



ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA NO PONTO DE CAPTAÇÃO DOS MANANCIAIS DE UMA CAPITAL AMAZÔNICA DURANTE O PERÍODO ATIVO DE UM LIXÃO SITUADO NO ENTORNO

Carlos Benedito Barreiros Gutierrez *
Hebe Morganne Campos Ribeiro **
Gundisalvo Piratoba Morales ***
Leonardo Sousa dos Santos ****
Dione Margarete Gomes Gutierrez *****

Universidade do Estado do Pará, Brasil
cbbg@ig.com.br

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Carlos Benedito Barreiros Gutierrez, Hebe Morganne Campos Ribeiro, Gundisalvo Piratoba Morales, Leonardo Sousa dos Santos y Dione Margarete Gomes Gutierrez (2016): "Análise da qualidade da água no ponto de captação dos mananciais de uma capital amazônica durante o período ativo de um lixão situado no entorno", Revista Caribeña de Ciencias Sociales (noviembre 2016). En línea: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/11/mananciais.html>

RESUMO

Os principais mananciais que abastecem a Região Metropolitana de Belém, Estado do Pará, são os lagos Bolonha e Água Preta, cujo volume de água é insuficiente para abastecer a população. Um sistema de bombeamento faz a captação de águas do rio Guamá para abastecer os mananciais através de adutora. O único ponto de captação está há 200 metros da foz do rio Aurá. Grande parte do lixo produzido pela população de Belém é depositado no lixão do Aurá, cujo chorume é lixiviado no rio Aurá. O objetivo deste estudo é analisar a qualidade da água no ponto de captação durante o período ativo do lixão do Aurá, desde sua instituição em 1991 até seu "pseudo encerramento" em 2015. Para atingir este objetivo, foi criado um banco de dados com análises de água no período inicial do lixão, 1991 a 1995, e 2010 a 2015, quando foi anunciado seu encerramento em 05/07/2015. Os parâmetros analisados foram: pH, cor, turbidez, matéria orgânica, cloretos, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, alcalinidade e dureza. Os resultados constataram que os comportamentos de alguns parâmetros analisados nos dois períodos apresentaram diferenças significativas, evidenciando que o efluente gerado pelo depósito do aterro sanitário pode ter causado esta mudança.

Palavras-chave: aterro aurá, captação guamá, parâmetros de água.

WATER QUALITY ANALYSIS IN THE PICKUP POINT OF THE SOURCES OF AN AMAZONIAN CAPITAL DURING THE ACTIVE PERIOD OF A LANDFILL SITUATED IN THE SURROUNDINGS

ABSTRACT

The main springs that supply the metropolitan region of Belém, State of Pará, are the Bolonha and Black Water lakes, whose water volume is insufficient to supply the population. A pumping system

captures Guama river's water to supply the springs through adductor. The only pickup point is 200 meters from the mouth of the Aura River. Much of the waste produced by the population of Belém is deposited in the landfill Aurá, which slurry is leached in the Aura River. The aim of this study is to analyze the water quality at the point of capture during the active period of the landfill Aurá since its inception in 1991 until its "pseudo closure" in 2015. To achieve this goal, a database was created with analysis of water in the initial period of the landfill, 1991-1995, and 2010-2015, when it was announced the dumpsite's closure in 07/05/2015. The parameters analyzed were: pH, color, turbidity, organic matter, chlorides, amonical nitrogen, nitrates, nitrites, alkalinity and hardness. Results reveled that the behavior of some parameters analyzed in both periods presented signicant differences, revealing that the effluent generated by the deposit of the landfill may have caused this change.

Keywords: aurá landfill , guama capture, water parameters.

1. INTRODUÇÃO

Os lagos Bolonha e Água Preta são os principais mananciais da Região Metropolitana de Belém (RMB), Estado do Pará. Segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), esses dois mananciais abastecem cerca de 60% da população da RMB (PARÁ, 2015). Conforme Oliveira *et al.* (2014) a cidade de Belém é abastecida por um complexo de rios e lagos dentre os quais estão o rio Guamá, Lago Bolonha e Lago Água Preta, sendo que os dois últimos estão localizados no Parque Estadual do Utinga (PEUt).

Para Luz e Rodrigues (2014) a década de 90 é marcada pela tomada de consciência para a preservação do meio ambiente e o surgimento da legislação ambiental, neste contexto foi criada a Área de Proteção Ambiental de Belém (APA - Belém) e o Parque Estadual do Utinga (PEUt) com a finalidade de proteção dos mananciais de abastecimento de água da RMB e preservação da biodiversidade local. O PEUt tem 1.393,088 hectares e foi criado a partir do Decreto Estadual nº 1.552, de 03 de maio de 1993 e está inserido na APA Belém (PARÁ, 2015).

Os lagos Bolonha e Água Preta são abastecidos pelas águas de microbacias hidrográficas que convergem para eles, mas o volume de água desses dois lagos é insuficiente para abastecer a RMB. Araújo Júnior *et al.* (2013) explicam que existe um sistema de bombeamento que faz a captação das águas do rio Guamá para abastecer os mananciais. Conforme Vasconcelos e Souza (2011) os lagos têm nascentes naturais, porém 90% da água desses lagos são captadas do rio Guamá, levadas para o Lago Água Preta através de uma adutora e posteriormente para o Lago Bolonha, onde é captada novamente para a estação de tratamento de água (ETA) da Companhia de Saneamento do Estado do Pará (COSANPA).

Segundo Bordalo *et al.* (2016) no Estado do Pará, a COSANPA é responsável pelos serviços de água em 41% dos municípios do estado, e em Belém ela está presente na maior parte dos distritos administrativos. A preocupação com a incapacidade dos mananciais de abastecer a Região Metropolitana de Belém é antiga e o Governo do Estado do Pará já vem tomando iniciativas há muitos anos para suprir essa insuficiência dos lagos. Segundo Araújo Júnior *et al.* (2013), em 1945 foi instalada uma bomba de recalque para captar água do rio Guamá e completar o abastecimento da RMB que o sistema de lagos do Utinga já não atendia na fase de estiagem.

Para Júnior (2014) é importante destacar que boa parte da população residente na RMB desconhece a proveniência da água consumida em seus domicílios, mesmo aquelas populações que moram as proximidades da APA. O abastecimento de água da maior parte da população de Belém é feito através dos mananciais que são reforçados por uma adutora que lhes fornece água do rio Guamá (MATTA *et al.*, 2000).

O ponto de captação da COSANPA é no rio Guamá, onde a água é captada e bombeada através de duto para o lago Água Preta, depois transferida para o lago Bolonha através de um canal de interligação para ser captada do lago Bolonha pela estação de tratamento de água (ETA), armazenada em reservatório e posteriormente fornecida para os consumidores através de dutos e

canalizações. A Figura 1 apresenta o caminho da água bruta desde a captação no rio Guamá até a ETA.



Figura 1: Caminho da água bruta desde a captação no rio Guamá até a ETA
Fonte: COSANPA(2010)

A COSANPA capta aproximadamente 7,3 metros cúbicos de água por segundo do rio Guamá. Este ponto de captação está a uma distância de 200 metros da foz do rio Aurá, afluente do rio Guamá. A Figura 2 apresenta a proximidade entre o ponto de Captação no rio Guamá e a foz do rio Aurá. Conforme pode ser observado na Figura 2, grande parte do lixo produzido pela população de Belém e Ananindeua ainda é depositado no Aterro do Aurá, estando situado nas proximidades do rio Aurá (DANTAS *et al.*, 2015).



Figura 2: Proximidade entre o ponto de Captação no rio Guamá e a foz do rio Aurá
Fonte: Adaptado do Google Earth pelo Autor

De acordo com Santo (2014) o aterro do Aurá localiza-se a 19 quilômetros do centro da cidade de Belém. O local todo abrange uma área de 120 hectares e o tamanho da área de aterro de resíduos do local é de cerca de 30 hectares. A Figura 3, apresenta o lixão do Aurá a céu aberto. O Aterro localiza-se dentro da APA de Belém, que também abrange o PEUT e diversas comunidades em seu entorno. Em 1991 foi estabelecido o aterro sanitário do Aurá e ao longo dos anos o aterro que deveria fazer o tratamento do lixo e dos seus resíduos tornou-se um depósito de lixo, conhecido como Lixão do Aurá (LISBOA, 2009).



Figura 3: Lixão do Aurá a céu aberto
Fonte: LISBOA (2009)

Segundo Dantas *et al.* (2015) apesar do plano do aterro sanitário do Aurá ter sido idealizado para atuar em conjunto com uma usina de incineração e uma usina de reciclagem e compostagem, ambas não foram habilitadas, fato que sobrecarregou o aterro, porquanto inicialmente receberia apenas cinzas e resíduos incinerados, mas passou a receber e continua recebendo resíduos sólidos, gerando riscos aos recursos ambientais da área e tornando-se um verdadeiro lixão a céu aberto.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), normatizada pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404/2010, instituiu diversas incumbências aos gestores públicos dentre elas a extinção de lixões a céu aberto (BRASIL, 2010). Tanto a PNRS quanto da Política Estadual do Meio Ambiente, Lei Estadual 5.887/1995, no artigo 70 dessa última, proíbe o lançamento de resíduos sólidos, coletados por sistemas de limpeza, públicos ou privados, nos corpos d'água e no solo a céu aberto (PARÁ, 1995). O aterro sanitário do Aurá que em cumprimento à PNRS deveria ter encerrado suas atividades no dia 05/07/2015, continua recebendo lixo regularmente, com exceção do lixo doméstico.

Segundo Cardoso *et al.* (2009), o sentido do fluxo do chorume, dos resíduos sólidos dispostos no aterro sanitário do Aurá compromete a qualidade da água do rio de mesmo nome. A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzam as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Na Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estão apresentados os limites aceitáveis de concentração para mais de 70 parâmetros de qualidade da água (BRASIL, 2005).

No que concerne aos parâmetros a serem analisados neste estudo, o Ph (Potencial Hidrogeniônico) é muito importante para determinar a tendência de incrustação do carbonato de cálcio e a corrosividade da água. Segundo Boavida (2016), o pH indica se uma solução é ácida, neutra ou alcalina (básica) numa escala que varia entre 0 e 14, sendo 0 muito ácido, 7 neutro e 14 muito alcalino.

Conforme Sousa (2015), a cor é um parâmetro de aspecto estético. Geralmente é um indicador da presença de metais, húmus, plâncton dentre outras substâncias dissolvidas na água. A cor é medida pela presença de substâncias na água, como íons metálicos, decomposição da matéria orgânica, pelas algas ou introdução de efluentes e despejos industriais (BRANDT, 2016).

Turbidez é uma das características física da água, decorrente da presença de substâncias em suspensão, ou seja, sólidos suspensos, divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos (ASMUS, 2014). A sua ocorrência encontra-se associada à presença de partículas de rocha, argila e silte, ou mesmo algas e outros microrganismos (VASCO, 2010). Efluentes industriais e domésticos também provocam elevações na turbidez das águas.

Para Pescador (2013) o nitrogênio é um elemento que pode aparecer de diversas formas no meio ambiente, sendo o esgoto sanitário, lançado na forma de nitrogênio orgânico um dos maiores contribuintes para o seu aumento. De acordo com Von Sperling (1996), quando existe alta concentração de nitrogênio em lagos, a resposta é um intenso florescimento de vida, aumentando o número de peixes e plantas. Mas isso rapidamente se transforma em uma espécie de câncer, pois as águas se turvam e algas se proliferam causando o processo de eutrofização. Por esses motivos, a concentração de nitrogênio é um importante parâmetro de classificação das águas (VASCO, 2010).

Chama-se nitrificação o processo de oxidação biológica sofrida pela amônia, que é convertida a nitrito por um grupo de bactérias nitrificadoras chamadas nitrossomonas e, posteriormente, a nitrato por outro grupo conhecido por nitrobacter (CHEIS, 2014). Pradela Filho *et al.* (2015) alertam que o nitrito é um poluente que merece atenção, uma vez que quantidades excessivas deste ânion em água representam alto risco à saúde humana.

Neste contexto, o nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio e é encontrada de forma natural na água e no solo em baixas concentrações (NOVICKI, 2016). Os nitratos são compostos nitrogenados e estão presentes na natureza com abundância. São encontrados no solo, na água e em plantas, sendo portanto distribuídos em alimentos de origem animal e vegetal (MACEDO, 2015).

O nitrito é uma substância química que dá origem ao nitrato (BELLUTA, 2016). Segundo a CETESB (2016), nitrito é uma substância química derivada do nitrogênio e é encontrado de forma natural na água e no solo em baixas concentrações, o limite máximo para que não cause dano à saúde é de 1,0mg/L.

O cloreto é uma medida da salinidade (teor em sal) nas águas. É utilizado como indicador de contaminação por efluente sanitário e em geral não participa significativamente dos ciclos biogeoquímicos, sendo considerado um elemento conservativo (BELLUTA, 2016). O cloreto é um dos sais que mais influenciam no processo de corrosão e seu efeito deve-se ao fato de este sal ser um eletrólito forte, ocasionando, portanto, o aumento de condutividade, que é fundamental no mecanismo eletroquímico de corrosão (DURANTE, 2015).

Fernandes (2015) esclarece que a dureza da água é a propriedade relacionada com a concentração de íons de determinados minerais dissolvidos nesta substância. Esse fenômeno se deve à presença de determinados cátions na água, principalmente os cátions de cálcio e magnésio, o que é ratificado por Novicki (2016) o qual informa que a dureza é uma característica das águas que está relacionada principalmente com os teores de cálcio e magnésio presentes.

Durante (2015) estudando reuso de efluentes em torres de resfriamento, elucida que a alcalinidade está relacionada com a presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos na água. Os bicarbonatos são geralmente os responsáveis pela alcalinidade em águas naturais.

Para Freitas (2016) a deposição de matéria orgânica, proveniente do depósito de lixo, lançamento de esgotos nas águas e o desmatamento das matas ciliares podem diminuir a concentração de oxigênio, prejudicando assim, o meio aquático. A matéria orgânica dissolvida na água, com o tempo, promoverá maior depleção do oxigênio dissolvido pela atividade microbiana (BELLUTA, 2016).

Para Filho (2008) a partir dos dados de água analisados, em seus estudos, é possível afirmar que o rio Aurá sofre influência do Lixão do Aurá.

De acordo com o CONAMA 357/2005 a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas (BRASIL, 2005). Para Kruss (2016) a poluição do meio ambiente tem sido uma das maiores preocupações atuais, sendo uma das consequências o comprometimento da qualidade da água dos rios, o que interfere diretamente na qualidade de vida da população, pois essa água é utilizada para abastecer o consumo dos indivíduos.

O presente estudo teve como objetivo analisar a qualidade da água no ponto de captação no rio Guamá durante o período ativo do lixão do Aurá, ou seja, desde sua instituição em 1991 até seu “pseudo encerramento” em 2015.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O ponto de captação (Captação Guamá) de onde a COSANPA retira água bruta, através de bombeamento, para abastecer os mananciais da RMB está localizado nas coordenadas geográficas 01°27'18.5"S e 48°24'05.5"W, à margem do rio Guamá, município de Belém, capital do Estado do Pará, localizado na região norte do Brasil, cuja altitude média é de 4 metros em relação ao nível do mar (CODEM, 2016).

Belém, capital do Estado do Pará, foi fundada em 12 de janeiro de 1616, tem população estimada de 1.439.561 habitantes, com densidade demográfica de 1.315,26 hab/km², ocupando área territorial de 1.059,458 km² e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 0,746 (IBGE, 2016). A Figura 4 apresenta a localização da área de estudo.



Figura 4. Área de Estudo.
Fonte: Autores (2016)

2.2 Pesquisa

Para atingir o objetivo deste estudo solicitou-se, através de requerimento, à COSANPA, concessionária que gerencia o desenvolvimento dos sistemas de água e esgoto na RMB, o acesso a todas às análises de água feitas pela própria instituição para o período proposto pela pesquisa. A COSANPA tem laboratório próprio para análise da qualidade da água e temporariamente contrata os serviços de outros laboratórios para realizar análises de parâmetros de qualidade. O requerimento submetido à concessionária também solicitou o acompanhamento junto da equipe de coleta de água no ponto de captação Guamá, objetivando registrar e georreferenciar o local da coleta.

2.3 Coleta de Dados

As análises de qualidade de água são mantidas pela COSANPA em documentos arquivados em uma sala destinada para este fim. Para este estudo foram selecionadas apenas as análises de 1991 a 1995, ou seja, os cinco primeiros anos da ativação do lixão do Aurá e dos últimos cinco anos, período de 2010 a 2015, quando foi anunciado o encerramento do lixão em 05/07/2015.

A COSANPA faz análises da água em outros pontos de interesse da instituição, mas neste estudo somente o ponto de captação Guamá foi considerado. Os dados das análises foram coletados na COSANPA no período de junho de 2015 a fevereiro de 2016.

2.4 Análise dos Dados

Os dados e informações obtidos na COSANPA foram organizados em banco de dados construído em formato XLSX, utilizando o software Microsoft Excel 2010. Esse banco de dados foi desenvolvido para facilitar as inserções, consultas e filtragens dos dados e posteriormente para geração de gráficos.

A qualidade da água foi analisada a partir da determinação dos seguintes parâmetros físico-químicos: pH, cor, turbidez, matéria orgânica, cloretos, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos e

alcalinidade. Esses parâmetros foram escolhidos por serem os parâmetros comuns analisados nos dois períodos estudados. Os resultados dos parâmetros de água foram avaliados individualmente, calculando-se os valores médios, mínimos e máximos de cada parâmetro no primeiro e no segundo período. Analisou-se o comportamento da dinâmica dos valores de cada parâmetro de água, nos períodos estudados, comparando-se esses valores com os limites estabelecidos para águas doces de classe 2, considerando a classificação das águas nas resoluções CONAMA 20/1986 e CONAMA 357/2005, respectivamente, para os períodos de 1991 a 1995 e 2010 a 2015.

2.5 Análise Estatística

Foram feitas análises estatísticas utilizando-se o *software* BioEstat 5.3, o qual recebeu dados exportados da planilha Excel com valores dos parâmetros de qualidade de água com as médias de cada parâmetro para cada ano do primeiro e do segundo período de estudo. Para atingir essa análise estatística foi feito o teste-t pareado entre os pares de dados de cada parâmetro, buscando-se verificar se há diferenças estatisticamente significativas entre os valores das análises de água do primeiro período confrontados com os valores das análises de água do segundo período. Foram considerados como estatisticamente significantes valores com $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a compilação dos dados coletados foram feitas as análises individualizadas dos valores médios, mínimos e máximos de cada um dos parâmetros físico-químicos, nos dois períodos estudados, 1991 a 1995 e meados de 2010 a meados de 2015.

No primeiro período foram feitas 47 análises, sendo 10 em 1991, 13 em 1992, 08 em 1993, 09 em 1994 e 07 em 1995, já o segundo período totalizou 24 análises assim distribuídas: 02 em 2010, 05 em 2011, 06 em 2012, 04 em 2013, 04 em 2014 e 03 até julho de 2015.

3.1 Análise do pH

Uma característica geral do pH médio nesses dois períodos foi a acidez da água. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 1, a qual mostra os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro pH nos dois períodos de estudo. Conforme observa-se na Tabela 1, no primeiro período (1991 a 1995) o parâmetro pH apresentou valores mais ácidos, variando de 5.3 a 6.6, já no segundo período (2010 a 2015) a variação ocorreu entre 6.3 e 7.3, conforme Tabela 1.

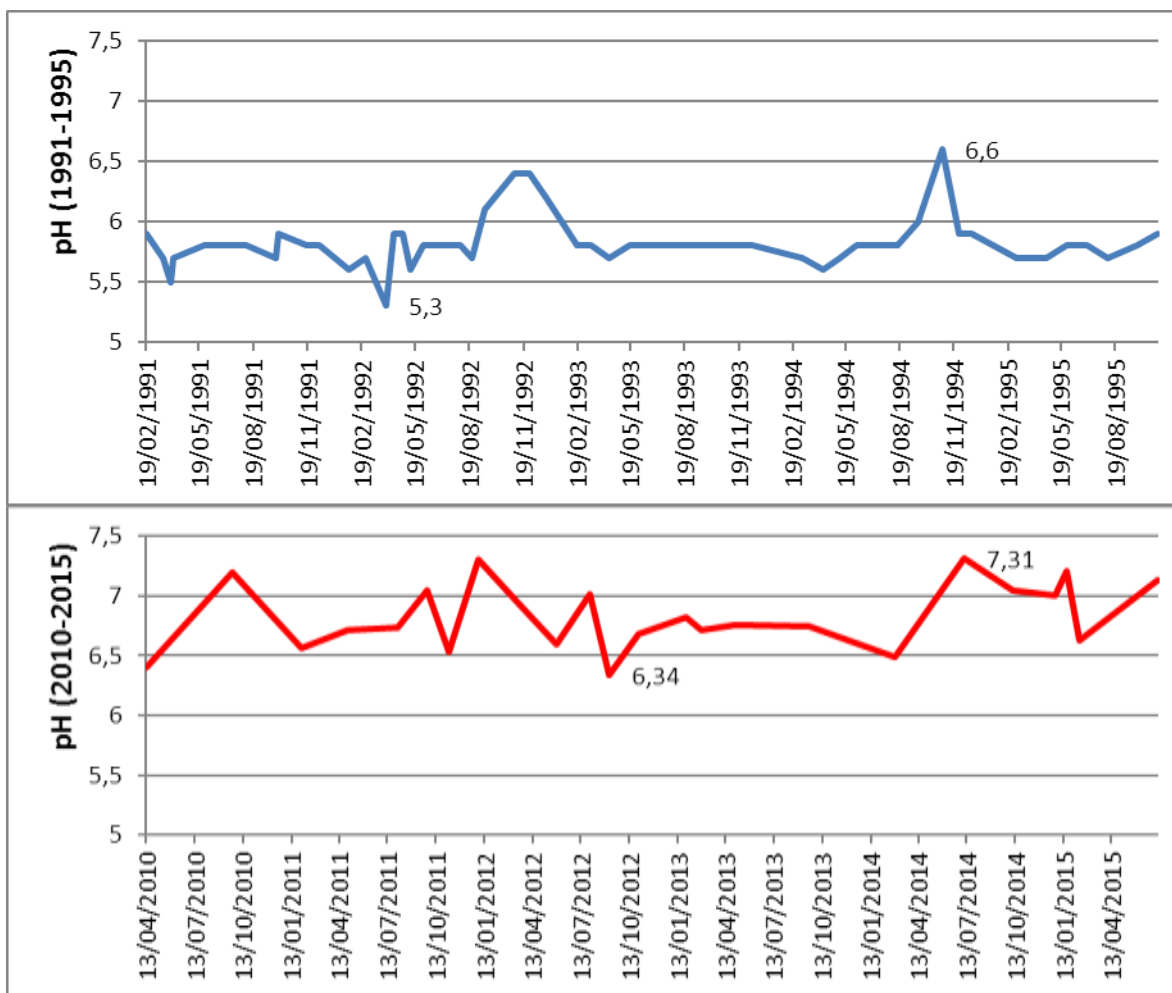
Tabela 1: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro pH nos dois períodos de estudo

pH	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	5.823	5.300	6.600
2010 A 2015	6.829	6.340	7.310

Fonte: Autores

De acordo com o Gráfico 1, o qual apresenta o comportamento do parâmetro pH nos dois períodos de estudo, observa-se que 42 amostras, correspondente a 59% do total, apresentaram pH inferior a 6, estando, portanto, em desacordo com o recomendado pelo CONAMA, que estabelece o intervalo de 6 a 9 como padrão de qualidade. Ao analisar os valores para pH inferior a 7, essa porcentagem sobe para 89% das amostras, ou seja, 63 análises, considerando os dois períodos, constatando-se a predominância do teor ácido nas águas do rio Guamá.

Gráfico 1: Comportamento do parâmetro pH nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

No primeiro período (1991 a 1995), das 47 análises feitas, 42 estavam abaixo do limite inferior estabelecido (6 a 9) pelo CONAMA 20/1986, enquanto que no segundo período (2010 a 2015) os valores analisados, em sua totalidade, permaneceram dentro dos padrões estabelecidos (6 a 9) pelo CONAMA 357/2005, sendo que, em 8 das 24 análises os valores estavam acima de 7, com leve teor de alcalinidade.

Morais *et al.* (2016) estudaram a ocorrência de *Acanthoceras Zachariasii* para as regiões hidrográficas do Tocantins-Araguaia e Amazônica, e para atingir esse objetivo analisaram o pH das bacias Amazônicas e Tocantins-Araguaia, determinando valores variando de 6.3 a 8.0 para bacia do Tocantins-Araguaia.

Damasceno *et al.* (2015) em seus estudos avaliaram as condições físico-químicas e bacteriológicas de água do rio Amazonas na orla de Macapá, Estado do Amapá, no período de 2013 a 2014 e também encontrou pH dentro da faixa de valores preconizados pela resolução.

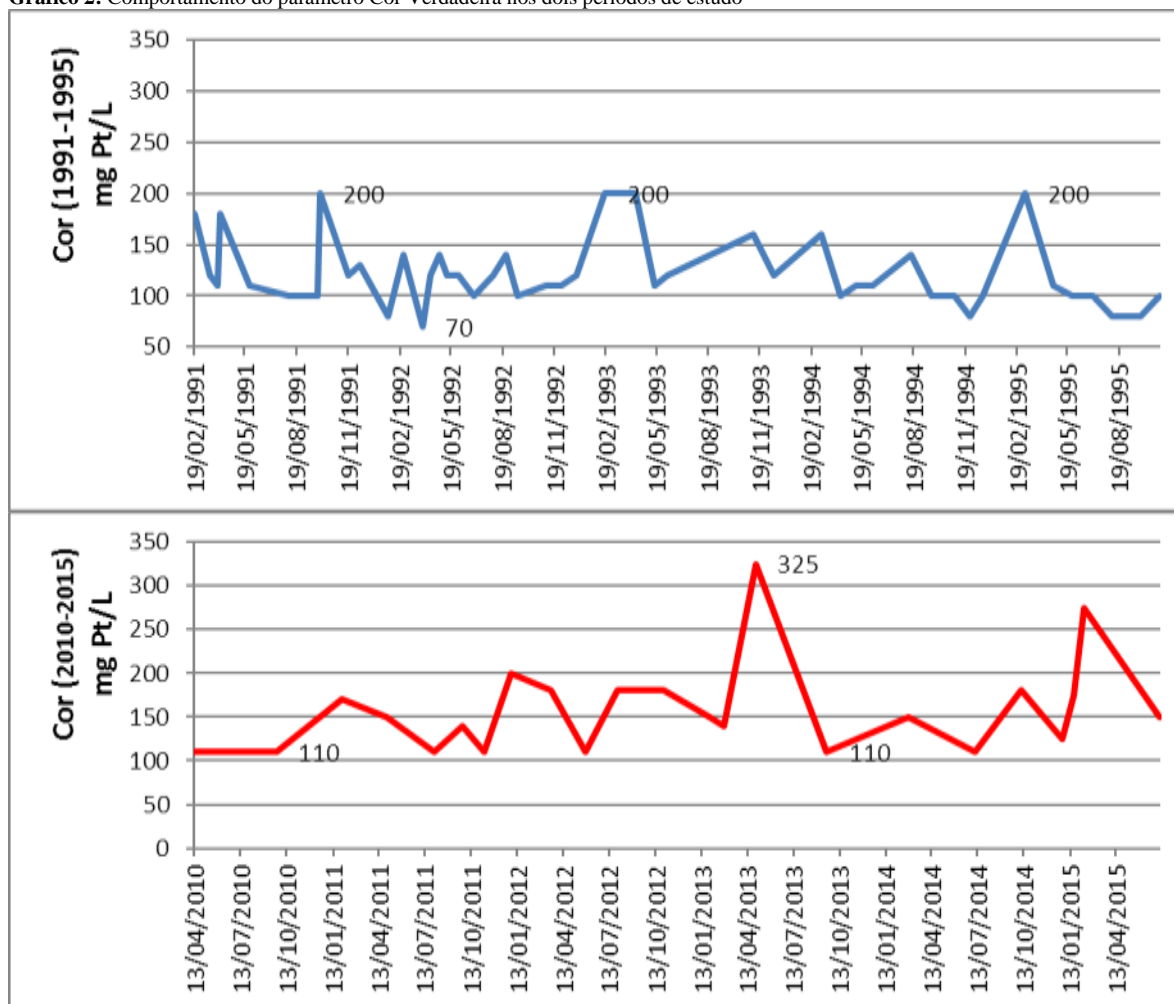
As águas da região amazônica se caracterizam por ter pH na faixa ácida fora do limite de aceitação legal, sendo as características climáticas, geológicas e geoquímicas a sua causa. As elevadas taxas pluviométricas e elevadas temperaturas são fatores físicos que causaram a lixiviação de elementos alcalinos responsáveis pelas características básicas e transporte de elementos como ferro, alumínio, manganês e sílicos que são responsáveis pelas características ácidas dos solos da Amazônia.

O fato da característica do pH ter dois comportamentos claramente definidos, no período que iniciaram (1991 a 1995) as atividades do aterro do Aurá e outro período do encerramento (2010 a 2015) do lixão evidenciam que o efluente gerado pelo depósito do aterro sanitário podem ter causado esta mudança. A degradação dos resíduos sólidos acontece em meio redutor, consome os cátions H^+ , gerando OH^- que seria o responsável pelo aumento de pH na água captada na proximidade da foz do rio Aurá.

3.2 Análise da Cor Verdadeira

Tanto a cor quanto a turbidez são parâmetros influenciados por fatores naturais como matéria orgânica oriunda da degradação de matéria de origem vegetal constantemente despejada no corpo hídrico, da presença de metais e de outras substâncias dissolvidas na água. A cor verdadeira se refere à determinação de cor em amostras sem turbidez. O padrão de qualidade para este parâmetro é de 75 mg Pt/L para os dois períodos. O Gráfico 2, apresenta o comportamento do parâmetro Cor Verdadeira nos dois períodos de estudo.

Gráfico 2: Comportamento do parâmetro Cor Verdadeira nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

Conforme Gráfico 2, o parâmetro Cor Verdadeira, nos dois períodos apresentaram análises com valores muito acima do limite normativo, ressaltando-se que no segundo período não houve uma só amostra com valor dentro do padrão de qualidade estabelecido pela resolução do CONAMA 357/2005. As médias das análises foram sempre acima de 75 mg Pt/L conforme exposto na Tabela 2, a qual apresenta os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro cor nos dois períodos de estudo.

A Tabela 2 mostra que nos dois períodos as análises registraram valores muito acima do limite normativo, ressaltando-se que no segundo período (2010 a 2015) não houve uma só amostra com valor dentro do padrão de qualidade estabelecido pela resolução do CONAMA 357/2005. As médias das análises foram sempre acima de 75 mg Pt/L conforme exposto na Tabela 03.

Tabela 2: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Cor nos dois períodos de estudo

Cor	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	123.830	70.000	200.000
2010 A 2015	159.167	110.000	325.000

Fonte: Autores

Observa-se que o Gráfico 2 exibe valores das análises acima do limite estabelecido, sendo que das 71 amostras nos dois períodos de estudo, apenas uma única análise estava dentro da normalidade, com valor de 70 mg Pt/L, mais especificamente em 31/03/1992. Vasconcelos e Souza (2011) analisaram a qualidade das águas dos lagos Bolonha, Água Preta e rio Guamá, e concluíram que o valor máximo de cor registrado foi de 111.63 mg Pt/L em janeiro de 2009 e o valor mínimo foi 32,50 mg Pt/L em janeiro de 2007.

O ponto de captação de água bruta do rio Guamá está a 200 metros da foz do rio Aurá. A cor do lixiviado gerado no depósito de resíduos sólidos do Aurá apresenta elevados valores de cor, e este pode estar causando os altos valores observados, principalmente no segundo período analisado onde os valores foram muito acima do padrão, ressaltando-se que a cor já estava acima do limite de aceitação no primeiro período analisado. Os resultados indicam que a fonte provável da alteração deste parâmetro pode ter a sua origem no lixiviado chorume produzido pelo lixão do Aurá e em substâncias orgânicas dissolvidas, oriundas da vegetação especialmente taninos e pigmentos vegetais de origem natural.

3.3 Análise da Turbidez

Turbidez é um parâmetro físico determinado basicamente pela presença de material particulado em suspensão, especialmente o material argiloso e silteoso, sendo bastante perceptível, pois se traduz na redução da transparência da água. Ela indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. O valor limite adotado como requisito normativo para esse parâmetro é de 100 UNT nos dois períodos. A

A Tabela 3 mostra que nos dois períodos as análises apresentaram valores abaixo do limite de aceitação, com médias aproximadas de 52 e 60 UNT para o primeiro e segundo período de estudo, respectivamente, e valores mínimos e máximos variando de 20 a 140 UNT e 19.63 a 131 UNT no primeiro e segundo período. Andrietti *et al.* (2016) determinaram a qualidade da água superficial do rio Caiabi, MT por meio do índice de qualidade de água (IQA) e índice de estado trófico (IET), no período de chuva e seca, encontrando valores médios de turbidez de 11.36 e 6.26 UNT para os períodos de estudo.

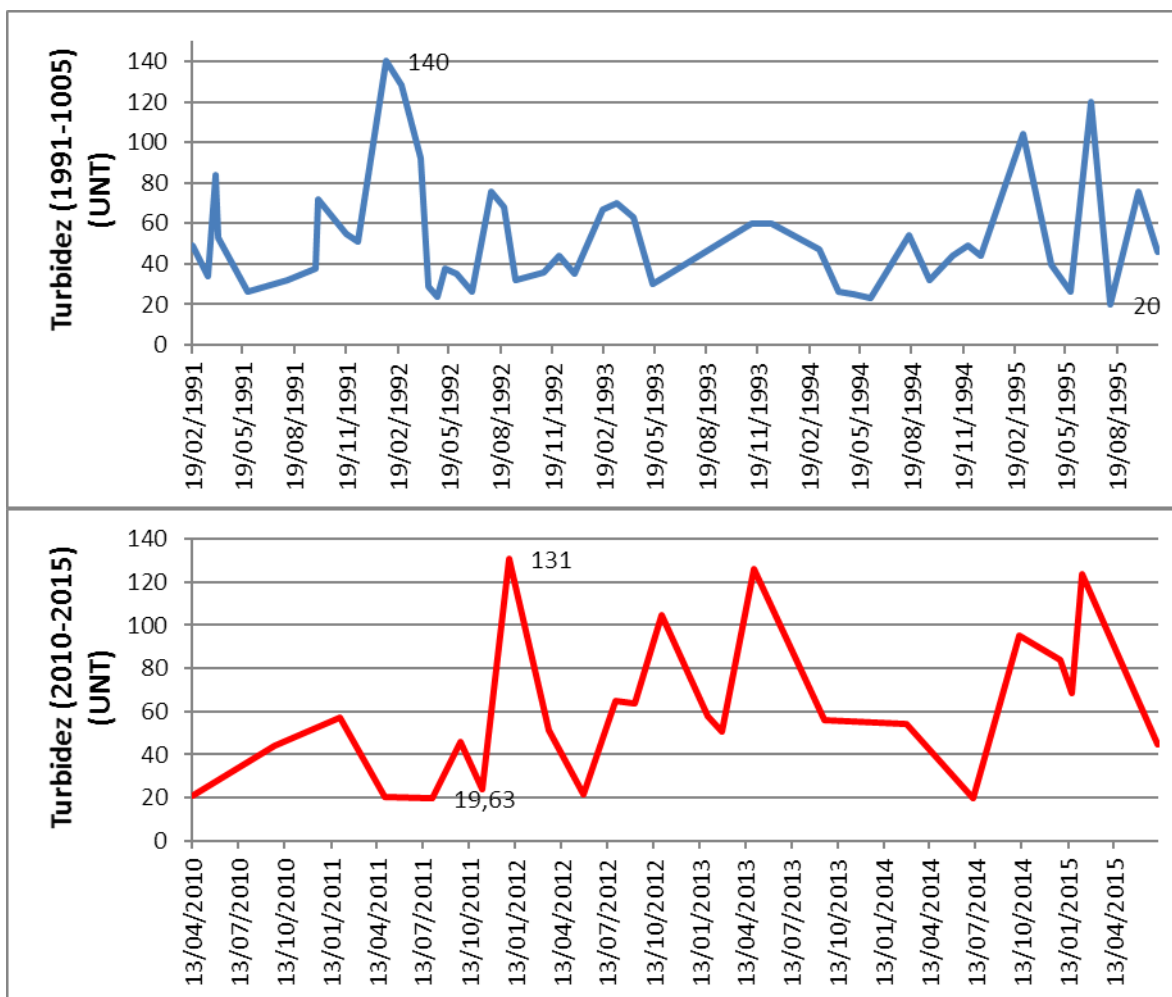
Tabela 3: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Turbidez nos dois períodos de estudo

Turbidez	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	52.268	20.000	140.000
2010 A 2015	60.425	19.630	131.000

Fonte: Autores

O Gráfico 2, apresenta o comportamento do parâmetro Turbidez nos dois períodos de estudo.

Gráfico 3: Comportamento do parâmetro Turbidez nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

De acordo com o Gráfico 3, a maioria das análises estava dentro da normalidade do regulamento do CONAMA, sendo que apenas 8 das amostras ultrapassaram 100 UNT, 4 no primeiro e 4 no segundo período de estudo.

Percebe-se que foram poucas as análises em que o aumento da turbidez extrapolou o limite padrão de qualidade, com valores de picos nos meses em que a chuva da região metropolitana de Belém se intensifica.

Os valores da turbidez do lixiviado gerado no depósito de resíduos sólidos são elevados e intensificam os índices de diluição. Aparentemente o valor deste parâmetro pode ter sido alterado pela geração de chorume, o que explicaria o maior valor do mesmo no segundo período. Alguns fatores além da geração de efluentes da área de destinação do resíduo sólido devem ser avaliados tais como a ocupação das margens do entorno e da bacia.

3.4 Análise da Matéria Orgânica

A presença de matéria orgânica nas águas do ponto de captação pode ter várias fontes, podendo ser resultante de plantas que morrem e sedimentam o rio Guamá, assim como pode ser devido ao depósito de efluentes do lixão do Aurá que são transportados pelo rio Aurá até sua foz, próximo ao ponto de captação.

O excesso de matéria orgânica pode causar a eutrofização. Nesse contexto, seu excesso é prejudicial para qualidade da água influenciando na cor, turbidez, odor, consumo do oxigênio dissolvido e outros parâmetros, consequentemente provocando desequilíbrio no ambiente.

A Tabela 4 apresenta os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro matéria orgânica nos dois períodos de estudo.

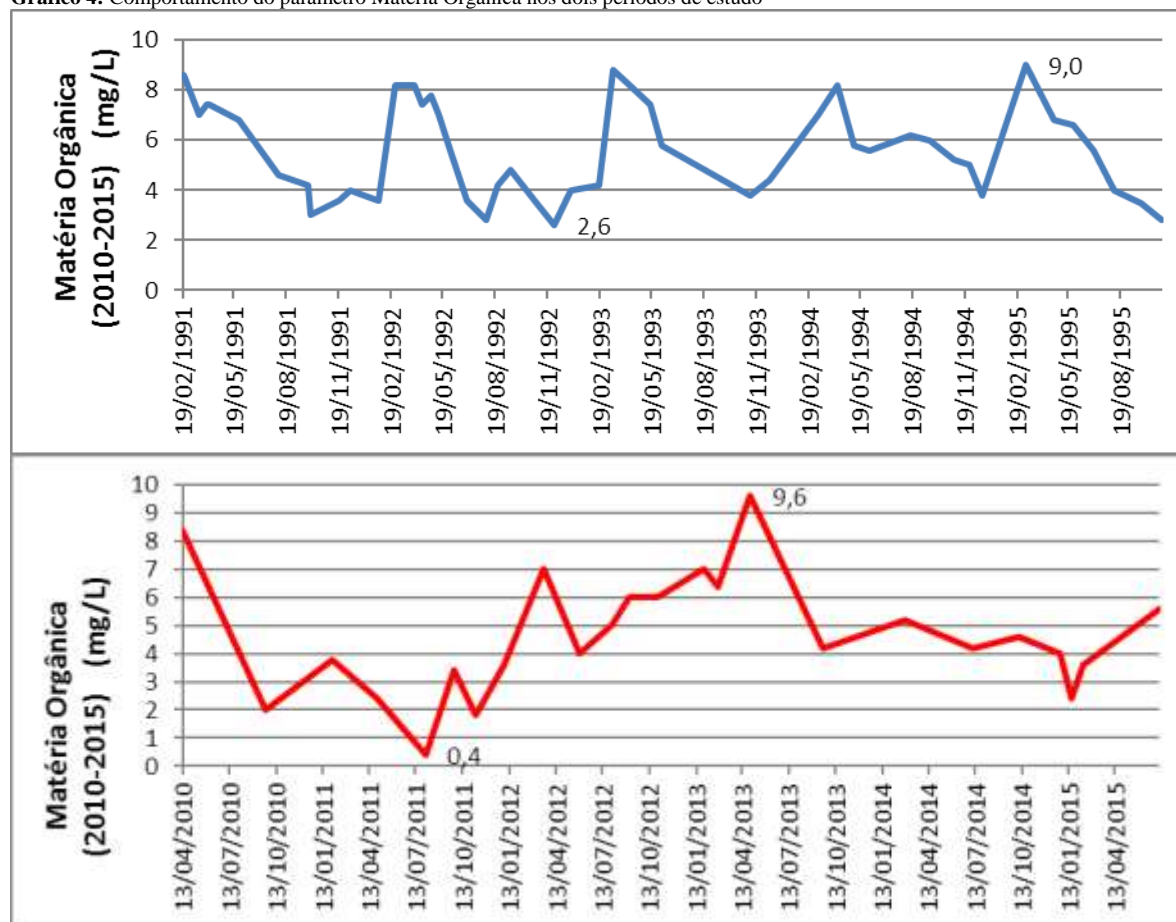
Tabela 4: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Matéria Orgânica nos dois períodos de estudo

Matéria Orgânica	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	5.606	2.600	9.000
2010 A 2015	4.608	0.400	9.600

Fonte: Autores

De acordo com a Tabela 4, os valores analisados nos dois períodos tiveram comportamentos similares, sendo respectivamente para o primeiro e segundo período, médias aproximadas de 5.61 e 4.61 mg/L, mínimos de 2.6 e 0.4 mg/L e máximos de 9.0 e 9.6 mg/L. Essa similaridade pode ser também constatada observando-se o Gráfico 4 que apresenta o comportamento do parâmetro matéria orgânica nos dois períodos de estudo.

Gráfico 4: Comportamento do parâmetro Matéria Orgânica nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

Correlacionando os valores encontrados neste estudo com os encontrados nos estudos de Santos *et al.* (2012), que investigaram a distribuição dos teores de chumbo em sedimentos de fundo das margens do rio Guamá, as amostras coletadas nas margens direita do rio Guamá apresentaram média de 9.3 mg/L, mínimo de 5.0 mg/L e máximo de 12.0 mg/L, já os valores

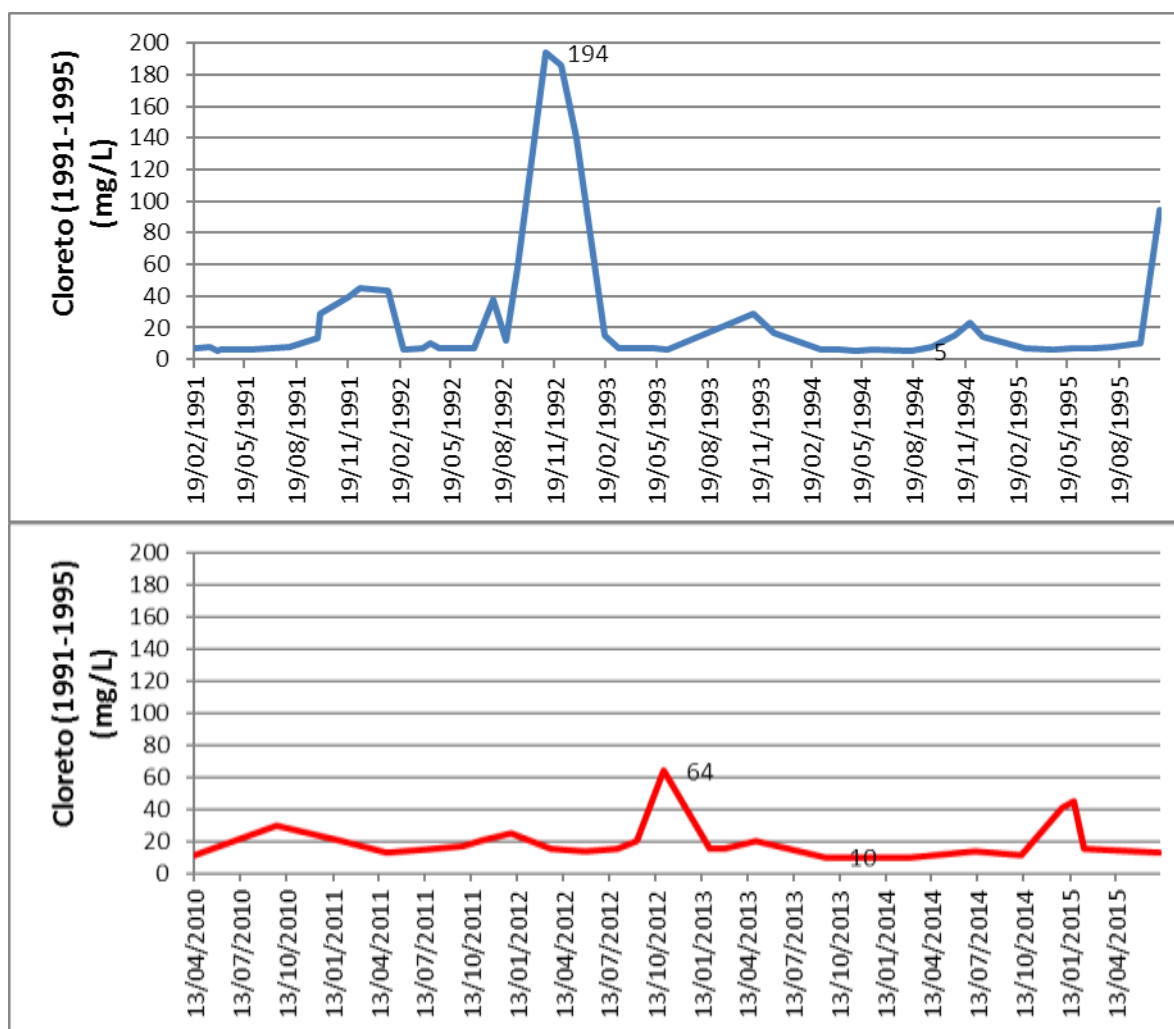
encontrados para margem esquerda foram média de 8.2 mg/L, mínimo de 6.0 mg/L e máximo de 14.0 mg/L, portanto concluindo-se que os valores foram equiparados em ambos estudos.

A presença de matéria orgânica na água captada que é transportada por adução para os mananciais pode afetar os valores de vários parâmetros de qualidade de água, o que sugere o monitoramento desses que possivelmente poderão provocar eutrofização nos mananciais que abastecem a Região Metropolitana de Belém.

3.5 Análise dos Cloretos

Os cloretos encontrados em águas brancas, como é o caso do rio Guamá, geralmente apresentam níveis baixos. O Cloreto quando em altas concentrações, confere sabor salgado a água, sendo sua origem possivelmente consequente da intrusão de águas do mar, de esgotos domésticos ou de descargas de efluentes. O Gráfico 5 que apresenta o comportamento do parâmetro Cloretos nos dois períodos de estudo.

O Gráfico 5: Comportamento do parâmetro Cloretos nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

Para o CONAMA, o padrão de qualidade é de 250 mg/L, para os dois períodos. De acordo com o Gráfico 5, no primeiro período o parâmetro teve comportamento instável, com piques atingindo o valor máximo de 194 mg/L no mês de novembro de 1992, e com valor mínimo de 5

mg/L em outras análises. No segundo período o comportamento foi mais estável, variando de 10 a 64 mg/L. Todos os valores das 71 análises, estavam dentro do padrão de qualidade.

A Tabela 5 apresenta os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro Cloretos nos dois períodos de estudo. De acordo com a Tabela 5, os valores analisados nos dois períodos registraram médias aproximadas de 25.61, no primeiro período e 20.38 mg/L, no segundo período, com mínimos de 5.0 e 10.0 mg/L e máximos de 194.0 e 64.0 mg/L, no primeiro e segundo período, respectivamente.

Tabela 5: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Cloretos nos dois períodos de estudo

Cloretos	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	25.606	5.000	194.000
2010 A 2015	20.375	10.000	64.000

Fonte: Autores

Confrontando os valores analisados neste estudo com os valores encontrados por Santos *et al.* (2013) que visaram avaliar a distribuição de parâmetros abióticos em amostras de água superficiais no lago Água Preta, em períodos sazonais da região, os autores constataram análises de cloreto variando de 40.8 a 136.2 mg/L, cujos resultados também mostraram-se dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA.

Outro estudo correlato foi o de Hoshino *et al.* (2015) que monitoraram, de 2008 a 2009, as águas do rio Caeté no município de Bragança-PA, as quais recebem descarga de efluentes de uma indústria pesqueira, determinando valores de cloretos variando de 208.748 a 6330.51 mg/L. Ressalta-se que este último estudo foi feito em uma região que além de receber efluentes industriais é influenciada também por águas do mar, o que explica as disparidades de valores encontrados nos estudos.

Pode-se inferir que este parâmetro não foi sensibilizado pelo depósito do lixo do Aurá, pois seus valores estavam dentro da normalidade estabelecida pelo CONAMA, os quais também são indicativos que revelam o baixo potencial de carreamento de resíduos do oceano em direção ao ponto de captação no rio Guamá.

3.6 Análise do Nitrogênio Amoniacal

Para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal o CONAMA 20/1986 estabelecia como limite de aceitação, para o primeiro período (1991 a 1995), o valor de 1 mg/L, já para o segundo período (2010 a 2015), o estabelecido é de 3.7 mg/L para pH menor que 7.5, ressaltando-se que nos dois períodos deste estudo o pH sempre esteve abaixo desse último valor.

Na Tabela 6, que apresenta os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro Nitrogênio Amoniacal nos dois períodos de estudo, verifica-se que os valores das análises de Nitrogênio Amoniacal, nos dois períodos, não ultrapassaram o valor limite de qualidade regulamentado pelo CONAMA, registrando valores máximos de 0.35 e 0.85 mg/L para o primeiro e segundo período, respectivamente.

Tabela 6: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Nitrogênio Amoniacal nos dois períodos de estudo

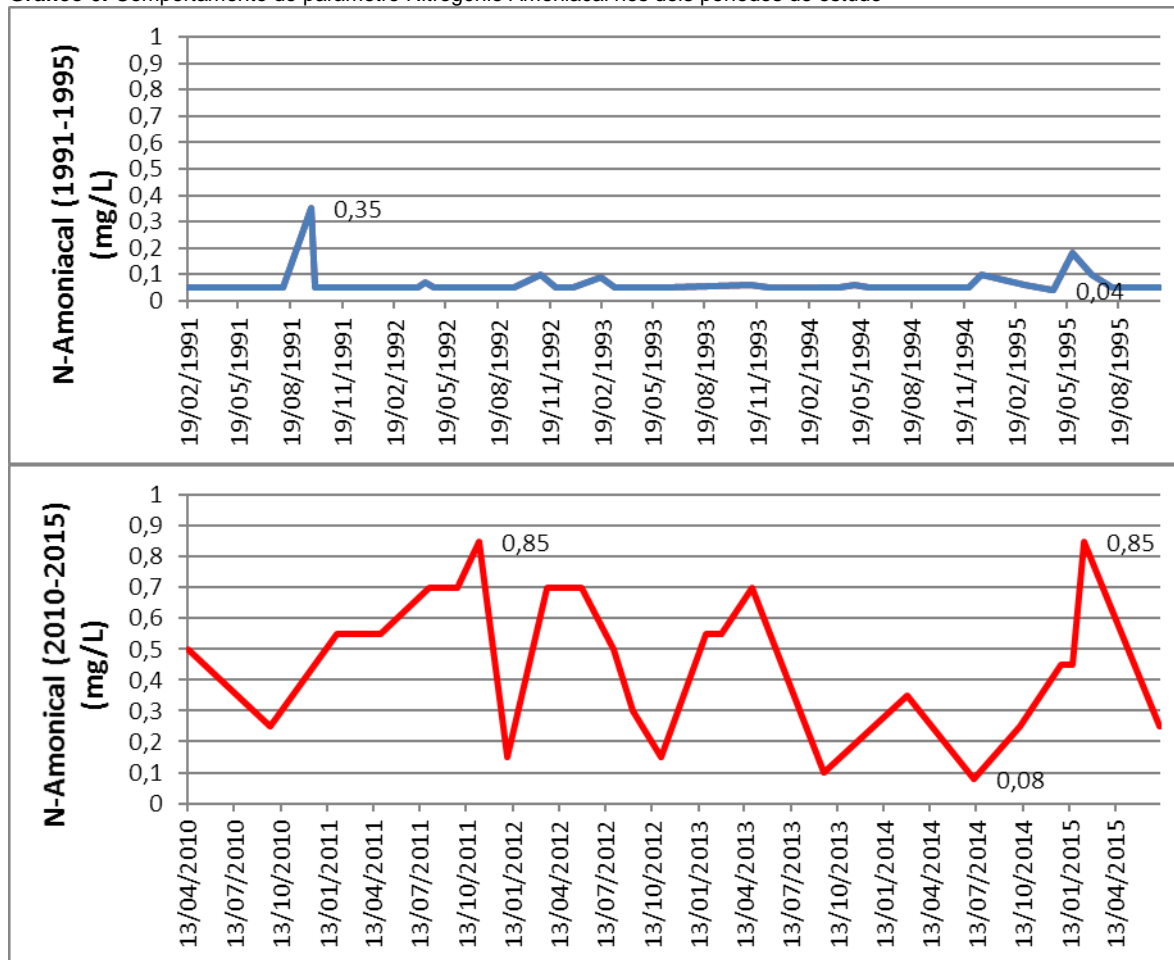
Nitrogênio Amoniacal	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	0.064	0.040	0.350
2010 A 2015	0.466	0.080	0.850

Fonte: Autores

De Souza *et al.* (2016) investigaram o impacto das atividades antropogênicas da cidade de Belém-PA pela comparação da qualidade da água e das comunidades de larvas de peixes em dois igarapés que desembocam no rio Guamá, encontrando valor médio de 0.1 mg/L para o Nitrogênio Amoniacal, concluindo que as concentrações de nitrogênio estão dentro do intervalo dos observados em outras grandes cidades brasileiras que sofrem contaminação por resíduos domésticos.

O Gráfico 6 apresenta o comportamento do parâmetro nitrogênio amoniacal nos dois períodos de estudo.

Gráfico 6: Comportamento do parâmetro Nitrogênio Amoniacal nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

Dos valores analisados, nos dois períodos, todos estavam dentro do padrão de qualidade. Analisado os valores apresentados no Gráfico 6, observa-se que no segundo período os valores tiveram maior oscilação, enquanto que no primeiro período os valores tiveram comportamento aproximado de uma constante.

A constatação da presença de Nitrogênio Amoniacal na captação Guamá serve como indicador do lançamento de esgotos de elevada carga orgânica, e possivelmente está associado aos efluentes gerados pelo aterro sanitário do Aurá, o qual polui o rio de mesmo nome com nitrogênio na forma de amônia, desaguando no rio Guamá, há 200 metros da captação.

3.7 Análise dos Nitratos

Se o nitrogênio amoniacal está presente no meio hídrico, em condições aeróbias ocorre a oxidação da amônia transformando-se em nitrito, e a oxidação deste último resulta no nitrato. O limite de aceitação para o parâmetro Nitratos é de 10 mg/L para os dois períodos estudados. Todos os valores, nos dois períodos, estavam em níveis normais.

A Tabela 7, apresenta os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro Nitratos nos dois períodos de estudo.

Tabela 05: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Nitratos nos dois períodos de estudo

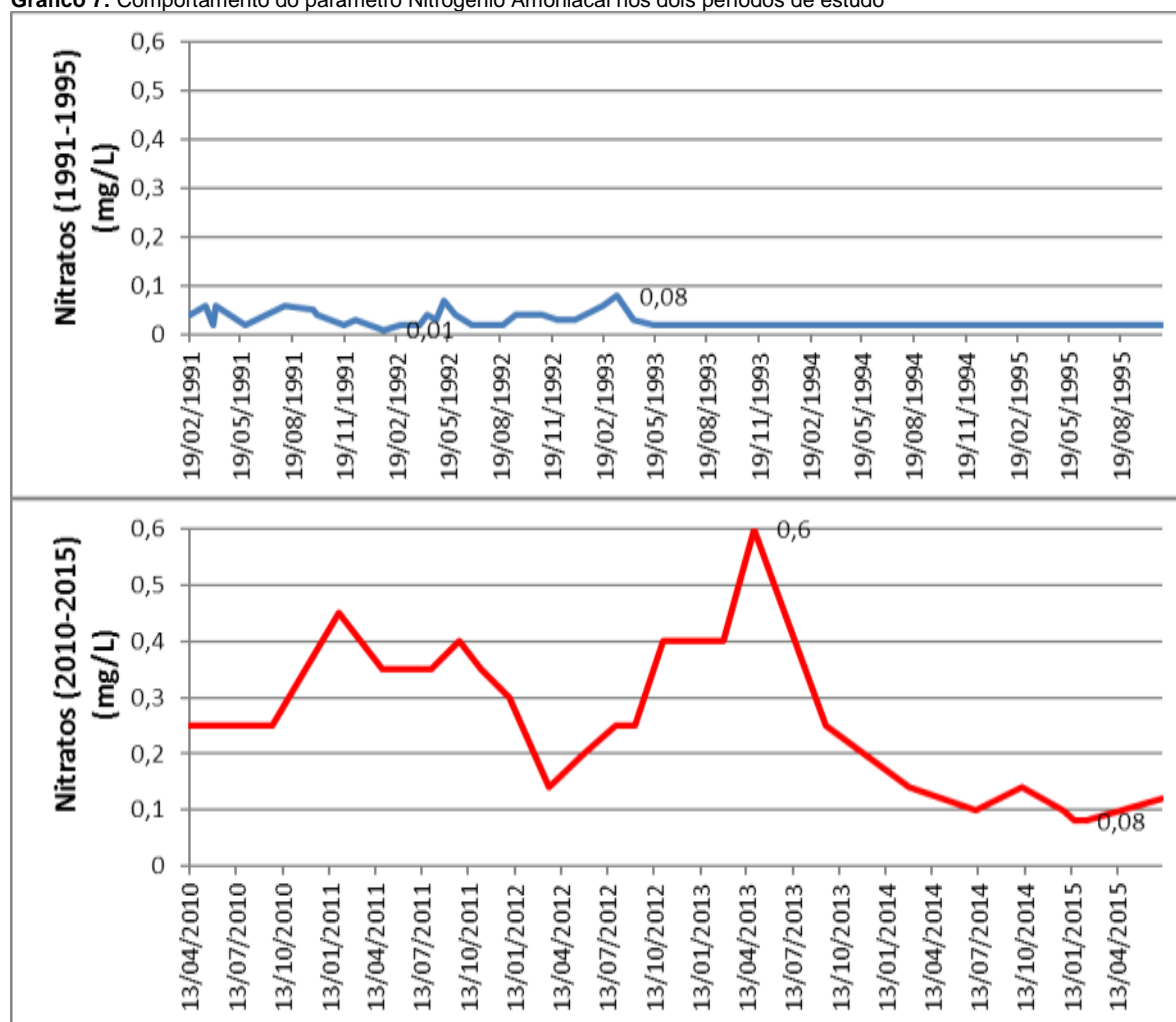
Nitratos	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	0.030	0.010	0.080
2010 A 2015	0.265	0.080	0.600

Fonte: Autores

Conforme Tabela 7 os valores máximos analisados foram 0.08 mg/L para o primeiro e 0.60 mg/L para segundo período, bem abaixo do limite de qualidade. Andrietti *et al.* (2016) em suas análises de IQA e IET, no rio Caiabi-MT, encontraram valores mínimos de 0.24 mg/L e máximos de 0.88 mg/L, também dentro da normalidade, segundo o CONAMA, já Damasceno *et al.* (2015), encontraram concentração de nitrato de 3.17 mg/L no período menos chuvoso, em Macapá-AP, constatando valores dentro do padrão de qualidade em rios amazônicos.

O Gráfico 7 apresenta o comportamento do parâmetro nitrogênio amoniacal nos dois períodos de estudo.

Gráfico 7: Comportamento do parâmetro Nitrogênio Amoniacal nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

De acordo com o Gráfico 7, os valores analisados nos dois períodos estão dentro do padrão de qualidade, ou seja, todos abaixo de 10 mg/L. No segundo período as análises apresentaram valores acima do valor máximo (0.08 mg/L) analisado no primeiro período, mas ainda dentro do limite de qualidade de água estabelecido pelo CONAMA.

3.8 Análise dos Nitritos

O Nitrito tem limite máximo de aceitação no CONAMA de 1 mg/L para os dois períodos estudados. Nas análises deste estudo os valores também estavam dentro do limite estabelecido.

A Tabela 8 apresenta os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro Nitritos nos dois períodos de estudo.

Tabela 8: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Nitritos nos dois períodos de estudo

Nitritos	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	0.002	0.001	0.004
2010 A 2015	0.002	0.001	0.004

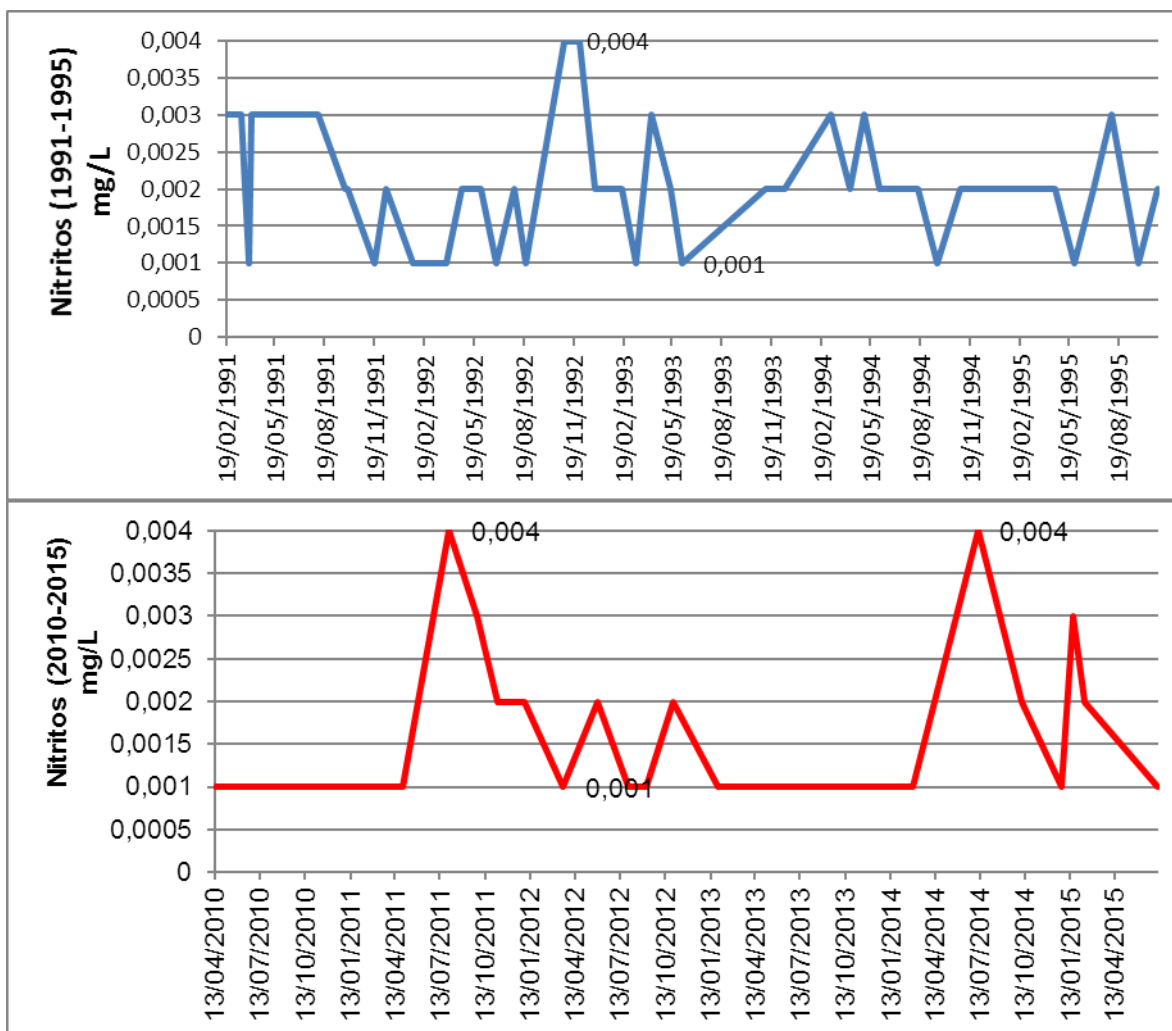
Fonte: Autores

De acordo com a Tabela 8, os valores de médias, mínimos e máximos coincidiram nos dois períodos, ou seja, médias (0.002 mg/L), mínimos (0.001 mg/L) e máximos (0.004 mg/L).

Andrietti *et al.* (2016) em suas análises de IQA e IET, no rio Caiabi-MT, identificaram em período de chuva o valor médio de 2.6 mg/L, e em período de seca de 2.1 mg/L, fora da normalidade, segundo o CONAMA, enquanto que De Souza *et al.* (2016) encontraram valores médios de 0.02 e 0.0002 mg/L, para períodos chuvoso e seco, respectivamente, no rio Guamã, portanto dentro da normalidade e condizente com este estudo.

O Gráfico 8 apresenta o comportamento do parâmetro Nitritos nos dois períodos de estudo.

Gráfico 8: Comportamento do parâmetro Nitritos nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

Percebe-se no Gráfico 8 que as amostras de Nitritos apresentaram, nos dois períodos, comportamento bastante similares e de acordo com o padrão de qualidade, abaixo de 1 mg/L. Possivelmente o nitrito encontrado na água bruta captada é resultado da decomposição biológica, da ação de bactérias consequentes da geração de chorume depositado no rio Aurá.

3.9 Análise da Alcalinidade

A alcalinidade é devida principalmente à presença de hidróxidos, carbonatos e bicarbonatos, sendo que este último geralmente é o responsável pela alcalinidade em águas naturais, porque normalmente o pH dessas águas apresenta valores entre 4.4 e 8.3 mg/L e contém apenas bicarbonatos.

A Tabela 8 apresenta os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro Alcalinidade ao Metil Orange nos dois períodos de estudo.

Tabela 9: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Alcalinidade ao Metil Orange nos dois períodos de estudo

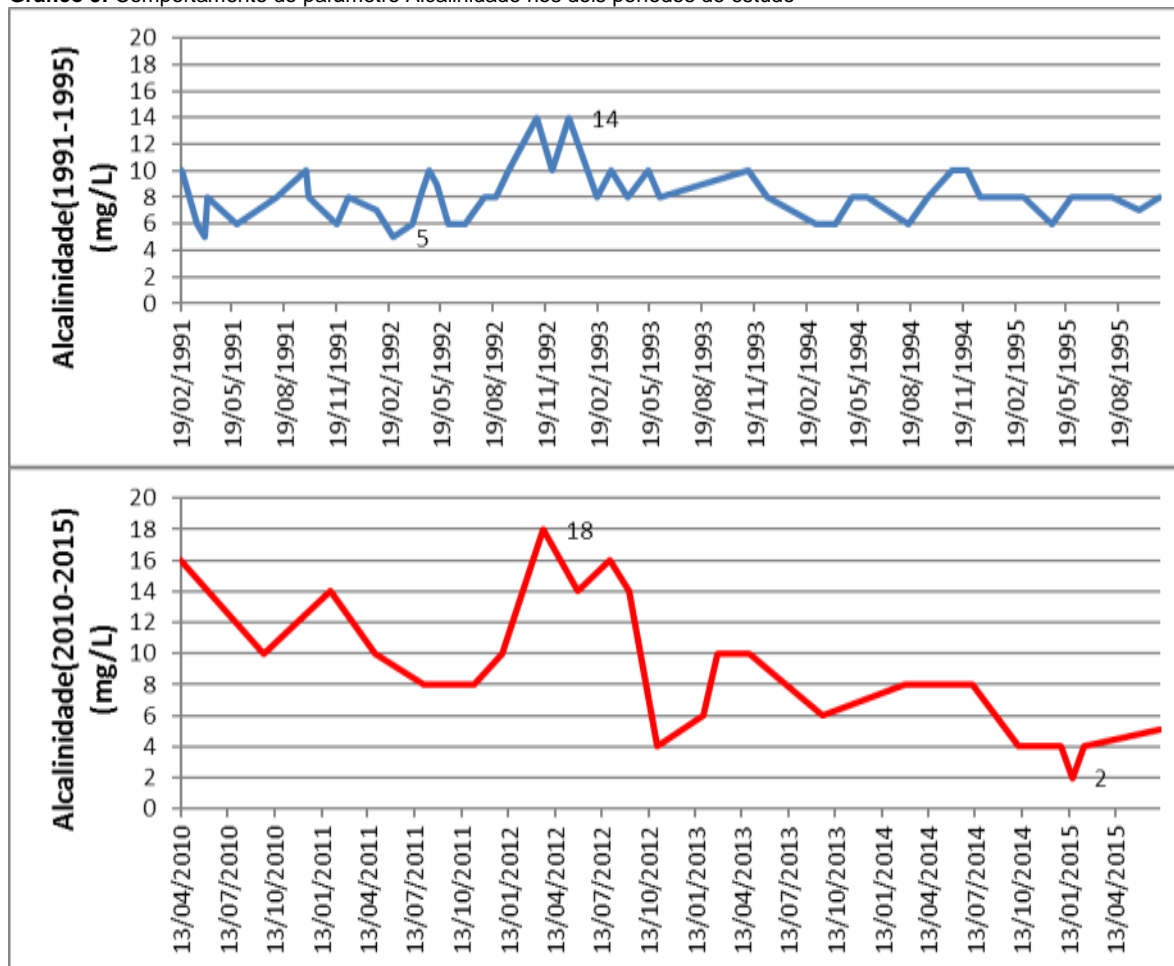
Alcal. Metil Orange	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	8.106	5.000	14.000
2010 A 2015	8.917	2.000	18.000

Fonte: Autores

De acordo com a Tabela 9, os valores aproximados de médias, mínimos e máximos no primeiro período foram média (8.11 mg/L), mínimos (5.00 mg/L) e máximos (14.00 mg/L), e no segundo período foram média (8.92 mg/L), mínimos (2.00 mg/L) e máximos (18.00 mg/L).

O Gráfico 9 apresenta o comportamento do parâmetro Alcalinidade ao Metil Orange nos dois períodos de estudo.

Gráfico 9: Comportamento do parâmetro Alcalinidade nos dois períodos de estudo



Fonte: Autores

O Gráfico 9 evidencia que os valores analisados nos dois períodos tiveram comportamentos similares, sendo que para o primeiro e segundo período, respectivamente, as médias foram 8.11 e 8.92 mg/L, os mínimos 5.00 e 2.00 mg/L e os máximos 14.00 e 18.00 mg/L, conforme discriminado na Tabela 9.

Comparando os valores de Alcalinidade encontrados neste estudo e os que Vasconcelos e Souza (2011) que analisaram as águas do rio Guamá, suas análises variaram de 6.0 a 24.0 mg/L, o que permite inferir que os resultados encontrados nos dois estudos foram compatíveis.

3.10 Análise da Dureza

Dureza da água é a propriedade relacionada com a concentração de íons de determinados minerais dissolvidos nesta substância. Esse fenômeno se deve à presença de determinados cátions na água, principalmente os cátions de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) (NOVICKI e DE CAMPOS, 2016; KUHN, ZART e OLIVEIRA, 2016).

A Tabela 10 apresenta os valores médios, mínimos e máximos do parâmetro dureza nos dois períodos de estudo.

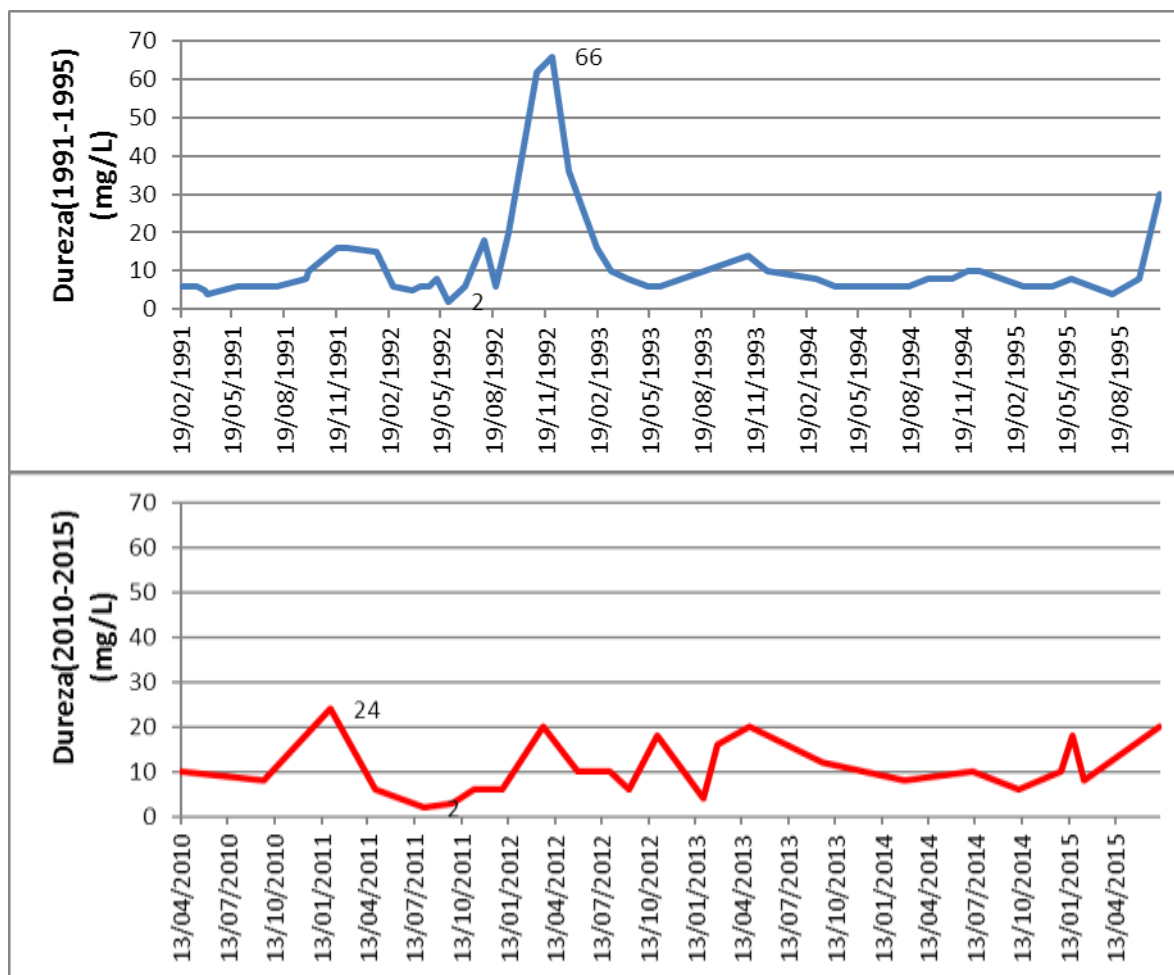
Tabela 10: Valores Médios, Mínimos e Máximos do parâmetro Matéria Orgânica nos dois períodos de estudo

Dureza Total	Média	Mínimo	Máximo
1991 A 1995	11,723	2,000	66,000
2010 A 2015	10,875	2,000	24,000

Fonte: Autores

O Gráfico 10 apresenta o Comportamento do parâmetro dureza nos dois períodos de estudo.

Gráfico 10: Comportamento do parâmetro Dureza dois períodos de estudo



Fonte: Autores

O Gráfico 10 revela que, com exceção da análise do dia 19/11/1992, os valores do parâmetro dureza nos dois períodos tiveram comportamentos similares, sendo que para o primeiro e segundo período, as médias aproximadas foram de 11.73 e 10.87, mínimos de 2.00 e 2,00, e máximos de 66.00 e 24.00, respectivamente.

A dureza é uma característica das águas que está relacionada principalmente com os teores de cálcio e magnésio presentes. Conforme pode ser observado no Gráfico 10, todos os valores médios de dureza total estavam com concentrações dentro dos limites aceitáveis para

água bruta e para água tratada. A origem da dureza das águas pode ser natural, como por exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio ou antropogênica a partir de lançamento de efluentes industriais, por exemplo.

Correlacionando este estudo com outros, Mendes *et al.* (2016), avaliaram a qualidade da água de bebedouros e com base nas análises para a dureza total, os valores obtidos encontram-se no intervalo de 14,133 a 30,516 mg/L. Farias *et al.* (2011), em seus estudos da água do Rio Cabelo relataram que para o parâmetro dureza total os valores encontrados foram de 30mg/L. Santos e Mohr (2014), encontraram em água para o consumo humano, valores entre 53,4 e 86,7 mg/L. Do ponto de vista sanitário, não há evidências de que a dureza cause problemas, pelo contrário, alguns estudos mostram que, em áreas com maior dureza na água, há uma redução na incidência de doenças cardíacas.

3.11 Análise Estatística

A partir dos valores médios anuais, nos dois períodos de estudo, dos parâmetros de qualidade de água, foi feito o *teste-t* pareado. O *teste-t* pareado é o teste estatístico para comparar médias e definir o nível de semelhança ou diferença entre dois momentos de uma mesma amostra, ou população (DA COSTA, 2016). A Tabela 11 apresenta os valores de *p* para o *teste-t* pareado para cada parâmetro estudado. Estatisticamente, o *teste-t* pareado calcula a diferença entre cada par de medições antes e depois, determina a média dessas mudanças e informa se essa média das diferenças é estatisticamente significativa.

Tabela 11: Valores de *p* para o teste-t pareado

Parâmetro	<i>p</i>
pH	0.0001
Cor	0.0552
Turbidez	0,1758
N-Amoniacal	0,0023
Nitratos	0,0216
Nitritos	0.1446
Cloretos	0.7347
Alcalinidade	0.9656
Matéria Orgânica	0.2128
Dureza	0.8757

Fonte: Autores (2016).

Através do teste-t pareado não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes nos parâmetros Cor(0.9349), turbidez (0.1758), nitritos (0.1446), cloretos (0.7247), alcalinidade (0.9656), matéria orgânica (0.2128) e dureza (0.8757), haja vista esses valores estarem acima do nível de significância estabelecido ($p \leq 0,05$). Por outro lado, o teste-t pareado revelou diferenças significativas nos parâmetros pH(0.0001), nitrogênio amoniacal (0.0023) e nitratos (0.0216), conforme pode ser observado na Tabela 11.

4. CONCLUSÕES

Os resultados constataram que os comportamentos dos parâmetros pH, N-amoniacal e nitratos foram os que apresentaram maiores diferenças estatísticas significativas, comparando-se os valores nos dois períodos analisados. O chorume é um líquido de cor escura e de mau cheiro, e é originado pela decomposição da matéria orgânica de lixo depositado tanto em aterros

sanitários, aterros controlados ou a céu aberto (MORALES, 2002). É possível que os comportamentos desses parâmetros tenham sido causados pelas atividades do lixão do Aurá durante seu período ativo. Das 71 análises feitas nos dois períodos, 47 foram no primeiro período (1991 a 1995) e 24 foram no segundo período (2010 a 2015). Os parâmetros que apresentaram valores fora do padrão de qualidade estabelecido pelo CONAMA foram o pH, com 41 valores analisados, todos no primeiro período; a Cor, com 46 ocorrências no primeiro período e 24 no segundo e a Turbidez, com 4 casos no primeiro período e 4 no segundo.

Apesar do pH não apresentar valores fora do limite de qualidade no segundo período, 8 valores estavam com teores básicos, acima de 7. Observou-se que no primeiro período os valores do pH foram ácidos em sua totalidade, evidenciando que o efluente gerado pelo depósito do aterro sanitário pode ter causado esta mudança. Outro ponto relevante a ser destacado é que a cor do lixiviado gerado no depósito de resíduos sólidos do Aurá apresenta elevados valores, e este pode estar causando os altos valores no parâmetro cor da água captada no rio Guamá.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTI, Grasiane; FREIRE Rosane; DO AMARAL, Adriana Garcia; DE ALMEIDA, Frederico Terra; BONGIOVANI, Milene Carvalho; SCHNEIDER, Roselene Marial. Water quality index and eutrophication indices of Caiabi River, MT. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 162-175, 2016.

ARAÚJO JÚNIOR, A. C. R.; DE AZEVEDO, A. K. A.; OLIVEIRA, I. da S. Problemática da Água na Região Metropolitana de Belém (RMB)-Pará: Aspectos Histórico-Geográficos. **Acta Geográfica**, v. 7, n. 15, 2013.

ASMUS, Carmen Ildes Rodrigues fróes; FILHOTE, Maria Izabel de Freitas; TEIXEIRA, Nólam Ribeiro Bezerra; CARVALHO, Marcia Aparecida Ribeiro de; LIMA, Maria Imaculada Medina; LOPES, Clayre; SILVA, Mariano Andrade; AZEVEDO, Vinicius; Ruivo, Bianca; SILVA, Gleice Borba Ferreira da; MADEIRA, Eliana Dessaune. Curso de Capacitação a Distância em Vigilância da Qualidade da Água para Consumo. **UNA-SUS, Universidade Aberta do SUS. Acervo de Recursos Educacionais em Saúde**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ministério da Saúde – MS Secretaria de Vigilância em Saúde – SVS. 2014.

BELLUTA, Ivalde ; JESUS, Sílvio Alexandre; VIEIRA, Márcio Piedade; CORRÊA, Nelita Maria; RALL, Vera Lúcia Mores; VALENTE, José Pedro Serra. Qualidade da Água, Carga Orgânica e de Nutrientes na Foz do Córrego da Cascata: Contribuição da Sub-Bacia para a Represa de Barra Bonita, Rio Tietê (SP)(Water Quality, Organic Loading and Nutrient Loading in the Mouth of Cascata Brook: The Subbasin...). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 305-318, 2016.

BOAVIDA, Rita. **O Fator pH**. Editorial Presença, 2016.

BORDALO, C. A. L; FERREIRA, C. A. C.; SILVA, F. A. O.; DE MORAES, R. C. Os Desafios Da Gestão Das Águas nas Metrôpoles da Amazônia: Uma Análise do Modelo de Gestão Pública dos Sistemas de Abastecimento de Água na Região Metropolitana de Belém–PA. **REVISTA GEONORTE**, v. 3, n. 6, p. 1181-1193, 2016.

BRANDT, Cassiano Ricardo. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA POTÁVEL DE DIFERENTES PRÉDIOS DO CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES. **Destques Acadêmicos**, v. 7, n. 4, 2016.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305/2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Publicado no Diário Oficial da União - DOU de 03/08/2010. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 28 de março de 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20, 18 de junho de 1986. **Conselho Nacional de Meio Ambiente do Brasil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 jun. 1986.**

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 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: CONAMA, 2005.

CARDOSO. Thiago Moreira; MONTEIRO, Felipe Freire; VENTURIERI, Adriano; CAMPOS, Guilherme Soares. Análise multitemporal da Área de Proteção Ambiental de Belém. in: Anais do XIV simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, São José dos Campos: INPE, 2009. p 1283-1290.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Variáveis de qualidade das águas. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 25/04/2016.

CHEIS, Daiana. Remoção de nutrientes, como fósforo e nitrogênio, no tratamento de esgotos. **Revista TAE**. Edição n. 18. 2014.

CODEM - **Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém**. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO_2011/1_01_Caracterizacao%20do%20Territorio.pdf>. Acesso em 04 de fevereiro de 2016.

DA COSTA, Viviane Teles; BARBOSA, Rita Maria dos Santos Puga. Qualidade de vida no aspecto de atividade física de pessoas de meia idade adeptas à educação física gerontológica. **BIUS-Boletim Informativo Unimotrisaude em Sociogerontologia**, v. 7, n. 1, 2016.

DAMASCENO, Maria da Conceição Silva; RIBEIRO, Hebe Morganne Campos; TAKIYAMA, Luís Roberto; DE PAULA, Manoel Tavares. Seasonal evaluation of the quality of surface waters of the Amazon River on the waterfront of Macapá City, Amapá, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 598-613, 2015.

DANTAS, Glauber De Souza; LOPES, Syglea Rejane Magalhães e PONTES, Altem Nascimento. Lixão do Aurá em Belém-PA e a política nacional de resíduos sólidos: tratamento jurídico dado aos catadores. Revista Eletrônica Direito e Política, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.10, n.3, 2º quadrimestre de 2015. Disponível em: www.univali.br/direitoepolitica - ISSN 1980-7791

DE SOUZA, Claíde Lorena Reis DA COSTA, Vanessa Bandeira; PEREIRA, Simone de Fátima Pinheiro; DA SILVA, Debora Cristina Melo; SARPEDONTI, Valerie. Impacts of urban life on water quality and fish larvae communities in two creeks of the Brazilian Amazon. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 13-23, 2016.

DURANTE, L. V.; TROMBETA. A.; PRADO, E. R. A.; PARAÍSO, P. R.; JORGE, L. M. M. REUSO DE EFLUENTES EM TORRES DE RESFRIAMENTO. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 11701-11708, 2015.

FARIAS, Maria Sallydelândia Sobral de; NETO, José Dantas; DE LIMA, Vera Lucia Antunes. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo: parâmetros físico-químicos. **GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 6, n. 1, p. 161, 2011.

FILHO, O. B. Q. O.; JUNIOR, A. R. M.; MORALES, G. P. AVALIAÇÃO HIDROGEOQUÍMICA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO PARQUE AMBIENTAL DE BELÉM-PA. **Águas Subterrâneas**. 11 a 14 de novembro de 2008.

FREITAS, Francisca Wigna da Silva; GUEDES, Josiel de Alencar; COSTA, Franklin Roberto da. ANÁLISE SOCIOAMBIENTAL DO RESERVATÓRIO PÚBLICO DO MUNICÍPIO DE RIACHO DA CRUZ (RN). **Revista Geotemas**, v. 6, n. 1, p. 3-18, 2016.

HOSHINO, Maria Danielle Figueiredo Guimarães; BATISTA, Rosa Maria Matos; ANTUNES, Leny da Conceição; SANTOS, Maria de Lourdes Souza; HOSHINO, Érico de Melo; PEREIRA, José Almir Rodrigues. Características Físico-Químicas De Efluente Gerado Em Uma Indústria Pesqueira Na Região Amazônica. **Boletim Técnico Científico do Cepnor/Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 14, n. 1, p. 27-32, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=160030&search=||infinf%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em: 28/01/2016.

KUHN, Márcio Roberto; ZART, Nathália; OLIVEIRA, Eniz Conceição. avaliação físico-química e microbiológica da qualidade das águas dos poços artesianos que abastecem o distrito de Boa Vista, no município de Triunfo-RS. **Destaques Acadêmicos**, v. 7, n. 4, 2016.

KUSS, Cintia Pereira; DE CASTRO, Fábio Branco Godinho. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS DO RIO PALMITAL EM COLOMBO-PR. **Saúde**, v. 1, n. 15, p. 32-41, 2016.

LISBOA, Pedro Luiz Braga.(org). Aurá: comunidades e florestas. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi-MPEG. 2009.

LUZ, L. M.; RODRIGUES, J. E. C.. Análise do Índice da Cobertura Vegetal em Áreas Urbanas: Estudo de Caso da Cidade de Belém-PA. **Boletim Amazônico de Geografia**, v. 1, n. 01, 2014.

JÚNIOR, Antônio Carlos Ribeiro Araújo. Propostas para subsidiar um plano de ações educativas às comunidades que utilizam diretamente o lago Bolonha, Belém (PA). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 8, n. 1, p. 50-67, 2014.

MACEDO, Bruno Vidal. Determinação de nitrato em vegetais (alface, espinafre), comercializados em mercados de João Pessoa. Repositório rei.biblioteca.ufpb.br2015.

MATTA, Milton Antonio da Silva; DA COSTA, Francisco Ribeiro; MORAES, Marcia Cristina da Silva. Águas Superficiais e Subterrâneas da Região Oeste da Cidade de Belém/PA. **Águas Subterrâneas**, 2000.

MENDES, Milene Pereira; SILVA, N.S.G.; CARVALHO, J.R.C.; JUNIOR, J.B.P.; DINIZ, V.W.B. Avaliação da qualidade da água dos bebedouros da Universidade do Estado do Pará na cidade de Belém Pará, Brasil. **Scientia Plena**, v. 12, n. 6, 2016.

MORAIS, Raquel Rezende de; NOGUEIRA, Ina de Souza; ARTIGAS, L. Felipe; MIRANDA, Elizabeth Cristina Arantes de Oliveira; DA SILVA, Weliton José. Occurrence and autoecology of *Acanthoceras zachariasii* (Brun) Simonsen (Chaetocerales, Coscinodiscophyceae) in the Central-Northern Brazil. **Hoehnea**, v. 43, n. 1, p. 27-37, 2016.

MORALES, Gundisalvo Piratoba. **Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos na área de abrangência do Depósito de Resíduos Sólidos do Aurá**. 2002. Tese de Doutorado. Tese de Doutramento. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 220p.

NOVICKI, Carina; DE CAMPOS, Roger Francisco Ferreira. Análise da potabilidade das águas de fontes naturais, junto ao município de Fraiburgo-SC. **Revista Monografias Ambientais**, v. 15, n. 1, 2016.

OLIVEIRA, V. R.; CAMPOS, C. L. M.; MACHADO, F. F.; MENDONÇA, M. J. S. F. Integração Universidade-Escola Pública a Partir da Temática Saúde e Qualidade Ambiental de uma População Amazônica: Relato de uma Experiência. **Revista Universo & Extensão**, v. 1, n. 1, 2014.

PESCADOR, Andresa; ZAMBÃO, Patrícia Hüther; NECKEL, Eduardo Valdir Poffo. AJUSTE LINEAR SIMPLES PARA CURVA ANALÍTICA DO FÓSFORO E NITROGÊNIO. **REAVI-Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, v. 2, n. 1, p. 01-09, 2013.

PARÁ. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Áreas protegida. Parque Estadual do Utinga (PEUt) e Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br>. Acesso em: 06 junho de 2015.

PARÁ. Lei Estadual nº 5.887, de 09 de Maio de 1995. **Política Estadual do Meio Ambiente. Secretaria de Estado de Meio Ambiente.** Pará, 1995. Disponível em: < <http://www.semas.pa.gov.br/1995/05/09/9741/>>. Acesso em 25 de março de 2015.

PRADELA FILHO, Lauro A.; TAKEUCHI, Regina M.; TRINDADE, Magno A. G.; SANTOS, André L. Determinação Voltamétrica de Nitrito Empregando o Íon [Fe (CN) 6] 3-como Mediador Eletroquímico. **Orbital-The Electronic Journal of Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 10-20, 2015.

SANTO, Vanusa Carla Pereira. Aurá de Gentes, Lixo e Água: Ação Pública e Racionalidades em confronto em Belém (Pa)"/" Aura De Gentes", Trash And Water: Public Action And Rationalities In Conflict In Belém (Pa). **Revista de Direito da Cidade**, v. 6, n. 1, p. 65-89, 2014.

SANTOS, Suziane Nascimento; LAFON, Jean Michel; CORRÊA, José Augusto Martins; BABINSKI, DIAS, Marly; Fabiana Ferrari; TADDEI, Maria Helena Tirolo. Distribuição e assinatura isotópica de Pb em sedimentos de fundo da Foz do Rio Guamá e da Baía do Guajará (Belém-Pará). Biblioteca Digital da Produção Intelectual – BDPI. Universidade de São Paulo. **Química Nova**, v.35, n.2, p.249-256, 2012.

SANTOS, Maria de Lourdes Souza; BORDALO, Adriana Oliveira; PEREIRA, José Almir Rodrigues; CHIRA, Pedro Andre; ALVES, Igor Charles Castor; SODRÉ, Silvana Socorro Veloso. Influência Da Expansão Urbana Na Qualidade Da Água Em Reservatório Da Região Amazônica (Belém, Pará). **Boletim Técnico Científico do Cepnor/Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 13, n. 1, p. 15-22, 2013.

SANTOS, Renata Souza; MOHR, Tainara. SAÚDE E QUALIDADE DA ÁGUA: ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS EM ÁGUA SUBTERRÂNEAS. **Revista Contexto & Saúde**, v. 13, n. 24-25, p. 46-53, 2014.

SILVA, Lindalva Marques da; SOUZA, Edna Hollunder de; ARREBOLA, Tânia Maria; JESUS, Gabriel dos Anjos de. Occurrence of a hepatitis A outbreak in three neighborhoods of the city of Vitória, Espírito Santo State, and its relation with the quality of the water for human consumption. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 6, p. 2163-2167, 2009.

SOUSA, Rubens Amâncio. Análise físico-química e microbiológica da água consumida em bebedouros de creche no município de Coremas-PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 24-27, 2015.

TORRES, Marcélia Vieira; SOBRINHO, José Falcão. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA BACIA DO RIO COREAÚ (CE) E A UTILIZAÇÃO DE SEUS AÇUDES. **GEOSABERES-Revista de Estudos Geoeducacionais**, v. 6, n. 3, p. 137-148, 2016.

VASCO, Anderson Nascimento.

JÚNIOR, A. V. Mello; SANTOS, A. C. A. da S.; RIBEIRO, D. O.; TAVARES, E. D.; NOGUEIRO, L. C. Qualidade da água que entra no estuário do rio Vaza Barris pelo principal fluxo de contribuição de água doce. **Scientia Plena**, v. 6, n. 9, p. 1-10, 2010.

VASCONCELOS, Vanilda de Magalhães Martins; SOUZA, Claudinei Fonseca. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil/Characterization of water quality parameters of the reservoir Utinga, Belém, PA, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 2, p. 305, 2011.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, v. 1, 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

- * Mestre em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.
- ** Doutora em Engenharia Elétrica. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.
- *** Doutor em Geologia e Geoquímica. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil
- **** Mestre em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.
- ***** Mestranda em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.