantas aquáticas. Esse

fenômeno denominado supersaturação de OD somente pode ocorrer pela atividade fotossintética.

Como a vazão e velocidade do rio estavam visualmente maiores no período chuvoso, de acordo com Libânio (2005), pode-se concluir que o aumento da vazão e velocidade do rio pode ter influenciado no aporte de oxigênio da atmosfera, aumentando a quantidade de oxigênio dissolvido no meio quando em comparação com o período de seca.

A vida aquática depende diretamente da disponibilidade de oxigênio dissolvido na água. O oxigênio é empregado nos processos metabólicos para produção de energia de qualquer organismo vivo aeróbio e facultativo, seja na forma livre ou combinada (BRANDELERO et al. 2010). Com OD de 4 a 5 mg/l os peixes mais exigentes morrem, e um OD igual a 2 mg/l todos os peixes estão mortos, e no nível de 0 mg/l temos a condição de anaerobiose (RIBEIRO, 2010).

A Tabela 12 mostra a quantidade de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta durante os meses de análise.

Como pode ser observado na Figura 34, os valores de OD medidos no período em que foram realizadas as coletas, ficaram abaixo das concentrações permitidas pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para águas doces - Classe II, a qual preconiza um valor mínimo de 5 mg/L de oxigênio dissolvido. Apenas o ponto P6, no mês março/2017, apresentou uma concentração de OD de 5,48 mg/L, atendendo, nesse período, os padrões da Resolução.

Na Tabela 12 podem ser conferidos os valores máximos e mínimos, além da média e desvio padrão dos valores de OD nos pontos de coleta do trecho analisado.

Tabela 12 – Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro OD

Variáveis (mg O <sub>2</sub> /L)	Pontos de coleta						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<b>Valor máximo</b>	3,11	3,10	2,20	1,70	4,53	5,48	4,23
<b>Valor mínimo</b>	1,02	0,92	0,05	0,15	0,34	0,50	0,15
<b>Média</b>	1,52	1,30	0,32	0,25	0,68	2,38	0,76
<b>Desvio padrão</b>	1,09	0,91	0,63	0,44	1,30	1,72	1,26

De acordo com a Figura 34, os valores máximos de OD foram obtidos no mês de julho, para os pontos P1, P2, P3 e P4. Os pontos P5 e P7 apresentaram seus

valores máximos de OD no mês de junho. Esses pontos apresentaram o OD máximo no período chuvoso. A exceção foi o ponto P6 que atingiu o seu valor máximo, de 5,48 mg/L de OD, no mês de março de 2017.

Vale salientar que o aumento gradativo da concentração de OD no decorrer do tempo, pode configurar-se como uma zona de recuperação. A zona de recuperação é a zona onde o curso d'água começa a restabelecer as condições que apresentava anteriormente ao lançamento da carga de matéria orgânica. Esta zona de recuperação pode ser visualizada através da análise dos pontos P3, P4 e P5, em Caruaru, com a quantidade de oxigênio dissolvido gradativamente aumentando a medida em que o rio se distancia da zona urbana.

Conforme discutido anteriormente, os pontos P1 e P2 foram apenas adicionados neste trabalho a partir do mês de julho/2017, sendo a coleta no ponto P1 realizada até setembro/2017. Ao analisar estes pontos, localizados na zona rural, a quantidade de oxigênio dissolvido foi maior em relação aos outros pontos, porém não em conformidade com o valor mínimo exigido pela Resolução CONAMA Nº 357/05. A partir da análise dos resultados de OD nesses dois pontos percebe-se que como há o decréscimo de OD nos pontos seguintes (P3 e P4), a quantidade de matéria orgânica em decomposição no rio aumenta, havendo o decréscimo de oxigênio dissolvido no rio, voltando a aumentar no ponto P5, após 32,47 km do ponto inicial P1.

Importante observar também que no ponto P3, em fevereiro/2017 a amostra atingiu um nível de OD quase zero, o mais baixo entre todos os pontos de análise, onde a capacidade de autodepuração da água foi praticamente nula, sendo a reposição de oxigênio insuficiente para cobrir o consumo. Nessas situações, com teor de oxigênio chegando à quase zero, são geradas graves consequências, tais como: sobrevivência dos seres de vida aquática, exalação de gases com mal odor e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água, dentre outros aspectos pois o meio não oferece mais condições para a sobrevivência de organismos aeróbios (SARDINHA, 2008).

Entre os pontos P5 e P6, tem-se a maior distância entre os pontos, com 16,8 km. Ao analisar os dados observa-se que são os pontos que apresentam os maiores níveis de OD, visto que os mesmos estão situados na zona rural, distante dos centros urbanos, o que resulta em um aporte menor de matéria orgânica. Este fato também

evidencia que o rio ainda se encontra em fase de recuperação em relação aos pontos de coleta anteriores.

Por haver apenas dois pontos em Bezerros, P6 e P7, com o ponto P7 localizado à jusante do centro urbano do município, observa-se que há um decréscimo do oxigênio dissolvido após a passagem do rio pelo centro urbano de Bezerros, identificando mais uma vez que há um aumento na quantidade de matéria orgânica, adquirindo características de uma zona de degradação, onde as concentrações de oxigênio dissolvido são minimizadas devido à ação dos microorganismos decompositores da matéria orgânica até que essa seja estabilizada.

O déficit na concentração de OD pode ser decorrente de vários fatores, como por exemplo, uma descarga de efluente à montante do ponto analisado, que tenha contribuído para esse déficit ou mesmo uma descarga momentos antes da coleta das amostras para análise, dentre outras fontes cabíveis. Visualmente, próximo aos pontos de coleta deste trabalho em que há a redução dos níveis de OD, existem lançamentos de efluentes diretamente no rio, conforme Figuras 27 a 30.

Na análise dos resultados obtidos, comparando os períodos seco e chuvoso, entende-se que a matéria orgânica proveniente dos lançamentos de efluentes estava de certa forma mais diluída no rio, mesmo que, com a precipitação, o rio ainda recebesse materiais orgânicos e inorgânicos carreados pela chuva, provenientes do solo.

Independente do mês da coleta, observou-se que as concentrações de OD nos pontos do rio Ipojuca analisados, foram maiores antes da passagem do rio pelos centros urbanos dos dois municípios.

Com relação ao coeficiente de Pearson, a Tabela 13 mostra o resultado da correlação entre o índices pluviométrico acumulado, referente a cinco dias anteriores ao dia da coleta, com os dados de OD para os pontos P3 a P7. Os dados pluviométricos utilizados para análise estavam em conformidade com a localidade dos pontos, nos municípios de Caruaru e Bezerros.

Tabela 13 – Coeficiente de correlação de Pearson para a pluviometria e OD

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	0,92
<b>P4</b>	0,84
<b>P5</b>	0,70
<b>P6</b>	-0,06
<b>P7</b>	0,59

Os pontos P1 e P2 não foram correlacionados com os dados de chuva devido ao fato de terem sido coletados apenas nos últimos meses deste estudo, podendo não gerar dados de correlação confiáveis.

Em relação a concentração de oxigênio dissolvido, as precipitações podem ser tanto benéficas quanto maléficas, atuando na diluição do efluente, bem como carreando para o corpo hídrico inúmeras substâncias orgânicas e inorgânicas que podem estar presentes no solo, aumentando desta maneira a disponibilidade de nutrientes no curso d'água.

A classificação proposta por Dancey e Reidy (2005) considera, para o coeficiente de Pearson:  $r = 0,10$  até  $0,30$  correlação considerada fraca;  $r = 0,40$  até  $0,6$  classificada como correlação moderada;  $r = 0,70$  até  $1$  considerada uma correlação forte.

Caruaru, a maior cidade da bacia, representa um total de 42% da carga orgânica estimada de origem doméstica lançada no rio Ipojuca, sendo esta a principal contribuidora na poluição por efluente doméstico na bacia (PSA-Ipojuca, 2015). A correlação dos dados de chuva com o OD nos pontos de coleta P3, P4 e P5, em Caruaru, pode ser considerada forte, de caráter positivo, o que indica que na medida em que houve um aumento nos índices pluviométricos, o nível de oxigênio dissolvido nestes pontos do rio também aumentou.

Os pontos P6 e P7, apresentaram correlação fraca e moderada, respectivamente. O ponto P6 pode ter apresentado essa correlação devido ao fato de estar localizado na zona rural, distante do centro urbano de Bezerros, onde o aporte de matéria orgânica é menor, diferentemente do ponto P7 que está localizado após a zona central da cidade, recebendo uma maior quantidade de matéria orgânica. A chuva atuou positivamente nos resultados do OD no ponto P7 pois os níveis do mesmo neste ponto aumentaram no período chuvoso.

Este resultado indica que a chuva agiu positivamente nos pontos em que o índice de degradação do corpo hídrico é maior.

### **5.7. Demanda Bioquímica de Oxigênio**

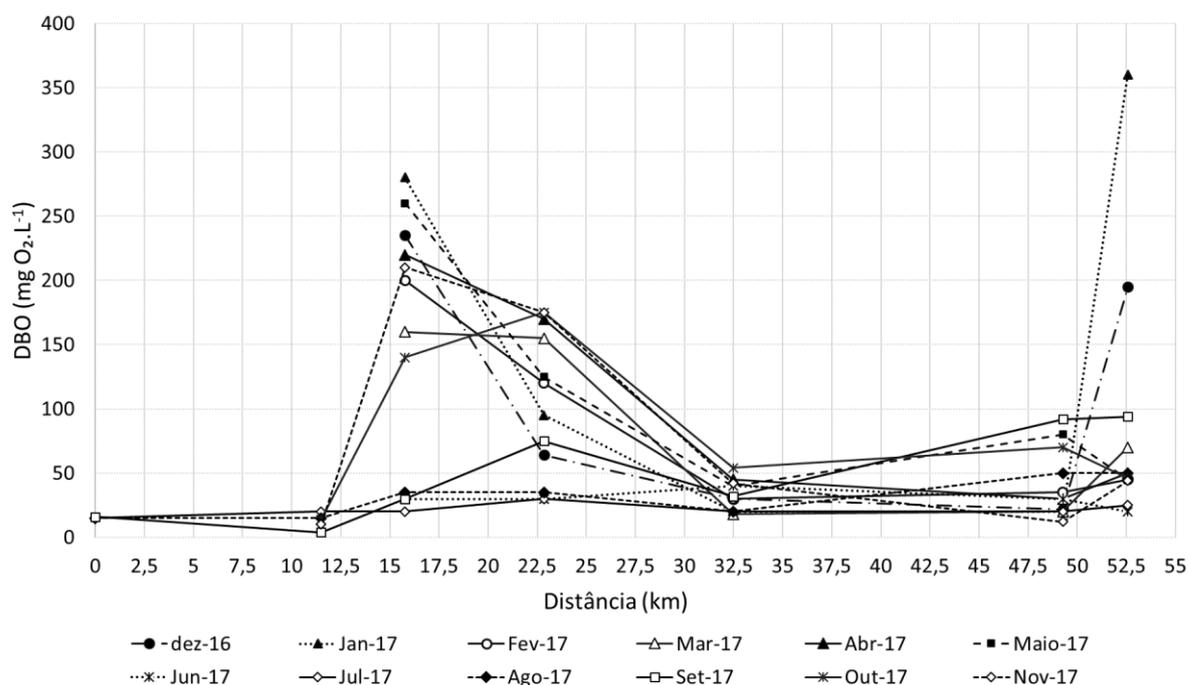
A DBO é o parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica, sendo importante para o padrão de classificação das águas naturais. Nas classes que correspondem às águas menos poluídas, são exigidos baixos valores máximos de DBO e elevados limites mínimos de oxigênio dissolvido, conforme resolução CONAMA Nº 357/2005.

A DBO<sub>5</sub> apresentou níveis bem elevados com relação ao permitido pela Resolução supracitada, isso ocorreu, provavelmente, devido ao lançamento de esgoto diário sem nenhum tipo de tratamento, como também de lixo orgânico e outros dejetos que o corpo aquático analisado neste estudo recebe. É sabido que de uma forma indireta, a DBO<sub>5</sub> retrata o teor de matéria orgânica no corpo d'água, sendo, portanto, uma indicação do potencial do consumo do oxigênio dissolvido, e esses níveis baixos de oxigênio dissolvido nas águas ocasiona a morte dos peixes, e interfere no processo de autodepuração dos corpos hídricos.

De acordo com Libânio (2005), se uma amostra de água natural apresentar DBO de 10mg/L indica que serão necessárias 10 mg/L de oxigênio dissolvido para estabilizar, em período de 5 dias, a 20°C, a quantidade de matéria orgânica biodegradável contida em 1 L da amostra.

A Figura 35 mostra os valores obtidos na análise da DBO nos pontos do trecho do rio Ipojuca estudados.

Figura 35 – Resultados da demanda bioquímica de oxigênio na água dos pontos de coleta



Ao analisar a Figura 35, foi possível perceber que nos meses correspondentes aos elevados índices de precipitação, junho/2017 a julho/2017, o valor da DBO foi menor do que nos outros meses.

O ponto P3, apresentou DBO elevada de dezembro/2016 à maio/2017, com este valor drasticamente reduzido nos meses de junho/2017 à setembro/2017, o que indicou que a precipitação foi um fator relevante nestes resultados. Para o ponto P4 percebe-se que houve um aumento mensal da DBO, nos meses de dezembro/2017 à abril/2017, havendo uma redução a partir de maio/2017, atingindo, no período chuvoso, o valor mínimo de 30 mg/L, voltando a aumentar nos meses de outubro/2017 e novembro/2017, com um valor de 175 mg/L.

O ponto P6 obteve um valor máximo de 80 mg/L, em maio/2017, um pouco acima dos valores nos outros meses da coleta. Um possível lançamento de um efluente em algum ponto anterior ao da coleta ou alguma descarga pouco antes do período da coleta, pode ter influenciado no aumento da DBO neste ponto.

Segundo Jordão e Pessôa (2011) a DBO dos esgotos domésticos varia entre 100 e 400 mg/l. Os pontos que passam pela zona urbana de Caruaru (P3 e P4) e Bezerros (P7), que recebem a maior quantidade de matéria orgânica, apresentaram

em alguns meses valores referentes à esgoto doméstico, sendo o ponto P3 o mais crítico entre eles, pois o mesmo apresentou entre dezembro/2016 e maio/2017 concentrações de DBO equivalentes à de esgoto doméstico, sendo diluído nos meses de junho/2017 à setembro/2017, devido as precipitações e aumento da vazão do rio, voltando a adquirir características de esgoto doméstico nos meses de outubro/2017 e novembro/2017.

A passagem do rio e o aporte de matéria orgânica, no município de Caruaru e Bezerros, podem ser interpretados com os dados apresentados na Figura 35. Ao passar pela zona urbana de Caruaru (pontos P3 e P4), os valores da DBO nestes pontos do rio atingem níveis maiores, decrescendo na medida em que o rio vai deixando a cidade, como pode ser visto nos resultados obtidos no ponto P5. No município de Bezerros, o resultado da DBO na zona rural, ponto P6, apresenta valores menores em relação ao ponto P7, logo após o rio passar pelo centro urbano da cidade.

A grande oscilação nos valores obtidos na análise da DBO, para os pontos P3 e P4, se deve, provavelmente, ao fato de estar havendo uma menor diluição dos efluentes durante o período seco devido às vazões menores, com isso o rio diminuiu seu volume d'água sendo que o lançamento do esgoto bruto continua o mesmo, isso faz com que a capacidade de diluição e autodepuração do rio sejam insuficientes para a proporção de matéria orgânica nele lançados.

Nos meses de dezembro/2016 e janeiro/2017, a DBO no ponto P7, em Bezerros, foi maior em comparação com os outros meses de análise para o mesmo ponto. Acredita-se que devido às férias escolares e ao recesso de final de ano, o consumo de água e, conseqüentemente, a quantidade de efluente doméstico gerado, é superior aos outros meses, sendo portanto lançada uma maior quantidade de matéria orgânica no rio Ipojuca.

Ao analisar os resultados da DBO para os dois municípios, é possível perceber a contribuição negativa dos mesmos para o rio Ipojuca, devido às elevadas taxas de oxigênio requeridas para a estabilização da matéria orgânica.

Na Tabela 14 podem ser conferidos os valores máximos e mínimos, além da média e desvio padrão dos valores da DBO nos pontos de coleta do trecho analisado.

Tabela 14 – Valores máximo, mínimo, médio e desvio padrão do parâmetro DBO

Variáveis (mg O <sub>2</sub> /L)	Pontos de coleta						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
<b>Valor máximo</b>	16,00	20,00	280,00	175,00	54,00	92,00	360,00
<b>Valor mínimo</b>	15,00	4,00	20,00	30,00	18,00	12,00	20,00
<b>Média</b>	15,00	14,00	180,00	107,50	31,00	30,00	48,00
<b>Desvio padrão</b>	8,41	5,98	98,31	57,18	11,73	26,69	97,54

Ao analisar a Figura 35 e a Tabela 14, percebe-se que os valores máximos da análise de DBO ficaram compreendidos no período seco, entre dezembro/2017 e maio/2017 e entre setembro/2017 e novembro/2017.

No período chuvoso os valores da DBO para os pontos que apresentaram DBO mais alta (P3 e P4) diminuíram consideravelmente, nos meses de junho/2017 a agosto/2017.

O ponto P5, em Caruaru, atingiu um valor de 18 mg/L de DBO, no mês de março de 2017. O ponto P6, apresentou o valor mínimo de 12 mg/L também no período seco, no mês de novembro/2017.

O coeficiente de Pearson para os pontos P3 à P7 é apresentado na Tabela 15, correlacionando o índice pluviométrico acumulado, referente a cinco dias anteriores ao dia da coleta, com os dados de DBO obtidos no período de estudo.

Tabela 15 – Coeficiente de correlação de Pearson para a pluviometria e DBO

Pontos	Coef. Pearson (r)
<b>P3</b>	-0,70
<b>P4</b>	-0,73
<b>P5</b>	-0,33
<b>P6</b>	0,13
<b>P7</b>	-0,40

De acordo com a classificação proposta por Dancey e Reidy (2005), ocorreu uma correlação negativa forte ( $-0,70 < r < -1,0$ ), para os pontos P3 e P4, indicando que com o aumento do índice pluviométrico, houve uma diminuição nos resultados da DBO. Os pontos P5 e P7 apresentaram uma correlação negativa fraca e moderada, respectivamente, sofrendo pouca influência dos índices pluviométricos quanto os pontos P3 e P4. O ponto P6, localizado na zona rural de Bezerros, apresentou uma

correlação fraca ( $0,10 < r < 0,30$ ), significando que os índices pluviométricos praticamente não influenciaram nos resultados da DBO do rio Ipojuca neste ponto.

Conforme pode ser observado, os valores de DBO ficaram todos acima do nível permitido pela Resolução CONAMA Nº 357/05 para um rio Classe II, cujo valor máximo é de 5 mg/L. A única exceção foi o ponto P2, que apenas no mês de setembro/2017 apresentou DBO de 4 mg/L.

### 5.8. Correlações entre os parâmetros físico-químicos

Quando a correlação for positiva, significa que quando há o aumento de um parâmetro, o outro aumenta proporcionalmente, correlações negativas indicam que as variáveis são inversamente proporcionais enquanto que correlações médias indicam que um parâmetro não interagiu com o outro.

Para Cohen (1988), valores para o coeficiente de Pearson entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; valores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios; e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes. Dancey e Reidy (2005) apontam para uma classificação ligeiramente diferente, sendo:  $r = 0,10$  até  $0,30$  correlação considerada fraca;  $r = 0,40$  até  $0,6$  classificada como correlação moderada;  $r = 0,70$  até  $1$  considerada uma correlação forte. Porém, é sabido que quanto mais perto de 1 (independente do sinal) maior é o grau de dependência estatística linear entre as variáveis. No outro oposto, quanto mais próximo de zero, menor é a força dessa relação.

As tabelas 16 a 25 apresentam os coeficientes de correlação entre os parâmetros físico-químicos analisados neste trabalho.

Tabela 16 – Coeficiente de correlação de Pearson para DBO e temperatura

Pontos	Coef. Pearson (r)
P3	0,80
P4	0,51
P5	0,52
P6	0,36
P7	0,70

Tabela 17 – Coeficiente de correlação de Pearson para DBO e pH

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	-0,32
<b>P4</b>	-0,45
<b>P5</b>	-0,34
<b>P6</b>	-0,17
<b>P7</b>	-0,19

Tabela 18 – Coeficiente de correlação de Pearson para DBO e OD

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	-0,57
<b>P4</b>	-0,41
<b>P5</b>	-0,21
<b>P6</b>	-0,21
<b>P7</b>	-0,37

Tabela 19 – Coeficiente de correlação de Pearson para DBO e DQO

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	0,55
<b>P4</b>	0,55
<b>P5</b>	-0,19
<b>P6</b>	-0,73
<b>P7</b>	-0,06

Tabela 20 – Coeficiente de correlação de Pearson para pH e DQO

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	-0,19
<b>P4</b>	-0,11
<b>P5</b>	0,05
<b>P6</b>	0,34
<b>P7</b>	-0,26

Tabela 21 – Coeficiente de correlação de Pearson para pH e OD

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	0,76
<b>P4</b>	0,80
<b>P5</b>	0,29
<b>P6</b>	0,39
<b>P7</b>	0,26

Tabela 22 – Coeficiente de correlação de Pearson para pH e temperatura

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	-0,14
<b>P4</b>	-0,04
<b>P5</b>	-0,63
<b>P6</b>	0,07
<b>P7</b>	-0,15

Tabela 23 – Coeficiente de correlação de Pearson para temperatura e DQO

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	0,25
<b>P4</b>	-0,01
<b>P5</b>	-0,26
<b>P6</b>	-0,04
<b>P7</b>	0,32

Tabela 24 – Coeficiente de correlação de Pearson para OD e DQO

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	-0,17
<b>P4</b>	-0,03
<b>P5</b>	0,04
<b>P6</b>	0,36
<b>P7</b>	-0,14

Tabela 25 – Coeficiente de correlação de Pearson para a temperatura e OD

<b>Pontos</b>	<b>Coef. Pearson (r)</b>
<b>P3</b>	-0,42
<b>P4</b>	-0,27
<b>P5</b>	-0,26
<b>P6</b>	0,39
<b>P7</b>	-0,48

## 5.9. Análise estatística

Foram feitas as análises estatísticas para avaliar as diferenças entre os pontos e os meses de coleta.

No teste de comparações de médias, deve-se determinar um nível de significância  $\alpha$  para o teste. Neste trabalho, utilizou-se o nível de 5% de significância.

Tabela 26 – Análise da variação entre os pontos de coleta

	<b>DBO</b>	<b>DQO</b>	<b>OD</b>	<b>TEMP.</b>	<b>pH</b>
<b>P3-P4</b>	ns	ns	ns	<0,05	ns
<b>P3-P5</b>	<0,01	<0,01	ns	<0,01	ns
<b>P3-P6</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	ns
<b>P3-P7</b>	ns	ns	ns	<0,01	ns
<b>P4-P5</b>	ns	ns	ns	ns	ns
<b>P4-P6</b>	ns	ns	<0,01	ns	ns
<b>P4-P7</b>	ns	ns	ns	ns	ns
<b>P5-P6</b>	ns	ns	<0,01	ns	ns
<b>P5-P7</b>	ns	ns	ns	ns	ns
<b>P6-P7</b>	ns	ns	<0,01	ns	ns

ns: não significativa

De acordo com a Tabela 26, houveram diferenças significativas entre os pontos localizados na zona urbana e os pontos localizados na zona rural. Entre os pontos na zona rural, a diferença significativa foi constatada apenas nos níveis de OD.

As Tabelas 27 a 30 mostram os meses em que houveram diferenças significativas para cada parâmetro analisado neste trabalho. Para o parâmetro DBO, não houve diferença significativa entre os meses de coleta.

Tabela 27 – Meses de coleta com diferença significativa na análise do parâmetro DQO

<b>DQO</b>	
<b>dez/16 e nov/17</b>	<0,05
<b>jan/17 e nov/17</b>	<0,05
<b>set/17 e nov/17</b>	<0,01
<b>out/17 e nov/17</b>	<0,05

Tabela 28 – Meses de coleta com diferença significativa na análise do parâmetro OD

<b>OD</b>	
<b>dez/16 e jun/17</b>	<0,01
<b>abr/17 e jun/17</b>	<0,01
<b>maio/17 e jun/17</b>	<0,01
<b>jun/17 e out/17</b>	<0,01
<b>jun/17 e out/17</b>	<0,01

Tabela 29 – Meses de coleta com diferença significativa na análise do parâmetro pH

<b>pH</b>	
<b>dez/16 e jul/17</b>	<0,05
<b>jan/17 e jul/17</b>	<0,05
<b>fev/17 e out/17</b>	<0,01
<b>mar/17 e jul/17</b>	<0,05
<b>abr/17 e jul/17</b>	<0,05
<b>mai/17 e jul/17</b>	<0,05
<b>jun/17 e jul/17</b>	<0,05
<b>jul/17 e set/17</b>	<0,05
<b>jul/17 e out/17</b>	<0,01
<b>jul/17 e nov/17</b>	<0,05

Tabela 30 – Meses de coleta com diferença significativa na análise do parâmetro temperatura

<b>Temperatura</b>	
<b>dez/1 e jul/17</b>	<0,05
<b>dez/1 e set/17</b>	<0,05
<b>jan/17 e jun/17</b>	<0,01
<b>jan/17 e jul/17</b>	<0,01
<b>jan/17 e ago/17</b>	<0,01
<b>jan/17 e set/17</b>	<0,01
<b>jan/17 e out/17</b>	<0,05
<b>fev/17 e jun/17</b>	<0,05
<b>fev/17 e jul/17</b>	<0,01
<b>fev/17 e ago/17</b>	<0,01
<b>fev/17 e set/18</b>	<0,01
<b>mar/17 e jun/17</b>	<0,01
<b>mar/17 e jul/17</b>	<0,01
<b>mar/17 e ago/17</b>	<0,01
<b>mar/17 e set/17</b>	<0,01
<b>mar/17 e out/17</b>	<0,05
<b>maio/17 e set/17</b>	<0,05
<b>set/17 e nov/17</b>	<0,05

## 6. CONCLUSÃO

Ao adentrar no limite urbano nas cidades de Caruaru e Bezerros, o rio Ipojuca recebe elevada carga de matéria orgânica, evidenciada pelos altos índices de DBO nos pontos de coleta localizados na zona urbana. A oxidação desta matéria orgânica corresponde ao principal fator de consumo de oxigênio dissolvido no corpo hídrico.

Durante o período de estudo, os níveis de OD e DBO nos pontos de coleta deste trabalho não estavam em conformidade com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA Nº 357/2005 para rios Classe II, com exceção no mês de março/2017 o OD no ponto P6, na zona rural e a montante da cidade de Bezerros, que atingiu o valor de 5,48 mg/L, superando o valor mínimo de 5,0 mg/L estabelecido na Resolução.

O parâmetro pH, em média, esteve dentro dos parâmetros da Resolução, entre 6,0 e 9,0, durante o período de estudo. Valores acima do limite proposto pela Resolução foram obtidos nos pontos P3 e P4 no mês de julho/2017, na zona urbana de Caruaru, com possibilidade de ter sido causado por um despejo industrial no rio.

A Resolução do CONAMA Nº 357/2005 foi revogada pela CONAMA Nº 430/2011, que estabelece a temperatura apenas para padrão de lançamento no corpo receptor. Os dados da temperatura foram correlacionados com os dados de OD e foi verificado que os pontos inseridos na zona urbana apresentaram águas mais aquecidas, como resultado da poluição antrópica, e uma menor concentração de OD.

Em pontos localizados na zona urbana (P3, P4 e P7), na maior parte do período de estudo, o rio apresentou características de esgoto doméstico bruto, com valores para DQO e DBO típicos de esgotos domésticos.

As cidades de Caruaru e Bezerros obtiveram em média valores para a concentração de OD abaixo do valores necessário para a decomposição da matéria orgânica, tanto nos pontos localizados na zona urbana quanto na zona rural, contribuindo para a ineficiência na autodepuração do rio Ipojuca.

Após análise dos dados apresentados concluiu-se que a qualidade da água do rio Ipojuca está muito deteriorada, resultado da grande carga poluidora lançada no mesmo, tendo como fonte principal de poluição o lançamento de esgoto doméstico bruto. Além disso, entende-se que a capacidade de autodepuração do rio Ipojuca está bastante comprometida devido ao elevado índice de oxigênio necessário para a decomposição da matéria orgânica.

O índice pluviométrico foi um fator importante na análise dos resultados deste trabalho, pois, no período em que os índices pluviométricos foram maiores, foi observado que a matéria orgânica lançada no rio Ipojuca estava menos concentrada, devido à redução da DBO nestes pontos, e os níveis de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta mais críticos no rio Ipojuca, localizados na zona urbana, nas duas cidades aumentaram. Isto também foi comprovado através da análise de correlação entre o índice pluviométrico e os níveis de OD e DBO.

Portanto, o índice pluviométrico foi um fator que contribuiu positivamente na qualidade da água do rio Ipojuca, elevando os índices de OD e reduzindo os níveis de DBO, embora os parâmetros ainda não estivessem atendendo aos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005.

Uma das medidas mais importantes para melhoria da qualidade da água do rio Ipojuca é a ampliação do atendimento do sistema de esgotamento sanitário, incluindo o tratamento eficiente desses efluentes domésticos. Outra medida importante é o aumento da fiscalização dos efluentes lançados pelas indústrias, sobretudo as localizadas em Caruaru.

Para isso é necessário que haja uma maior participação da sociedade local nos temas referentes à preservação ambiental, principalmente no que diz respeito aos recursos hídricos; sejam criadas campanhas de educação ambiental e conscientização visando minimizar o lançamento clandestino de esgoto bruto diretamente no rio Ipojuca, bem como evitar o lançamento de lixo no corpo d'água e em seus efluentes; haja o monitoramento da qualidade da água que é fundamental para a geração de informações sobre as condições da água, subsidiando assim a tomada de decisão e o planejamento da melhoria da qualidade ambiental como um todo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. M. A. A.; HUSSAR, G. J.; PERES, M. R.; FERRIANI JR, A. L. **Qualidade microbiológica do córrego “Ribeirão dos Porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal – SP.** Engenharia Ambiental, v. 1, n. 1, p. 51-56, 2004.

ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d’água. **Revista da Biologia**, v. 5, p. 16-19, 2010.

AR FIORUCCI, E BENEDETTI FILHO. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos.** QUÍMICA E SOCIEDADE, 2005.

ARAUJO, S. M. **Apostila Engenharia Sanitária e Ambiental – Introdução às ciências do Ambiente para Engenharia.** – UFPB. João Pessoa. 1997.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Projeto de Saneamento Ambiental da Bacia do rio Ipojuca - Informe de Gestão Ambiental e Social - Categoria B**, 2012.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M., PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental.** 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 313 p.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** 2ª edição. CETESB, São Paulo (SP). 1978. 620p.

BRANDELERO, S. M.; SIQUEIRA, E. Q.; LIMA, A. C. B. **Desoxigenação em água superficial de ambiente lótico.** **Revista Ambiente e Água**, v. 5, n. 1, p. 163-171, 2010.

COHEN, Jacob. (1988), **Statistical power analysis for the behavioral sciences.** Hillsdale, NJ, Erlbaum.

CONAMA. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**, 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 15 de setembro de 2017.

CONAMA. **Resolução nº 357 de 17 de março de 2005**, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 15 de setembro de 2017.

CONTE, M. L. **Avaliação de recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo: UNESP, 2001.

DANCEY, Christine & REIDY, John. (2006), **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed.

FERREIRA, M. de O.; et al. **A questão ambiental no Polo de Confeções de Caruaru: Um primeiro ensaio à luz dos instrumentos econômicos de proteção ambiental**. IX Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Brasília, 2011.

GARCIA, R. L. **Simulação da qualidade da água em regime não-permanente**. Originalmente apresentado como Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

GASTALDINI, M.C.C. PAIVA, E.M.C.D. PAIVA, J.B.D. **Inter-relações entre dados de monitoramento de qualidade da água e hidrológico – Aplicação ao reservatório do Arroio Vacacaí-Mirim**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, vol. 6, n. 1, p. 24-30. Rio de Janeiro, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: Brasil 2010**. Diretoria de Geociências (Estudos e Pesquisas). Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IMHOFF, KLAUSR e IMHOFF, KARL. **Manual de tratamento de águas residuárias**. Tradutor: Engenheiro Max Lothar Hess. Editora Edgard Blucher LTDA, 1996 São Paulo. Publicação 1985.

JORDÃO, E.P. e PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6ª Edição. ABES, Rio de Janeiro, 2011. 969 p.

LEITE, A. E. B. **Simulação do lançamento de esgotos domésticos em rios usando um modelo de qualidade d'água**, SisBAHIA. DSSA/ENSP/FIOCRUZ. Rio de Janeiro (2004).

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2.ed. Campinas: Átomo, 2005.

MAIA NETO, R.F. **Água para o desenvolvimento sustentável**. A Água em Revista, Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997.

MARENGO, J. A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil**. Parcerias estratégicas, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

NOZAKI, C. T; MARCONDES, M. A, et.Al; **Comportamento temporal de oxigênio dissolvido e pH nos rios e córregos urbanos**, ASA- Atlas de Saúde Ambiental, Vol. 2, nº 1, Jan/Abr. – 2014

PALMA-SILVA, G. M.; TAUKE-TORNISIELO, S. M.; PIÃO, A. C. **Capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, SP, Brasil**. HOLOS Environment, v.1, n. 2, p. 139-153, 2007.

PEREIRA, R. S. **Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos**. Revista eletrônica de Recursos Hídricos. IPH-UFRGS. v.1, n. 1 p. 20-36. 2004. <http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>

PSA-IPOJUCA. **Plano de Comunicação do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do rio Ipojuca**. Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA, 2015.

REBOUÇAS, A. C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estudos Avançados, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

REBOUÇAS, A. C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. Bahia análise & dados, v. 13, p. 341-345, 2003.

SARDINHA, D. S. **Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP)**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 13, n.3, p. 329-338, 2008.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS, **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca. Tomo I – Diagnóstico Hidroambiental**. Recife, 2011.

SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS, **Plano Hidroambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca. Tomo IV – Diagnóstico Hidroambiental**. Recife, 2011.

SILVA, A. F. C. (2013). **A água na história do homem**. Disponível em [www.colanaweb.com/historia](http://www.colanaweb.com/historia). Acesso em 26 de julho de 2013

SOARES, E. M. F. **Proposta de um modelo de sistema de gestão das águas para bacias hidrográficas – SGABH: Microbacia hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, a montante da RS 287/Santa Maria/RS**. 220f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

VICTORINO, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. EDIPUCRS, 2007.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. v. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2º ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1996. v. 1. 243 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3a. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2005.

WETZEL, R. G. **Limnology**. San Diego: Academic Press, 2001. 1006 p.