



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CCT  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**VALÉRIA ERIKA ARRUDA LOPES**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA  
CIRCUNVIZINHA AO ATERRO SANITÁRIO EM CAMPINA GRANDE - PB**

**CAMPINA GRANDE – PB  
2018**

**VALÉRIA ERIKA ARRUDA LOPES**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA  
CIRCUNVIZINHA AO ATERRO SANITÁRIO EM CAMPINA GRANDE - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental

Orientador: Prof. Dr. William de Paiva.  
Coorientadora: Msc. Márbara Vilar de Araújo Almeida.

**CAMPINA GRANDE - PB  
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L864a Lopes, Valéria Erika Arruda.  
Avaliação da qualidade das águas superficiais na área circunvizinha ao aterro sanitário em Campina Grande - PB [manuscrito] / Valeria Erika Arruda Lopes. - 2018.  
28 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2018.  
"Orientação : Prof. Dr. William de Paiva , Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."  
"Coorientação: Profa. Ma. Márcara Vilar de Araújo Almeida , UFCG - Universidade Federal de Campina Grande"  
1. Águas superficiais. 2. Qualidade da água. 3. Poluição da água. 4. Legislação ambiental. I. Título

21. ed. CDD 628

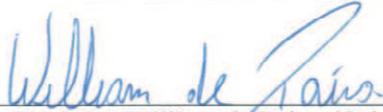
VALÉRIA ERIKA ARRUDA LOPES

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA  
CIRCUNVIZINHA AO ATERRO SANITÁRIO EM CAMPINA GRANDE - PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Departamento de Engenharia Sanitária e  
Ambiental da Universidade Estadual da  
Paraíba – Campus I, como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Sanitária e Ambiental.

Aprovada em: 10 / 12 / 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. William de Paiva (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Msc. Márbara Vilar de Araújo Almeida (coorientadora)  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof. Dra. Veruschka Escarião Dessoles Monteiro  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Prof. Dr. Laercio Leal dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

À Deus pela força; À Minha mãe e meus avós pelo amor incondicional na busca do meu sonho, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, primeiramente, por ter me guiado e me protegido nessa caminhada e encorajado nos momentos mais difíceis, e por ter me mostrado o caminho certo a seguir.

À minha mãe, que é tudo o que eu tenho de mais precioso na vida, pelo seu inesgotável amor, e pela força em diversos momentos na busca do meu sonho.

Ao meu pai, que mesmo distante contribuiu para a realização desse sonho.

Aos meus avós, que durante a graduação a saúde deles em alguns momentos ficaram fragilizadas, porém busquei forças para continuar e seguir firme. Obrigada por serem meu apoio e abrigo.

Aos meus orientadores: Prof. William e Márbara, pelos ensinamentos transmitidos, paciência e atenção nos momentos de dúvidas e na concretização desse sonho.

À profa. Veruschka por ter me recebido e acolhido no grupo de pesquisa em Geotecnia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no qual agradeço imensamente pela gama de conhecimento adquirido e pelas orientações recebidas. Muito Obrigada!

À todos do Grupo de Geotecnia Ambiental (GGA) pelas contribuições nas coletas, realizações dos ensaios e interpretação de dados. Obrigada por tudo, amigos que levarei para a vida, em especial: Diva, Vitória, Wlysses, Luís, Elisa e Naiara.

À Profa. Weruska Brasileiro pelo suporte para a realização dos ensaios deste trabalho no laboratório LATERCA da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), agradeço também à Whelton, Amanda Torquato e Glaydson pelos ensinamentos nas realizações dos ensaios.

Aos meus amigos de graduação ao longo dos cinco anos: Shayonara, Joyce, Erika, Carla e Lucian, obrigada pelo apoio, companheirismo e amizade.

As minhas amigas de vida: Vitória Oliveira, Carla Tatiane e Renata pela compreensão, apoio e amizade de todos esses anos. Nossa amizade é fruto do amor de Deus.

À administração do Aterro Sanitário em Campina Grande – PB, o engenheiro responsável João Azevedo, por ter disponibilizado o campo experimental para a realização desta pesquisa.

À todos os professores do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e funcionários que contribuíram para a minha formação acadêmica durante o curso de graduação.

Enfim, a todos os familiares e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação e realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
2 OBJETIVOS.....	7
2.1 Geral.....	7
2.2 Específicos.....	7
3 METODOLOGIA.....	8
3.1 Caracterização da área de estudo.....	8
3.2 Coleta das amostras de águas.....	9
3.3 Análises físico-químicas.....	10
3.4 Análises microbiológicas.....	11
3.4.1 Coliformes Termotolerantes.....	11
3.4.2 Diluição da Amostra.....	11
3.4.3 Técnica utilizada e condições de cultivo.....	12
3.5 Precipitação.....	12
3.6 Análise Estatística.....	12
3.7 Determinação do Índice de Estado Trófico.....	13
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1 Precipitação.....	14
4.2 Estatística descritiva.....	14
4.3 Potencial hidrogeniônico (pH).....	15
4.4 Oxigênio Dissolvido (OD).....	16
4.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	18
4.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	19
4.7 Fósforo Total.....	20
4.8 Sólidos Totais.....	22
4.9 Coliformes Termotolerantes.....	23
4.10 Índice do Estado Trófico dos corpos d' águas.....	24
5 CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS.....	27

# AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NA ÁREA CIRCUNVIZINHA AO ATERRO SANITÁRIO EM CAMPINA GRANDE-PB

Valéria Erika Arruda Lopes\*

## RESUMO

O monitoramento da qualidade das águas é de fundamental importância, uma vez que há vulnerabilidade a possíveis fontes de poluição da água, sejam elas decorrentes de causas naturais ou antrópicas no qual podem estar inseridas substâncias tóxicas ou patogênicas que modificam as características físicas, químicas e microbiológicas do meio aquático. Portanto, o desenvolvimento desta pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade das águas superficiais em pontos à Montante e à Jusante do Aterro Sanitário em Campina Grande, por meio de estudos físico-químicos e microbiológicos. Em relação ao uso dos corpos d' água monitorados, estes são utilizados apenas para dessedentação de animais, tendo como diretrizes de classificação águas doces de Classe 3. Para essa pesquisa foram coletadas amostras de águas para a realização das análises físico-químicas e microbiológicas durante um período de um ano. Por meio do Índice de Estado Trófico, verificou-se que os pontos d' água analisados, apresentaram um grau de trofia: Supereutrófico e Hipereutrófico, indicando forte presença de matéria orgânica e nutrientes, o que corroborou para um aumento durante todo o período de monitoramento nas concentrações de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química Oxigênio (DQO), como também a presença de floração de algas. A análise das concentrações dos indicadores estudados, para os pontos amostrais adotados, verificou-se que a região onde as águas estão localizadas passam por um grande período de estiagem, devido à região ter pouca pluviosidade, o que colabora para a sua degradação.

**Palavras-Chave:** Legislação Ambiental. Proteção da vida aquática. Qualidade de Águas.

## 1 INTRODUÇÃO

A disposição de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em aterros sanitários é uma prática recomendada de tratamento e disposição final de resíduos por utilizar princípios de engenharia capazes de evitar a contaminação do solo, do ar e da água, minimizando assim os impactos ocasionados por este tipo de empreendimento.

À contaminação de águas superficiais, ocorre, principalmente, pelo lançamento indiscriminado de resíduos diretamente no solo e/ou pelo vazamento de lixiviado, que é um líquido potencialmente poluidor, devido às elevadas concentrações de metais, sua patogenicidade, toxicidade e a presença de compostos orgânicos em altas concentrações,

---

\* Aluna de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.  
E-mail: valeriaerikalopes@gmail.com.

podendo causar efeitos prejudiciais ao meio ambiente, se não for adequadamente tratado e descartado, e assim poluir os corpos hídricos devido a sua complexibilidade e variabilidade.

Com isso, o monitoramento das características dos recursos hídricos e possivelmente da qualidade das águas em áreas próximas a aterro é de fundamental importância, devido monitorar as possíveis fontes de poluição da água, seja elas por causas naturais ou antrópicas no qual podem estar inseridas substâncias tóxicas ou patogênicas que modificam as características físicas, químicas e microbiológicas do meio ambiente aquático.

Nesse contexto, faz-se necessário o controle da qualidade das águas superficiais em áreas próximas a aterros sanitários, para verificar as possíveis alterações causadas nos cursos de água da região após a instalação do empreendimento, com o intuito de minimizar problemas ambientais e de saúde pública.

Portanto, o desenvolvimento desta pesquisa teve a finalidade de investigar por meio de estudos físico-químicos e microbiológicos a qualidade de dois corpos d'água situados na área circunvizinha ao Aterro Sanitário em Campina Grande, Paraíba (ASCG).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Avaliar a qualidade das águas superficiais, por meio de indicadores físico-químicos e microbiológicos na área circunvizinha ao Aterro Sanitário em Campina Grande-PB.

### **2.2 Específicos**

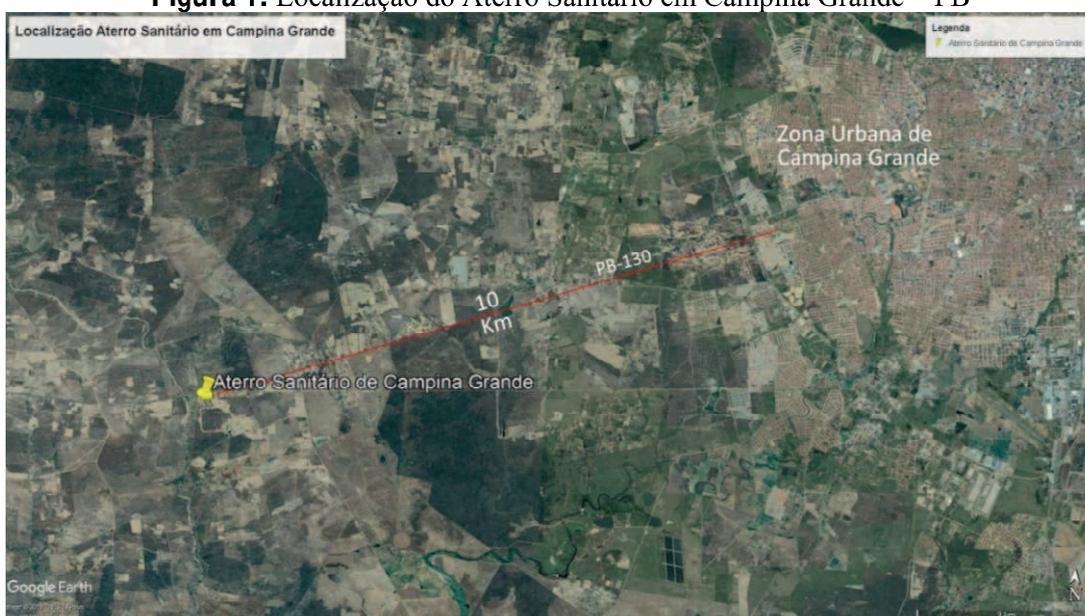
- Analisar a qualidade das águas superficiais, verificando possíveis focos de poluição e/ou contaminação que causam danos ao meio ambiente;
- Avaliar a qualidade das águas superficiais por meio do Índice do Estado Trófico (IET<sub>p</sub>), baseando-se em dados químicos;
- Realizar uma variação temporal dos indicadores analisados nas amostras de águas por meio dos resultados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas, e comparar com os valores máximos permitidos preconizados pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em dois corpos de águas situados na área de influência direta do Aterro Sanitário em Campina Grande (ASCG). O empreendimento encontra-se localizado na Fazenda Logradouro II, no distrito Catolé de Boa Vista, Campina Grande – PB (Figura 1). O referido Aterro Sanitário teve sua operação iniciada no mês de julho do ano de 2015, e foi projetado para ter uma vida útil de 25 anos.

**Figura 1:** Localização do Aterro Sanitário em Campina Grande – PB



Fonte: Adaptado do *Google Earth* (2018)

A região onde o empreendimento foi instalado está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, tendo como principal recurso hídrico superficial, na área de influência indireta do projeto, o Rio Bodocongó, sendo este afluente do Rio Paraíba, e na área de influência direta o Riacho Logradouro, afluente do Rio Bodocongó.

O reservatório monitorado à Montante (Figura 2-A) tem uma altura de lâmina de água em torno de 0,45 cm, enquanto o ponto à Jusante (Figura 2-B), em torno de 80 cm, sendo o ponto à Jusante de maior extensão de águas no reservatório.

**Figura 2:** (A) Ponto de água à Montante do ASCG; (B) Ponto de água à Jusante do ASCG



**Fonte:** Próprio autor (2018)

Em relação ao uso das águas monitorados, estes são utilizados apenas para dessedentação de animais, tendo como padrão de classificação águas doces de Classe 3 pela Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005), que podem ser utilizadas para o 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, devendo dessa forma atingir os padrões estabelecidos pela norma citada.

Vale salientar que os corpos d'água monitorados à Montante e à Jusante do Aterro são independentes um do outro, ou seja, a água do ponto monitorado à Montante, não influencia nas águas à Jusante e estão fora do perímetro de instalação do Aterro Sanitário de Campina Grande (ASCG) e que segundo o EIA/RIMA do empreendimento, recomenda-se o monitoramento das águas superficiais que estão situadas em áreas circunvizinhas ao Aterro como forma de precaução.

### **3.2 Coleta das amostras de águas**

As coletas para esse estudo, foram realizadas durante o período de novembro de 2017 a novembro de 2018, em relação aos parâmetros físico-químicos: Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Fósforo Total e Sólidos Totais (ST), e com relação aos ensaios microbiológicos de Coliformes Termotolerantes (CT) estes foram realizados semanalmente durante os meses outubro a novembro de 2018, totalizando 5 (cinco) ensaios. As coletas foram realizadas, seguindo o manual de coleta, preservação e conservação segundo a metodologia da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011).

**Figura 3:** Coleta de amostras de águas



**Fonte:** Próprio autor (2018)

Após as coletas, as amostras foram transportadas ao laboratório de Geotecnia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), para as análises físico-químicas. Já as análises microbiológicas de Coliformes Termotolerantes, foram realizadas no Laboratório de Referência em Tecnologia de Águas (LARTECA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

Após a obtenção dos dados, realizou-se uma avaliação da variação espacial e temporal dos parâmetros analisados nas amostras de água, bem como uma avaliação simplificada desses dados utilizando o Índice de Estado Trófico (IET), adotados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2004). Uma das vantagens de se utilizar índices é facilitar a interpretação dos dados pelo público leigo e os órgãos ambientais, por avaliar espacialmente e temporalmente as mudanças do corpo d' água quanto a sua eutrofização. Entretanto, os resultados podem sofrer alterações na qualidade da água e variam de acordo com o clima, com as características físicas e biológicas dos ecossistemas correspondentes. Esses processos ocorrem naturalmente, a partir da precipitação pluviométrica, que proporciona escoamento superficial, responsável pelo carreamento em direção aos cursos d'água da bacia, do material particulado gerado a partir do impacto da gota de chuva no solo e dos íons oriundos da dissolução das rochas, além de carbono orgânico e compostos nitrogenados (SANTOS, 2018).

### **3.3 Análises físico-químicas**

As análises físico-químicas dos indicadores: Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio

(DQO), Fósforo Total e Sólidos totais foram realizadas no laboratório de Geotecnia Ambiental da UFCG, onde foram seguidas a metodologia proposto por APHA (2012).

### 3.4 Análises microbiológicas

#### 3.4.1 Coliformes Termotolerantes

As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de Referência em Tecnologias em Águas (LATERCA) segundo a técnica de membrana filtrante. As análises foram realizadas para quantificar as colônias de Coliformes Termotolerantes. Esta quantificação foi feita com base em todas as recomendações do APHA (2012).

#### 3.4.2 Diluição da Amostra

As amostras destinadas às análises de coliformes termotolerantes, foram diluída em erlenmeyers estéril de capacidade de 200 mL, dotado de 90 mL de água destilada e 10 mL da amostra bruta para a primeira diluição dotada de  $10^{-1}$  (Figura 4). Feito isto, as amostras foram agitadas manualmente, onde foram realizadas diluições sucessivas até a  $10^{-5}$ , utilizando 10 mL da diluição anteriormente realizada com 90 mL de água destilada autoclavada. Porém, para o desenvolvimento desta pesquisa, foi utilizado somente à diluição  $10^{-2}$  (pertencente aos dois pontos de águas) por ser a mais representativa, devido às colônias apresentarem um crescimento na faixa de 30-80 de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) considerando dessa forma, uma melhor representação dos resultados.

**Figura 4** – Erlenmeyers com diluições das amostras dos pontos de águas



Fonte: Próprio autor (2018)

### 3.4.3 Técnica utilizada e condições de cultivo

Para a realização dos ensaios de coliformes termotolerantes foi utilizada a técnica de membrana filtrante (Figura 5-A), no qual foram filtrados 100 mL da amostra após as diluições. A membrana utilizada é estéril e possui poros de 0,45 µm de diâmetro, no qual retém os microrganismos. Após a filtração por meio da pressão exercida pela bomba a vácuo SL – 60, a membrana foi transferida para uma placa de *petri* contendo 10 mL de meio de cultura m-FC adequado para o crescimento dos CT (Figura 5-B). Feito isto, as placas foram levadas para a estufa onde ficaram por um período de 24 horas sob uma temperatura de 45°C. Após as 24 horas, foi realizada a contagem das unidades formadoras de colônias (UFC) para os Coliformes Termotolerantes indicados de cor azul. (Figura 4).

**Figura 5 – (A) Técnica de Membrana Filtrante; (B) Membranas com microrganismos cultivados no meio de cultura em placas de *petri***



Fonte: Próprio autor (2018)

### 3.5 Precipitação

Para a realização dessa pesquisa foram utilizados os dados de precipitação fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA, entre os meses de novembro de 2017 a setembro de 2018.

### 3.6 Análise Estatística

Para esse estudo foi realizado em todos os parâmetros físico-químicos e microbiológico a estatística descritiva, pelo qual, foi realizado um resumo dos dados obtidos, por meio da média, desvio padrão, máximos e mínimos, em comparação com os valores

máximos permitidos pela Resolução do CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005) para uma melhor visualização e compressão dos resultados obtidos.

### 3.7 Determinação do Índice de Estado Trófico

O índice do estado trófico avalia o grau de trofia de lagos e reservatórios. No qual tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avaliar a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2009). Como consequência do valor numérico, pode-se avaliar espacial e temporalmente as mudanças do corpo d' água, favorecendo a identificação mais precisa dos efeitos das ações antrópicas e das medidas mitigadoras (LIBÂNIO, 2008). Neste estudo, foi utilizado como indicador o fósforo total (particulado e dissolvido).

Nesta pesquisa foi adotado o cálculo do IET proposto pela CETESB (2005) e pela ANA (BRASIL, 2004), para ambiente considerado lântico, os quais estão indicados na equação 1 que podem variar de 0-100.

$$IET (PT) = 10 \left[ 6 - \left( 0,42 - \frac{0,36 \ln PT}{\ln 2} \right) \right] - 20 \quad (1)$$

Onde:

PT é a concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ .

O IET é indicado por classe de trofia de acordo com as faixas de valores apresentadas na Tabela 1 (CETESB, 2009; BRASIL, 2004).

**Tabela 1:** Classificação do Índice de Estado Trófico do acordo com os valores adotados pela Agência Nacional de Águas (2004)

<b>Estado trófico</b>	<b>Ponderação</b>
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

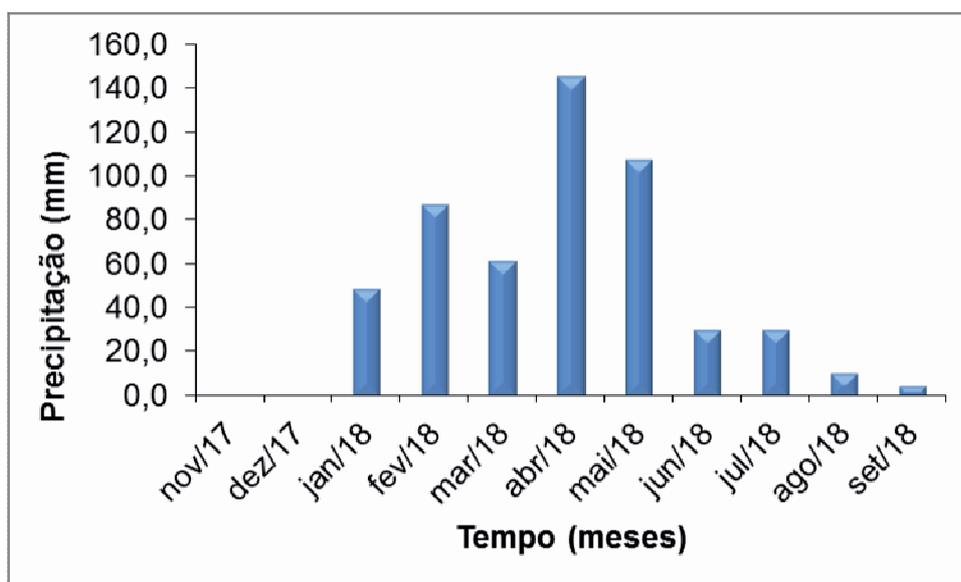
**Fonte:** CETESB (2009); BRASIL (2004)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Precipitação

Para a realização dessa pesquisa foram utilizados os dados de precipitação fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba - AESA para a discussão dos resultados, como mostra a Figura 6.

**Figura 6** – Índice pluviométrico registrado no município de Campina Grande-PB



Fonte: AESA (2018)

Os dados registrados de precipitação conforme a Figura 6, observou-se presença de chuvas com início em Janeiro/2018 e maior precipitação registrado no mês de abril/2018 com 145,2 mm e maio/2018 107,5 mm, após isso, segundo registrado pela AESA, houve uma diminuição de registros de chuvas no município de Campina Grande-PB.

### 4.2 Estatística descritiva

O cálculo da estatística descritiva dos indicadores foi efetuado com todos os dados obtidos das análises físico-químicas e microbiológicas. Foram calculados a média, o desvio padrão, os máximos e mínimos conforme na Tabela 2, com a finalidade de obter uma melhor visualização e compressão dos resultados.

**Tabela 2:** Estatística descritiva dos parâmetros analisados nos pontos de águas, bem como os limites estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente N° 357 (BRASIL, 2005).

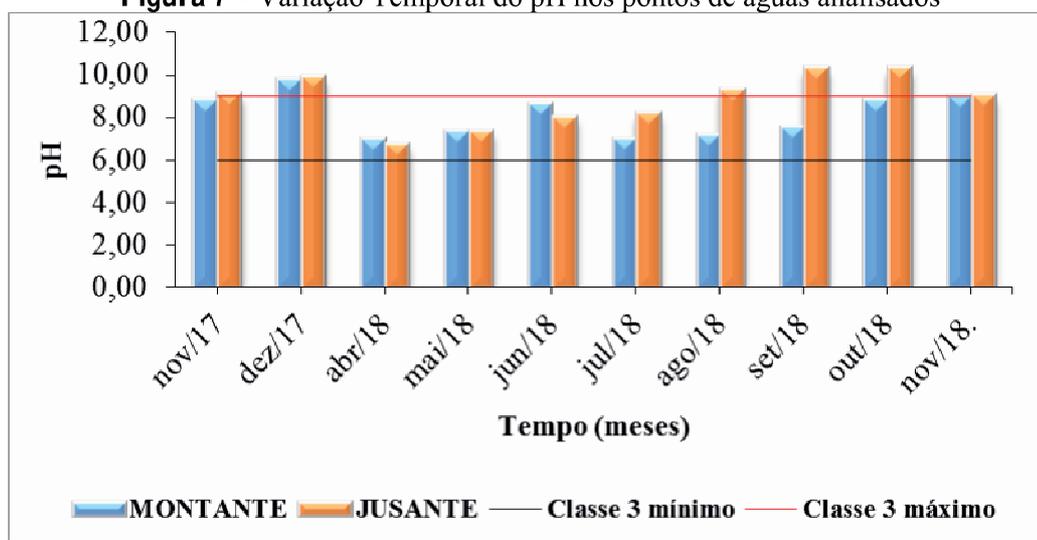
Parâmetros	Média		Desvio Padrão		Valor mínimo		Valor máximo		Conama N° 357/2005 Classe 3
	PM	PJ	PM	PJ	PM	PJ	PM	PJ	
pH	8,12	8,85	1,00	1,22	7,00	6,78	9,80	10,35	6,0 a 9,0
OD (mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	10,65	11,96	3,86	4,77	4,80	8,15	16,15	22,3	4,0
DBO(mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	91,92	61,50	99,03	25,90	33,00	33,00	312,5	109,5	10
DQO(mg.L <sup>-1</sup> )	1062,41	2525,0	723,05	2063,71	156,86	138,89	2.100	5.000	-
Fósforo Total (mgP.L <sup>-1</sup> )	4,76	5,68	8,34	7,60	nd	nd	19,51	17,90	0,05
Sólidos Totais (mg.L <sup>-1</sup> )	1816,66	3828,57	1401,33	2035,28	200,00	1.600	5.050	7.300	500
Coliformes Termotolerante NMP/100 mL <sup>-1</sup>	2.820	8.580	3421,54	7182,14	200,00	1.300	8.500	20.000	1.000

**Fonte:** CONAMA (BRASIL, 2005): Conselho Nacional de Meio Ambiente; **NMP:** Número Mais Provável; **PM:** Ponto à Montante. **PJ:** Ponto à Jusante; **Nd:** Não detectado. **DQO:** não tem VMP na Resolução vigente.

#### 4.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

A estatística descritiva dos parâmetros estudados neste trabalho, bem como os limites definidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) N° 357 (BRASIL, 2005) para corpos d'água doce de Classe 3, estão apresentados na Tabela 2. Os resultados das análises de pH apresentaram variações na faixa de 7,0 a 9,5 com média de  $(8,2 \pm 1,00)$  para o ponto à Montante, e à Jusante apresentaram variações de 6,78 a 10,35 e média  $(8,85 \pm 1,22)$  (Figura 7) demonstrando que o pH do corpo d' água à Montante e à Jusante do Aterro tende a basicidade. Observa-se na Figura 6 que em alguns meses de monitoramento as águas analisadas neste estudo apresentam o pH acima dos limites máximos estabelecidos pela Resolução supracitada para corpos de água doce Classe 3, ultrapassando a máxima de 9,0.

**Figura 7** – Variação Temporal do pH nos pontos de águas analisados



Fonte: Dados de pesquisa (2018)

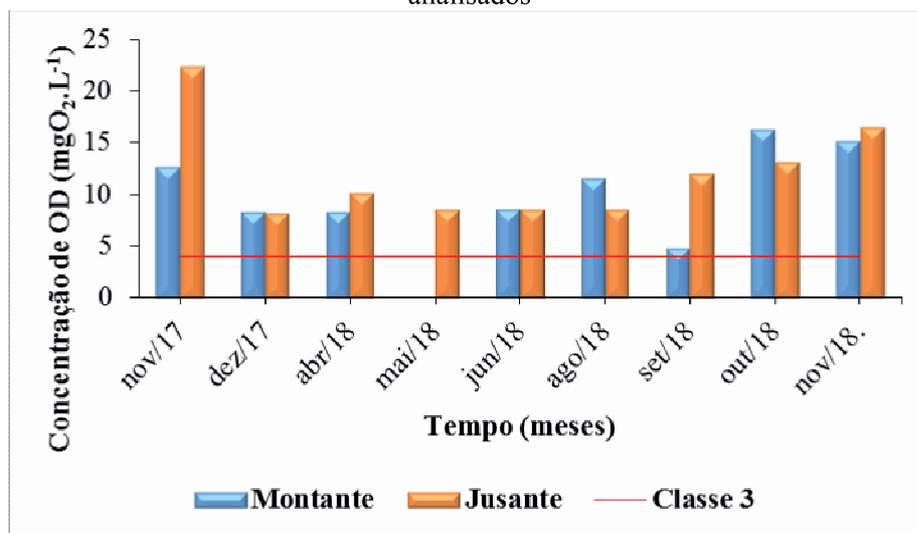
Segundo Esteves (2011) afirma que as reações dos íons carbonatos e bicarbonato com a molécula de água elevam o pH.

#### 4.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é o elemento principal envolvido no metabolismo dos seres aeróbios que habitam as águas naturais, representando assim um parâmetro de extrema importância na classificação dessas águas. Segundo Fuzinato (2009) quando se considera apenas a concentração de oxigênio dissolvido, as águas poluídas tendem a serem aquelas que apresentam baixa concentração de OD, devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos. Enquanto que, as águas limpas tendem a apresentar concentrações de OD elevadas, atingindo níveis pouco abaixo da concentração de saturação.

Ao avaliar-se as concentrações de OD nos pontos de águas (Figura 8), verificou-se que os valores à Montante apresentaram um valor mínimo de  $4,8 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$  e um valor máximo de  $12,65 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$  média ( $10,65 \pm 3,86 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$ ) e o ponto à Jusante apresentaram-se um valor mínimo de  $8,15 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$  e um valor máximo de  $22,5 \text{ mgO}_2.\text{L}^{-1}$  ( $4,77 \pm 4,77 \text{ mgO}_2.\text{L}^{-1}$ ). Estes valores estão de acordo com os limites mínimos estabelecidos pela Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005), que regulamenta que os níveis de OD não devem ser inferiores a  $4,0 \text{ mg O}_2.\text{L}^{-1}$  para água doce classe 3.

**Figura 8** – Evolução Temporal das Concentrações de Oxigênio Dissolvido nos pontos de águas analisados



**Fonte:** Dados de pesquisa (2018)

As concentrações mínimas de OD para sobrevivência das espécies aquáticas de água doce é de 4 mg.L<sup>-1</sup>O<sub>2</sub> e para a maioria dos peixes 5 mg.L<sup>-1</sup>O<sub>2</sub> (LIBÂNIO, 2008). De acordo com a Figura 8, em todos os meses encontraram-se valores satisfatórios das concentrações de OD, não afetando dessa forma a vida aquática.

Segundo Libânio (2016) as concentrações de OD, podem variar de acordo com a temperatura, a salinidade, velocidade do curso d'água e precipitação, além das ações antrópicas.

A DBO afeta diretamente o nível de oxigênio dissolvido na água, ou seja, quanto maior for a DBO, mais rapidamente o oxigênio desaparecerá do sistema, significando que uma menor quantidade de oxigênio está disponível para os organismos aquáticos.

Em novembro/2017 houve um pico das concentrações de oxigênio dissolvido com relação aos outros meses, onde foram observadas maiores concentrações no ponto à Jusante, no qual apresentou baixa concentração de DBO já registrado (Figura 9). Isso se deve ao baixo teor de material orgânico nesse mês de monitoramento

Em dezembro/2017 houve uma diminuição das concentrações de OD, observada também na DBO no mesmo ponto de monitoramento (Figura 9), assim como um baixo índice pluviométrico (Figura 7), contribuindo-se para uma menor solubilidade do oxigênio dissolvido, ou seja, obteve-se menores concentrações de OD.

Em maio não houve resultados de OD, devido problemas técnicos.

Resultados semelhantes a esse, foi apresentado por SILVA (2014) na análise de corpos hídricos constituintes do Riacho das Piabas em Campina Grande/PB, onde apresentou valores mínimos de OD  $5,24 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$  e máximo de  $30,61 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ .

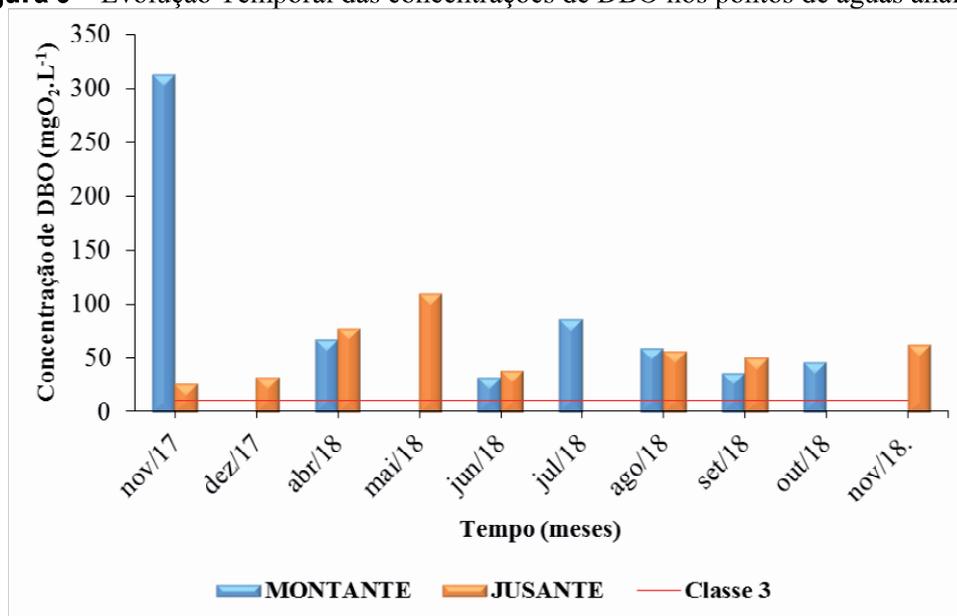
#### 4.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO constituindo-se um importante indicador, pelo qual indica a intensidade do consumo de oxigênio necessário às bactérias na estabilização da matéria orgânica carbonácea. (LIBÂNIO, 2016).

De acordo com a Figura 9, foram observados valores de DBO variando de 33 a  $312,5 \text{ mg.L}^{-1}\text{O}_2$  para o Ponto à Montante do Aterro, e de 27 a  $109,5$  para o Ponto à Jusante, valores bastante elevados quando comparados ao que preconiza a Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005).

Os resultados das concentrações de DBO apresentaram em todo o período de monitoramento valores acima do limite permitido que é de  $10 \text{ mg.L}^{-1}$ . Com uma média de  $(91,92 \pm 99,03)$ , mínimo de  $33 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$  e máximo  $315,5 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$  no ponto à Montante e média de  $(61,5 \pm 25,90)$  para o ponto à Jusante com mínimo de  $33 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$  e máximo  $109,5 \text{ mgO}_2\text{L}^{-1}$ , valores estes acima do limite permitido pela Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005) para corpos de água doce Classe 3. O aumento excessivo das concentrações de DBO em um corpo hídrico é normalmente causado por insumos de materiais variados de origem predominantemente orgânica.

**Figura 9** – Evolução Temporal das concentrações de DBO nos pontos de águas analisados



Fonte: Dados de pesquisa (2018)

O aumento das concentrações de DBO em todos os pontos monitorados deve-se, provavelmente, pelos riachos à montante e à jusante se caracterizarem como ambiente lântico, tendo velocidade de água reduzida, o que favorece a decomposição da matéria orgânica.

Os corpos d' água à Montante e à Jusante do Aterro tem presença de animais que utilizam a água para sua dessedentação, havendo assim, excretas de bovinos ao redor do corpo d' água, uma vez que, pode-se ocasionar uma lixiviação da carga orgânica presente nas fezes desses animais, corroborando dessa forma para um aumento das concentrações de DBO nas águas.

Em dezembro/2017 houve um pico na concentração de DBO, assim como uma diminuição nas concentrações de Oxigênio Dissolvido no ponto à Montante, o que confere um aumento no material orgânico no corpo d' água.

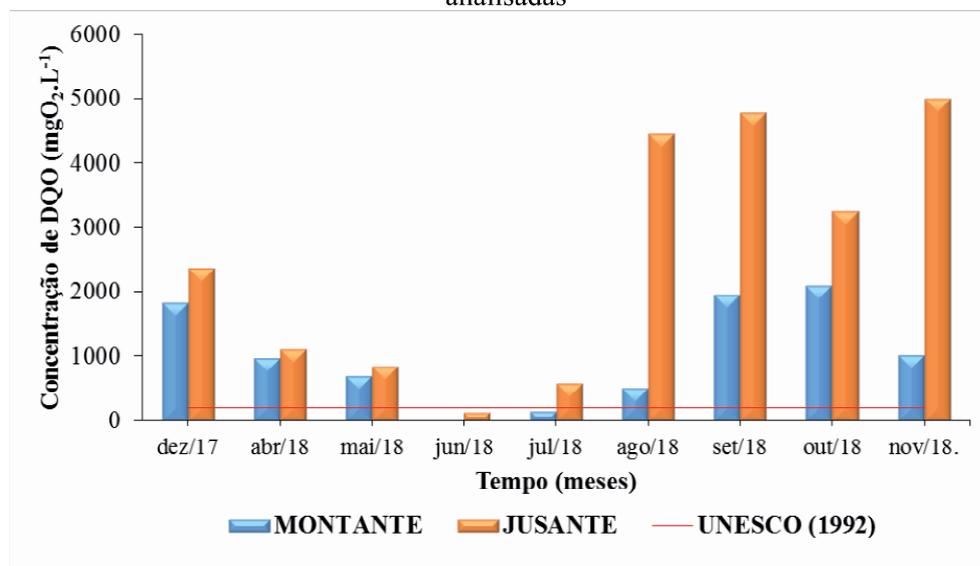
A ausência de dados em alguns pontos se deve a problemas técnicos na realização dos ensaios.

#### **4.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)**

A DQO é normalmente superior à DBO, pois engloba toda matéria orgânica passível ou não de degradação pela ação bacteriana, no qual mede os constituintes orgânicos e inorgânicos de uma amostra (LIBÂNIO, 2016).

De acordo com a Figura 10, foram observados valores de DQO variando de 517,8 a 1960,13  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$  para o Ponto à Montante do Aterro, e de 138,89 a 4466,02  $\text{mgO}_2\cdot\text{L}^{-1}$  para o Ponto à Jusante, valores bastante elevados quando comparados ao que preconiza a Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005). Foi verificado uma média de  $(1062,41 \pm 723,05)$  para o ponto à Montante e média de  $(2525,0 \pm 2063,71)$  para o ponto à Jusante (Figura 10).

**Figura 10** – Variação temporal dos valores das concentrações de DQO nas amostras de água analisadas



Fonte: Dados de pesquisa (2018)

A Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005) não estabelece Valor Máximo Permissível (VMP) para corpos d'água Classe 3 para o parâmetro analisado é a DQO. Porém, a UNESCO/WHO/UNEP (1992) estabelece que a DQO observada em águas superficiais pode ter o limite de até 20 mg.L<sup>-1</sup> O<sub>2</sub>, ou menos em água não poluída, ou ainda, até 200 mg.L<sup>-1</sup>O<sub>2</sub> em águas recebendo efluentes.

Em agosto/2018 houve um pico nas concentrações de DQO no ponto à Jusante, que tendeu a aumentar até novembro de 2018, no qual, indicou uma redução das concentrações de OD, indicando presença de material orgânico. Até setembro/2018 houve recargas de chuvas na região o que pode ter contribuído para esse aumento.

A ausência de dados em alguns pontos se deve a problemas técnicos na realização dos ensaios.

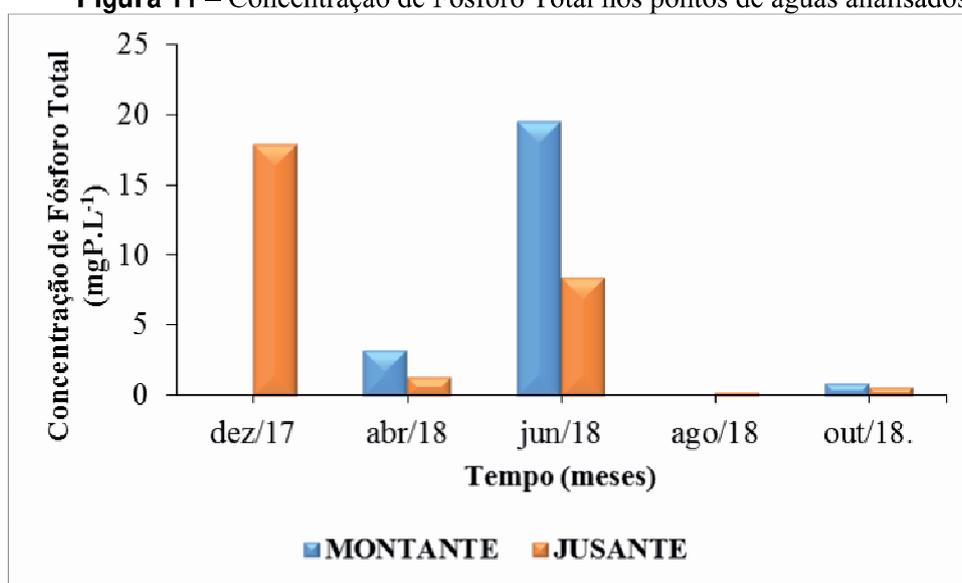
#### 4.7 Fósforo Total

O fósforo é um elemento essencial ao crescimento de algas e, em grande quantidade pode causar processo de eutrofização dos corpos d'água. Além disso, é um elemento indispensável também para o crescimento dos microrganismos que estabilizam a matéria orgânica (SPERLING, 2005). Segundo Libânio (2016) as formas de ortofosfatos mais comum HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup> para as faixas de pH da águas naturais, são as mais facilmente assimiláveis por algas e macrófitas incorporando-o á biomassa.

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL,2005), o limite total das concentrações de fósforo em águas doces de Classe 3 em ambiente lântico é de 0,05 mg.L<sup>-1</sup>. Os resultados das análises (Figura 11) apresentaram valores variando de 0,17 a 19,51 mgP.L<sup>-1</sup> para o Ponto à Montante do Aterro, e de 0,25 a 17,9 mgP.L<sup>-1</sup> para o Ponto à Jusante, valores bastante elevados quando comparados ao que preconiza a Resolução supracitada.

Verifica-se ainda que, dentro da faixa de variação detectada, os níveis de fósforo total atingem até 8,34 mgP.L<sup>-1</sup> para o ponto À Montante com média de (4,76±8,34) e máximo de 7,61 mgP.L<sup>-1</sup> para o ponto à Jusante com média de (5,68± 7,60).

**Figura 11** – Concentração de Fósforo Total nos pontos de águas analisados



Fonte: Dados de pesquisa (2018)

Em dezembro/2017 no ponto à Jusante e junho/2018 nos dois pontos de águas, observou-se maiores concentrações de fósforo total na água, nos dois pontos de águas. Isso se deve as concentrações de matéria orgânica e nutrientes, devido o local apresentar plantações no seu entorno, assim como acúmulo de dejetos de animais presentes no local, que utilizam dessa água para dessedentação.

Em junho/2018 foi registrado precipitação, provavelmente, este fato contribuiu para que houvesse diminuição das concentrações de fósforo total. Essa diminuição deve-se, provavelmente a diluição desencadeada pelo maior volume de chuva e também, a renovação da água desse ambiente, onde possivelmente o material orgânico contido na água foi dissolvido.

Além disso, no local é comum perceber a presença de plantas na água, sendo assim, forte indicador de excesso de fósforo na água, pois possui nutrientes para o seu crescimento.

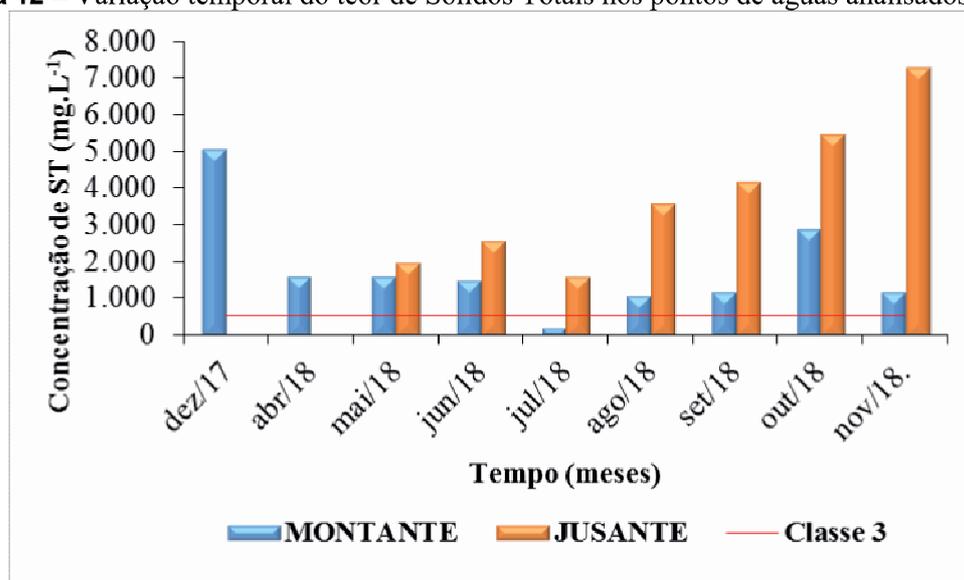
#### 4.8 Sólidos Totais (ST)

A presença dos sólidos pode estar associada tanto a características químicas como biológicas, os sólidos totais presentes na água podem ser distribuídos em sólidos em suspensão e dissolvidos (BRASIL, 2006 apud BENEDET, 2008).

De acordo com Santos e Moraes (2012), a entrada de sólidos nas águas pode ocorrer de forma natural por meio dos processos erosivos, organismos e detritos orgânicos ou de forma antrópica pelo lançamento de lixo e esgoto, ou ainda pelo uso do solo no entorno.

De acordo com a Figura 12, foram observados concentrações de Sólidos Totais variando de 200,0 a 5.030 mgST.L<sup>-1</sup> para o Ponto à Montante do Aterro, e de 1.600 a 7.3002 mgST.L<sup>-1</sup> para o Ponto à Jusante, valores bastante elevados quando comparados ao que preconiza a Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL,2005) limite máximo de 500 mgST.L<sup>-1</sup>.

**Figura 12** – Variação temporal do teor de Sólidos Totais nos pontos de águas analisados



Fonte: Dados de pesquisa (2018)

Quanto aos Sólidos Totais presentes nas águas, a Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005) estabelece um valor máximo de 500 mgST.L<sup>-1</sup> para corpos de água doce Classe 3. Os Sólidos Totais de todos os pontos coletados estão acima desse limite com exceção do ponto à Montante em Julho/2018 (Figura 12), apresentando valor máximo de 5.050 mgST.L<sup>-1</sup> e (média 1816,66±1401,33) no ponto à Montante e máximo de 7.300 mgST.L<sup>-1</sup> (média 3828,57±2035,28) no ponto à Jusante. Apenas em um ponto, no mês de julho/2018, apresentou abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA.

De acordo com a Figura 12, as concentrações de sólidos totais na água superficial à Jusante do Aterro, apresentaram-se elevadas em comparação aos valores máximos permitidos

pela Resolução do CONAMA N° 357 (BRASIL,2005). Em abril/2018 no ponto à Montante foi observado uma diminuição das concentrações de sólidos totais, devido à diminuição de materiais suspensos e dissolvidos.

No ponto à Jusante anos meses de maio e junho/2018 voltou a ter um crescimento nas concentrações de ST, no período de maiores precipitações na região o que pode ter contribuído para uma maior solubilização dos sais e um carreamento de sólidos em suspensão na água.

A ausência de dados em alguns pontos se deve a problemas técnicos na realização dos ensaios.

#### 4.9 Coliformes Termotolerantes

O grupo coliforme é considerado um grupo complexo onde existem microrganismos de origem fecal e não fecal. A identificação desses microrganismos na água pode ser índice da existência de microrganismos de origem fecal. Dentre os coliformes fecais a *Escherichia coli* tem sua importância como microrganismo de índice de contaminação, pois sua presença e número são indicativas da qualidade higiênico-sanitária de um produto. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence ao gênero *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*. (CONTE, 2004).

Após as 24 horas na estufa sob uma temperatura de 45°C, as placas de *petri* contendo os microrganismos dos pontos de águas foram realizadas as contagens das Unidades Formadora de Colônias (UFC) para os Coliformes Termotolerantes de coloração azul (Figura 13).

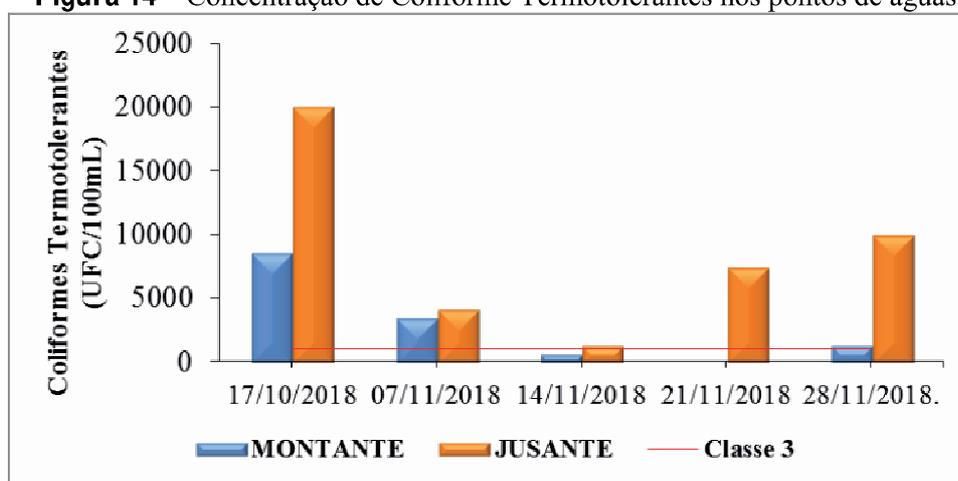
**Figura 13** – Coliformes Termotolerantes cultivados em placas de *petri*



Fonte: Próprio autor (2018)

Conforme observado na Figura 14 Os Coliformes termotolerantes variaram entre 200 a 8.500 por 100 m.L<sup>-1</sup> para o Ponto à Montante e 1.300 a 20.000 UFC por 100 m.L<sup>-1</sup>. No qual, para o ponto à jusante foi verificada presença significativa de coliformes termotolerantes, com maior concentração no ponto à Jusante, no qual tem uma maior extensão de área e coluna d' água. Esse fato pode ser explicado pela presença de animais às margens dos riachos, à Montante e Jusante do ponto de coleta, onde todos os valores apresentaram acima do valor máximo permitido pela Resolução CONAMA N° 357 (BRASIL, 2005) para a dessedentação de animais onde o valor máximo é de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 m.L<sup>-1</sup>.

**Figura 14** – Concentração de Coliforme Termotolerantes nos pontos de águas



Fonte: Próprio autor (2018)

#### 4.10 Índice do Estado Trófico dos corpos d' águas

O IET foi estimado segundo propostas de Lamparelli (2004), que calcula os índices relativos ao fósforo total e a clorofila. para essa pesquisa foram utilizados dados referentes ao fósforo total. Os resultados dos cálculos estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Resultado do Índice de Estado Trófico nos pontos de águas nas imediações do ASCG

Meses	IET <sub>p</sub>			
	PM (ug.L <sup>-1</sup> )	Estado Trófico	PJ (ug.L <sup>-1</sup> )	Estado Trófico
Dezembro/2017	nd	nd	84,8	Hipereutrófico
Abril/2018	76,0	Hipereutrófico	71,2	Hipereutrófico
Junho/2018	85,2	Hipereutrófico	80,9	Hipereutrófico
Agosto/2018	60,6	Supereutrófico	62,6	Supereutrófico
Outubro/2018	69,3	Hipereutrófico	66,9	Supereutrófico

Nd: não consta. Fonte: Próprio autor (2018)

Com base na Tabela 3, pode-se verificar que no ponto à Montante do ASCG, 75% foram classificados como hipereutrófico, e 25,0% supereutrófico. Já no ponto à Jusante 60% como hipereutrófico, 40,0% como supereutrófico. O IET geral calculado em todos os pontos foi considerado como hipereutrófico durante o período de monitoramento do indicador Fósforo Total, apresentando valores  $IET > 67$ . Tal resultado crítico se deve as elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, no qual se justifica pela presença de animais no local, o que leva a presença de excretas bovinos, à presença de floração de algas, no qual possui cor verde intensa e comprometendo-se dessa forma a qualidade de água para a dessedentação de animais. Valores como estes alcançados tornam-se críticos, principalmente para a qualidade da água.

## **5 CONCLUSÃO**

O monitoramento das águas superficiais nas imediações do Aterro Sanitário em Campina grande-PB mostrou que a análise conjunta das concentrações obtidas dos parâmetros, para os pontos amostrais analisados, permite afirmar que a região passa por um grande período de estiagem, devido à região ter pouca pluviosidade, o que colabora para a sua degradação. E também, por ser uma área com presença de animais nas margens dos pontos de águas, que utilizam para sua dessedentação, comprometendo-se dessa forma, sua qualidade, no qual independe do Aterro, não havendo dessa forma contribuição do mesmo.

Por meio da aplicação do Índice de Estado Trófico, observou-se nos corpos d'águas estudados, que estes estão sofrendo processos de degradação, pelo qual, apresentou-se um grau de trofia: Supereutrófico e Hipereutrófico, indicando forte presença de concentrações de matéria orgânica e nutrientes, assim como altas concentrações durante todo o período de monitoramento pelos resultados de DBO e DQO, além da presença de floração de algas, o que é comum para corpos hídricos de ambientes lênticos com baixa recarga de águas durante o ano.

Os resultados da variação da qualidade dos corpos d'águas à Montante e à Jusante do Aterro Sanitário em Campina Grande-PB, apresentaram, quando comparados com o que é estabelecido para águas doce de Classe 3 pela Resolução vigente, valores muito acima do máximo permitido em quase todos os parâmetros, sendo dessa forma, imprópria para a dessedentação de animais e os devidos fins estabelecidos pela Resolução supracitada, não estando própria para seus usos sem o devido tratamento.

Desse modo, as informações e os estudos realizados por meio dessa pesquisa podem ser usados como resposta aos órgãos ambientais, bem como, contribuir no gerenciamento dos recursos hídricos, à preservação e à gestão das águas.

## EVALUATION OF QUALITY OF SURFACE WATER IN THE SURROUNDING AREA OF THE SANITARY LANDFILL IN CAMPINA GRANDE -PB

### **ABSTRACT**

The monitoring of water quality is of fundamental importance, since there is vulnerability to possible sources of water pollution, whether due to natural or anthropogenic causes, in which toxic or pathogenic substances can be present and may modify the physical, chemical and microbiological characteristics of the aquatic environment. Therefore, the development of this research had as objective to evaluate the surface water quality in points from the upstream and downstream of the Landfill in Campina Grande, through physical-chemical and microbiological studies. Regarding the use of monitored water bodies, these are only used for animal watering, having as guidelines for class 3 freshwater classification. For this research, water samples were collected for physical-chemical and microbiological analyzes during the period of one year. Through the Trophic State Index, it was verified that the analyzed water points presented a trophic degree: Supereutrophic and Hypereutrophic, indicating a strong presence of organic matter and nutrients, which corroborated for an increase during the whole monitoring period in concentrations of Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD), as well as the presence of algal blooms. Through the analysis of the concentrations of the indicators studied, for the sample points adopted, it was verified that the region where the waters are located undergo a great drought period, due to the low rainfall, which contributes to their degradation.

**Keywords:** Environmental Legislation. Protection of aquatic life. Quality of Waters.

## REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 22 ed. Washington: APHA, 2012,1203p.

BENEDET, Alex Vieira. **Qualidade da água em escolas de Içara, SC. 2008.** 65 f. TCC. Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em:<<http://www.ens.ufsc.br/principal/pdfs/5de60fb82772a3a0cd6be6661abdf7194a56ce58.pdf>>. Acesso em: 25 nov 2018.

BRASIL. (2004) Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil.** 2014. Portal da Qualidade das Águas. Brasília: Agência Nacional de Águas. Disponível em: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA\\_DA\\_QUALIDADE\\_DAS\\_AGUAS.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf)>. Acesso em: 01 nov. 2018.

BRASIL. (2005) **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n.º 357.** *Diário Oficial da União*, Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

BRASIL. (2014) Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico água e esgoto.** Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnosticoae-2014>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

CETESB (2009). **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. São Paulo.** Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem.** São Paulo, 2008: 41p. (Séries relatórios).

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO- CETESB. (2005) **Variáveis de qualidade de água.** São Paulo. Disponível em: <[http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/anexo2\\_variaveis\\_aguas.zip](http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wpcontent/uploads/sites/32/2013/11/anexo2_variaveis_aguas.zip)>. Acesso em: 21 nov. 2018.

CONTE, V. D.; COLOMBO, M. ZANROSSO, A. V.; SALVADOR, M. **Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande Do Sul.** Revista Informa. V. 16; p. 11-12, 2004.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia.** 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, 601 p.

FUZINATTO, C. F. **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água.**

Florianópolis: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Santa Catarina. 2009.

LAMPARELLI, M.C. (2004) **Degrees of trophy in water bodies of São Paulo: evaluation of monitoring methods**. 235p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. Campinas - SP: Átomo, 2008.

SANTOS, R. S. L.; LIMA, A. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M.; MARQUES, M. N. **Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe**. Aracaju (SE). Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. V. 3; p.33-46. 2018.

SANTOS, H.C.R.G. & MORAES, M.E.B. (2012) **Variáveis limnológicas da água e usos do solo: elementos fundamentais para a avaliação de duas microbacias da Bacia Hidrográfica do Rio Almada, Sul da Bahia/Brasil**. In: Seminário Nacional de Gestão de Ecossistemas Aquáticos, 1., 2012, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro

SILVA, V. S.; FERREIRA, A. C.; SILVA, V. F. BARACUHY, J. G. V. **Análise de corpos hídricos constituintes do Riacho das Piabas em Campina Grande/PB**. Revista REMOA/UFSM. Monografias Ambientais. 2014.

UNESCO/WHO/UNEP. **Water quality assessment**. London: Chapman & Hall; 1992. 585 pp.

VON SPERLING, M. (2007) **Quality standards for water bodies in Brazil**. *In: International Conference on Diffuse Pollution*, 11./Joint Meeting of the IWA Diffuse Pollution and Urban Drainage Specialist Groups, 1. *Anais...* Belo Horizonte.