



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

MONITORAMENTO AMBIENTAL DO ANTIGO LIXÃO DO ROGER,
ENFOCANDO METAIS PESADOS

SAMUEL MONTENEGRO GONÇALVES BARCIA

JOÃO PESSOA
2018

SAMUEL MONTENEGRO GONÇALVES BARCIA

**MONITORAMENTO AMBIENTAL DO ANTIGO LIXÃO DO ROGER,
ENFOCANDO METAIS PESADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental na Universidade Federal da Paraíba como requisito indispensável para obtenção do Título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Claudia Coutinho Nóbrega

JOÃO PESSOA
2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

E243m Barcia, Samuel Montenegro Gonçalves.
Monitoramento Ambiental do Antigo Lixão do Roger,
Enfocando Metais Pesados / Samuel Montenegro Gonçalves
Barcia. - João Pessoa, 2018.
38 f.

Orientação: Claudia Coutinho Nóbrega.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Metais Pesados; Águas Superficiais e Subterrâneas.
I. Nóbrega, Claudia Coutinho. II. Título.

UFPB/BC

FOLHA DE APROVAÇÃO

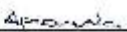
SAMUEL MONTENEGRO GONÇALVES BARCIA

MONITORAMENTO AMBIENTAL DO ANTIGO LIXÃO DO RÓGER, ENFOCANDO METAIS PESADOS

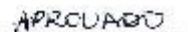
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado em 21 de agosto de 2018 perante a seguinte Comissão Julgadora:

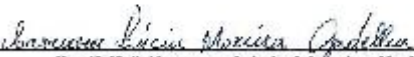

Prof.ª Dr.ª Claudia Coutinho Nóbrega

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do
Centro de Tecnologia/UFPB

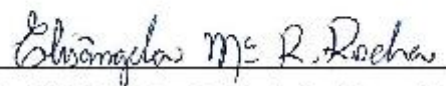



Prof.ª Dr.ª Aline Flávia Nunes Romêglio Antunes
Universidade Federal da Paraíba




Prof.ª Dr.ª Carmem Lúcia Moreira Gadelha
Universidade Federal da Paraíba




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

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

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me acompanhado durante toda graduação.

Aos meus pais, Guilherme Julião Gonçalves Barcia e Verônica Montenegro Gonçalves Barcia, por todo incentivo, dedicação e investimentos que tiveram, sempre me apoiando e vibrando a cada conquista.

À minha avó, Maria Mércia Araújo Montenegro, que me ensina todos os dias a superar obstáculos e a toda minha família.

À minha irmã, Gabriela Montenegro Barcia de Souza e meu cunhado, Gustavo Paulo Leite de Souza, por todo incentivo, amor e companheirismo.

Aos meus sobrinhos Maria Montenegro Barcia de Souza e Théo Montenegro Barcia de Souza que me mostraram a verdadeira definição de amor.

À minha namorada, Talitha Melo, por todo companheirismo, compreensão, ajuda e encorajamento ao longo da minha graduação.

Aos professores do curso de Engenharia Ambiental da UFPB, em especial à Professora Claudia Nóbrega que me orientou neste trabalho e no estágio, contribuindo muito para meu aprendizado.

A todos meus colegas de curso de 2012.2, principalmente, Camila Mello, Bárbara Souza, Austregiselo Júnior e Rafael Bitu por ficarem sempre ao meu lado me ajudando com minhas dificuldades tanto na vida acadêmica quanto na vida social.

À Universidade Federal da Paraíba pelo conhecimento adquirido e inesquecível experiência.

A todos meus amigos que de alguma forma contribuíram para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental, em especial a Matheus Luna, Jonathas Luna, Eli Veloso, Mariana Veloso, Iron Araújo, Igreyne Barbosa e Kauê Seabra, minha gratidão.

RESUMO

Com o desejo de aumentar a qualidade de vida, o crescimento populacional e o aumento das cidades, aumenta a geração de resíduos e se não houver um tratamento adequado terá como resultado um meio ambiente degradado. O antigo Lixão do Roger, localizado no município de João Pessoa, próximo a áreas urbanizadas ainda apresenta alguns problemas que afetam diretamente a qualidade de vida da população que vive naquela área. Este lixão, que funcionou por mais de 40 anos, está desativado desde agosto de 2003 e, ainda acarreta problemas ao meio ambiente como a poluição das águas subterrâneas e superficiais, assim como ao ecossistema que está na área de influência direta do lixão. Esse trabalho teve como objetivo analisar o teor dos metais pesados (Alumínio, Chumbo e Mercúrio), presentes nas águas subterrâneas e superficiais, através de análises laboratoriais na área de influência direta do antigo Lixão do Roger. Este estudo utiliza a série histórica de parâmetros, no período de 2006 até 2018, mostrando uma possível influência do chorume gerado nesse lixão nas águas, apesar de outras atividades terem ocorrido nestas áreas que, provavelmente, contribuíram na degradação ambiental, como o curtume, gráficas, postos de gasolina, entre outras. Para isso, foram realizadas coletas de forma periódica das águas subterrâneas, superficiais e do chorume, em seguida as amostras foram levadas para os laboratórios para serem analisadas. Através desta pesquisa, pôde-se observar que o chorume continua sendo produzido e atingindo as águas e, conseqüentemente, a população e todo o ecossistema que depende dela. Porém, o chorume não é o único poluidor do ambiente em estudo, pois existe comunidades, comércio e indústrias na região que despejam seus dejetos diretamente no rio.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de Resíduos; Meio Ambiente Degradado; Lixão do Roger; Poluição das Águas Subterrâneas e Superficiais; Metais Pesados; Chorume.

ABSTRACT

Desiring to increase the quality of life, population and cities growth, the production of waste also grows and if there is no adequate treatment it would result in a degraded environment. The landfill known as “Lixão do Roger”, located in João Pessoa City, near a very urbanized area, presents some problems that directly affects the quality of life of people that live in that area. Even being inactive since August of 2003, this landfill has been active for more than 40 years, this causes environmental problems such as the pollution of underground water and surface water and all ecosystems present in the surround. The objective of this work is to analyze the water content that may contain heavy metals (Aluminium, Lead and Mercury), specifically in underground water and surface waters. The study was carried out through laboratory analyzes of the area directly influenced by this landfill. This study uses the historical series of parameters used in the period from 2006 to 2018, presenting a possible influence of the leachate generated from this dump to the waters, although other activities that have already occurred in this area probably also contributed as the leather factory, print shop, gas stations, and others. For this, periodic collections of the underground water, superficial waters and the leachate were then carried out to the laboratories for analysis. With this research, it was possible to observe that the leachate continues to be produced and continues to reach the waters and, consequently, the population and the entire ecosystem that depend on it. However, this agent of contamination is not the only polluter, because there are communities and industries in the region that do not present sanitary sewage, in this way their wastes are thrown directly in the river.

KEYWORDS: Waste Production; Degraded Environment; Roger's landfill; Underground and Surface Water Pollution; Heavy metals; Leachate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coleta de água superficial.....	17
Figura 2 - Área do lixão e pontos de coletas.....	19
Figura 3 - Série histórica do Alumínio no Chorume.....	20
Figura 4 - Série histórica do Chumbo no Chorume.....	21
Figura 5 - Série histórica do Mercúrio no Chorume.....	21
Figura 6 - Série histórica do Alumínio nas águas subterrâneas.....	22
Figura 7 - Série histórica do Mercúrio nas águas subterrâneas.....	23
Figura 8 - Série histórica do Chumbo nas águas subterrâneas.....	23
Figura 9 - Série histórica do Alumínio nas águas superficiais.....	25
Figura 10 - Série histórica do Mercúrio nas águas superficiais.....	25
Figura 11 - Série histórica do Chumbo nas águas superficiais.....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivo Específico.....	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1 Águas Subterrâneas.....	12
3.2 Ambientes Estuarinos.....	12
3.3 Composição do Chorume.....	13
3.4 Metais Pesados: Alumínio, Chumbo e Mercúrio.....	14
3.5 Metais Pesados: Impactos Ambientais e Sociais.....	14
4 METODOLOGIA.....	16
4.1 Caracterização da Área de Estudo.....	16
4.2 Caracterização do Rio Sanhauá.....	16
4.3 Coleta e Análise das Amostras.....	17
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	20
5.1 Análise da Série Histórica.....	20
6 CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
ANEXO A.....	31
ANEXO B.....	34
ANEXO C.....	36

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e acelerado desenvolvimento industrial e tecnológico, surgiu um problema na destinação dos resíduos gerados. No Brasil, em grande parte, esses resíduos são depositados nos “lixões”, que são locais inadequados, onde não existe nenhum tipo de obra de engenharia para evitar ou mitigar os danos causados ao meio ambiente.

Desse modo, surgiu o Lixão do Roger, que além de ser um potencial poluidor do meio ambiente e fonte de proliferação de vetores responsáveis pela transmissão de várias doenças como amebíase, leptospirose, dengue, entre outras. Também, passou a fazer parte de uma parcela da população que sobrevivia da catação de materiais recicláveis e começaram a ocupar a região dando origem a Favela do S que sempre esteve em condições precárias de saneamento e infraestrutura.

Com a disposição inadequada dos resíduos nos lixões, ocorre a decomposição dos detritos formados de substâncias orgânicas e inorgânicas. Assim, quando ocorre a precipitação, a água é infiltrada passando pelos resíduos formando um líquido chamado de chorume.

O chorume é um líquido escuro formado da decomposição anaeróbica da matéria orgânica, contendo cargas de metais pesados, que variam em função de diversos fatores, como o índice pluviométrico, teor da matéria orgânica, composição e quantidade dos resíduos gerados (BRAGA et al, 2005).

Esse líquido tem um grande potencial para contaminar o meio ambiente, podendo afetar de forma direta os solos e as águas e de forma indireta à população que precisa utilizar os corpos hídricos para o consumo ou para a prática de pesca para alimentação, fazendo com que o problema ultrapasse a barreira ambiental e chegue a esfera social.

Para Oliveira e Jucá (2004) o chorume tem um grande potencial poluente para as águas superficiais e subterrâneas e para o solo, através da água da chuva que vai se infiltrando pela camada de cobertura das células.

Nesse contexto está inserido o Rio Sanhauá, que vem sofrendo, ao longo do tempo, com a descarga de efluentes industriais, esgotos domésticos e o chorume produzido pelo antigo Lixão do Roger.

Assim, a presente pesquisa tem como objetivo analisar o teor de metais pesados nas águas superficiais e subterrâneas e indicar possíveis impactos causados pela contaminação desses metais na área de influência do antigo Lixão do Roger.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Relacionar a presença dos metais pesados nas águas subterrâneas e superficiais na área de influência direta do antigo Lixão do Roger, resultantes da percolação do chorume e outras atividades antrópicas que ocorreram e ocorrem na área, e os impactos ambientais e sociais associados a este problema.

2.2 Objetivos Específicos

-Analisar a série temporal do teor de chumbo, mercúrio e alumínio presentes no chorume e em amostras de água superficial e subterrânea coletadas na área de estudo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Águas Subterrâneas

Parte da água precipitada é infiltrada, onde se acumulam entre os vazios das rochas, que formam os mananciais subterrâneos.

As águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas das chuvas que se infiltram nas camadas do solo preenchendo espaços vazios entre as rochas, que são chamadas de aquíferos e podem ser do tipo fraturada, porosa e cárstico de acordo com a Agência Nacional de Águas - ANA (2018).

De acordo com Fagundes (2010), a percolação da água varia de acordo com o tipo de solo, fazendo com que a água encontre um solo ou rocha impermeável o caminho seja todo ocupado, formando os lençóis freáticos.

3.2 Ambientes Estuarinos

A delimitação do sistema estuarino varia em função da natureza dos parâmetros geomorfológicos, químicos e biológicos.

Pritchard (1967) apud Duarte e Vieira (1997) define estuário em termos de sua complexidade, contendo três aspectos fundamentais:

- O estuário é uma massa de água costeira semifechada, visto que a linha da costa não a define.
- Não possui um contato direto e permanente com o mar, verificando-se uma diluição mensurável da água salgada, que provoca um gradiente de densidade característico da circulação da água em estuários.
- Está sujeito a ação da maré, que determina oscilações no volume da massa hídrica estuarina e nos respectivos teores de salinidade.

Parte da ocupação e do desenvolvimento humano se dá nas margens de estuários devido às condições geográficas favoráveis com águas margeadas por grandes planícies costeiras.

Para Ottmann et al. (1965) os estuários se constituem da área de maior fertilidade natural do mundo e em muitas destas, sua produtividade constitui o meio de vida de grandes populações, sendo no nordeste brasileiro desprezados e levados à inutilidade em função dos processos industrial e urbano.

São importantes na ecologia global, uma vez que através desse ambiente se passa a maior parte da matéria orgânica, originada da decomposição nos continentes em direção ao oceano.

De acordo com Schettini (2002) poucos estuários, no mundo, são conhecidos a ponto de que este conhecimento forneça bases para tomadas de decisão para o desenvolvimento sustentável.

Sob condições naturais, o ambiente estuarino encontra-se ecologicamente equilibrado, mesmo com o grande fluxo de matéria orgânica. Isso devido aos efeitos de adaptação e seleção natural ao longo dos anos. Esse equilíbrio pode ser interrompido por diversas atividades antrópicas que causam o efeito de diluição dos componentes presentes no estuário ou introduzem componentes ausentes que interferem na dinâmica ecológica do meio.

O crescimento populacional desordenado, pode ser considerado como uma das principais causas do desequilíbrio dos sistemas eco-sociais na costa brasileira (DIEGUES, 1996).

Pereira et al (2006) explicam que problemas relacionados a falta de saneamento básico têm comprometido a qualidade da água do estuário de Caeté no Pará.

O ambiente estuarino atua como meio de subsistência para populações ribeirinhas que sobrevivem da pesca de peixes e crustáceos. Sendo uma população muitas vezes negligenciada por políticas públicas, com a ausência de saneamento básico. Neste sentido a água dos estuários é usada não apenas para a pesca, como para o consumo humano direto.

3.3 Composição do Chorume

O chorume é um líquido escuro resultante da decomposição dos resíduos sólidos dispostos em lixões e aterros sanitários. As bactérias existentes nos resíduos decompõem a matéria orgânica com formação de líquido, volume que é aumentado no período chuvoso.

Para Bertazzoli e Pelegrini (2002), o chorume é um líquido escuro de odor forte que apresenta altas concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos, resultado da percolação da água através dos resíduos em decomposição. Sua composição físico-química é variável, pois dependem de diversos fatores, como condições pluviométricas, tempo de disposição e as características dos resíduos.

A constituição físico-química do chorume é bastante variável, dependendo desde condições locais até a composição gravimétrica dos resíduos dispostos e forma de operação dos

aterros sanitários. O chorume pode conter altas concentrações de sólidos suspensos, compostos orgânicos e metais pesados. Por apresentar substâncias volúveis o líquido pode infiltrar no solo e percolar até atingir aquíferos presentes no entorno, com consequências para o meio ambiente e para a saúde pública podendo, dependendo do movimento dos lençóis freáticos, atingir poços de abastecimento de água.

3.4 Metais pesados: Alumínio, Chumbo e Mercúrio

O acúmulo de Alumínio no organismo humano tem sido associado ao aumento dos casos de demência senil do tipo Alzheimer. O Chumbo, mesmo em concentrações baixas, constitui um tóxico cumulativo que produz um efeito no sistema nervoso central, denominado saturnismo. O Mercúrio é o mais nocivo metal pesado, mesmo em baixas concentrações, pois sofre o processo de biomagnificação ao longo da cadeia trófica. Os maiores contribuintes para presença dessas substâncias no homem são através do consumo da água ou de peixes que vivem nesses ambientes (SCIENTEC, 2018).

3.5 Metais Pesados: Impactos Ambientais e Sociais

Diversas atividades antrópicas podem causar danos ao meio ambiente e aos organismos nele existentes e dentre estas atividades pode-se destacar a disposição dos resíduos sólidos (RS). A produção de chorume, líquido escuro formado a partir da decomposição da matéria orgânica é um grave problema ao meio ambiente e a saúde humana quando a disposição não é feita de forma adequada. Além da matéria orgânica, também são encontrados outros compostos e estes ainda mais prejudiciais ao solo e aos corpos hídricos presentes no seu entorno.

Rodrigues e Taioli (2003) verificaram a alteração da qualidade do solo que serve como base para a disposição dos RS no município de Ilhabela-SP, com ênfase na contaminação por metais pesados. O chorume produzido era armazenado em uma lagoa de infiltração para, posteriormente, ser infiltrado no solo. Os metais analisados foram o chumbo, níquel e zinco. Foi observado que nos locais onde foram armazenados os resíduos mais antigos, encontrou-se íons metálicos acima dos limites impostos pelo órgão ambiental. E, devido a quantidade de areia presente e desta não possuir boa capacidade de retenção, tornou-se necessário o monitoramento das águas subterrâneas para que seu uso não seja comprometido.

Em outro estudo, Aguiar e Novaes (2002) relataram que os cátions de metais pesados, uma vez lançados em um corpo receptor, como por exemplo em rios, mares e lagoas, ao atingirem as águas de um estuário sofrem o efeito de Amplificação Biológica. Esse efeito significa que, uma vez que os compostos não fazem parte do ciclo metabólico dos indivíduos ali presentes, ficam neles armazenados e, em consequência, sua concentração é extraordinariamente amplificada nos tecidos dos seres vivos que integram a cadeia alimentar do ecossistema.

Para Virga et al. (2007) a intoxicação por metais pesados que ocorre mais frequentemente se dá por alumínio, arsênio, bário, berílio, cádmio, chumbo, mercúrio e níquel. Alguns metais como cromo, cobre e zinco são encontrados na natureza em solo, água e ar e são essenciais ao organismo. Entretanto, a carência ou excesso desses componentes pode levar a distúrbios e em casos extremos até morte. Os autores determinaram o teor de cádmio, chumbo, cromo, cobre e zinco em siris azuis coletados ao longo do rio Cubatão na região metropolitana de São Paulo. O estudo foi motivado devido à localização de diversas indústrias metalúrgicas, petroquímicas e de fertilizantes instaladas. Constatou-se que apesar dos valores obtidos estarem abaixo do limite recomendado pelas agências de saúde, a ingestão diária é significativa quando comparada aos valores estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

Jesus et al. (2004) definiram os níveis de concentração e distribuição de metais pesados nos sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória – ES. Observou-se que o sistema estuarino reflete a contribuição natural devido a geologia local, mas também a contribuição antrópica pelo lançamento de efluentes industriais. Em alguns pontos foi identificada contaminação por cobre, chumbo, zinco, manganês e mercúrio.

Sissino e Moreira (1996) relataram os níveis de contaminação por tipo cádmio, cromo, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo e zinco, no entorno do aterro controlado de Morro do Céu em Niterói-RJ, em que se avaliou a influência do chorume no córrego Mata Paca, em poços subterrâneos e nascentes na área de estudo e em solos e sedimentos. Foram encontrados valores próximos ao máximo permitido para ferro e manganês nos poços e nas nascentes e baixa concentração referente a outros metais. O trabalho ressaltou que o tipo de solo do local favorece uma atenuação dos materiais e a composição do chorume ter características mais fortemente orgânicas.

De forma geral, o estudo dos níveis de contaminação por metais pesados em áreas de despejo, que causem danos ao meio ambiente e a população são importantes para o manejo de políticas sociais e sanitárias.

4 Metodologia

4.1 Caracterização da Área de Estudo

O primeiro local utilizado para dispor os resíduos sólidos (RS) da cidade de João Pessoa foi o Lixão de São Miguel. Após seu encerramento, foi cedida à Prefeitura Municipal de João Pessoa um terreno com a finalidade de depositar os resíduos do município de forma provisória. Inicialmente, esse novo espaço foi chamado de Batatão e, posteriormente, Lixão do Roger, dando início as suas atividades em 1958.

O Lixão do Roger foi projetado para atender a uma vida útil de 3 anos, recebendo apenas os RS de João Pessoa. Posteriormente, este passou a receber também os resíduos dos municípios de Bayeux e Cabedelo, terminando por ser desativado apenas em agosto de 2003.

No ano de sua implementação a área do lixão era de 4,6 ha, dividido em duas células, no entanto, em seu último ano de funcionamento o mesmo estava recebendo cerca de 900 toneladas/dia (SCIENTEC, 2018) e teve sua área aumentada para 17 ha. Atualmente, possui cobertura vegetal e está passando por processo de recuperação ambiental.

4.2 Caracterização do Rio Sanhauá

O Rio Sanhauá é formado do encontro dos rios do Meio e Mares e tem, aproximadamente, 8 km de extensão. A sua margem direita é mais urbanizada e corresponde ao município de João Pessoa, representando a maior parte da população ribeirinha. Na margem esquerda do rio, situa-se o município de Bayeux.

Devido ao processo de ocupação desordenado, a margem do Rio Sanhauá vem perdendo de forma sucessiva a sua mata ciliar, apresentando características descontínuas da vegetação.

O Conselho de Proteção Ambiental do Estado da Paraíba, através da Resolução Estadual DZS – 205, de 23 de março de 1988, enquadrrou o Rio Sanhauá e seus afluentes na classe 3 de qualidade de água doce, segundo seus usos preponderantes. Diante disso, os parâmetros analisados para as águas superficiais serão comparados com a classe 3 para água doce.

4.3 Coleta e Análise das Amostras

A série histórica dos parâmetros físico-químicos foi obtida através do projeto de pesquisa intitulado “Monitoramento Ambiental do Antigo Lixão do Roger”.

O processo de coleta e métodos de análise das amostras seguiram as recomendações indicadas pelo Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22^a edição (APHA et al, 2012). As coletas foram comumente realizadas no período da manhã, entre 8h e 11h. Após a coleta, as amostras eram levadas para o Laboratório de Saneamento da Universidade Federal da Paraíba para serem acondicionadas de forma adequada e, posteriormente, encaminhadas para o Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), no município de Recife (PE), para realização das análises de Alumínio e Chumbo e para o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial/Federação das Indústrias do Estado da Bahia (SENAI/Sistema FIEB), no município Lauro de Freitas (BA), para análise de mercúrio. A Figura 1 mostra a coleta de água superficial realizada em 13 de março de 2018.



Figura 1: Coleta de água superficial (13/03/2018).
Fonte: SCIENTEC, 2018

No que diz respeito aos pontos de coleta, as amostras de chorume são coletadas através de duas canalizações, uma em cada célula, que são denominadas de C1 e C2 e suas localizações são 7°6'30.93"Sul, 34°53'12.43"Oeste e 7°6'29.60"Sul, 34°53'8.90"Oeste.

Visto que não existe legislação específica sobre a qualidade do chorume no Brasil, o presente trabalho utilizou a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA N° 430/2011 que trata dos padrões de lançamentos de efluentes, a fim de estabelecer um critério de avaliação dos parâmetros máximos permitidos para os metais pesados percolados no chorume que ainda desembocam no estuário.

Quanto as águas subterrâneas, foram coletadas amostras em dois pontos, que estão sobre a área de influência do antigo Lixão do Roger. O P5 que está situado a montante da massa de resíduos do antigo lixão, localizado nas coordenadas 7°6'27.70"Sul, 34°53'1.10"Oeste e P6 que está a jusante da massa de resíduos do antigo lixão, com latitude 7°6'26.24"Sul e longitude 34°53'12.95"Oeste.

Os resultados foram comparados com os valores máximos permitidos com base na Resolução CONAMA N° 396/2008 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

As águas superficiais foram coletadas em quatro pontos, sendo dois pontos localizados no manguezal, P1sup e P2sup, e dois pontos acomodados no Rio Sanhauá, P3sup e P4sup, fazendo com que dois pontos fiquem a montante e dois pontos fiquem a jusante do lixão.

Esses pontos estão localizados nas coordenadas: 7°6'19.00"Sul, 34°52'57.00"Oeste (P1sup); 7°6'16.00"Sul, 34°53'12.00"Oeste (P2sup); 7°6'39.00"Sul, 34°53'27.00"Oeste (P3sup); 7°6'32.00"Sul, 34°53'28.00"Oeste (P4sup).

Os resultados foram avaliados em conformidade com a Resolução CONAMA N° 357/2005 de acordo com o enquadramento classe 3 de qualidade de água doce, dado pelo Conselho de Proteção Ambiental do Estado da Paraíba COPAM/PB, através da Resolução Estadual DZS – 205, de 23 de março de 1988.

A Figura 2 mostra a área do Lixão do Roger, em destaque, e a localização dos pontos de coleta. A esquerda observa-se a área do Rio Sanhauá pertencentes aos limites do lixão e, no canto inferior direito a área urbanizada do Bairro Varadouro.



Figura 2: Área do lixão e pontos de coletas.
Fonte: Google Earth Pro, 2018

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Análise da Série Histórica de Metais Pesados

As águas podem apresentar diferentes componentes, capazes de alterar suas características físicas e químicas. Podendo decorrer do ambiente na forma natural ou provenientes de atividades antrópicas, prejudicando o seu uso para diversos fins favoráveis à população e ao meio ambiente.

Sabendo disso, é possível que haja influência dos metais pesados através da percolação do chorume para as águas subterrâneas e superficiais do antigo Lixão do Roger.

Através das séries históricas mostradas nas Figuras 3, 4 e 5, pode-se observar a presença e o comportamento dos três metais no chorume do antigo Lixão do Roger.

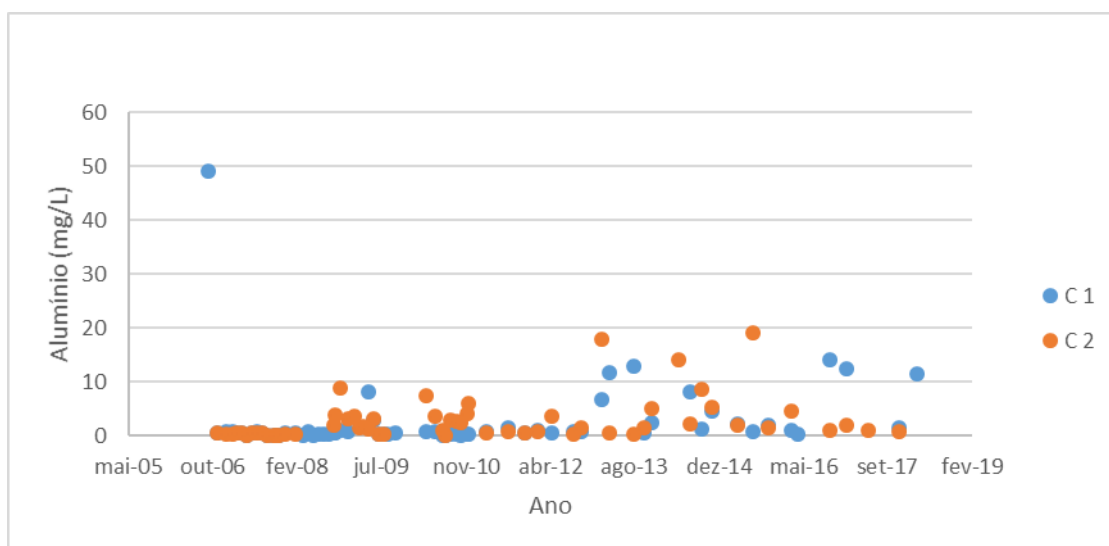


Figura 3: Série histórica do Alumínio no Chorume
Fonte: Adaptado Autor, 2018

Para o Alumínio, é possível notar suas oscilações ao longo da série, gerando uma alta variância e se distanciando da média, devido a alguns valores elevados observados nas coletas, como pode ser observado na Figura 3 e na Tabela (anexo A). Porém, na maioria das análises apresentaram valores relativamente baixos. Provavelmente, nesta primeira análise houve um erro durante a realização dessa análise.

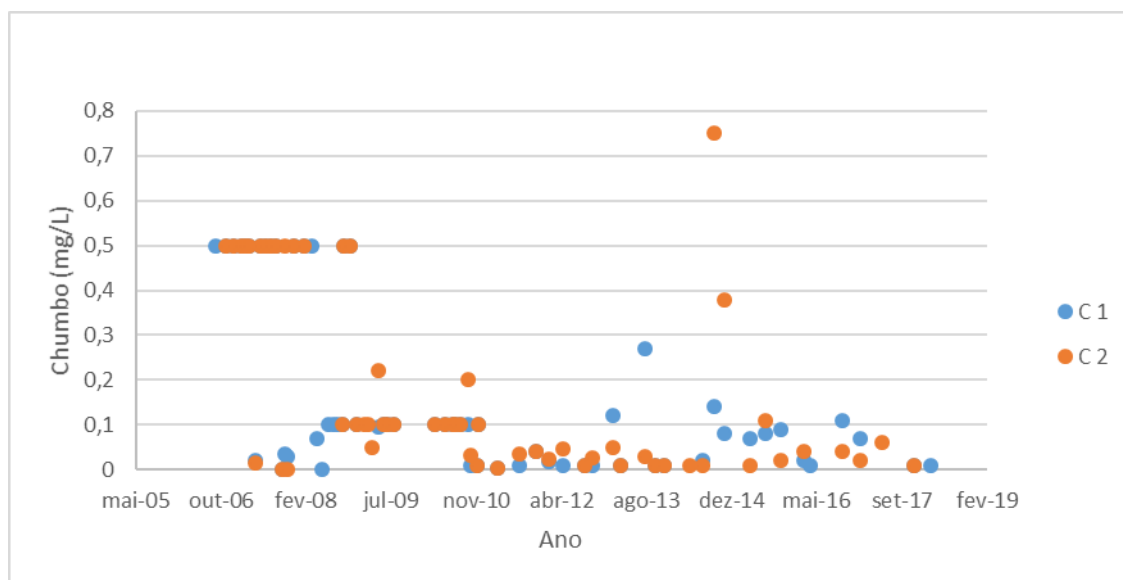


Figura 4: Série histórica do Chumbo no Chorume.
Fonte: Adaptado Autor, 2018.

O Chumbo apresentou comportamento semelhante ao alumínio, porém com uma variância menor, pois os valores permanecem próximos à média. Com isso, pode-se observar que esse parâmetro se manteve constante em grande parte das coletas ao longo do tempo e apresentou valores relativamente baixos, assim como o Alumínio.

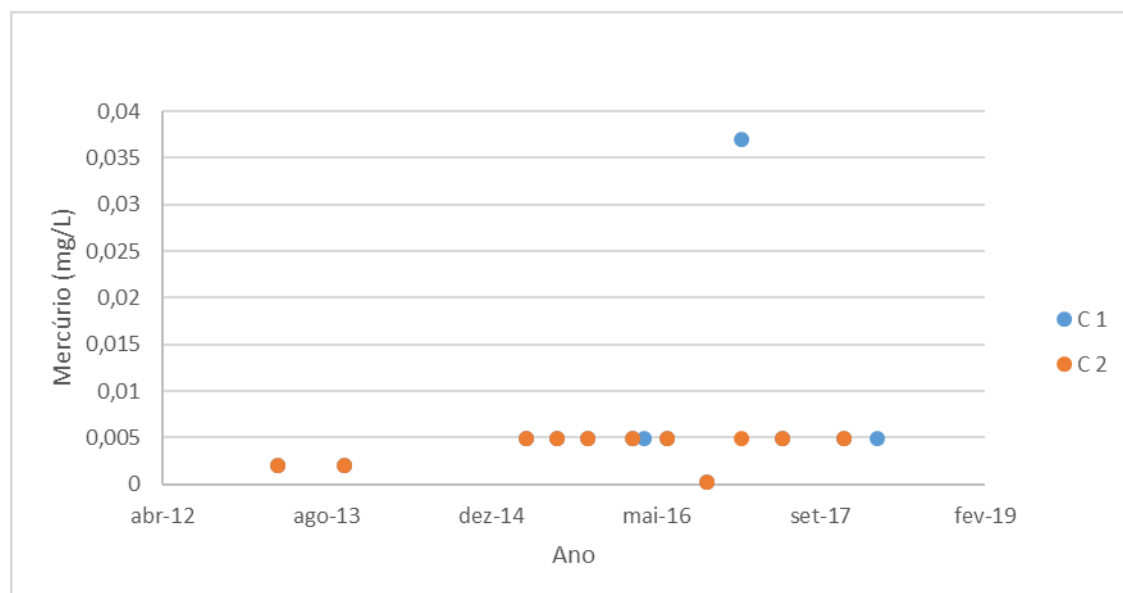


Figura 5: Série histórica do Mercúrio no Chorume.
Fonte: Adaptado Autor, 2018.

A série histórica do Mercúrio contido no chorume possui um número de dados menores que a do Chumbo e do Alumínio, devido à ausência da realização das análises desse parâmetro em algumas coletas. Ainda assim, pode-se observar que os resultados das análises se mantiveram constantes ou com pequenas variações. Nota-se, também que os valores

apresentados são baixos, mas é importante ressaltar a importância de manter o seu monitoramento regular devido aos riscos de contaminação que esses metais apresentam.

O antigo Lixão do Roger foi desativado há quinze anos, sendo assim, os valores mostrados, geralmente, apresentam dados esperados, pois é possível que grande parte da massa de resíduos aterrada tenha se degradado o suficiente para manter os resultados constantes ou com poucas variações. Esses resultados podem indicar que o lixão esteja próximo ou na fase final de estabilização, apresentando menores valores para esses parâmetros.

A Resolução CONAMA N° 430/2011 determina os padrões de lançamentos de efluentes onde definem os valores máximos para Chumbo e Mercúrio que são $0,5 \text{ mgL}^{-1}$ e $0,01 \text{ mgL}^{-1}$, respectivamente. Diante disso, pode-se observar que esses dois parâmetros estão dentro da faixa de valores máximos permitidos.

É importante ressaltar que no Brasil não existe nenhuma legislação que trate especificamente dos parâmetros para chorume.

A presença de metais pesados nas águas subterrâneas pode ser decorrente da contaminação pela percolação do chorume do Lixão do Roger, como pode ser observado nas Figuras 6, 7 e 8, onde mostram os resultados das análises de Alumínio, Mercúrio e Chumbo nas águas subterrâneas.

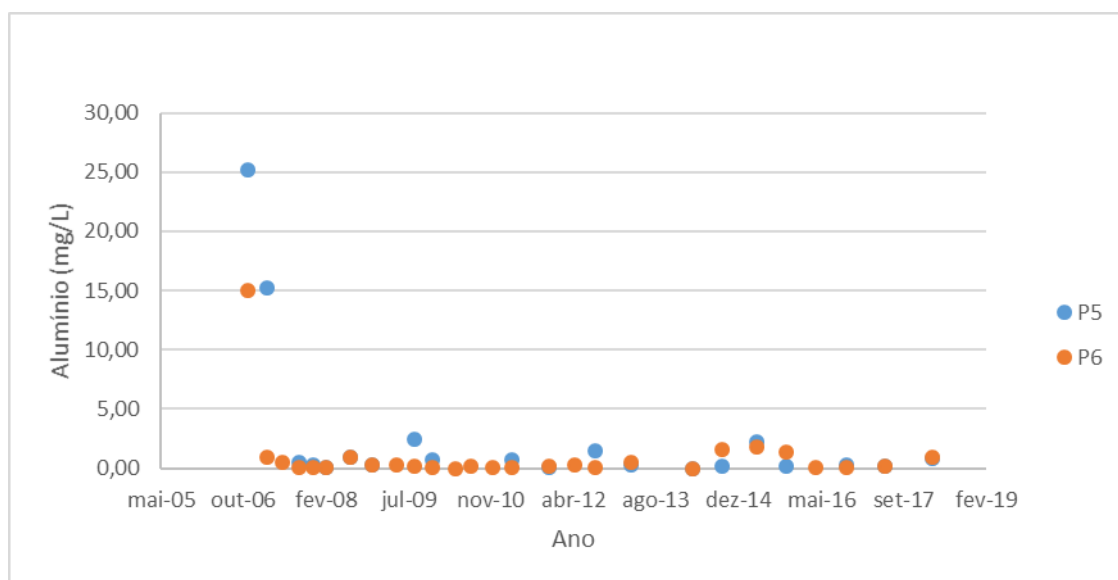


Figura 6: Série histórica do Alumínio nas águas subterrâneas.

Fonte: Adaptado Autor, 2018.

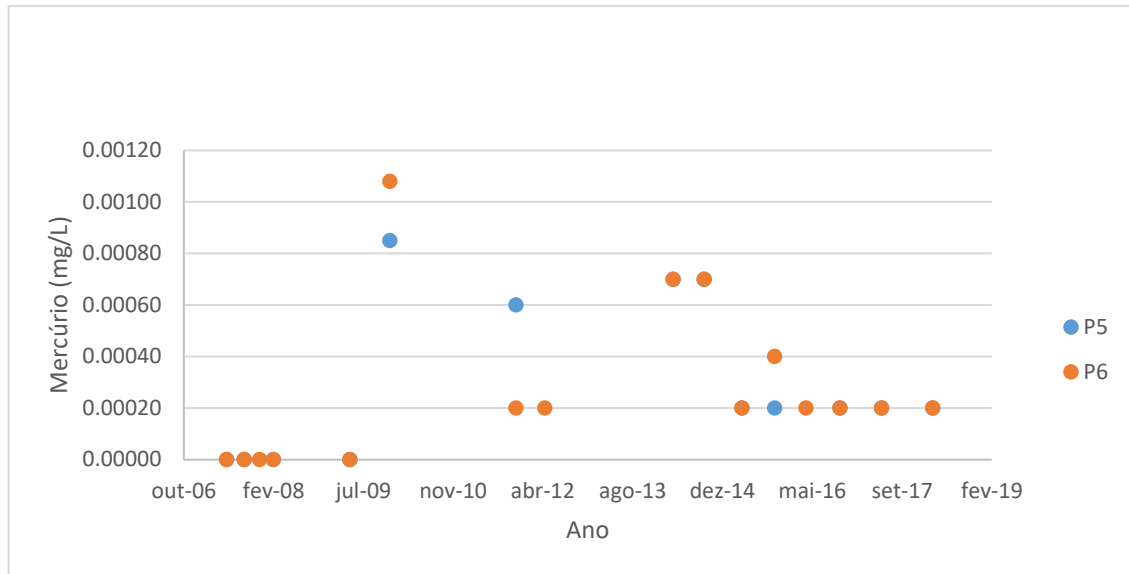


Figura 7: Série histórica do Mercúrio nas águas subterrâneas.
Fonte: Adaptado Autor, 2018.

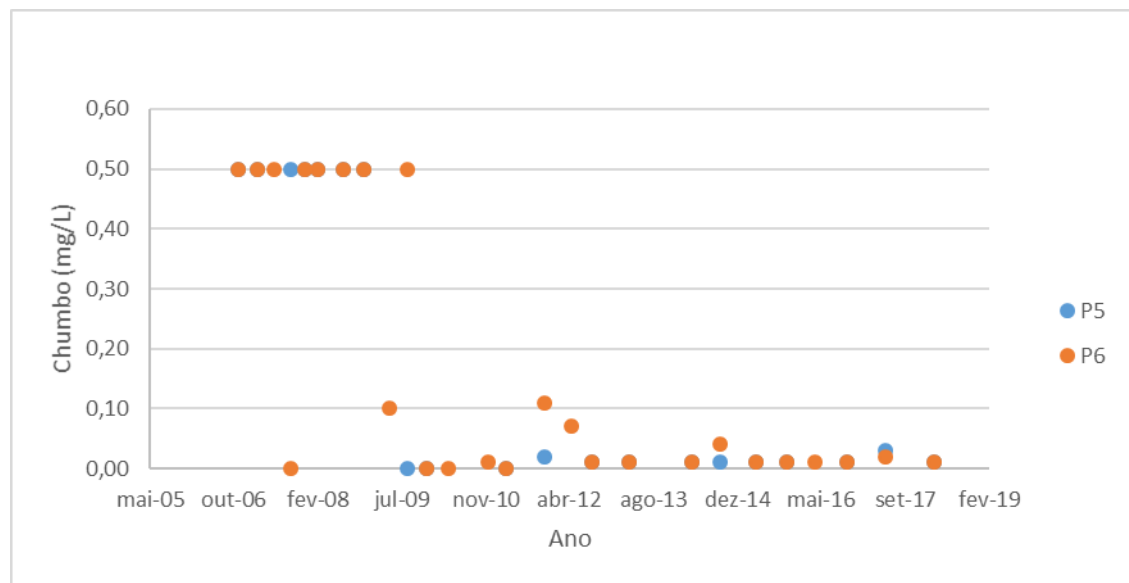


Figura 8: Série histórica do Chumbo nas águas subterrâneas.
Fonte: Adaptado Autor, 2018.

Pode-se perceber que existe a presença de metais pesados nas águas subterrâneas do Lixão do Roger e que este pode ser um indicador de que o chorume esteja infiltrando, atingindo-as, contribuindo assim, para que os poços P5 e P6 apresentem esses componentes, pois estão localizados a montante e a jusante na área do referido lixão.

Porém, deve-se considerar as diversas fontes que possuem a potencialidade de alterar esses valores além da concentração de chorume, como a sazonalidade (período chuvoso e seco), a distância dos locais onde se encontram, interferência da maré, tipos de contaminantes, decomposição, etc.

A Resolução CONAMA N° 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, gerando valores máximos permitidos para o Alumínio, o Mercúrio e o Chumbo que são $0,2 \text{ mgL}^{-1}$, $0,001 \text{ mgL}^{-1}$ e $0,01 \text{ mgL}^{-1}$, respectivamente.

Com isso, pode-se perceber de acordo com os resultados obtidos nas análises, que o Alumínio presente nas águas subterrâneas do antigo lixão do Roger é um parâmetro que varia significativamente e em diversas coletas excedeu o limite permitido pela Resolução CONAMA N° 396/2008.

A medida que a série histórica do Mercúrio é analisada, observa-se que os valores estão abaixo do máximo permitido pela resolução, porém, pode-se notar a presença deste componente. Esses valores podem apontar que a percolação do chorume esteja atingindo as águas subterrâneas, que é agravada na ocorrência de eventos de precipitação, que favorecem sua infiltração.

O Chumbo teve um comportamento que se manteve, praticamente, constante do ano de 2006 até o ano de 2009, nos quais a maioria das análises apresentaram um valor bem acima do máximo permitido na legislação. Porém, do ano de 2010 até 2018 foi verificado que os resultados passaram a diminuir atingindo valores dentro do que é estabelecido pela Resolução CONAMA N° 396/2008, apresentando assim um cenário de maior estabilidade.

A presença dos contaminantes analisados para as águas subterrâneas podem ser decorrentes da infiltração do chorume, visto que o P5 e o P6 estão dentro da área de influência direta do lixão. Porém, outros fatores, como os citados a cima podem ter a capacidade de influenciar os mananciais subterrâneos.

De acordo com Nóbrega, Gadelha e Lins (2015) a área de mangue que está presente em toda extensão do estuário do Rio Sanhauá, está bastante descaracterizada nos espaços que ocorreram ocupações urbanas, onde se encontram diversos bairros, comunidades e o antigo Lixão do Roger. Com isso, o rio tem se transformado em receptor de efluentes industriais, esgotos domésticos, devido assentamento inadequado nas margens do rio e de chorume.

Como já citado o Conselho de Proteção Ambiental do Estado da Paraíba, através da Resolução Estadual DZS – 205, de 23 de março de 1988, enquadrando o Rio Sanhauá na classe 3 de qualidade de água doce, então será usada a Resolução N° 357/2005 do CONAMA. Vale salientar, que águas estuarinas não são doces.

Ao analisar as Figuras 9, 10 e 11, pode-se perceber uma possível percolação ou outro tipo de contato, do chorume com as águas superficiais.

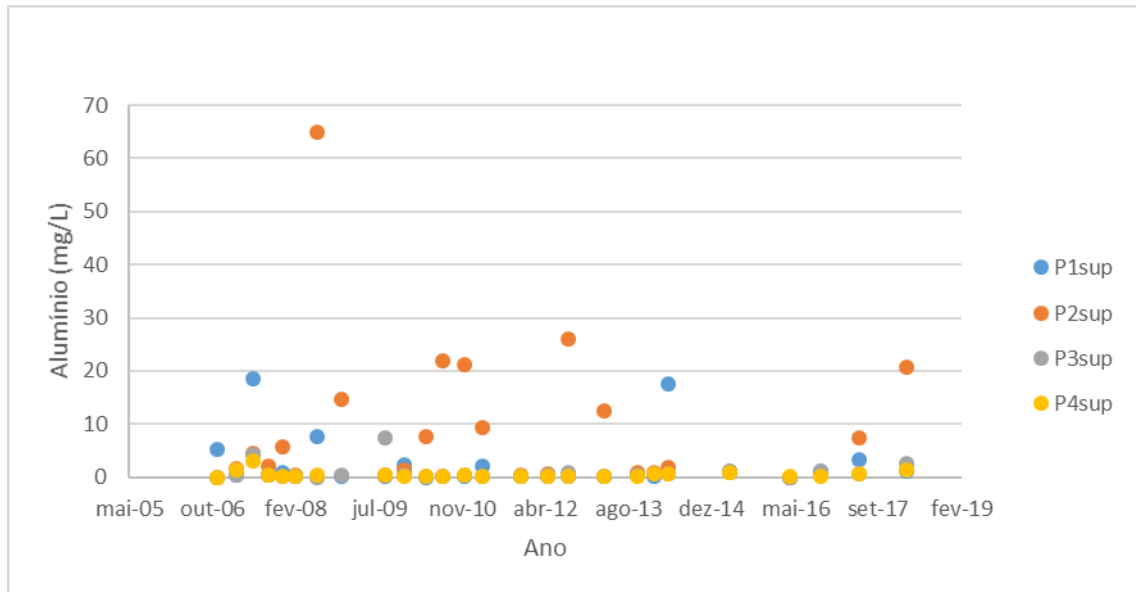


Figura 9: Série histórica do Alumínio nas águas superficiais.

Fonte: Adaptado Autor, 2018.

A Resolução CONAMA N° 357/2005, determina que o valor máximo permitido para o Alumínio é $0,2 \text{ mgL}^{-1}$, no entanto os pontos P1sup e P2sup localizados no mangue e os pontos P3sup e P4sup localizados no Rio Sanhauá apresentam em sua maioria valores mais altos que o valor máximo permitido pela Resolução supracitada.

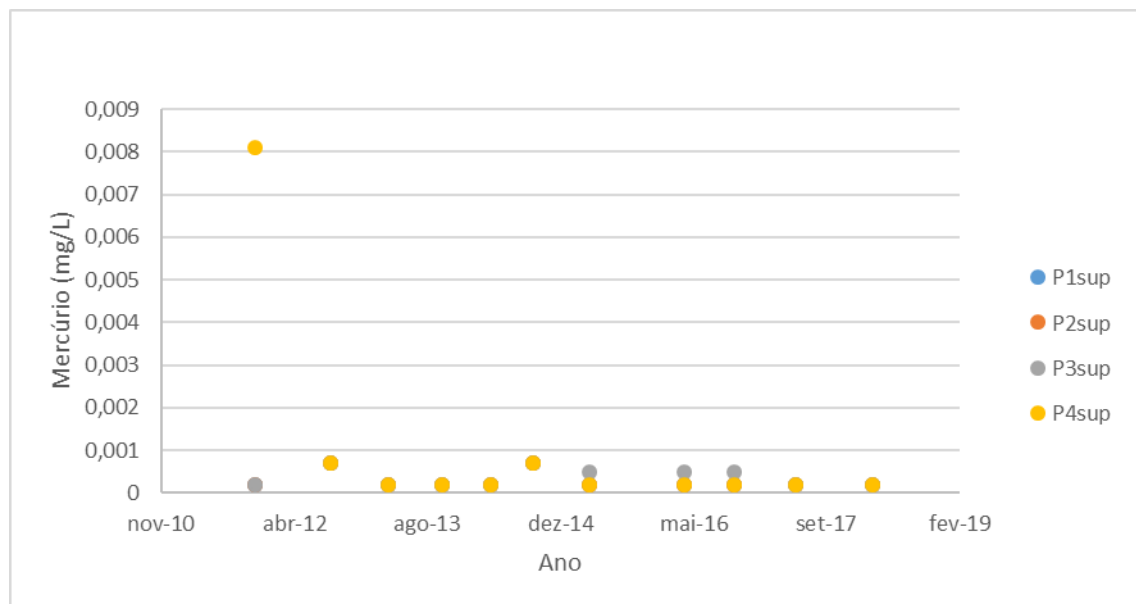


Figura 10: Série histórica do Mercúrio nas águas superficiais.

Fonte: Adaptado Autor, 2018.

Ao analisar a Figura 10, referente a série histórica do Mercúrio, percebe-se que existe uma sobreposição entre os pontos, pois os resultados das análises apresentaram valores

similares, com exceção do ponto P4sup na primeira análise em 2011 que obteve um valor muito acima dos outros pontos, como pode ser observado anexo B.

Todos os valores relacionados ao Mercúrio, no intervalo de tempo que foi analisado, estão dentro do limite estabelecido pela referida resolução, com exceção de uma análise que ultrapassa o máximo estabelecido pela resolução que é de $0,002 \text{ mgL}^{-1}$. Porém, o monitoramento desse parâmetro deve se manter, pois oferece risco de contaminação da água e, consequentemente, da população.

De acordo com Siqueira et al., (2005), o Mercúrio é o metal pesado mais nocivo e que sofre biomagnificação, comprovadamente, atingindo sua forma mais tóxica nos sistemas aquáticos.

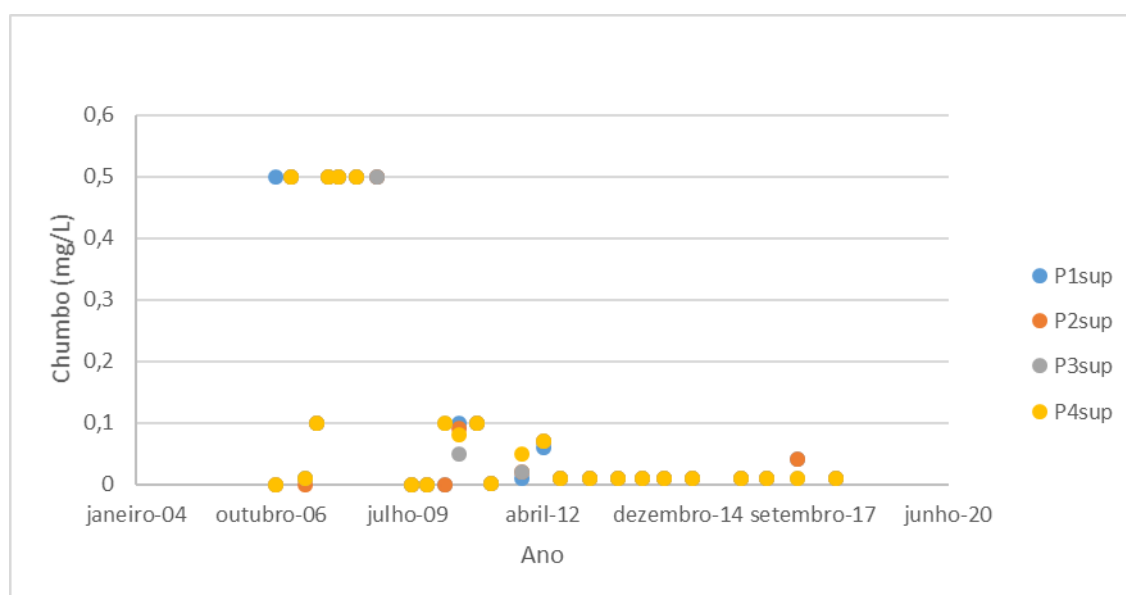


Figura 11: Série histórica do Chumbo nas águas superficiais.
Fonte: Adaptado Autor, 2018.

Ao analisar a Figura 11, pode-se constatar também que os resultados em sua maioria apresentam valores próximos, onde poderá ser visto em forma de Tabela (anexo C).

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357/2005, o valor máximo permitido para o Chumbo é de $0,033 \text{ mgL}^{-1}$. Com isso, percebe-se que, no período de 2006, até o primeiro semestre de 2012 a maior parte dos resultados apresentavam valores acima do que era estabelecido na Resolução. Porém, a partir do segundo semestre de 2012 até a última coleta realizada em 13 de março de 2018, pode-se observar que a quantidade desse componente diminuiu, mostrando um quadro de maior estabilidade, alcançando o limite estabelecido pela referida Resolução.

Mesmo estando dentro do limite estabelecido pela Resolução, Vega et al., (2003) explicam que baixas concentrações de o Chumbo é extremamente perigoso, principalmente para as crianças, podendo atingir o sistema nervoso.

É possível perceber que existe a presença de Alumínio, Mercúrio e Chumbo nas águas subterrâneas e superficiais da área de influência do Lixão do Roger e que, provavelmente, o chorume esteja entrando em contato com o curso d'água influenciando os resultados apresentados. No entanto, outras explicações possíveis para a presença dos metais pesados nessas águas são fatores como o despejo de efluentes domésticos e industriais diretamente no rio, a sazonalidade e a dinâmica do estuário.

De acordo com Fagundes (2010), é recorrente a contaminação das águas superficiais e subterrâneas através da percolação do chorume em locais que serviam de depósito de resíduos sólidos sem nenhum tipo de tratamento, como os lixões. Isso mostra que as águas que estão na área de influência direta do antigo lixão do Roger estão mais vulneráveis a contaminação pelo chorume.

Para Costa (2009), o Chorume produzido pelo antigo Lixão do Roger é escoado pelo manguezal até desaguar no Rio Sanhauá provocando graves problemas nas águas superficiais.

Silva Júnior (2003) afirma que o Chorume é um grande problema em áreas de mangue, pois estão presentes em sua composição os metais pesados e se atingir as águas estuarinas poderia ocorrer algumas consequências, como a bioacumulação dos metais pesados nos seres vivos que posteriormente podem ser consumidos pelos homens.

6 CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos no decorrer da pesquisa, foi possível concluir que o chorume produzido pelo Lixão do Roger, influencia na qualidade das águas superficiais e subterrâneas que estão na área de influência direta do lixão e, conseqüentemente, todo um ecossistema que depende dela. Através de monitoramento foi possível verificar tal influência.

A série histórica dos metais pesados das águas superficiais e subterrâneas mostram indícios desta contaminação existente entre o chorume e as águas. Porém, é importante ressaltar que o estuário do Rio Sanhauá e o manguezal não sofrem influência apenas do antigo Lixão do Roger, mas também pelo uso e ocupação do solo de forma indevida, gerando diversas fontes de poluentes.

Com isso, mesmo após sua desativação, o chorume que continua sendo produzido pelo Lixão do Roger, ainda consegue atingir as águas superficiais e subterrâneas na área de influência direta do lixão comprometendo o uso da água para a população e toda biota que depende dela.

Assim, torna-se necessário a junção de políticas públicas as ações do Estado da Paraíba aliada a continuação do monitoramento para verificar possíveis alterações que ocorram em seu entorno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Água Subterrânea. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/agua-subterranea>>. Acesso em: 06 ago. 2018.

-APHA / AWWA / WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22th edition. Public Health Association. New York. 2012.

ASSOCIAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA – SCIENTEC. **Relatório técnico: Análise de sedimentos e da qualidade da água na área de mangue do Rio Sanhauá, a montante e a jusante do lixão do Roger**. João Pessoa, 2018.

BERTAZZOLI, R.; PELEGRINI, R. **Descoloração e degradação de poluentes orgânicos em soluções aquosas através do processo fotoeletroquímico**. Química Nova, v. 25, p. 477-482, 2002.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G. Lotufo; MIERZWA; José Carlos; DE BARROS, Mario Thadeu L.; SPENCER, Milton; PORTO, Monica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Pearson Prentice hall, 2005.

BRASIL. RESOLUÇÃO N°357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília: Diário Oficial da União, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acessado em: 12/07/2018.

BRASIL. RESOLUÇÃO N° 396, DE 3 DE ABRIL DE 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Brasília: Diário Oficial da União, 2008. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acessado em: 12/07/2018.

BRASIL. RESOLUÇÃO N° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011. **Dispões sobre condições e padrões de lançamento de efluentes**. Brasília: Diário Oficial da União, 2005. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acessado em: 12/07/2018.

COSTA, Magdalena Duarte. **Qualidade da água do estuário do Rio Sanhauá na Paraíba e conflitos de usos existentes na área de influência do antigo Lixão do Roger**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, UFPB, João Pessoa, 2009.

DE AGUIAR, M. R. M. P.; NOVAES, Amanda Cardoso; GUARINO, Alcides Wagner Serpa. **Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos**. Química Nova, v. 25, n. 6/B, p. 1145-1154, 2002.

DE JESUS, Honório Coutinho et al. **Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES**. Química Nova, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.

DIEGUES, A. C. S. **Ecologia humana e planejamento em áreas costeiras**. SP: Nupaub-USP, 1996

DUARTE, António AL; VIEIRA, J. M. **Caracterização dos ambientes estuarinos: mistura em estuários**. 1997.

FAGUNDES, Giulliano de Souza. **Influência do antigo Lixão do Roger, João Pessoa, nas águas subterrâneas locais**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, UFPB, João Pessoa, 2010.

NÓBREGA, C.C.; GADELHA, C.L.M; LINS, R.B. **Cenário de evolução da qualidade físico-química da água superficial na área de mangue do Rio Sanhauá, a montante e a jusante do Lixão do Roger, pós sua desativação**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL RESAG, 2, Aracaju, 2015.

OLIVEIRA, Fernando Jorge Santos; JUCÁ, José Fernando Thomé. **Acúmulo de metais pesados e capacidade de impermeabilização do solo imediatamente abaixo de uma célula de um aterro de resíduos sólidos**. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [s.l.], v. 9, n. 3, p.211-217, set. 2004. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522004000300007>.

PEREIRA, Luci Cajueiro Carneiro; DA SILVA, Iracely Rodrigues; DA COSTA, Rauquírio Marinho. **Uso e ocupação em uma comunidade pesqueira, na margem estuário do rio Caeté (PA, Brasil)**. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 13, 2006.

PITTA VIRGA, Rossana Helena; GERALDO, Luiz Paulo; HENRIQUE DOS SANTOS, Fabiana. **Avaliação de contaminação por metais pesados em amostras de siris azuis**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 4, 2007.

RODRIGUES, Cristiane Lorena; TAIOLI, Fábio. **Retenção de metais pesados no solo de cobertura do lixão de Ilhabela-SP**. 2003.

SERAFIM, Aline Camillo et al. **Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamento**. III Fórum de Estudos Contábeis. Rio Claro: Centro Superior de Educação Tecnológica, p. 6-7, 2003.

SCHETTINI, Carlos AF. **Caracterização física do estuário do rio Itajaí-açu, SC**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 1, p. 123-142, 2002.

SILVA JÚNIOR, E. G. **O viver das sobras e o viver do mangue. O caso do Lixão do Roger, PB e seus contrastes sócio-ambientais**. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFPB, João Pessoa, 2003.

SIQUEIRA, G.W. et al. **Distribuição do mercúrio em sedimentos de fundo no Estuário de Santos SP/Brasil**, *Rem: Ver. Esc. Minas, Ouro Preto*, vol. 58, 2005.

SISINNO, Cristina LS; MOREIRA, Josino Costa. **Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil**. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 12, p. 515-523, 1996.

ANEXO A

Tabela dos resultados das análises de chorume nas células 1 e 2.

Data	<i>Alumínio (mg L⁻¹)</i>		<i>Mercúrio (mg L⁻¹)</i>		<i>Chumbo (mg L⁻¹)</i>	
	Célula 1	Célula 2	Célula 1	Célula 2	Célula 1	Célula 2
13/09/2006	49				0,5	
07/11/2006	0,54	0,56			0,5	0,5
27/12/2006	0,77	0,33			0,5	0,5
07/02/2007	0,73	0,35			0,5	0,5
28/02/2007	0,5	0,5			0,5	0,5
28/03/2007	0,5	0,5			0,5	0,5
30/04/2007	0,08	0,08			0,02	0,016
31/05/2007	0,5	0,5			0,5	0,5
28/06/2007	0,87	0,5			0,5	0,5
01/08/2007	0,5	0,5			0,5	0,5
29/08/2007	0,14	0,1			0,5	0,5
04/10/2007	0	0			0	0
22/10/2007	0	0,1			0,034	0,5
05/11/2007	0	0			0,03	0
12/12/2007	0,56	0,18			0,5	0,5
13/02/2008	0,56	0,17			0,5	0,5
26/03/2008	0,1				0,5	
30/04/2008	0,8				0,07	
28/05/2008	0				0	
30/06/2008	0,19				0,1	
30/07/2008	0,19				0,1	
28/08/2008	0,26				0,1	
25/09/2008	0,42	1,85			0,1	0,1
04/10/2008	0,44	3,76			0,5	0,5
05/11/2008	0,97	8,88			0,5	0,5
17/12/2008	0,82	3,125			0,1	0,1
28/01/2009		3,58				0,1
25/02/2009		1,39				0,1
18/03/2009		1,62				0,05
23/04/2009	8,22	1,35			0,095	0,22
20/05/2009	2,92	3,09			0,1	0,1
17/06/2009	0,24	0,21			0,1	0,1
22/07/2009	0,39	0,245			0,1	0,1
12/08/2009	0,21					
29/09/2009	0,515					
30/01/2010						
24/03/2010	0,78	7,36			0,1	0,1
19/05/2010	0,69	3,63			0,1	0,1
01/07/2010	0,1	0,99			0,1	0,1
22/07/2010	0	0			0,1	0,1
21/08/2010	0,39	2,99			0,1	0,1
29/09/2010	0,2	2,7			0,1	0,2
20/10/2010	0,13	2,4			0,01	0,032

24/11/2010	0,392	4,1			0,01	0,01
01/12/2010	0,4	6			0,1	0,1
23/03/2011	0,7585	0,5488			0,0024	0,0028
27/07/2011	1,5	0,774			0,01	0,035
03/11/2011	0,54	0,61			0,04	0,04
18/01/2012	0,93	0,64			0,017	0,025
12/04/2012	0,55	3,7			0,01	0,046
14/08/2012	0,8	0,3			0,01	0,01
05/10/2012	0,76	1,55			0,01	0,027
31/01/2013	6,7	18			0,12	0,05
19/03/2013	11,8	0,51	0,002	0,002	0,01	0,01
06/08/2013	12,85	0,24			0,27	0,03
08/10/2013	0,44	1,4	0,002	0,002	0,01	0,01
27/11/2013	2,38	4,98			0,01	0,01
29/04/2014		14,16				0,01
07/07/2014	8,2	2,12			0,02	0,01
16/09/2014	1,12	8,66			0,14	0,75
18/11/2014	4,66	5,39			0,08	0,38
14/04/2015	2,13	2	0,0049	0,0049	0,07	0,01
13/07/2015	0,71	19	0,0049	0,0049	0,08	0,11
14/10/2015	1,88	1,36	0,0049	0,0049	0,09	0,02
29/02/2016	1,11	4,45	0,0049	0,0049	0,02	0,04
05/04/2016	0,3		0,0049		0,01	
13/06/2016			0,0049	0,0049		
11/10/2016	14	0,98	0,0003	0,0002	0,11	0,04
23/01/2017	12,33	2,04	0,037	0,0049	0,07	0,02
30/05/2017		0,89	0,0049	0,0049		0,06
01/12/2017	1,52	0,79	0,0049	0,0049	0,01	0,01
13/03/2018	11,49		0,0049		0,01	

Tabela dos resultados das análises das águas subterrâneas nos pontos P5 (montante) e P6 (jusante) do lixão.

Datas	Alumínio ($mg\ L^{-1}$)	Mercúrio ($mg\ L^{-1}$)	Chumbo ($mg\ L^{-1}$)
-------	---------------------------	---------------------------	-------------------------

	P5	P6	P5	P6	P5	P6
07/11/2006	25,20	15,00			0,50	0,50
28/02/2007	15,20	0,90			0,50	0,50
06/06/2007		0,50	0,00000	0,00000		0,50
12/09/2007	0,50	0,10	0,00000	0,00000	0,50	0,00
05/12/2007	0,25	0,10		0,00000	0,50	0,50
20/02/2008	0,10	0,10	0,00000	0,00000	0,50	0,50
23/07/2008	0,88	0,88			0,50	0,50
26/11/2008	0,31	0,23			0,50	0,50
22/04/2009		0,26	0,00000	0,00000		0,10
12/08/2009	2,44	0,20			0,00	0,50
01/12/2009	0,72	0,11	0,00085	0,00108	0,00	0,00
14/04/2010		0,00				0,00
22/07/2010		0,21				
01/12/2010		0,09				0,01
23/03/2011	0,73	0,10			0,00	0,00
03/11/2011	0,1	0,18	0,00060	0,00020	0,02	0,11
12/04/2012		0,3		0,00020		0,07
14/08/2012	1,5	0,1			0,01	0,01
19/03/2013	0,3	0,5			0,01	0,01
28/03/2014	<0,71	<0,20	0,00070	0,00070	0,01	0,01
16/09/2014	0,16	1,63	0,00070	0,00070	0,01	0,04
14/04/2015	2,18	1,77	0,00020	0,00020	0,01	0,01
14/10/2015	0,21	1,41	0,00020	0,00040	0,01	0,01
05/04/2016		0,06		0,00020		0,01
11/10/2016	0,25	0,11	0,00020	0,00020	0,01	0,01
30/05/2017	0,2	0,13	0,00020	0,00020	0,03	0,02
13/03/2018	0,87	0,95	0,00020	0,00020	0,01	0,01

Tabelas dos resultados das águas superficiais de Alumínio, Mercúrio e Chumbo no Rio Sanhauá.

Data	<i>Alumínio ($mg\ L^{-1}$)</i>			
	P1	P2	P3	P4

07/11/2006	5,2	0	0	0
28/02/2007	0,5	1,55	0,5	1,34
13/06/2007	18,5	4,4	4,2	3,1
12/09/2007	0,38	2,2	0,36	0,32
05/12/2007	0,9	5,7	0,15	0,1
20/02/2008	0,1	0,3	0,1	0,1
28/06/2008	7,6	65	0	0,4
26/11/2008	0,13	14,6	0,46	
12/08/2009	0,21	0,37	7,475	0,46
02/12/2009	2,32	1,38	0,31	0,15
15/04/2010	0	7,6	0,1	0,1
22/07/2010	0,17	22	0,07	0,1
01/12/2010	0,2	21,1	0,4	0,3
23/03/2011	2,03	9,4	0,1005	0,0537
03/11/2011	0,08	0,4	0,05	0,07
12/04/2012	0,2	0,7	0,3	0,2
14/08/2012	0,2	26	0,8	0,2
19/03/2013	0,08	12,6	0,05	0,1
08/10/2013	0,42	0,92	0,48	0,05
09/04/2014	17,45	1,86	0,56	0,64
16/01/2014	0,15	0,78	0,54	0,58
14/04/2015	1,25	1,01	1,05	0,98
05/04/2016	<0,05	<0,05	<0,05	0,07
11/10/2016	1,02	0,98	1,184	0,07
30/05/2017	3,42	7,42	0,71	0,59
13/03/2018	1,12	20,69	2,57	1,46

Data	<i>Mercúrio ($mg L^{-1}$)</i>			
	P1	P2	P3	P4
03/11/2011	0,0002	0,0002	0,0002	0,0081
14/08/2012	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
19/03/2013	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
08/10/2013	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
09/04/2014	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
16/09/2014	0,0007	0,0007	0,0007	0,0007
14/04/2015	0,0002	0,0002	0,0005	0,0002
05/04/2016	0,0002	0,0002	0,0005	0,0002
11/10/2016	0,0002	0,0002	0,0005	0,0002
30/05/2017	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
13/03/2018	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002

Data	<i>Chumbo ($mg L^{-1}$)</i>			
	P1	P2	P3	P4
07/11/2006	0,5	0	0	0

28/02/2007	0,5	0,5	0,5	0,5
13/06/2007	0,01	0	0,01	0,01
12/09/2007	0,1	0,1	0,1	0,1
05/12/2007	0,5	0,5	0,5	0,5
20/02/2008	0,5	0,5	0,5	0,5
28/06/2008	0,5	0,5	0,5	0,5
26/11/2008	0,5	0,5	0,5	
12/08/2009	0	0	0	0
02/12/2009	0	0	0	0
15/04/2010	0	0	0,1	0,1
22/07/2010	0,1	0,09	0,05	0,08
01/12/2010	0,1	0,1	0,1	0,1
23/03/2011	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
03/11/2011	0,01	0,02	0,02	0,05
12/04/2012	0,06	0,07	0,07	0,07
14/08/2012	0,01	0,01	0,01	0,01
19/03/2013	0,01	0,01	0,01	0,01
08/10/2013	0,01	0,01	0,01	0,01
09/04/2014	0,01	0,01	0,01	0,01
16/09/2014	0,01	0,01	0,01	0,01
14/04/2015	0,01	0,01	0,01	0,01
05/04/2016	0,01	0,01	0,01	0,01
11/10/2016	0,01	0,01	0,01	0,01
30/05/2017	0,04	0,04	0,01	0,01
13/03/2018	0,01	0,01	0,01	0,01