

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Carlos Benedito Barreiros Gutierrez

**Monitoramento multitemporal da qualidade das
águas dos mananciais de Belém-PA: evidências
de impactos antrópicos no seu entorno**

Belém
2016

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Carlos Benedito Barreiros Gutierrez

**Monitoramento multitemporal da qualidade das águas dos
mananciais de Belém-PA: evidências de impactos
antrópicos no seu entorno**

Belém
2016

Carlos Benedito Barreiros Gutierrez

**Monitoramento multitemporal da qualidade das águas dos
mananciais de Belém-PA: evidências de impactos
antrópicos no seu entorno**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de mestre em Ciências
Ambientais no Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais.

Universidade do Estado do Pará.

Orientador(a): Profa. Dra. Hebe Morganne
Campos Ribeiro.

Co-orientador: Prof. Dr. Gundisalvo Piratoba
Morales.

Belém
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

G984m Gutierrez, Carlos Benedito Barreiros

Monitoramento multitemporal da qualidade das águas dos mananciais de Belém-PA: evidências de impactos antrópicos no seu entorno / Carlos Benedito Barreiros Gutierrez; Orientadora Hebe Morganne Campos Ribeiro; Co-orientador Gundisalvo Piratoba Morales. -- Belém, 2016.

105 f.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2016.

1. Qualidade da água. 2. Antropismo. 3. Análise Multivariada. I. Ribeiro, Hebe Morganne Campos. II. Morales, Gundisalvo Piratoba. III. Título.

CDD 628.161

Carlos Benedito Barreiros Gutierrez

Monitoramento multitemporal da qualidade das águas dos mananciais de Belém-PA: evidências de impactos antrópicos no seu entorno

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

Universidade do Estado do Pará.

Orientador(a): Profa. Dra. Hebe Morganne Campos Ribeiro.

Co-orientador: Prof. Dr. Gundisalvo Piratoba Morales.

Data da aprovação: ____/____/2016

Banca Examinadora

_____ – Orientador(a)

Prof. Dra. Hebe Morganne Campos Ribeiro
Doutora em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Pará - UEPA

_____ – 1º Examinador(a)

Prof. Dr. Manoel Tavares de Paula
Doutor em Agroecossistemas da Amazônia
Universidade do Estado do Pará - UEPA

_____ – 2º Examinador(a)

Prof. Dr. Heronides Adonias Dantas Filho
Doutor em Química
Universidade Federal Pará - UFPA

_____ – 3º Examinador(a)

Prof. Dra. Kelly das Graças Fernandes Dantas
Doutora em Ciências (Área de concentração: Química Analítica)
Universidade Federal Pará - UFPA

_____ – Suplente

Prof. Dr. Altem Nascimento Pontes
Doutor em Ciências Físicas
Universidade do Estado do Pará - UEPA

DEDICATÓRIA

À minha esposa Dione pela paciência e compreensão quando precisei dedicar-me aos estudos e pesquisas.

Aos meus filhos Erickson e Lucas, pelo incentivo e apoio.

Aos meus pais Alberto e Suzana, que nunca mediram esforços para proporcionar minha educação.

AGRADECIMENTOS

À Deus por não nos dar, com facilidade, tudo que lhe pedimos.

Aos professores, colaboradores e funcionários do curso de Pós Graduação em Ciências Ambientais da UEPA, pela dedicação no aprimoramento do curso.

A minha orientadora Profa. Dra. Hebe Morganne Campos Ribeiro, pelo apoio e atenção, mesmo quando sua saúde requeria maiores cuidados.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Gundisalvo Piratoba Morales, que contribuiu efetivamente para realização deste trabalho.

Ao coordenador do PPGCA, Prof. Dr. Altem Nascimento Pontes, por ser o pilar principal do programa de mestrado, uma pessoa íntegra e presente.

À COSANPA, por ter concedido acesso às análises dos parâmetros de água concernentes aos períodos deste estudo.

Ao meu amigo e parceiro de publicações Leonardo Sousa dos Santos, meu especial agradecimento, pelo compartilhamento de conhecimentos, pesquisas conjuntas e apoio incondicional na realização deste e de tantos outros estudos.

RESUMO

O contínuo crescimento populacional característico das grandes cidades trás consigo impactos irreversíveis ao meio ambiente. Os mananciais de Belém-PA, uma metrópole amazônica, estão localizados dentro de uma Área de Proteção Ambiental, a APA Belém, a qual tem sofrido ao longo dos anos agressões de origem antrópica que estão comprometendo a qualidade da água que abastece a população da Região Metropolitana de Belém. Este estudo teve como objetivo fazer o monitoramento multitemporal da qualidade das águas dos mananciais, bem como realizar a análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo, correlacionando através de análise multivariada as classes de uso e cobertura do solo com as análises de água dos mananciais no período de 1984 a 2015. Os resultados apontaram que muitos parâmetros apresentaram valores fora do padrão de qualidade estabelecido pelas resoluções do CONAMA e pelas Portarias do Ministério da Saúde, sendo que o pH, cor, n-amoniaco e nitratos foram os parâmetros que apresentaram maiores diferenças. Um dos fatores que influenciaram diretamente a qualidade da água no ponto de captação de água bruta do rio Guamá é o fato deste estar à distância de 200 metros da foz do rio Aurá, o qual transporta o chorume lixiviado pelo lixão do Aurá, inserido dentro da APA Belém. A análise multivariada constatou que existem fortes correlações entre as classes de uso e cobertura e os parâmetros de qualidade de água analisados no período de estudo, o que permitiu inferir que essas correlações estão associadas aos impactos do processo de crescente urbanização no entorno dos mananciais, provocando aumento da área construída, perda da vegetação, perda da superfície hídrica e eutrofização dos lagos Bolonha e Água Preta, consequência da presença de matéria orgânica dos efluentes gerados pela ação antrópica.

Palavras-Chave: análise multivariada. antropismo. monitoramento de água. sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Continued population growth characteristic of large cities brings with unrecoverable environmental impacts. The sources of Belém-PA, an Amazonian metropolis, are located within an Environmental Protection Area, APA Belém, which has suffered over the years aggressions of anthropogenic origin that are compromising the quality of the water that supplies the population of the Region metropolitan of Belém. This study aims to make the multi-temporal monitoring of water quality of water sources, and perform analysis spatiotemporal use and land cover, correlating by multivariate analysis, the use of classes and soil cover with the water analysis of sources in the period 1984-2015. The results showed that many parameters showed values outside the standard of quality set by CONAMA, and the pH, color, n-ammonium and nitrate were the parameters that showed major differences. One of the factors that directly influence the water quality in the raw water abstraction point of the Guama River is that this be within 200 meters of the mouth of the Aura River, which carries the leached slurry by landfill Aurá, inserted into the APA Belém. Multivariate analysis found that there are strong correlations between the use of classes and coverage and water quality parameters analyzed during the study period, which allowed infer that these correlations are associated with the impacts of increasing urbanization in the vicinity of springs, causing increase in building area, loss of vegetation, loss of water surface and eutrophication of lakes Bolonha and Black Water, a consequence of the presence of organic matter in the wastewater generated by human action.

Keywords: multivariate analysis. anthropism. monitoring water. remote sensing.

LISTA DE TABELAS DO ARTIGO 1

Tabela 1	Valores Médios, Mínimos e Máximos dos parâmetros de qualidade de água.	35
----------	--	----

LISTA DE FIGURAS DO ARTIGO 1

Figura 1	Área de Estudo.	34
Figura 2	Uso e cobertura do solo no interior da APA Belém.	53
Figura 3	Proporção temporal das áreas das classes de uso e coberturas do solo.	53

LISTA DE TABELAS DO ARTIGO 2

Tabela 1	Áreas das classes de uso e cobertura do solo.	51
Tabela 2	Matriz de correlação das variáveis do lago Bolonha.	54
Tabela 3	Variância das componentes principais em relação ao lago Bolonha.	55
Tabela 4	Matriz de componentes principais em relação ao lago Bolonha.	55
Tabela 5	Matriz de correlação das variáveis do lago Água Preta.	56
Tabela 6	Variância das componentes principais em relação ao lago Água Preta.	57
Tabela 7	Matriz de componentes principais em relação ao lago Água Preta.	57
Tabela 8	Matriz de correlação das variáveis do Ponto de Captação Guamá.	58
Tabela 9	Variância das componentes principais em relação ao Ponto de Captação Guamá.	59
Tabela 10	Matriz de componentes principais em relação ao Ponto de Captação Guamá.	59

LISTA DE FIGURAS DO ARTIGO 2

Figura 1	Lago Bolonha, Água Preta, Captação Guamá e PEUt, inseridos na APA-Belém, Pará, Brasil	50
----------	---	----

LISTA DE GRÁFICOS DO ARTIGO 2

Gráfico 1	Dinâmica temporal das áreas das classes de uso e cobertura do solo.	52
Gráfico 2	Scree Plot (Autovalores x Componentes) em relação ao lago Bolonha.	55
Gráfico 3	Scree Plot (Autovalores x Componentes) em relação ao lago Água Preta.	57
Gráfico 4	Scree Plot (Autovalores x Componentes) em relação ao Ponto de Captação Guamá.	58

LISTA DE TABELAS DO ARTIGO 3

Tabela 1	Médias anuais de cada parâmetro antes e depois da ETA Bolonha.	67
Tabela 2	Valores de p para o teste-t pareado.	68

LISTA DE FIGURAS DO ARTIGO 3

Figura 1	Localização da área de estudo	66
----------	-------------------------------	----

LISTA DE GRÁFICOS DO ARTIGO 3

Gráfico 1	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro pH antes e depois da ETA Bolonha.	68
Gráfico 2	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro cor antes e depois da ETA Bolonha.	69
Gráfico 3	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro turbidez antes e depois da ETA Bolonha.	70
Gráfico 4	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro n-amoniacal antes e depois da ETA Bolonha.	71
Gráfico 5	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro nitrato antes e depois da ETA Bolonha.	72
Gráfico 6	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro nitrito antes e depois da ETA Bolonha.	73
Gráfico 7	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro cloreto antes e depois da ETA Bolonha.	74
Gráfico 8	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro dureza total antes e depois da ETA Bolonha.	75
Gráfico 9	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro alcalinidade antes e depois da ETA Bolonha.	76
Gráfico 10	Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro matéria orgânica antes e depois da ETA Bolonha.	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALC	Alcalinidade
APA	Área de Proteção Ambiental
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CL	Cloretos
CODEM	Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém
COSANPA	Companhia de Saneamento do Estado do Pará
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP1	Componente Principal 1
CP2	Componente Principal 2
CP3	Componente Principal 3
DT	Dureza Total
ETA	Estação de Tratamento de Água
HD	Hidrografia
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET	Índice de Estado Trófico
IFPA	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
IQA	Índice de Qualidade de Água
IET	Índice de Estado Trófico
IVm	Infra Vermelho Médio
IVp	Infra Vermelho Próximo
GNU	General Public License
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
mg/L	Miligrama por Litro
m/s	Metro por Segundo
mg Pt/L	<i>Miligramas</i> de Platina e Cobalto por <i>Litro</i>
N-amoniacal	Nitrogênio Amoniacal
ND	Números Digitais

NDBI	Índice de Construção por Diferença Normalizada
NH3	Forma Tóxica de Amônia
NTI	Nitritos
NTO	Nitrogênio
OLI	Operational Land Imager
PCA	Análise de Componentes Principais
PEUt	Parque Estadual do Utinga
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPGCA	Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PO4	Fosfato PT Fósforo Total
RMB	Região Metropolitana de Belém
SEMAS	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SQL	Structured Query Language
TB	Turbidez
TM	Thematic Mapper
UC	Unidade de Conservação
UEPA	Universidade do Estado do Pará
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
USGS	United States Geological Survey
U/C	Urbana e Construída
VP	Vegetação Primária
VS	Vegetação Secundária
°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	20
1.1	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	26
2	ARTIGO 1 - Monitoramento da qualidade da água no ponto de captação dos mananciais da Região Metropolitana de Belém durante o período ativo do lixão do Aurá	
	RESUMO	30
	ABSTRACT	31
2.1	INTRODUÇÃO	31
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	33
2.2.1	Área de Estudo	33
2.2.2	Obtenção dos Dados	34
2.2.3	Análise dos Dados	34
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
2.3.1	Análise do pH	36
2.3.2	Análise da Cor Verdadeira	37
2.3.3	Análise da Turbidez	38
2.3.4	Análise da Matéria Orgânica	38
2.3.5	Análise dos Cloretos	39
2.3.6	Análise do Nitrogênio Amoniacal	40
2.3.7	Análise dos Nitratos	41
2.3.8	Análise dos Nitritos	41
2.3.9	Análise da Alcalinidade	41
2.4	CONCLUSÃO	42
2.5	AGRADECIMENTOS	42
	REFERÊNCIAS	42
3	ARTIGO 2 – Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais	
	RESUMO	46
	ABSTRACT	47
3.1	INTRODUÇÃO	47
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	49

3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
3.3.1	Áreas das Classes de Coberturas de Terras	51
3.3.2	Análise Estatística Multivariada	54
3.3.3	PCA do lago Bolonha	54
3.3.4	PCA do lago Água Preta	56
3.4	CONCLUSÃO	59
3.5	AGRADECIMENTOS	59
	REFERÊNCIAS	59
4	ARTIGO 3 – Monitoramento da qualidade da água consumida por uma metrópole amazônica	62
	RESUMO	63
	ABSTRACT	63
4.1	INTRODUÇÃO	64
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	65
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.4	CONCLUSÃO	77
4.5	AGRADECIMENTOS	78
	REFERÊNCIAS	78
5	CONCLUSÕES GERAIS	81
	ANEXO I Limites dos Parâmetros de Água – CONAMA e Ministério da Saúde	83
	ANEXO II Revista Ambiente & Água - normas para submissão de artigos	84
	ANEXO III Carta de Apresentação Para Submissão De Manuscrito Da Revista Ambiente & Água	91
	ANEXO IV Diretrizes para Autores – Revista Brasileira de Geografia Física	93
	ANEXO V Normas de publicação – Revista Espacios	100

1 INTRODUÇÃO GERAL

De acordo com Oliveira *et al.* (2014), a cidade de Belém é abastecida pelo rio Guamá, lago Bolonha e lago Água Preta, sendo que os dois últimos são os principais mananciais da Região Metropolitana de Belém (RMB) e estão localizados dentro do Parque Estadual do Utinga (PEUt). Conforme Fidélis *et al.* (2015), o parque é alvo de intenso antropismo no seu entorno. O PEUt foi criado pelo Decreto Estadual nº 1.552, de 03 de maio de 1993 e está localizado dentro de uma Área de Proteção Ambiental, a APA Belém (PARÁ, 1994).

Estudos realizados na RMB mostram que vem ocorrendo uma diminuição na área de cobertura vegetal original nos mananciais do PEUt, apontando uma das causas direta a expansão da área urbana (ARAÚJO JR., 2013).

Em 14 de dezembro de 2002 foi fundado um Fórum de Participação Popular em Defesa dos Lagos Bolonha e Água Preta.

O Fórum é um movimento social cujo objetivo é promover o diálogo entre o Estado e a população moradora no entorno dos lagos Bolonha e Água Preta com vista a diminuir os conflitos de regularização fundiária, conscientizar a população sobre a importância da Área de Preservação Ambiental de Belém e o cumprimento da função social da propriedade (MAGALHÃES, 2015).

O depósito de lixo metropolitano de Belém, o aterro do Aurá, localizado em Santana do Aurá, foi criado em 1991 (BAHIA; FENZL e MORALES, 2012). A área denominada “Aterro do Aurá” está localizada dentro da APA Belém (SANTO, 2014). Para Siqueira e Aprile (2013), o aterro sanitário do Aurá é um dos causadores da ocupação irregular, descarte de lixo a céu aberto, ausência de controle e presença de inúmeros esgotos clandestinos decorrentes da falta de um programa de saneamento adequado.

Neto *et al.* (2014) constataram que a ocupação urbana cresce continuamente desde 1984, bem como uma quantidade elevada de áreas degradadas em volta e dentro da APA Belém. De acordo com Cornelli (2016), o uso e ocupação do solo podem influenciar diretamente na qualidade e na disponibilidade dos recursos hídricos, sendo um dos motivos a urbanização acelerada, inferindo que a forma como o ser humano uso e ocupa o solo está conectada diretamente com a qualidade da água dos cursos hídricos ali presentes. Embora esta região seja detentora de grandes mananciais de água doce, houve nos últimos anos um crescimento populacional acelerado, o qual não veio acompanhado de serviços de saneamento básicos adequados (DAMASCENO *et al.*, 2015).

A NBR 9896/1993 definiu qualidade da água como o resultado de características físicas, químicas, biológicas e organolépticas de uma água, relacionado com o seu uso, para um fim específico (ABNT, 1993). 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).

A resolução do CONAMA 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 em corpos d'água e dá outras providências (BRASIL, 2005). Em seu teor são apresentados os limites aceitáveis de concentração dos parâmetros de qualidade de água, considerando que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade (RIGOTTO, 2015).

Os lagos Bolonha e Água Preta, bem como o rio Guamá são corpos de água de classe 2, segundo enquadramento do CONAMA 357/2005, o qual ressalta que classe de qualidade é o conjunto de condições e padrões de qualidade de água necessários ao atendimento dos usos preponderantes, atuais ou futuros. Para adequar as características da água bruta a um padrão vigente, faz-se necessário analisar suas características específicas, tais como: características físicas, químicas e biológicas, para saber a viabilidade de um possível tratamento (SILVA, 2015). Sabe-se que o tratamento de água para o consumo humano é indispensável, pelo fato da água ter um alto poder de propagação de doenças, veiculando grandes quantidades de micro-organismos patogênicos (BRILHANTE, 2016).

Este estudo teve por objetivo fazer o monitoramento da qualidade da água bruta dos mananciais da RMB e da água tratada, consumida pela população, evidenciando os impactos antrópicos no seu entorno. Como objetivos específicos, o estudo verificou a dinâmica, ao longo dos anos, dos parâmetros físico-químicos pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, dureza total, alcalinidade e matéria orgânica, comparando os resultados das análises da água bruta com os limites estabelecidos na resolução CONAMA 20/1986 e CONAMA 357/2005, e confrontando as análises da água tratada na Estação de Tratamento de Água da COSANPA com as portarias do Ministério da Saúde. O estudo também fez a análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo, correlacionando, através de análise estatística multivariada,

as classes de uso e cobertura do solo com as análises de água dos mananciais no período de 1984 a 2015.

Quanto 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 Souza (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).

O processo de urbanização acelerada altera significativamente a qualidade da água da maioria dos corpos d'água das cidades brasileiras, sendo esse considerado um dos grandes problemas ambientais da atualidade (CORNELLI, 2016). Em função da atividade antrópica realizada, diferentes efeitos sobre os corpos d'água podem ocorrer. Essas atividades podem ser classificadas em agrícolas, industriais e de

ocupação humana, cada uma apresentando características distintas, que resultam em diferentes impactos (BELÓ, 2016).

A utilização de técnicas de geoprocessamento, conjuntamente com o sensoriamento remoto e de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) tem permitido a realização de inúmeros trabalhos nos vários campos da ciência, nomeadamente na área ambiental (FUJACO, 2010). Para Santos e Watrin (2011), como regra geral, técnicas e produtos de sensoriamento remoto e SIG são ferramentas essenciais para a análise espacial de uso e ocupação do solo.

A análise temporal, aplicada para avaliar a evolução do uso e ocupação do solo, possibilita deduções diretas e pontuais quanto às mudanças no uso e ocupação do solo (KLAIS, 2013).

Através das técnicas e produtos do sensoriamento remoto expõe-se, sucintamente, a vulnerabilidade que a APA Belém e o PEUT estão sujeitos, devido à ausência do cumprimento das leis que amparam as unidades de conservação, além da elaboração e aplicação de um plano de uso e ocupação do solo que envolva as peculiaridades da expansão urbana da região metropolitana de Belém e a proteção das referidas unidades (CARDOSO *et al.*, 2009).

As imagens do sensor Thematic Mapper dos satélites da série Landsat tem sido utilizadas em estudos deste tipo oferecendo resultados satisfatórios para mapeamento de uso e cobertura do solo (PROFETA, 2015). O uso das técnicas de sensoriamento remoto vem sendo cada vez mais utilizadas para extração de informações relacionadas à cobertura, utilizando para tanto, métodos de classificação de imagens, seja ela supervisionada ou não-supervisionada (BRANCO, 2016).

A dissertação está organizada seguindo a seguinte estrutura: o Capítulo I é uma introdução geral que contextualiza o tema abordado; os Capítulos II, III e IV apresentam os resultados deste estudo em três artigos, o primeiro e o segundo já foram submetidos para periódicos indexados e o terceiro será submetido após as considerações da banca examinadora. Para finalizar o estudo foram feitas as conclusões gerais e as inserções de anexos.

O primeiro artigo com o título: Monitoramento da qualidade da água no ponto de captação dos mananciais da Região Metropolitana de Belém durante o período ativo do lixão do Aurá, 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. A formatação do artigo seguiu as normas da revista Ambiente & Água, com qualis B2. Para atingir o objetivo, foi criado um banco de dados com análises de água no período inicial do lixão, 1991 a

1995, e 2010 a 2015, no período final de atividade do lixão, quando foi anunciado seu encerramento em 05/07/2015. Os parâmetros analisados foram: pH, cor, turbidez, matéria orgânica, cloretos, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos e alcalinidade.

O segundo artigo com o título: Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais, teve como objetivo a análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo dentro da APA Belém e correlação com os parâmetros de qualidade de água de seus mananciais através de análise multivariada. A formatação do artigo seguiu as normas da revista Brasileira de Geografia Física, com qualis B2. Para atingir o objetivo, foi criado um banco de dados com a dinâmica da ocupação no entorno dos lagos, obtido através de sensoriamento remoto, e as análises de qualidade de água, para os anos de 1984, 1989, 1999, 2008 e 2015. Os parâmetros analisados foram: pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, dureza total, alcalinidade e matéria orgânica. Foi feita a análise multivariada através de PCA.

O terceiro e último artigo com o título: Monitoramento da qualidade da água consumida por uma metrópole amazônica, teve como objetivo monitorar a qualidade da água na Estação de Tratamento de Água (ETA) da COSANPA, comparando os valores dos parâmetros físico-químicos que entram e saem da ETA. A formatação do artigo seguiu as normas da RevistaEspacios, com qualis B1. Para atingir o objetivo, foi criado um banco de dados, em excel 2010 com as análises de qualidade de água, para os anos de 1991, 1999, 2008, 2012 e 2015. Os parâmetros analisados foram: pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, dureza total, alcalinidade e matéria orgânica. Foi feita análise estatística através de teste-t pareado entre os pares de dados de cada parâmetro, considerando estatisticamente significantes valores com $p \leq 0,05$. O estudo também comparou a água que entra na ETA com os padrões de qualidade de água estabelecidos nas Resoluções 20/1986 e 357/2005 do CONAMA e a água que sai da ETA com os limites estabelecidos nas Portarias do Ministério da Saúde nº 36/MS/GM/1990, nº 1469/2000, nº 518/2004 e nº 2.914/2011.

A dissertação seguiu a estrutura constituída de elementos Pré-Textuais, Textuais, Pós-Textuais e Contracapa, segundo as normas de elaboração de dissertação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará. Sua formatação seguiu o estabelecido como padronização para numerações, margens das páginas, tamanhos e tipos de fontes, e referências em consonância com a ABNT.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9896:1993: Glossário de poluição das águas. Rio de Janeiro: ABNT. 1993.

ARAÚJO JR., 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, Nolam 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.

BAHIA, V. E.; FENZL, N.; MORALES, G. Piratoba. Estudo Hidrogeológico e Hidrogeoquímico da Área localizada entre o depósito de lixo metropolitano de Belém (Aurá) e o Lago Água Preta. **Geochimica Brasiliensis**, v. 20, n. 3, 2012.

BELLUTA, Ivalde et al. 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.

BELÓ, Andressa. Comparação de floração de cianobactérias e níveis de parâmetros físicos, químicos e biológicos na represa de alagados, Ponta Grossa-PR. 2016.

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

BRANCO, Vivian Teixeira Alves et al. USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NEGRO-RS NO ANO DE 2003. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 7, n. 2, 2016.

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

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.

BRILHANTE, Sthênio Cabral et al. Análise microbiológica e físico-química da água de bebedouros utilizados em escolas públicas na cidade de Coremas-PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 10, n. 1, p. 05-08, 2016.

CARDOSO, T. M.; MONTEIRO, F. F.; VENTURIERI, A.; CAMPOS, G. S. 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.

CORNELLI, Renata et al. Análise da Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água de Duas Sub-Bacias Hidrográficas do Município de Caxias do Sul. **SCIENTIA CUM INDUSTRIA**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 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.

DURANTE, L. V. et al. REUSO DE EFLUENTES EM TORRES DE RESFRIAMENTO. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 2, p. 11701-11708, 2015.

FERNANDES, Caroline Vasconcelos et al. Estudo da qualidade das águas processadas em filtros de barro tradicionais contrapondo os filtros modernos. **Blucher Chemistry Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 327-336, 2015.

FERREIRA, Hebe Mariane Freire; MOREIRA, Edimar Agnaldo; DE FREITAS SOUZA, Daniela Fernanda. Avaliação dos níveis de nitrato e nitrito em salsichas comercializadas na cidade de lavras-mg. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, n. 2, p. 209-217, 2013.

FIDÉLIS, J. F. M. A.; LIMA, S.Q.; LIMA, A. M. M.; KRAG, M. N.; GUERREIRO, Q. L. M. Bio-geoindicadores aplicados ao ecoturismo em unidades de conservação localizadas em espaços urbanos. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.8, n.2, p. 212-233. 2015.

FIORAVANTI, CELSO DANIEL et al. Diagnóstico da qualidade de água para a irrigação do córrego Três Barras no município de Marinópolis–SP. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**. São Pedro: SBEA, 2004.

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

FUJACO, Maria Augusta Gonçalves; LEITE, Mariangela Garcia Praça; MESSIAS, Maria Cristina Teixeira Braga. Análise multitemporal das mudanças no uso e ocupação

do Parque Estadual do Itacolomi (MG) através de técnicas de geoprocessamento. **REM: Revista Escola de Minas**. Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 695-701, 2010.

KLAIS, Thalita Beatriz Antunes; DALMAS, Fabrício Bau; LASTORIA, Giancarlo; FILHO, Antonio Conceição Paranhos.. Análise Multitemporal da Cobertura do Solo do Município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, de 1966 a 2006. **Geoambiente On-line**, n. 19, p. 01-15 pág., 2013.

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

MAGALHÃES, Rafael Caldeira. Lutas sociais no espaço urbano de Belém e suas conexões com o saneamento básico. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 6, n. 2, p. 183-204, 2015.

NETO, Alberto Bentes Brasil; PAUMGARTTEN, Arllen Élide Aguiar; BRAGA, Aline Nascimento; MACIEL, Maria de Nazaré Martins; DA SILVA, Paulo de Tarso Eremita. Dinâmica da Cobertura Vegetal e Uso do Solo no Entorno do Parque Estadual do Utinga (PEUT), Belém-PA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.19; p. 2120-2128, 2014.

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.

PARA. 1994. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Parque Ambiental de Belém: plano de manejo. Belem: SEMAS. 86p.

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.

PRADELA FILHO, Lauro A. et al. 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.

PROFETA, André Luiz. DINÂMICA MULTITEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE PIRANGA-MG, NO PERÍODO DE 1984 A 2009. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 67/1, 2015.

RIGOTTO, João Paulo Lopes; DE AZEVEDO, Sirlei Geraldo. ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA COLETA DE ESGOTO NA BACIA DO ARRUDAS. **Revista Pensar Engenharia**, v. 3, n. 1, 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, D. B. O.; WATRIN, O. S. Base de dados geográficos na avaliação de áreas com restrição legal de uso do solo na fazenda experimental da Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA. **In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**. Curitiba, PR, Brasil, INPE, p. 3963, 2011.

SILVA, Claudionor DE OLIVEIRA et al. Degradação ambiental e sociedade: um estudo do manancial de abastecimento público da cidade de Santana do Mundaú-AL. **Ciencia & Natura**, v. 37, n. 4, 2015.

SIQUEIRA, Gilmar W.; APRILE, Fabio. Avaliação de risco ambiental por contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém-PA. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 1, p. 51-62, 2013.

SOUSA, Rubens Amâncio et al. 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.

VASCO, Anderson Nascimento et al. 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.

2 ARTIGO 1*

Monitoramento da qualidade da água no ponto de captação dos mananciais de uma capital amazônica durante o período ativo de um lixão situado no entorno

*Este artigo foi submetido à Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, ISSN:1980-993X, uma revista da Universidade de Taubaté, editada pelo Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas (IPABHi), que publica artigos originais que contribuam para o avanço das Ciências Ambientais e Recursos Hídricos. A partir de 2014, a periodicidade é trimestral (janeiro-março, abril-junho, julho-setembro e outubro-dezembro), cuja classificação qualis para área interdisciplinar é B2.

Monitoramento da qualidade da água no ponto de captação dos mananciais de uma capital amazônica durante o período ativo de um lixão situado no entorno

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 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 foi fazer o monitoramento da 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 e alcalinidade. Os resultados constataram que os comportamentos de alguns parâmetros analisados nos dois períodos apresentaram diferenças, 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 monitoring at 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 pickup point is 200 meters far 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 was to monitor the water quality at the point of capture during the active period of the landfill Aurá since its establishment 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, amoniacal nitrogen, nitrates, nitrites and alkalinity. Results reveled that the behavior of some parameters analyzed in both periods presented differences, revealing that the effluent generated by the deposit of the landfill may have caused this change.

Keywords: aurá landfill , guama capture, water parameters.

2.1 INTRODUÇÃO

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 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).

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 Jr. 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 Jr. 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 Araújo Jr. (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. Segundo a COSANPA (2015), são captados 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. 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).

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. 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).

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, porque 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. 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).

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). 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 monitorar 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.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 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 1 apresenta a localização da área de estudo.

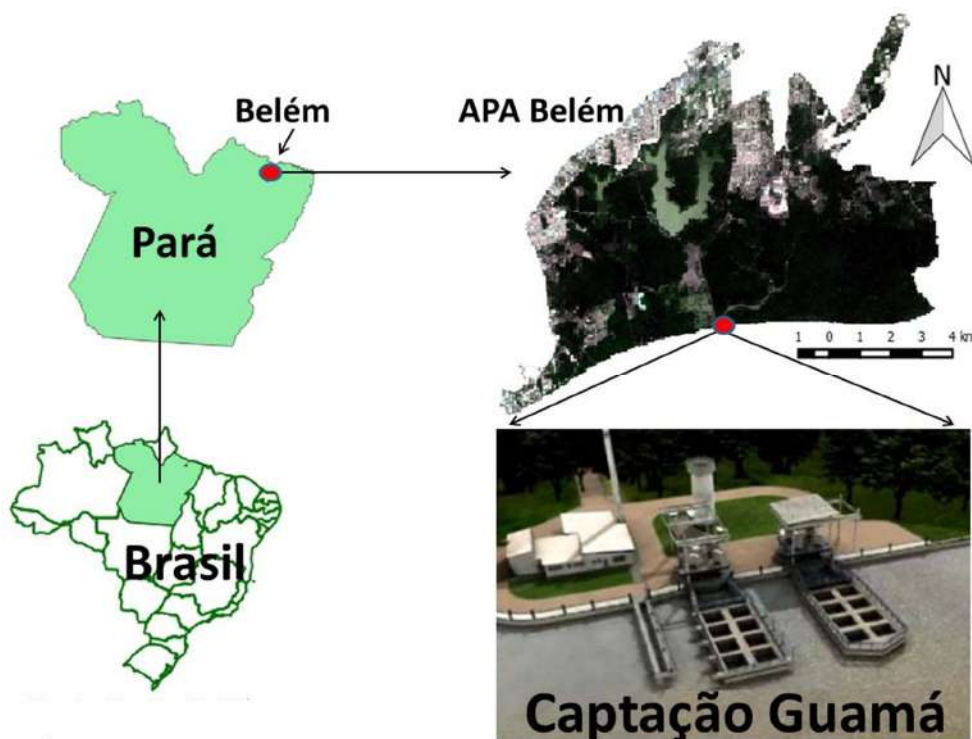


Figura 1. Área de Estudo.

2.2.2 Obtenção dos Dados

Para atingir o objetivo deste estudo foi solicitado, através de requerimento, à COSANPA, concessionária que gerencia o desenvolvimento dos sistemas de água e esgoto na RMB, o acesso a todas as 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.

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.

2.2.3 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. Foi analisado 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 para os períodos de 1991 a 1995 e 2010 a 2015, respectivamente.

2.3. 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. A Tabela 1 apresenta os valores médios, mínimos e máximos dos parâmetros de qualidade de água

Tabela 1. Valores Médios, Mínimos e Máximos dos parâmetros de qualidade de água

	1991 a 1995			2010 a 2015		
	Média	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo
pH	5,82	5,30	6,60	6,83	6,34	7,31
Cor (mg Pt/L)	123,83	70,00	200,00	159,17	110,00	325,00
Turbidez (UNT)	52,27	20,00	140,00	60,42	19,63	131,00
Matéria Orgânica (mg/L)	5,61	2,60	9,00	4,61	0,40	9,60
Cloretos (mg/L)	25,61	5,00	194,00	20,38	10,00	64,00
N-Amoniacal (mg/L)	0,064	0,040	0,350	0,466	0,080	0,850
Nitratos (mg/L)	0,03	0,01	0,08	0,26	0,08	0,60
Nitritos (mg/L)	0,002	0,001	0,004	0,002	0,001	0,004
Alcalinidade (mg/L)	8,11	5,00	14,00	8,92	2,00	18,00

A Tabela 1 consolida para o primeiro período 47 análises, sendo 10 em 1991, 13 em 1992, 08 em 1993, 09 em 1994 e 07 em 1995, por outro lado 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.

Os valores mínimos e máximos dos parâmetros analisados podem ser visualizados também na forma gráfica nas Figuras 2 e 3 que possibilitam observar a dinâmica desses valores nos dois períodos. A Figura 2 apresenta o comportamento dos parâmetros pH, cor, turbidez, matéria orgânica e cloretos.

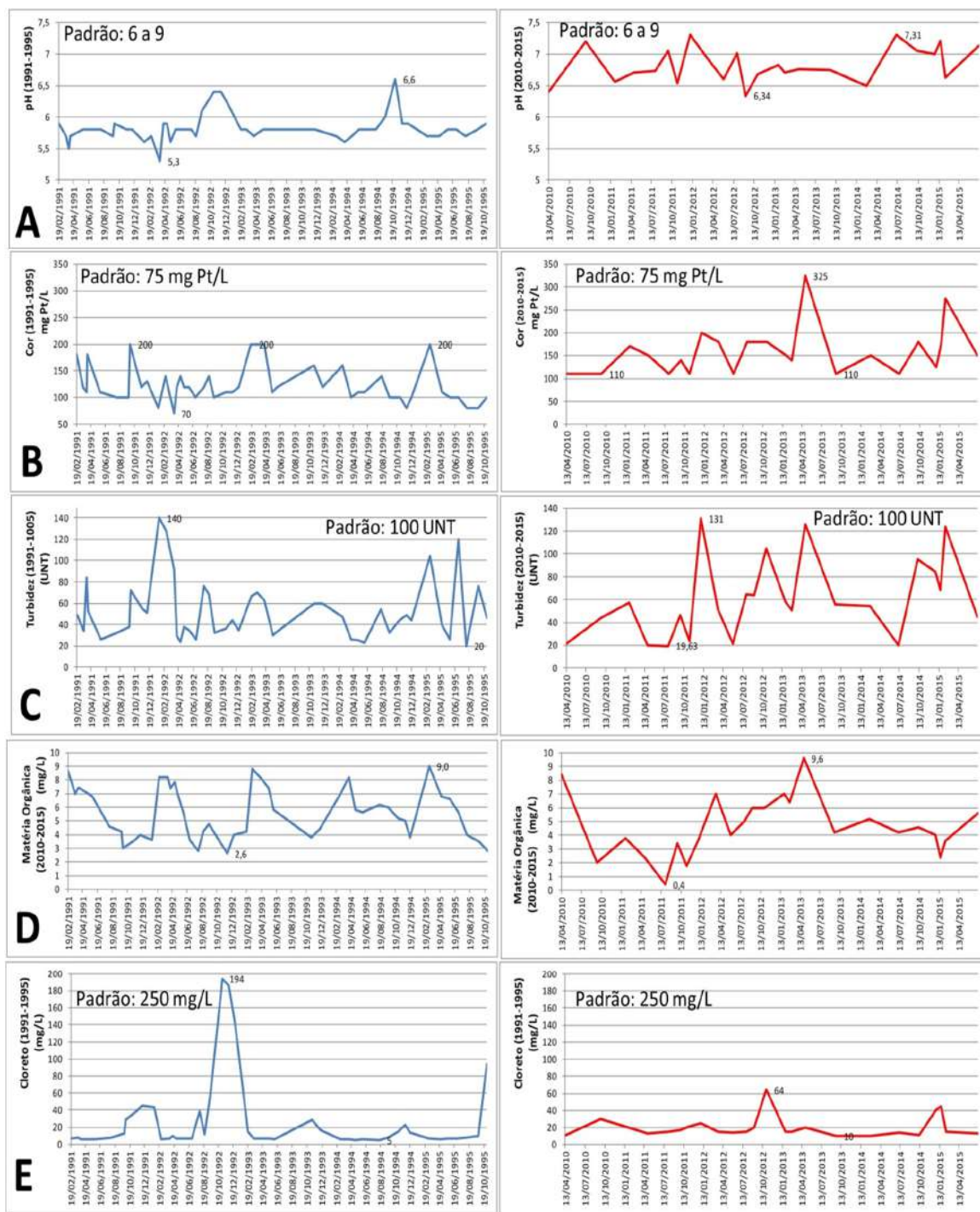


Figura 2. Comportamento dos parâmetros pH, Cor, Turbidez, Matéria Orgânica e Cloretos

2.3.1 Análise do pH

Uma característica geral do pH médio nesses dois períodos foi a acidez da água. Os resultados encontrados na Tabela 1 mostram que no primeiro período (1991 a 1995) este parâmetro apresentou valores mais ácidos, variando de 5,3 a 6,6, enquanto que no segundo período (2010 a 2015) a variação ocorreu entre 6,3 e 7,3.

De acordo com a Figura 2A, 42 amostras, correspondente a 59% do total, apresentaram pH inferior a 6 nos dois períodos, estando, portanto, em desacordo com o

recomendado pelo CONAMA, que estabelece o intervalo de 6 a 9 como padrão. 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.

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.

2.3.2 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.

A Tabela 1 mostra que, para o parâmetro cor, nos dois períodos as análises apresentaram 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 1.

Observa-se que a Figura 2B 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.

2.3.3 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. Este parâmetro 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 Tabela 1 mostra que nos dois períodos, as análises apresentaram valores abaixo do limite de aceitação, com médias de 52 e 60 UNT para o primeiro e segundo período de estudo, respectivamente. Os valores mínimos e máximos variaram 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.

De acordo com a Figura 2C, para os dois períodos a maioria das análises estavam 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.

2.3.4 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.

De acordo com a Tabela 1, os valores analisados nos dois períodos tiveram comportamentos similares, sendo para o primeiro e segundo período, médias de 5,61 e 4,61 mg/L, mínimos de 2,6 e 4,61 mg/L e máximos de 9,0 e 9,6 mg/L. Essa similaridade pode ser também constatada observando-se a Figura 2D, respectivamente.

Correlacionando os valores encontrados neste estudo com os encontrados nos estudos de Santos et al. (2012), que investigaram a distribuição dos teores de Pb 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 pode-se concluir 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.

2.3.5 Análise dos Cloretos

De acordo com a Figura 2E, 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. Para as resoluções 20/1986 e 357/2005 do CONAMA, o padrão de qualidade é de 250 mg/L.

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.

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 lixão 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.

A Figura 3 apresenta o comportamento dos parâmetros Nitrogênio Amoniacal, Nitratos, Nitritos e Alcalinidade.

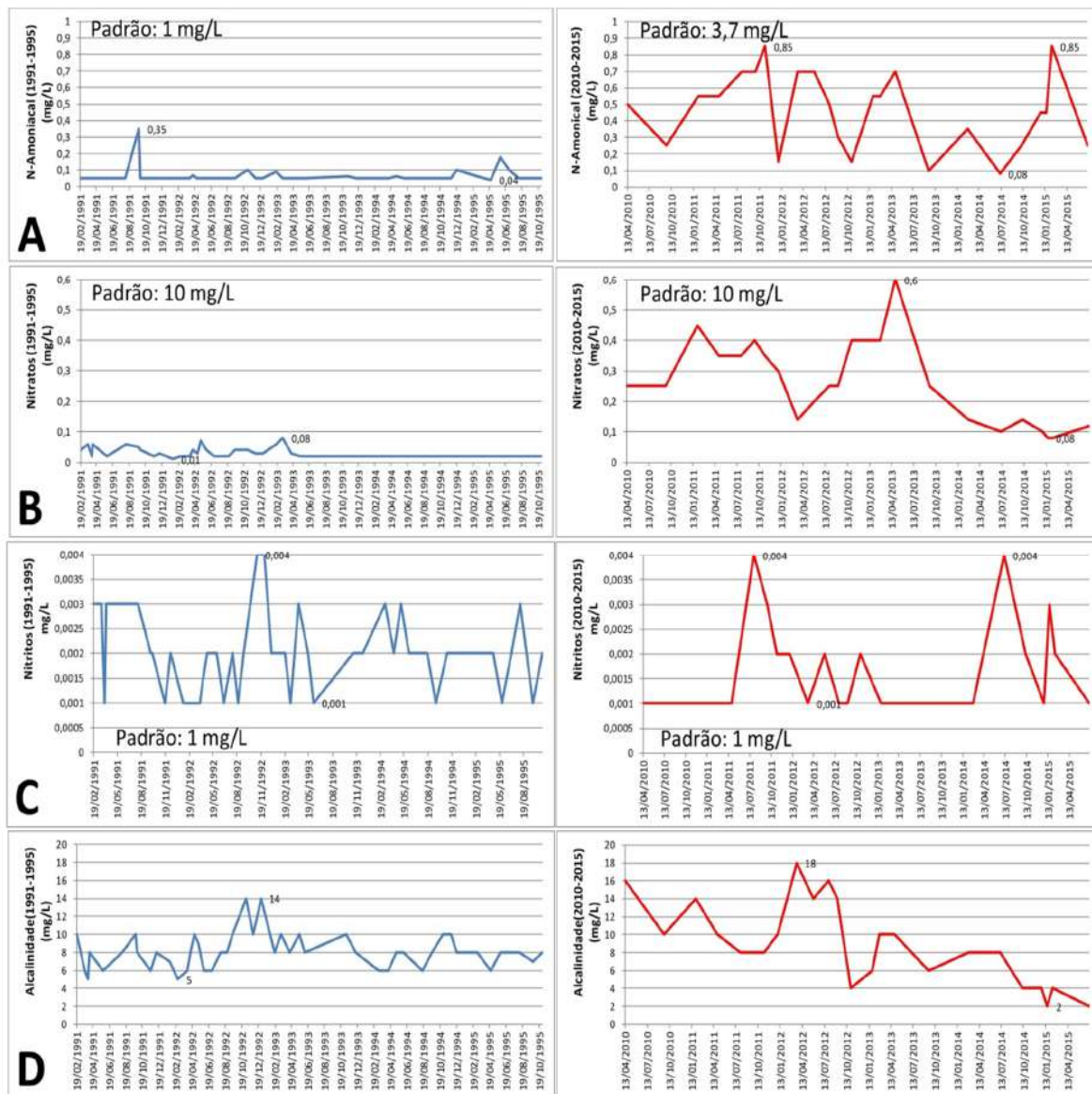


Figura 3. Comportamento dos parâmetros Nitrogênio Amônia, Nitratos, Nitritos e Alcalinidade

2.3.6 Análise do Nitrogênio Amônia

Para o parâmetro Nitrogênio Amônia o CONAMA 20/1986 estabelecia como limite de aceitação para o primeiro período (1991 a 1995), o valor de 1,0 mg/L. Por outro lado 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 1, verifica-se que os valores das análises de Nitrogênio Amônia, 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.

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 Amônia, concluindo que as concentrações de nitrogênio estão

dentro do intervalo dos observados em outras grandes cidades brasileiras que sofrem contaminação por resíduos domésticos.

Dos valores analisados, nos dois períodos, todos estavam dentro do padrão de qualidade. Analisado os valores apresentados na Figura 3A, 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.

2.3.7 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. Segundo a resolução CONAMA, 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 1 mostra que 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, por outro lado 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.

A Figura 3B mostra que 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.

2.3.8 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 1 mostra que 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, valores fora da normalidade segundo o CONAMA, enquanto que De Souza et al. (2016) encontraram, no rio Guamá, valores médios de 0,02 e 0,0002 mg/L, para períodos chuvoso e seco, respectivamente, portanto dentro da normalidade e condizente com este estudo.

Percebe-se na Figura 3C que as amostras de Nitritos apresentaram, nos dois períodos, comportamento bastante similares e de acordo com o padrão de qualidade, abaixo de 1,0 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.

2.3.9 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 contêm apenas bicarbonatos.

A Figura 3D evidencia que os valores analisados nos dois períodos tiveram comportamentos similares, sendo que para o primeiro e segundo período, 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 1, respectivamente.

Comparando os valores de alcalinidade encontrados neste estudo e os de 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.

2.4. CONCLUSÃO

Os resultados constataram que os comportamentos dos parâmetros pH, cor, N-amoniaco e nitratos foram os que apresentaram maiores diferenças comparando-se os valores nos dois períodos analisados. É possível que os comportamentos desses parâmetros tenham sido causados pelas atividades do lixão do Aurá durante seu período ativo. Os parâmetros que apresentaram valores fora do padrão de qualidade estabelecido pelas resoluções do 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. Ressalta-se 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. O estudo revelou que no primeiro período os valores do pH foram ácidos em sua totalidade, e no segundo período 8 valores estavam com teores básicos, acima de 7, evidenciando que o efluente gerado pelo depósito do aterro sanitário, ao longo de 24 anos, pode ter causado esta mudança.

2.5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à COSANPA, por ter concedido acesso às análises dos parâmetros de água concernentes aos períodos deste estudo.

REFERÊNCIAS

- ANDRIETTI, Grasiene; 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 JR., 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.
- ARAÚJO JR., Antônio Carlos Ribeiro. 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.
- 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.
- 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. T. M. *et al.* 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.

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.

COSANPA, COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ. **Investimentos duplicarão capacidade de água tratada no Pará.** Disponível em: <<http://www.cosanpa.pa.gov.br/>>. Acesso em 24 de dezembro de 2015.

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, Cláide 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.

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.

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.
- 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.
- 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.
- 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 Doutoramento. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, 220p.
- 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 Amazônida: Relato de uma Experiência. **Revista Universo & Extensão**, v. 1, n. 1, 2014.
- 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.
- 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.

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.

3 ARTIGO 2***Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais**

*Este artigo foi submetido à Revista Brasileira de Geografia Física, ISSN:1984-2295, um periódico bimestral de divulgação científica, iniciada em 2008, cuja classificação qualis para área interdisciplinar é B2.

Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais

RESUMO

A Área de Proteção Ambiental (APA) da Região Metropolitana de Belém (RMB), uma Unidade de Conservação de proteção integral, está sendo alvo de intenso antropismo, com áreas de progressiva urbanização e degradação ambiental, atingindo proporções descontroladas e impactantes. Os principais mananciais da RMB estão localizados dentro desta APA. Este estudo teve como objetivo fazer uma análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo dentro da APA Belém e correlação com os parâmetros de qualidade de água de seus mananciais através de análise multivariada. Para atingir este objetivo, foi criado um banco de dados com as áreas das classes, obtido através de sensoriamento remoto, e com as análises de qualidade de água, para os anos de 1984, 1989, 1999, 2008 e 2015. Os parâmetros analisados foram pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, dureza total, alcalinidade e matéria orgânica. Foi feita a análise multivariada com os dados de cada manancial, através da análise de componentes principais. As variáveis avaliadas foram reduzidas para três componentes principais cuja variância total acumulada foi de 91.6%, para o lago Bolonha, 84.7% para o lago Água Preta e 85.7% para o ponto de Captação Guamá. Os resultados constataram que existem fortes correlações entre as variáveis estudadas.

Palavras-Chave: análise multivariada, sensoriamento remoto, monitoramento ambiental, parâmetros de água.

Analysis spatiotemporal use and land cover within the APA Bethlehem and correlation with the water parameters of their sources

ABSTRACT

The Environmental Protection Area (EPA) of the metropolitan region of Belém (MRB), an Integral Protection Conservation Unit, has been an intense target of anthropism, with areas of progressive urbanization and environmental degradation, reaching impactfull and uncontrolled proportions. The main sources of MRB are located within this EPA. This study aimed to make the spatiotemporal analysis of use and land cover within EPA-Belém and correlation with the water quality parameters of their sources using multivariate analysis. To achieve this goal, it was created a database with the areas of classes, obtained through remote sensing, and the water quality analysis for the years of 1984, 1989, 1999, 2008 and 2015. The parameters analyzed were pH, color, turbidity, amoniacal nitrogen, nitrates, nitrites, chlorides, total hardness, alkalinity and organic matter. Multivariate analysis of the data of each stock by principal component analysis was performed. The variables were reduced to three main components whose total cumulative variance was 91.6% for the Bolonha lake, 84.7% for Black Water Lake and 85.7% for the point of capture Guama. The results found that there are strong correlations between variables.

Keywords: multivariate analysis, remote sensing, environmental monitoring, water parameters.

3.1 Introdução

As mudanças no uso e ocupação da terra, provocadas pelas ações antrópicas, têm provocado grandes alterações nas paisagens (Silva et al., 2016). Nesse contexto, percebe-se que os vários tipos de usos da terra, que antes eram ocupadas por vegetação, vão convertendo paisagens naturais em extensas áreas antropizadas (Ponte et al., 2016).

De acordo com Carvalho e Dall'Ígna (2016), no Brasil, o poder público tem criado Unidades de Conservação (UC) como medida de mitigação contra o crescente número de áreas antropizadas, e como controle do consumo desordenado dos recursos naturais.

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 Região Metropolitana de Belém (RMB) e preservação da biodiversidade local.

O PEUt está inserido na APA Belém e para Fidélis et al. (2015) o parque é alvo de intenso antropismo no entorno, com dados que mostram que existem consideráveis áreas desmatadas, invadidas

para fixação de residências e utilização dos recursos naturais, mesmo sendo uma UC de proteção integral. Dos Santos et al. (2015) alertam que a APA Belém, que por lei deveria ser ocupada pela vegetação nativa, está sendo ocupada por áreas urbanas, deixando de realizar as suas funções ambientais para a manutenção do equilíbrio ambiental.

Segundo Santos e Watrin (2011), a área do PEUt compreende também uma porção considerável de massas d'água, incluindo a estação de captação que transporta a água até os lagos que constituem o reservatório de água para abastecimento da população da RMB. 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 dentro do PEUt e são os principais mananciais de grande parte da RMB.

Conforme Bordalo et al. (2016), no Estado do Pará, a Companhia de Saneamento do Estado do Pará (COSANPA) é a concessionária responsável pelos serviços de água na maioria dos municípios do Estado, inclusive na RMB. A COSANPA tem laboratório próprio para análise da qualidade da água dos mananciais e usa como referência a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, onde estão apresentados os limites aceitáveis de concentração para mais de 70 parâmetros de qualidade da água (BRASIL, 2005).

As análises de redes hidrográficas acontecem no momento em que há o conhecimento de que a velocidade de degradação desses recursos, na maioria dos casos, é superior a capacidade de recuperação, significando na maioria das vezes problemas ambientais que prejudica, por exemplo, o abastecimento de cidades e regiões brasileiras (Tucci, 2006). Sampaio et al. (2016) ressaltam que o sistema hidrográfico não pode ser apreendido como estático, pois apresenta dimensão temporal e por esse motivo, deve-se associá-los a outros fatores e componentes ambientais, objetivando uma análise integrada.

De 1991 a 2015, a Prefeitura Municipal de Belém depositou os resíduos sólidos produzidos pela população da RMB no aterro do Aurá, que de acordo com Santo (2014), está a 19 quilômetros do centro da cidade, localizando-se dentro da APA Belém, que também abrange o PEUt e diversas comunidades em seu entorno. Ao longo dos anos o aterro atraiu muitas famílias de catadores de lixo,

que foram construindo suas residências ao redor do seu trabalho (Vieira e Ponte, 2006).

Spinelli (2016) explica que devido ao crescimento populacional ao longo dos séculos, é notória a influência de ações antrópicas, causadoras de distúrbio nos ecossistemas naturais e urbanos, consequentes da expansão das cidades. Quando essa transformação ao ambiente é ocasionada pela ação antrópica de agentes que em muito dos casos não tem a menor noção dos danos gerados, isto se torna um fator de grande risco, tanto ao ambiente quanto a população nele residente (Pimentel, 2016). Albuquerque e Souza (2016) alertam que são muitos os problemas diagnosticados no que se refere aos impactos ambientais negativos, destacam-se os elevados níveis de degradação da cobertura vegetal e contaminação/poluição dos corpos hídricos, tanto do ponto de vista industrial quanto residencial, devido às precárias e/ou inexistentes ações de saneamento básico.

Os usos das técnicas de sensoriamento remoto potencializam os estudos das alterações da paisagem no ambiente urbano (Silva et al., 2016). Segundo Padilha (2016), o geoprocessamento constitui hoje uma ferramenta primordial para as etapas de levantamento e processamento de informações relacionadas a questões ambientais.

Para Souza e Da Silva (2016), os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são sistemas computacionais, que podem ser usados para o entendimento dos fatos e fenômenos que ocorrem no espaço geográfico. Na área ambiental, o geoprocessamento é uma ferramenta importante, senão a mais utilizada para monitoramento, como, por exemplo: da cobertura vegetal e uso das terras, níveis de erosão do solo, poluição da água e do ar, disposição irregular de resíduos, caracterização de bacias e assim por diante (Teixeira, 2016).

A análise multitemporal possibilita comparar uma mesma paisagem entre dois ou mais períodos, auxiliando no monitoramento das suas dinâmicas (Araújo e Fonseca, 2016). Segundo Coelho et al. (2015), o geoprocessamento torna-se importante ferramenta para compreender a estrutura e dinâmica das paisagens em diversas escalas temporais e espaciais, podendo compreender os processos ambientais.

Para Silva et al. (2016), com a crescente disponibilização de imagens orbitais de média e alta resolução espacial oriundas de sensores remotos, pesquisas que se utilizam desses produtos são cada vez mais comuns para estudar problemas ambientais em diversas escalas. A análise multitemporal utiliza

imagens de satélite de determinada área em períodos distintos, não se restringindo a usar imagens de um mesmo sensor na coleta de informações (Moreira, 2011).

O uso do sensoriamento remoto com base na análise de imagens é um meio que se dispõe para estudo das mudanças no uso e cobertura do solo. Dos Santos et al. (2016) afirmam que alicerçado nos resultados de mapeamentos informatizados, através das geotecnologias (sensoriamento remoto, SIG, cartografia digital) gera-se produtos de qualidade e com precisão desejável.

Este estudo teve como objetivo fazer uma análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo dentro da APA Belém e correlação com os parâmetros de qualidade de água dos mananciais da Região Metropolitana de Belém através de análise multivariada, evidenciando os impactos antrópicos na área de estudo.

Os resultados deste estudo irão determinar as medidas das áreas das classes de uso e cobertura do solo os quais podem estar afetando a qualidade da água dos principais mananciais da RMB, através da pressão antrópica ao longo dos anos. Almeja-se também que este estudo possa contribuir para gestão local de forma imprescindível para o planejamento ambiental no que concerne a ocupação urbana descontrolada e ilegal no interior da APA Belém, uma Unidade de Conservação de proteção integral.

3.2 Material e métodos

O PEUt está localizado na RMB, mais precisamente entre os municípios de Belém e

Ananindeua, Estado do Pará, situando-se entre as coordenadas: Latitude 01° 23' 13''S, Longitude 48° 25' 19''W e Latitude 01° 26' 32''S, Longitude 48° 25' 16''W, 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.

Belém, capital do Estado do Pará, situada na região norte do Brasil, foi fundada em 12 de janeiro de 1616. Tinha população estimada de 1.013.227 em 1984 e cresceu para 1.439.561 habitantes em 2015. Sua densidade demográfica é de 1.315,26 hab/km², ocupando área territorial de 1.059,458 km² com Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 0,746 (IBGE, 2016).

Os lagos Bolonha e Água Preta são os principais mananciais da Região Metropolitana de Belém. De acordo com Araújo Jr. et al. (2014), também são fontes de abastecimento de água da RMB, as microbacias hidrográficas que convergem para os lagos, bem como o sistema de bombeamento das águas do rio Guamá (captação Guamá), através de adutora ligada ao lago Água Preta. Conforme Oliveira et al. (2014), os dois lagos estão localizados dentro do Parque Estadual do Utinga (PEUt), o que pode ser observado na Figura 1.

Em 1984, a rede de abastecimento de Belém atendia 10% da população que era de 1.013.227 habitantes (Braz e Imbiriba, 2003). Segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS), no ano de 2015 os mananciais da RMB abastecia cerca de 60% da população (PARÁ, 2016).

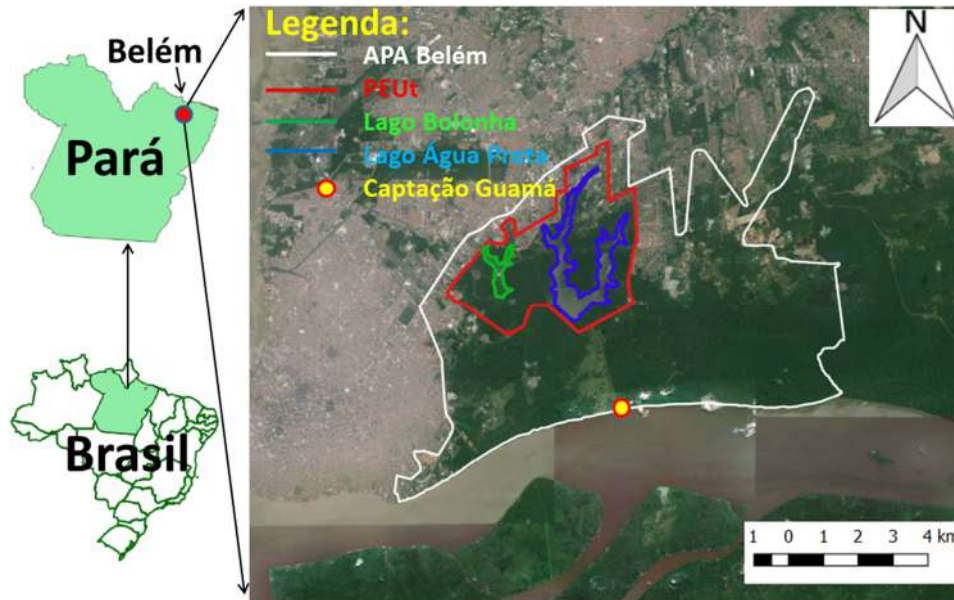


Figura 1. Lago Bolonha, Água Preta, Captação Guamá e PEUt, inseridos na APA-Belém, Pará, Brasil.

Para atingir o objetivo deste estudo foi solicitado, através de requerimento, à COSANPA, concessionária que gerencia o desenvolvimento dos sistemas de água e esgoto na RMB, o acesso a todas às análises laboratoriais das águas dos mananciais feitas pela própria instituição para o período proposto pela pesquisa. A COSANPA tem laboratório próprio para análise da qualidade da água e esporadicamente contrata os serviços de outros laboratórios para realizar análises de parâmetros de qualidade que a mesma não realiza em seu laboratório. O requerimento submetido à concessionária também solicitou o acompanhamento junto da equipe de coleta de água.

As análises de qualidades de água são mantidas pela COSANPA em documentos impressos arquivados em uma sala destinada para este fim. Para este estudo foram selecionadas as análises dos anos de 1984, 1989, 1999, 2008 e 2015. Todos os documentos foram escaneados e convertidos para forma digital. Os dados das análises de água foram coletados no período de junho de 2015 a fevereiro de 2016.

As classificações de coberturas de terras do entorno dos mananciais, nos anos de 1984, 1989, 1999, 2008 e 2015, foram determinadas através de sensoriamento remoto, aplicando o método de classificação não supervisionada, dentro dos limites da APA Belém, através do *software* ENVI 4.8.

Para calcular as áreas de coberturas de terras do entorno dos mananciais, gerar mapas, vetorizar os limites da APA Belém e do PEUt foi

utilizado o Sistema de Informação Geográfica QGIS 2.14 Essen, *software* livre licenciado pela “General Public License” (GNU), que conjuga funções de processamento de imagens, análises espaciais, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais.

No procedimento de elaboração do mapeamento da área de estudo foram utilizadas imagens orbitais digitais do satélite Landsat-5, para os anos de 1984, 1989, 1999 e 2008. Para o ano 2015 foram utilizadas imagens orbitais digitais do satélite Landsat-8. As imagens foram obtidas, gratuitamente, do banco de dados do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS - United States Geological Survey), disponível no endereço eletrônico <http://landsat.usgs.gov/>.

Para os anos de 1984, 1989, 1999 e 2008 foram obtidas imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM), abordo do satélite Landsat-5, na órbita 223, ponto 61, com datas de passagens em: 27/07/1984, às 12h52min; 10/08/1989, às 12h49min; 21/07/1999, às 13h01min e 13/07/2008, às 13h10min. Foram baixadas as bandas 5, 4 e 3 com resolução espacial de 30 metros. Para composição colorida utilizou-se as bandas 5R4G3B.

Para o ano de 2015 foram obtidas imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI), abordo do satélite Landsat-8, na órbita 223, ponto 61, com data de passagem 21 de outubro de 2015 e horário central 13h53min, bandas 6, 5 e 4 com resolução espacial de 30 metros. Para composição colorida utilizou-se as bandas 6R5G4B. As imagens foram

obtidas nas datas especificadas por serem as melhores cenas, com mínimo de cobertura de névoas e nuvens.

Através do *software* ENVI 4.8 fez-se a junção das bandas e pré-processamento das imagens. Posteriormente fez-se a correção atmosférica, por meio da conversão dos números digitais (NDs) à radiância aparente e posteriormente em reflectância da superfície, utilizando os dados de calibração radiométrica disponíveis nos metadados das imagens orbitais e também foram removidas eventuais presenças de névoas e nuvens na imagem.

Para classificação das imagens, o classificador usado foi o da distância mínima, que examina as “distâncias” entre um pixel e as médias das classes e atribui ao pixel a classe que apresentar a menor distância. Nesta etapa fez-se o treinamento para o reconhecimento da assinatura espectral de cada uma das classes de uso do solo da área da imagem.

Os critérios usados na identificação e determinação das classes temáticas foram forma que está relacionada à geometria do objeto; tamanho, que varia conforme a resolução espacial da imagem; tonalidade e textura dos objetos imageados. A dinâmica da paisagem foi estudada num espaço temporal de 31 anos. O método permitiu a identificação de quatro classes de cobertura e uso do solo, a saber: Área Urbana/Construída, Hidrografia, Vegetação Primária e Vegetação Secundária.

Foi feita a modelagem e criação de um banco de dados utilizando o sistema gerenciador de banco de dados *Microsoft SQL Server 2014 Express*, em sua versão gratuita. As áreas de coberturas das terras e os dados das análises de água foram organizados, inseridos no banco de dados e posteriormente exportados para planilha no formato XLSX, utilizando o *software Microsoft Excel 2010*. Esse banco de dados foi desenvolvido para facilitar as inserções, consultas e filtragens dos dados utilizando-se linguagem SQL.

Os parâmetros de qualidade de água selecionados para este estudo foram ocorreram a partir dos parâmetros comuns analisados nos períodos estudados, 1984, 1989, 1999, 2008 e 2015, os quais foram pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, dureza total, alcalinidade e matéria orgânica.

Para estatística multivariada criou-se uma planilha Excel contendo os valores das áreas, em quilômetro quadrado, das classes de coberturas do solo e os valores dos parâmetros de qualidade da

água dos mananciais. Foi feita a Análise de Componentes Principais (PCA), uma importante ferramenta de interpretação de dados que além de permitir um melhor entendimento sobre as relações entre as variáveis, descreve a variação dessas através de um número reduzido de combinações lineares dessas variáveis, os chamados componentes principais, que descrevem a variação dos dados em ordem decrescente de máxima variância.

Para elaboração da matriz de correlação resultante da Análise de Componentes Principais, utilizou-se o *software* BioEstat 5.3, o qual recebeu dados exportados da planilha Excel. Não foi feita a transformação para obter a distribuição normal dos dados, haja vista estarmos trabalhando com resultados de análises de parâmetros de qualidade de água, o que provocaria equívocos nas análises dos resultados. Desta forma foi possível determinar o coeficiente de correlação de Pearson e avaliar o grau de correlação entre as variáveis.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Áreas das Classes de Coberturas de Terras

Os Sistemas de Informações Geográficas e o Sensoriamento Remoto estão sendo aplicados para muitos fins. Uma vez que este estudo propôs a classificação das coberturas do solo no interior da APA Belém, onde estão localizados os mananciais, as áreas dessas coberturas foram determinadas utilizando-se o *software* QGIS, de acordo com suas áreas de classes, para cada ano estudado, as quais estão discriminadas na Tabela 1.

Tabela 1: Áreas das classes de uso e cobertura do solo

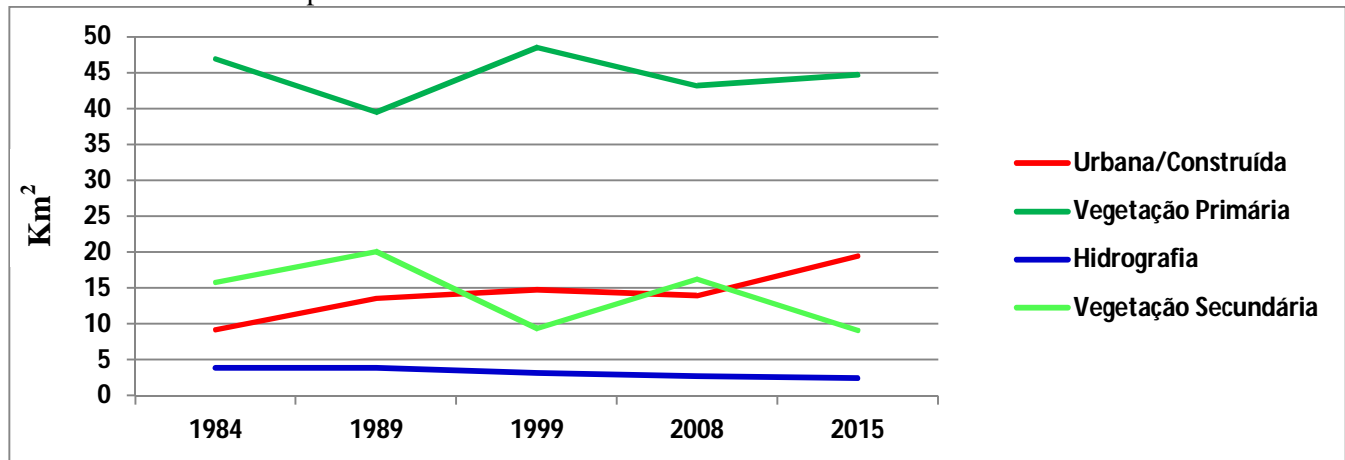
Área (Km ²)	1984	1989	1999	2008	2015
Urbana/Construída	9,25	13,59	14,72	13,92	19,50
Vegetação Primária	46,96	39,57	48,50	43,18	44,72
Hidrografia	3,88	3,82	3,13	2,74	2,40
Vegetação Secundária	15,79	20,12	9,35	16,26	9,15

A partir da determinação das áreas de cada classe, ao longo dos anos, percebe-se que a área urbana/construída foi a que teve maior crescimento no período estudado, aumentando em 110.8% de 1984 a 2015. A área urbanizada ocupava 9,25 Km² no início do período estudado (1984) e passou a ocupar 19,5 Km² em 2015, constatando a pressão antrópica no entorno dos mananciais. Por outro lado, a classe que obteve a maior redução em área foi a de vegetação secundária, cuja área passou de

15.79 Km² em 1984, para 9.15 Km² em 2015, equivalente a 42%.

O Gráfico 1 apresenta a dinâmica temporal das áreas das classes de coberturas do solo no

Gráfico 1. Dinâmica temporal das áreas das classes de uso e cobertura do solo.



Quando à cobertura da vegetação primária, entre as classificações estudadas, esta foi a que teve menor alteração em área durante o período estudado, com perda de apenas 4.8%, equivalente a 2.24 Km². Analisando a dinâmica da vegetação primária e da vegetação secundária no Gráfico 1, é perceptível que as duas linhas comportam-se de forma simétrica, ou seja, quando uma cresce a outra decresce, o que permite inferir que possivelmente a vegetação passou nesse período por regeneração apresentando vegetação primária em muitas áreas que antes apresentava vegetação secundária.

Conforme observa-se no Gráfico 1, na classe hidrografia também houve redução na área de cobertura, de 3.88 Km² em 1984 para 2.4 Km² em 2015, correspondendo a 38.1%. A ação antrópica no entorno dos mananciais consequente da expansão populacional tem sido o principal fato causador dos lagos Bolonha e Água Preta estarem em estado de eutrofização. Os lagos estão passando por processo de degradação decorrente da crescente e desordenada urbanização que ocorre nos municípios de Belém e Ananindeua. Os estudos de Leão e Sousa (2016), concluíram que a ocupação irregular, o crescimento urbano e os impactos ambientais têm afetado direta e indiretamente a preservação da biodiversidade e a qualidade das águas dos Lagos Bolonha e Água Preta.

Santos et al. (2013), analisaram a média mensal do Índice de Estado Trófico (IET) no lago

período estudado, o que permite reforçar o comportamento crescente da urbanização, ao longo dos anos, e a redução da vegetação secundária no mesmo período de estudo.

Água Preta, permitindo classificar o mesmo como um ambiente eutrófico. O lago Bolonha encontra-se em estado de eutrofização tão avançado que sua superfície está totalmente coberta por macrófitas, o que explicaria a grande perda na classificação da cobertura da hidrografia.

O efeito visual do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém é ainda mais perceptível observando-se a Figura 2. A urbanização crescente no entorno dos lagos está sendo representada pelas manchas vermelhas, a qual demonstra o aumento populacional dentro da APA Belém. A mancha vermelha a leste do lago Água Preta, cuja distância linear é 1.4 km, é a área onde foi instalado o aterro do Aurá, entre os anos de 1991 e 2015, este fato contribuiu demasiadamente para ocupação do local por catadores de lixo, corroborando negativamente para pressão antrópica sofrida pelos mananciais da RMB.

A perda de cobertura hidrográfica, representada por polígonos em tom azul, também é notória no Gráfico 1, permitindo observar a perda de 1.48 Km² de 1984 a 2015. Comparando-se as imagens de 1984 e 2015 na Figura 2, nota-se que muitas áreas que antes apresentavam vegetação secundária aparecem em 2015 ocupadas por área urbanizadas e vegetação primária, neste último caso consequente da regeneração.

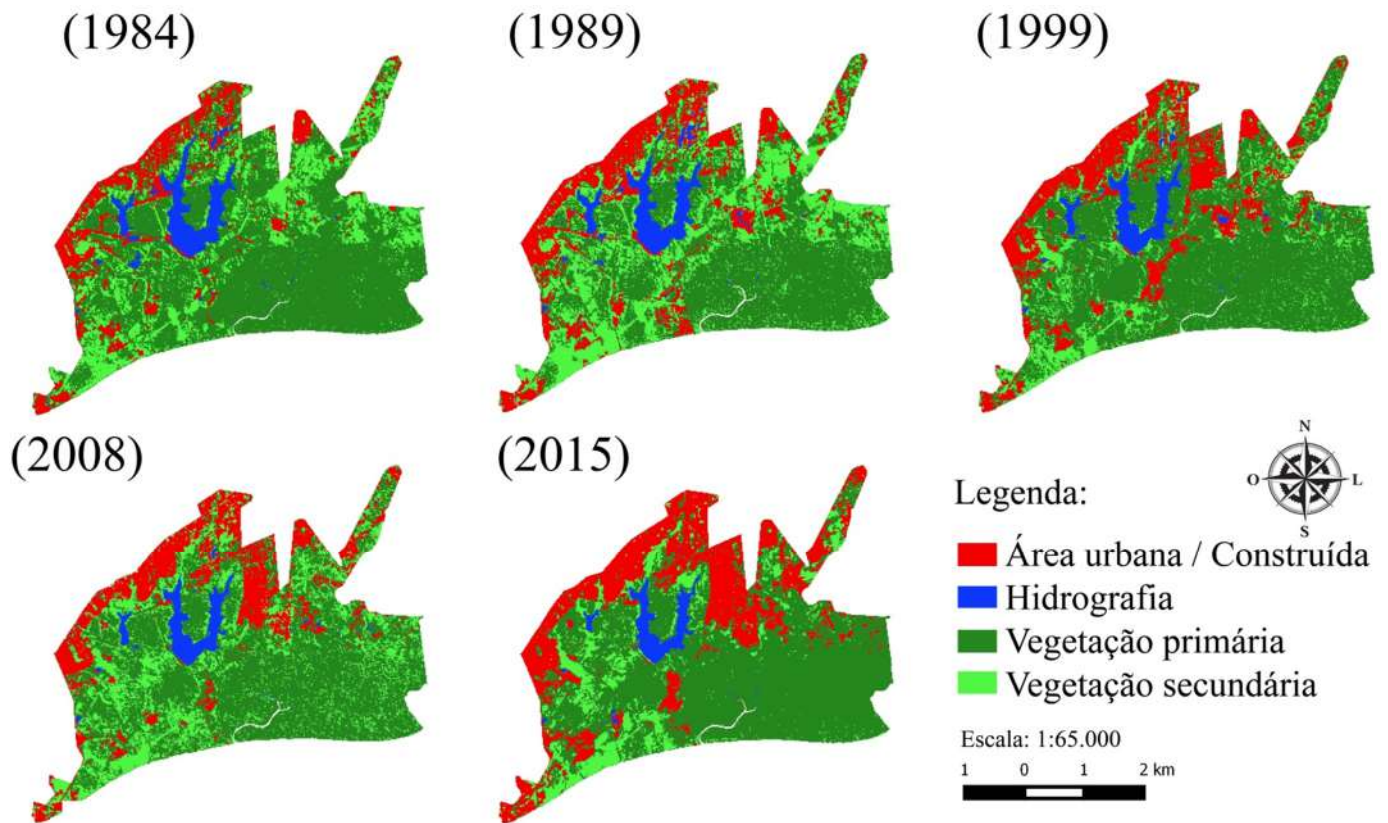


Figura 2. Uso e cobertura do solo no interior da APA Belém

A Figura 3 exibe a proporção temporal das áreas das classes de coberturas de terras nos anos de estudo, com objetivo de mostrar o percentual da

área ocupada por cada classe de cobertura estudada em cada ano de estudo.

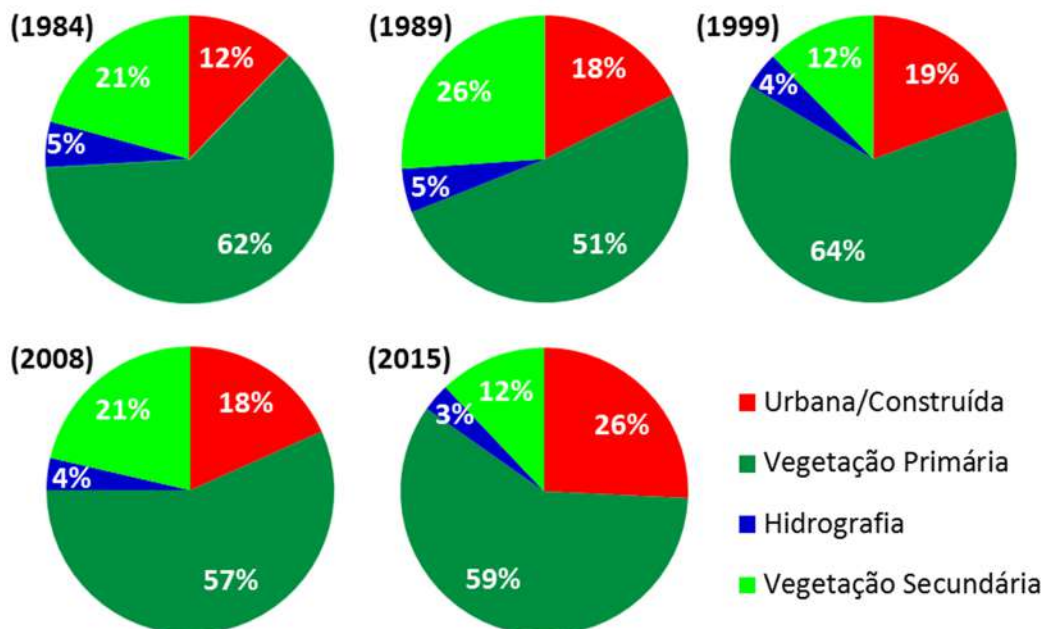


Figura 3. Proporção temporal das áreas das classes de uso e coberturas do solo.

A área urbanizada/construída em 1984 ocupava 12% da área estudada mantendo-se quase

que estável nos anos de 1989, 1999 e 2008 e em 2015 aumentou para 26%, conforme Figura 3. Por

outro lado, vegetação da área de estudo que é contemplado pela soma da área de vegetação primária e secundária, juntas cobriam 83% da área total em 1984, passando a ocupar apenas 71% em 2015. Dessa forma pode-se concluir que enquanto a área urbanizada/construída avançou 14% da cobertura da área total da APA Belém, a área de vegetação reduziu em 12%, inferindo-se que a urbanização está crescendo dentro desta Unidade de Conservação de forma descontrolada.

3.3.2 Análise Estatística Multivariada

A análise de componentes principais (PCA) foi executada para cada manancial através de 14 variáveis, sendo quatro classes de uso e coberturas do solo (Área Urbana/Construída, Hidrografia, Vegetação Primária e Vegetação Secundária) e a média anual de dez parâmetros de água (pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, dureza total, alcalinidade e matéria orgânica). Portanto, foram gerados 14 componentes principais (CP), para cada manancial, equivalentes ao número de variáveis disponíveis.

De acordo com Cruz e Regazzi (2001), variações totais acima de 80% obtidos com os dois ou três primeiros componentes principais possibilitam a análise de componentes principais, assim, somente as componentes que somam um total relevante de variância precisam de análises

para explicar a variância dos dados. Assim, a primeira componente captura a maior variância entre as variáveis, dessa forma explicando o máximo de variabilidade total dos dados, por outro lado, a segunda componente captura a segunda maior variância entre as variáveis e assim sucessivamente.

3.3.3 PCA do lago Bolonha

Analisando a Tabela 2, a qual apresenta a matriz de correlação entre as variáveis de uso e cobertura do solo e dos parâmetros de água do lago Bolonha, cujos valores discriminam a correlação entre os pares de variáveis, observa-se que, com exceção do parâmetro nitratos (NTA), todas as demais variáveis apresentam coeficientes de correlação com valores absolutos superiores a 0,7 com pelo menos uma das variáveis, ou seja, predominantemente as correlações entre as variáveis estudadas são fortes, pois segundo Cielo (2015), a classificação utilizada para os valores de correlação é a correlação bem fraca (0,0 a 0,19); correlação fraca (0,20 a 0,39); correlação moderada (0,40 a 0,69); correlação forte (0,70 a 0,89); correlação muito forte (0,90 a 1,00). As variáveis Cor, NTO, NTI e DT apresentam forte correlação com quatro ou mais variáveis.

Tabela 2: Matriz de correlação das variáveis do lago Bolonha

	U/C	VS	HD	VP	pH	Cor	TB	NTO	NTA	NTI	CL	DT	ALC	MO
U/C	1													
VS	-0.594	1												
HD	-0.828	0.658	1											
VP	-0.110	-0.733	-0.136	1										
pH	0.128	-0.512	-0.488	0.530	1									
Cor	0.908	-0.275	-0.819	-0.416	0.082	1								
TB	0.697	-0.065	-0.194	-0.534	-0.389	0.632	1							
NTO	0.612	0.271	-0.348	-0.849	-0.376	0.817	0.763	1						
NTA	0.185	0.093	-0.593	-0.228	0.307	0.493	-0.303	0.323	1					
NTI	0.825	-0.560	-0.657	-0.022	0.467	0.708	0.628	0.411	-0.008	1				
CL	0.181	-0.410	-0.256	0.334	0.844	0.069	0.001	-0.228	-0.107	0.678	1			
DT	0.583	-0.646	-0.737	0.304	0.866	0.505	0.101	0.036	0.267	0.836	0.842	1		
ALC	-0.498	0.272	0.023	0.127	0.036	-0.280	-0.810	-0.303	0.643	-0.724	-0.455	-0.321	1	
MO	-0.395	0.526	0.146	-0.279	-0.436	-0.124	-0.449	0.078	0.557	-0.777	-0.803	-0.634	0.863	1

U/C-Área Urbana/Construída; HD-Hidrografia; VP-Vegetação Primária; VS-Vegetação Secundária; pH-Potencial Hidrogeniônico; Cor; TB-Turbidez; NTO-Nitrogênio Amoniacal; NTA-Nitratos; NTI-Nitritos; CL-Cloretos; DT-Dureza Total; ALC-Alcalinidade; MO-Matéria Orgânica

Analisando as correlações apresentadas na Tabela 2, constata-se a correlação forte e positiva entre as variáveis U/C e NTI ($r = 0.825$), pH e CL ($r = 0.844$), pH e DT ($r = 0.866$), Cor e NTO ($r = 0.817$), Cor e NTI ($r = 0.708$), TB e NTO ($r = 0.763$), NTI e DT ($r = 0.836$), CL e DT ($r = 0.842$) e ALC e MO ($r = 0.863$). Pelo grau de correlação positiva podemos inferir que quando o valor de uma variável aumenta o valor da outra também aumenta.

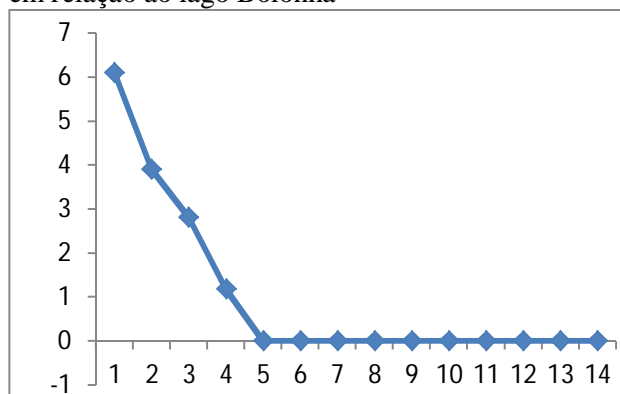
Verificou-se ainda a correlação forte e negativa entre as variáveis, com comportamentos inversamente proporcionais, estas variáveis são a U/C e HD ($r = -0.828$), VS e VP ($r = -0.733$), HD e Cor ($r = -0.819$), HD e DT ($r = -0.737$), TB e AL ($r = -0.810$), NTI e AL ($r = -0.724$), NTI e MO ($r = -0.777$) e CL e MO ($r = -0.803$).

Destaca-se a correlação muito forte e positiva ($r = 0.908$) entre U/C e Cor, desta forma evidenciando-se a correlação forte e muito forte entre as variáveis estudadas para o lago Bolonha.

A análise de componentes principais resultou na redução para 3 componentes principais, que são conjuntos de autovetores associados, os quais apresentam os escores que expressam a capacidade discriminatória das 14 variáveis analisadas.

O Gráfico Scree Plot que associa os autovalores aos componentes foi criado, conforme Gráfico 2, para avaliar visualmente qual número de componentes seriam necessários para explicar a variabilidade das variáveis estudadas. Apesar do gráfico sugerir 4 componentes para explicar a variabilidade por causa da quantidade de pontos anteriores ao ponto de inflexão da curva, este estudo adotou o modelo proposto por Cruz e Regazzi (2001) que afirmam que variações totais acima de 80% são suficiente para explicar tais variações dos dados.

Gráfico 2: Scree Plot (Autovalores x Componentes) em relação ao lago Bolonha



Conforme Tabela 3 (variância das componentes principais em relação ao lago Bolonha), a componente 1 (CP1) explica 43.6% da variabilidade total, por outro lado, a componente 2 (CP2) explica 27.9% e a componente 3 (CP3) explica 20.1%, acumulando 91.6% do total de variância, ficando perceptível que as demais componentes expressam muito pouco da variação dos dados analisados, ou seja, 8.4%. Assim, as componentes CP1, CP2 e CP3, explicam 91.6% da variância total dos dados.

Tabela 3: Variância das componentes principais em relação ao lago Bolonha

Componente	Autovalores	% Total da Variância	% Acumulado
1	6,104	43,597	43,597
2	3,904	27,888	71,485
3	2,810	20,069	91,554
4	1,182	8,446	100,000

A Tabela 4 apresenta a matriz das três componentes principais em relação ao lago Bolonha.

Tabela 4: Matriz de componentes principais em relação ao lago Bolonha

	Componentes		
	CP1	CP2	CP3
UC	,862	,373	,133
VS	-,670	,468	-,077
HD	-,758	-,059	-,608
VP	,089	-,890	,030
pH	,524	-,701	,346
Cor	,727	,579	,364
TB	,548	,687	-,467
NTO	,351	,919	,101
NTA	,066	,187	,956
NTI	,986	,066	-,113
CL	,654	-,558	-,157
DT	,875	-,357	,239
ALC	-,633	-,165	,755
MO	-,729	,317	,596

Na Tabela 4 os valores elevados dos pesos sugerem quais são as variáveis mais significativas em cada componente. As variáveis que tiveram

maiores pesos para a componente 1 (CP1) foram UC(0.862), VS(-0.670), HD(-0.758), NTI(0.986), CL(0,654), DT(0.875) e MO(-0.729), permitindo inferir que esta componente está associada aos impactos do processo de crescimento da urbanização no entorno dos mananciais, perda de vegetação secundária, perda da superfície hídrica, além de alteração nos parâmetros de nitritos, cloretos, dureza total e matéria orgânica. As variáveis que tiveram maiores escores para a componente 2 (CP2) foram VP(-0.890), pH(-0.701) TB(0.687) e NTO(0.919), enquanto que as variáveis que tiveram maiores escores para a componente 3 (CP3) foram NTA(0.956) e ALC(0.755).

3.3.4 PCA do lago Água Preta

A Tabela 5 apresenta a matriz de correlação das variáveis de uso e cobertura do solo e dos parâmetros de água do lago Água Preta, na qual predominantemente as correlações entre as variáveis estudadas são fortes com pelo menos uma outra variável, ressaltando-se que as variáveis U/C, HD, pH e CL apresentam forte correlação com três ou mais variáveis, o que mais uma vez reforça o efeito do antropismo no local através do scores altos para as variáveis área urbana/ construída e hidrografia.

Tabela 5: Matriz de correlação das variáveis do lago Água Preta

	U/C	VS	HD	VP	pH	Cor	TB	NTO	NTA	NTI	CL	DT	ALC	MO
U/C	1													
VS	-0.594	1												
HD	-0.828	0.657	1											
VP	-0.109	-0.733	-0.135	1										
pH	0.457	-0.364	-0.826	0.092	1									
Cor	0.893	-0.511	-0.948	-0.101	0.670	1								
TB	0.547	-0.584	-0.354	0.266	-0.214	0.476	1							
NTO	0.387	0.411	-0.027	-0.839	-0.243	0.334	0.303	1						
NTA	0.310	-0.001	-0.691	-0.228	0.860	0.660	-0.185	0.075	1					
NTI	0.817	-0.549	-0.656	-0.023	0.513	0.593	0.093	0.042	0.161	1				
CL	-0.594	0.091	0.360	0.377	0.119	-0.617	-0.769	-0.804	-0.156	-0.059	1			
DT	0.279	-0.431	-0.614	0.301	0.881	0.365	-0.406	-0.566	0.558	0.591	0.500	1		
ALC	-0.472	0.322	0.010	0.041	0.236	-0.024	-0.183	-0.148	0.565	-0.702	0.024	-0.003	1	
MO	0.471	-0.447	-0.588	0.183	0.207	0.684	0.796	0.256	0.387	-0.073	-0.757	-0.157	0.359	1

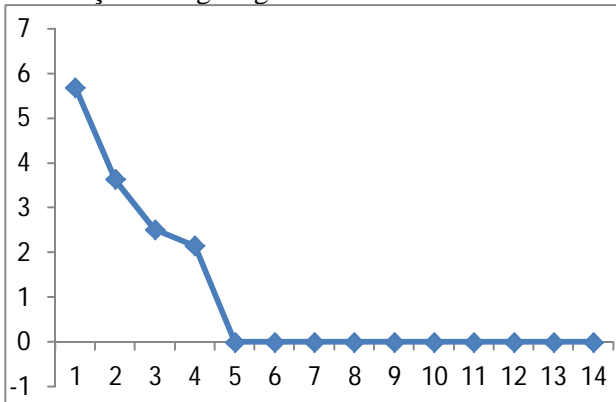
U/C-Área Urbana/Construída; HD-Hidrografia; VP-Vegetação Primária; VS-Vegetação Secundária; pH-Potencial Hidrogeniônico; Cor; TB-Turbidez; NTO-Nitrogênio Amoniacal; NTA-Nitratos; NTI-Nitritos; CL-Cloretos; DT-Dureza Total; ALC-Alcalinidade; M0-Matéria Orgânica

Conforme observa-se na Tabela 5, as correlações são forte e positiva entre as variáveis U/C e Cor ($r = 0.893$), U/C e NTI ($r = 0.817$), pH e NTA ($r = 0.860$), pH e DT ($r = 0.881$) e TB e MO ($r = 0.796$). Verificou-se ainda a correlação forte e negativa entre as variáveis U/C e HD ($r = -0.828$), VS e VP ($r = -0.733$), HD e pH ($r = -0.826$), VP e NTO ($r = -0.839$), TB e CL ($r = -0.769$), NTO e CL ($r = -0.804$), NTI e AL ($r = -0.702$) e CL e MO ($r = -0.757$). Destaca-se a correlação muito forte e negativa entre as variáveis HD e Cor ($r = -0.948$), predominando assim a forte correlação entre as variáveis estudadas para o lago da Água Preta.

O Gráfico 3 apresenta o Scree Plot (Autovalores x Componentes) em relação ao lago

Água Preta, e conforme pode-se visualizar, seriam necessários 4 componentes para explicar a variabilidade dos dados, há vista a inflexão ocorrer no ponto 5, mas devido ao modelo adotado no estudo a análise de componentes principais resultou em três componentes principais para explicar a variação dos dados.

Gráfico 3: Scree Plot (Autovalores x Componentes) em relação ao lago Água Preta



A Tabela 6 apresenta Variância das componentes principais em relação ao lago Água Preta. De acordo com a Tabela 6, a componente 1 (CP1), capturou 40.7% da variância total, desta forma tornando-se a melhor componente para explicar a variabilidade dos dados. Por outro lado, a componente 2 (CP2) capturou 26% e a componente 3 (CP3) capturou 18%, assim as componentes CP1, CP2 e CP3, explicam 84.7% da variância total dos dados.

Tabela 6: Variância das componentes principais em relação ao lago Água Preta

Componente	Autovalores	% Total da Variância	% Acumulado
1	5,694	40,673	40,673
2	3,640	25,997	66,670
3	2,518	17,986	84,655
4	2,148	15,345	100,000

Analisando a matriz de componentes principais em relação ao lago Água Preta, Tabela 7, é possível observar que das 14 variáveis estudadas, 7 estão associadas a componente 1 (CP1), ou seja, a metade. As variáveis são UC(0.907), VS(0.680), HD(-0.982), pH(0.712), Cor(0.974), NTI(0.684) e MO(0.640). Dessa forma, evidencia-se a associação desta componente a área urbana/construída, área de vegetação secundária, área de hídrica e aos parâmetros de qualidade de água pH, cor, nitritos e matéria orgânica. Nesta PCA para o lago Água Preta a CPI esteve associada às classes de uso e cobertura do solo UC, VS e HD.

Tabela 7: Matriz de componentes principais em relação ao lago Água Preta

	Componentes		
	CP1	CP2	CP3
UC	,907	-,218	-,168
VS	-,680	-,243	,647
HD	-,982	-,159	-,090
VP	,092	,486	-,626
pH	,712	,579	,397
Cor	,974	-,144	,172
TB	,491	-,626	-,485
NTO	,151	-,851	,330
NTA	,588	,246	,759
NTI	,684	,234	-,282
CL	-,495	,861	-,087
DT	,483	,857	,108
ALC	-,120	,098	,680
MO	,640	-,446	,049

As variáveis que tiveram maiores escores para a componente 2 (CP2) foram TB(-0.626), NTO(-0.851), CL(0.861) e DT(0.857), enquanto que as variáveis que tiveram maiores escores para a componente 3 (CP3) foram VP(-0.626), NTA(0.759) e ALC(0.680), permitindo inferir que os componentes principais de fato estão associados a antropização no entorno dos mananciais.

A Tabela 8 apresenta a matriz de correlação das variáveis do Ponto de Captação Guamá.

Tabela 8: Matriz de correlação das variáveis do Ponto de Captação Guamá

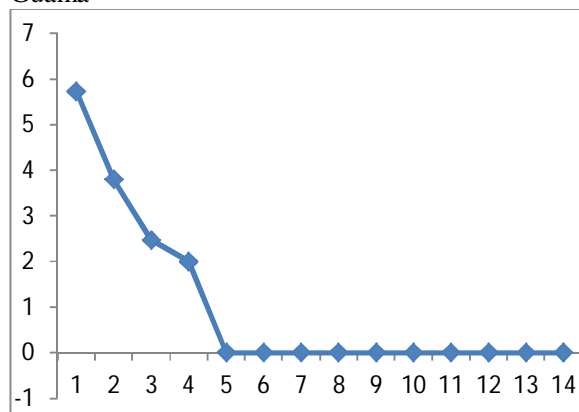
Matriz de Correlação	U/C	VS	HD	VP	pH	Cor	TB	NTO	NTA	NTI	CL	DT	ALC	MO
U/C	1													
VS	-0.594	1												
HD	-0.828	0.658	1											
VP	-0.110	-0.733	-0.136	1										
Ph	0.792	-0.547	-0.978	0.028	1									
Cor	0.976	-0.649	-0.929	-0.013	0.892	1								
TB	0.366	-0.427	-0.030	0.207	-0.155	0.270	1							
NTO	0.649	-0.443	-0.946	0.033	0.950	0.790	-0.185	1						
NTA	-0.383	0.205	-0.137	0.098	0.254	-0.209	-0.885	0.387	1					
NTI	0.722	-0.132	-0.325	-0.473	0.393	0.590	0.121	0.134	-0.463	1				
CL	-0.429	-0.065	0.291	0.421	-0.187	-0.409	-0.549	-0.317	0.418	-0.083	1			
DT	-0.107	-0.282	-0.186	0.434	0.300	-0.015	-0.675	0.189	0.635	-0.004	0.871	1		
ALC	-0.336	0.164	-0.046	0.124	-0.033	-0.190	-0.029	0.279	0.408	-0.809	-0.443	-0.323	1	
MO	-0.452	0.547	0.585	-0.286	-0.676	-0.507	0.408	-0.480	-0.327	-0.444	-0.564	-0.835	0.536	1

U/C-Área Urbana/Construída; HD-Hidrografia; VP-Vegetação Primária; VS-Vegetação Secundária; pH-Potencial Hidrogeniônico; Cor; TB-Turbidez; NTO-Nitrogênio Amoniacal; NTA-Nitratos; NTL-Nitritos; CL-Cloretos; DT-Dureza Total; ALC-Alcalinidade; M0-Matéria Orgânica

De acordo com as correlações entre os pares de variáveis apresentados na Tabela 8, observa-se que existe correlação forte e positiva entre as variáveis U/C e pH ($r = 0.792$), pH e Cor ($r = 0.892$), Cor e NTO ($r = 0.790$) e CL e DT ($r = 0.871$). Coeficiente de correlação forte e negativa também aparece entre as variáveis U/C e HD ($r = -0.828$), VS e VP ($r = -0.733$), NTI e ALC ($r = -0.809$) e DT e MO ($r = -0.835$). Verificou-se a correlação muito forte e negativa entre a variável HD e pH ($r = -0.978$), HD e Cor ($r = -0.929$) e HD e NTO ($r = -0.946$). Por outro lado, as correlações muito fortes e positivas apareceram nos pares U/C e Cor ($r = 0.976$) e pH e NTO ($r = 0.950$). Todas as variáveis apresentaram correlações forte ou muito forte com pelo menos outra variável. A matriz de correlação no ponto de Captação Guamá revelou que a variável HD apresenta correlação muito forte e negativa com os parâmetros pH, cor e nitrogênio, o que permite inferir que a medida que esses parâmetros aumentam, a área superficial da cobertura hídrica no interior da APA Belém reduz, evidenciando que a presença das macrófitas que cobrem grande parte da superfície dos lagos possivelmente está associada a água bruta que é captada do rio Guamá num ponto que localiza-se a 200 metros da foz do rio Aurá, cujas águas transportam o lixiviado gerado pelo depósito de resíduos sólidos do lixão do Aurá.

No ponto de Captação Guamá, conforme Gráfico 4, o qual apresenta o Scree Plot (Autovalores x Componentes) em relação ao Ponto de Captação Guamá, também se faz

necessário 4 componentes para explicar a variabilidade dos dados, mas adotou-se três componentes para explicar a variabilidade conforme modelo de Cruz e Regazzi (2001).

Gráfico 4: Scree Plot (Autovalores x Componentes) em relação ao Ponto de Captação Guamá

A Tabela 9 apresenta a variância das componentes principais em relação ao Ponto de Captação Guamá, nela a componente 1 (CP1), explica 40,9% da variância total, a componente 2 (CP2) explica 27,1% e a componente 3 (CP3) explica 17,7%, assim as componentes CP1, CP2 e CP3, representam 85,7% da variância total dos dados.

Tabela 9: Variância das componentes principais em relação ao Ponto de Captação Guamá

Componente	Autovalores	% Total da Variância	% Acumulado
1	5,734	40,955	40,955
2	3,796	27,115	68,071
3	2,475	17,680	85,751
4	1,995	14,249	100,000

A Tabela 10 apresenta a Matriz de componentes principais em relação ao Ponto de Captação Guamá.

Tabela 10: Matriz de componentes principais em relação ao Ponto de Captação Guamá

	Componentes		
	CP1	CP2	CP3
UC	,909	-,390	-,127
VS	-,711	-,038	,076
HD	-,954	-,002	-,300
VP	,119	,379	,062
pH	,947	,125	,248
Cor	,961	-,271	,042
TB	,076	-,811	-,143
NTO	,823	,106	,538
NTA	-,019	,816	,514
NTI	,551	-,278	-,660
CL	-,160	,854	-,469
DT	,260	,939	-,214
ALC	-,254	-,065	,956
MO	-,715	-,617	,327

Pode-se observar na Tabela 10 que as variáveis que tiveram maiores pesos para a componente 1 (CP1) foram UC(0.909), VS(-0.711), HD(-0.954), pH(0.947), Cor(0.961), NTO(0.823) e MO(-0.715), dessa forma deixando ainda mais evidente a associação deste componente com o antropismo na área de estudo através das variáveis relacionadas a urbanização, vegetação secundária e superfície hídrica, além dos parâmetros pH, cor, nitrogênio e matéria orgânica. As variáveis que tiveram maiores pesos para a componente 2 (CP2) foram VP(0.379), TB(-0.811), NTA(0.816), CL(0.854) e DT(0.939), enquanto que as variáveis que tiveram maiores pesos para a componente 3 (CP3) foram NTI(-0.660) e ALC(0.956).

3.4 Conclusão

A análise espaço-temporal da área de estudo e o monitoramento dos parâmetros de qualidade de água mostrou-se eficiente, podendo contribuir para gestão ambiental. Os resultados deste estudo expõe que o uso de técnicas de sensoriamento remoto através dos sistemas de informação geográfica é uma ferramenta poderosa que pode ser utilizada para o monitoramento de ecossistemas e para tomada de decisão na gestão ambiental.

Respaldo no uso do sensoriamento remoto foi possível medir e identificar áreas urbanas e construídas, áreas de vegetação primária, áreas de vegetação secundária e áreas de superfícies hídricas dos mananciais da RMB, revelando o aumento significativo da área urbanizada e construída, bem como a perda de vegetação dentro da APA Belém, desta forma evidenciando que a antropização nesta área está atingindo proporções descontroladas e impactantes.

O estudo constatou que as classes de uso e cobertura e os parâmetros de qualidade de água dos mananciais da RMB, estão fortemente correlacionados. A estatística multivariada através da PCA, revelou que as componentes principais sempre estiveram associadas fortemente à área urbanizada e construída, vegetação primária, vegetação secundária e superfície hídrica, reforçando definitivamente a evidência da ação antrópica dentro da APA Belém.

3.5 Agradecimentos

Este artigo está vinculado à dissertação para a obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará. Os autores agradecem à COSANPA, por ter concedido acesso às análises dos parâmetros de água concernentes aos períodos deste estudo.

Referências

- Albuquerque, E. L. S.; De Souza, M. J. N., 2016. Condições ambientais e socioeconômicas nas bacias hidrográficas costeiras do setor leste metropolitano de Fortaleza, Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 110-124.
- Araújo Jr., A. C. R.; De Azevedo, A. K. A.; OLIVEIRA, I. S., 2014. Problemática da água na Região Metropolitana de Belém (RMB)–Pará: aspectos histórico-geográficos. **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 7, n. 15, p. 117-131.
- Araújo, T. D.; Fonseca, E. L., 2016. Análise Multitemporal dos Lençóis Maranhenses entre

- 1984 a 2014 utilizando Sensoriamento Remoto orbital. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 280-295.
- Bordalo, C. A. L.; Ferreira, C. A. C.; Silva, F. A. O.; De Moraes, R. C., 2016. 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.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. CONAMA, 2005. **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.
- Braz, V.; Imbiriba, M., 2003. Gestão urbana da água. In: **Anais do Simpósio Amazônia, cidades e geopolítica das águas**. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA/UFGA.
- Carvalho, P. B. L.; Dall'Igna, L. G. 2016. Evolução do Desmatamento na Floresta Nacional de Jacundá-RO, no período de 2013 a 2015. **Revista FAROCIÊNCIA**, v. 2, n. 2, p. 163-168.
- Cielo, C. A.; Gonçalves, B. F. T.; Lima, J. P. M.; Christmann, M. K., 2015. Maximum phonation time of/a/, maximum phonation time predicted and respiratory type in adult women without laryngeal disorders. *Revista CEFAC*, v. 17, n. 2, p. 358-363.
- Coelho, I. A. M.; Duarte, S. M. A.; Coelho, O. A. M., 2015. Estudo da dinâmica da cobertura vegetal no município de Floresta/PE através de processamento digital de imagens. **REVISTA GEAMA**, v. 2, n. 1.
- Cruz, C. D.; Regazzi, A. J., 2001. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: UFV. 390 p.
- Dos Santos, L. S.; Gutierrez, C. B. B.; Pontes, A. N.; Souza, A. A. de A.; Martorano, L. G.; Silva Jr., O. M., 2016. Geotecnologia aplicada na análise de bacias hidrográficas e rede de drenagem: estudo das bacias hidrográficas do Murucutu e Aurá, Belém, Pará. **Revista Sodebrás**, V. 11, m. 124, p. 131-135.
- Dos Santos, L. S.; Gutierrez, C. B. B.; Dias, N. M.; Pontes, A. N.;, 2015. Análise Espacial Na Gestão De Recursos Hídricos: Bacia Hidrográfica Do Rio Uriboca, Belém, Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 11 n. 22; p. 161-172.
- Fidélis, J. F. M. A.; Lima, S.Q.; Lima, A. M. M.; Krag, M. N.; Guerreiro, Q. L. M., 2015. Bio-geoindicadores aplicados ao ecoturismo em unidades de conservação localizadas em espaços urbanos. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.8, n.2, p. 212-233.
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico. Disponível em:
<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=160030&search=||infinf%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas>. Acesso em: 25/03/2016.
- Leão, E. C.; De Sousa, F. H. F., 2016. A questão da ocupação irregular no entorno de áreas protegidas ambientalmente—uma análise do caso do parque estadual do Utinga no município de Belém-PA. **Revista Eletrônica de Direito da Faculdade Estácio do Pará**, v. 1, n. 2.
- Luz, L. M.; Rodrigues, J. E. C., 2014. 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.
- Moreira, M. A., 2011. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação. 4a. edição. Viçosa: **Ed. UFV. ISBN13: 9788572693813**.
- Oliveira, V. R.; Campos, C. L. M.; Machado, F. F.; Mendonça, M. J. S. F. , 2014. 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.
- Padilha, R.; Portugal, J. L.; Dos Santos, A. V.; Pereira, S. V.; Do Carmo, T. V. B., 2016. Proposição de Modelo de Corredores Ecológicos com Base no Sistema de Informações Geográficas na Região de Suape, Pernambuco, Brasi. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 079-090.
- 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: 21 de abril de 2016.
- Pimentel, M. A. da S.; Oliveira, I. da S.; Rodrigues, J. C. M., 2016. Dinâmica da Paisagem e Risco Ambiental na Ilha de Caratateua, Distrito de Belém-Pa. **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 624-633.
- Ponte, F. C.; *Furtado, A. M. M., Da Silva, C. N.; Da Silva, J. M. P.; Lima, R. S.*, 2016 Parâmetros Fisiográficos e Impactos Ambientais da Rodovia Santarém-Cuiabá (BR-

- 163), Estado do Pará, Brasil. **REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 9, n. 2.
- Sampaio, A. C. P.; Cordeiro, A. M. N.; Bastos, F. de H., 2016. Susceptibilidade à Erosão Relacionada ao Escoamento Superficial na Sub-Bacia do Alto Mundaú, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 125-143.
- Santo, V. C. P., 2014. Aurá de Gentes, Lixo e Água: Ação Pública e Racionalidades em confronto em Belém (Pa)". **Revista de Direito da Cidade**, v. 6, n. 1, p. 65-89.
- Santos, D. B. O.; Watrin, O. S., 2011. Base de dados geográficos na avaliação de áreas com restrição legal de uso do solo na fazenda experimental da Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**. Curitiba, PR, Brasil, INPE, p. 3963.
- Santos, M. L. S.; Bordalo, A. O.; Pereira, J. A. R.; Chira, P. A.; Alves, I. C. C., Sodré, S. S. V. S., 2013. 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.
- Silva, J. S.; Da Silva, R. M.; Silva, A. M., 2016. Mudanças do Uso e Ocupação do Solo e Degradação Eco-Ambiental Usando Imagens Orbitais: o estudo de caso da bacia do Rio Bacanga, São Luís (MA). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 5.
- Souza, A. C. da C.; Da Silva, M. L., 2016. Geoprocessamento aplicado ao levantamento de solos no Município de Inconfidentes-MG (GIS applied to the soil survey in the city of Inconfidentes-MG). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 200-214.
- Spinelli, M. V. P.; Carvalho, R. M. C. M. de O.; Da Silva, H. P.; Brandão, S. S. F.; Frutuoso, M. N. M. de A., 2016. Estudo Sustentável da Capacidade de Carga Antrópica e a sua Influência no Ponto de Equilíbrio da Resiliência Ambiental. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 185-199.
- Teixeira, M. R., 2016. A Utilização do Geoprocessamento na Análise Ambiental e sua Importância na Tomada de Decisões: um estudo sobre o uso do geoprocessamento em pesquisas sobre ocupação desordenada do solo. **Repositório do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB**, Pós-graduação Latu Sensu.
- Tucci, C. E. M., 2006. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA. ISBN 8577380475.
- Vieira, A. L.; Ponte, M. X., 2006. Efeitos Organizativos e Manejo de Recursos: o papel dos agentes sociais para a reciclagem na cidade de Belém. **III Encontro da ANPPAS - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade**, 23 a 26 de maio de 2006. Brasília-DF. Disponível em <http://www.anppas.org.br/>. Acesso em 22/04/2016.

4 ARTIGO 3***Monitoramento da qualidade da água consumida por uma metrópole amazônica**

*Este artigo foi submetido à Revista Espacios, ISSN:0798-1015, um periódico mensal de divulgação científica para publicação interdisciplinar cujo objetivo principal é a difusão de experiências e resultados de pesquisas no campo da gestão de tecnologia, educação e relacionadas internacionalmente, atuando especialmente na América Central e Sulamérica. Sua classificação qualis para área interdisciplinar é B1.

Monitoramento da qualidade da água consumida por uma metrópole amazônica

Water quality monitoring consumed by an Amazonian metropolis

Carlos Benedito Barreiros GUTIERREZ¹, Hebe Morganne Campos Ribeiro², Gundisalvo Piratoba Morales³, Dione Margarete Gomes Gutierrez⁴, Leonardo Sousa dos Santos⁵, Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez⁶

¹Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil. Autor correspondente: E-mail: cbbg@ig.com.br.

²Doutora em Engenharia Elétrica. Pesquisadora do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

³Doutor em Geologia e Geoquímica. Pesquisador do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

⁴Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

⁵Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, Pará, Brasil.

⁶Doutora em Geologia e Geoquímica. Coordenadora do Curso de Engenharia Ambiental. Universidade do Estado do Pará (UEPA).

RESUMO

O fornecimento de água potável de 60% da Região Metropolitana de Belém (RMB), capital do Estado do Pará, Brasil, é feito pela Companhia de Saneamento do Pará. Este estudo teve como objetivo monitorar a qualidade da água na estação de tratamento de água (ETA) da Companhia de Saneamento, comparando os valores dos parâmetros físico-químicos com os limites estabelecidos para água potável nas portarias do Ministério da Saúde e com o padrão de qualidade determinado pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) para água bruta. Para atingir este objetivo foram coletadas as análises de água da Companhia de Saneamento antes e depois da ETA para os anos 1991, 1999, 2008, 2012 e 2015. Foram feitas análises estatísticas através de teste-t pareado entre os pares de dados dos parâmetros, considerando significantes os valores de $p \leq 0,05$. O estudo constatou que houve diferença estatisticamente significativa nos parâmetros cor (0,0076), turbidez (0,0137) e matéria orgânica (0,0008) e que a água consumida pela população da RMB apresenta parâmetros com valores fora dos limites preconizados pelas Portarias do Ministério da Saúde.

Palavras-chave: água potável, parâmetros de água, qualidade de água.

ABSTRACT

The drinking water supply of 60% of the metropolitan area of Belém (MAB), State Pará, Brazil, is made by the Pará Sanitation Company. The aim of this study is to monitor the water quality in the water treatment plant (WTP) of Sanitation Company by comparing the values of physico-chemical parameters with the limits for drinking water in the ordinances of the Ministry of Health and the standard quality determined by the National Environmental Council (CONAMA) to gross water. To achieve this goal were collected analyzes water sanitation company before and after WTP for the years 1991, 1999, 2008, 2012 and 2015. Statistical analyzes were made through T-test between the parameters of data pairs, considering significant $p < 0.05$. This study found a statistically significant difference in color parameters (0.0076), turbidity (0.0137) and organic matter (0.0008) and the water consumed by the population of MAB has parameters with values outside the limit set by the Ministry of Health's ordinances.

4.1. INTRODUÇÃO

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e conforme seu Art. 2º esta Portaria se aplica à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água (BRASIL, 2011).

Para Sousa e Bordalo (2016), devido à necessidade de expandir e administrar o fornecimento de água potável em todo o Estado do Pará, a Lei 4.336, de 21 de dezembro de 1970, criou a Companhia de Saneamento do Pará, que atualmente atende toda a Região Metropolitana de Belém (RMB). A companhia de saneamento é a concessionária que gerencia o desenvolvimento dos sistemas de água e esgoto na RMB e segundo Bordalo *et al.* (2016), no Estado do Pará, esta concessionária é responsável pelos serviços de água em 41% dos municípios, incluindo a capital, que de acordo com a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade, cerca de 60% da população é abastecida de água pelos serviços da companhia de saneamento (PARÁ, 2016).

Souza *et al.* (2015), ressaltam que o tratamento de água é feito a partir da água doce encontrada na natureza, que contém resíduos orgânicos, sais dissolvidos, metais pesados, partículas em suspensão e micro-organismos. As estações de tratamento de água possuem como objetivo tornar a água bruta própria para a utilização a que se destina, através da remoção de determinadas impurezas e tratamento, atendendo ao padrão de potabilidade contido na Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

A água que abastece a RMB é captada do lago Bolonha a qual é tratada na Estação de Tratamento de Água Bolonha (ETA Bolonha) (ARAÚJO JR., 2014). Em referência a Belém, capital do Estado do Pará, Giatti e Cutolo (2012) alertam que mesmo em uma grande capital amazônica, problemas de acesso à água são também bastante complexos, tendo em sua constituição aspectos de infraestrutura, mas também questões ligadas às relações homem-ambiente, sobretudo no que diz respeito à percepção sobre qualidade de água e riscos à saúde.

De acordo com Henning *et al.* (2014), o abastecimento de água em termos de quantidade e qualidade é uma preocupação crescente, e investimentos nas estações de tratamento são exigidos para garantir a qualidade da água fornecida. Para Mendes *et al.* (2016), é importante a análise dos parâmetros de qualidade das águas, uma vez que estas análises são importantes para a comunidade consumidora pois alerta sobre a qualidade do produto oferecido.

Segundo Silva *et al.* (2015), para adequar as características da água bruta a um padrão vigente, faz-se necessário analisar suas características específicas, tais como características físicas, químicas e biológicas, para saber a viabilidade de um possível tratamento. Estudos com cunho científico que buscam aferir a qualidade da água valem-se da análise dessas características físico-química biológica para qualificar águas. A exemplo do que foi exposto, está o estudo de Oliveira *et al.* (2016) que identificaram alteração na qualidade da água do rio Mumbuca, em Minas Gerais, através dos seguintes parâmetros analisados: coliformes totais e fecais, cor, dureza total, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, turbidez, DBO, DQO e pH.

Conforme Brilhante *et al.* (2016), o pH é um parâmetro de caráter operacional, ou seja, deve ser acompanhada para aperfeiçoar os processos de tratamento. Segundo De Sousa *et al.* (2016), o Ph é a medida de concentração de íons H^+ presentes na solução e é uma das determinações de qualidade de água mais frequentemente executadas, apresentando a acidez ou a basicidade das águas, que podem ter origens em fatores naturais do terreno ou resultantes de poluentes dissolvidos na água. A Resolução do CONAMA nº357/2005 estabelece um intervalo de pH que varia entre 6 e 9 para todas as classes de enquadramento das águas.

A cor e a turbidez são dois indicadores da qualidade da água que às vezes estão inter-relacionados. De acordo com Freitas (2016), turbidez se refere ao grau de atenuação que um feixe

de luz sofre ao atravessar uma amostra de água. Para Sousa *et al.* (2015), a cor é uma medida que indica a presença na água de substâncias dissolvidas ou em suspensão coloidal. A cor é um parâmetro de aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto, podendo ser também prejudicial economicamente para algumas indústrias. De acordo com a Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde o valor máximo permissível de cor na água distribuída é de 15,0 mg Pt/L (BRASIL, 2011).

O nitrogênio, quanto à origem antropogênica, pode ser proveniente de despejos domésticos e industriais assim como de excrementos animais e fertilizantes químicos, podendo indicar grau de contaminação. Segundo Sperling (2005), o nitrogênio pode ser encontrado no meio aquático nas seguintes formas: nitrogênio molecular, nitrogênio orgânico, nitrogênio amoniacal (amônia), nitrato e nitrito. O nitrogênio amoniacal, em doses elevadas, apresentará efeito tóxico aos microrganismos aquáticos (CARVALHO *et al.*, 2015).

Segundo Kuhn, Zart e Oliveira (2016), o teor de cloreto é um indicador de poluição por esgotos domésticos nas águas naturais. 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 *et al.*, 2016).

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 Alcalinidade pode ser decorrente do pH, e serve para medir a capacidade da água em neutralizar os ácidos, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados (LIBÂNIO, 2005).

Para Sperling (2005), em todos os cursos d'água podem ser encontrados cloretos, em maior ou menor proporção, os mesmo são resultantes da dissolução de sais (ex: cloreto de sódio), isso se considerarmos sua existência na natureza, já sua origem antropogênica advém de despejos domésticos ou industriais e água proveniente de irrigação.

A matéria orgânica é a formação de elementos baseados em carbono e onde se observa a presença de hidrogênio. Segundo Silva *et al.* (2015), é fundamental manter e verificar as condições aeróbicas no meio hídrico, pois um dos principais responsáveis pela elevação do consumo de oxigênio dissolvido são os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica.

Este estudo teve como objetivo monitorar a qualidade da água na estação de tratamento de água da companhia de saneamento, comparando os valores dos parâmetros físico-químicos pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, dureza total, alcalinidade e matéria orgânica, de acordo com os padrões de qualidade de água estabelecidos nas Resoluções do CONAMA, para água bruta, e nos limites estabelecidos nas portarias do Ministério da Saúde, para água potável, nos anos de 1991, 1999, 2008, 2012 e 2015.

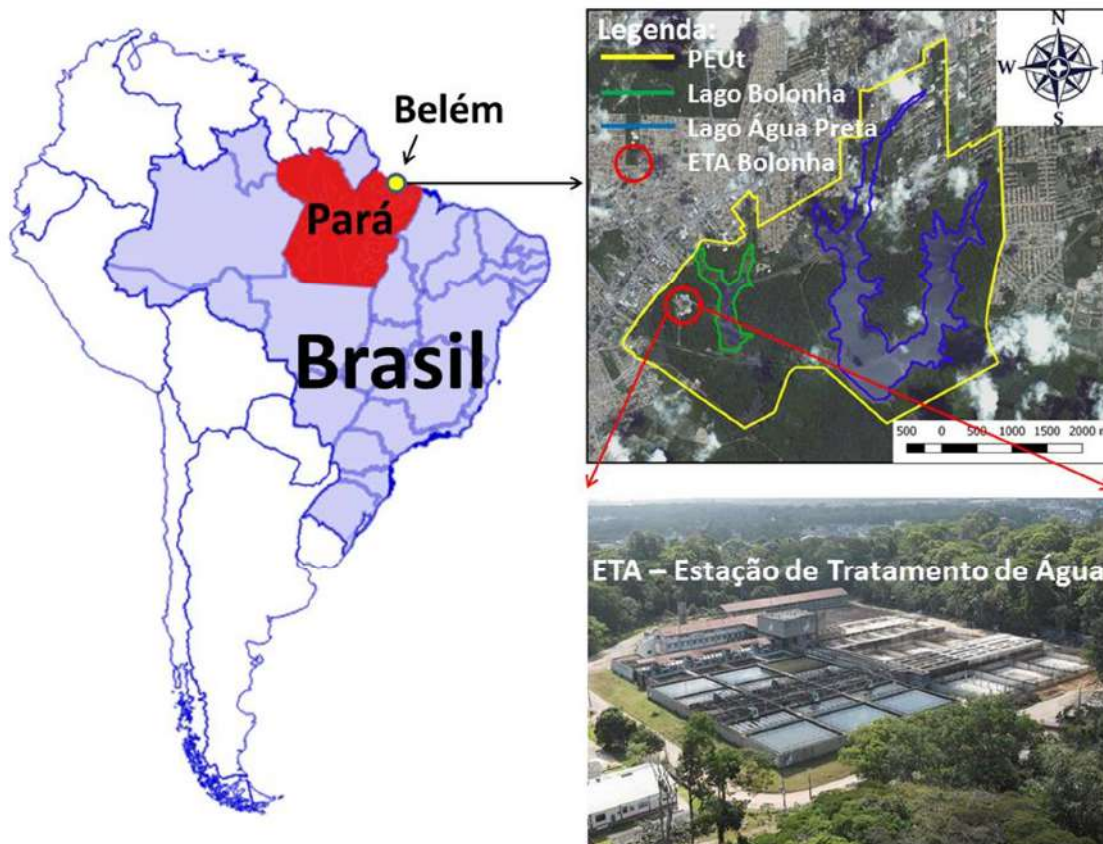
4.2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação de Tratamento de Água (ETA Bolonha) gerenciada pela companhia de saneamento, a qual está localizada no município de Belém, capital do Estado do Pará, região norte do Brasil, nas coordenadas geográficas 01°25'07''S e 48°26'20''W.

A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo. Nela percebe-se que a ETA Bolonha está nas proximidades do lago Bolonha e do lago da Água Preta, mananciais da RMB. Tanto os mananciais quanto a ETA Bolonha estão inseridos no Parque Estadual do Utinga (PEUt), criado pelo Decreto Estadual nº 1.552, de 03 de maio de 1993 com a finalidade de proteção dos

mananciais de abastecimento de água da RMB e preservação da biodiversidade local (PARÁ, 2016).

Figura 01: Localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Objetivando atingir a proposta deste estudo foi solicitado à companhia de saneamento, através de requerimento, o acesso a todas às análises laboratoriais de água, feitas pela própria instituição. As análises de laboratório contemplam os parâmetros da água bruta antes de entrar na ETA Bolonha e da água já tratada, ou seja, após passar pela estação de tratamento e antes de ser fornecida ao consumidor final.

Essas análises de parâmetros de qualidade de água são mantidas, pela companhia de saneamento, em documentos impressos arquivados. Para este estudo foram selecionadas as análises dos anos de 1991, 1999, 2008, 2012 e 2015. Todos os documentos foram escaneados e convertidos para forma digital. Os dados das análises de água foram coletados no período de junho de 2015 a fevereiro de 2016. Os dados foram organizados em um banco de dados estruturado na forma de planilha eletrônica utilizando o *software* MS Excel 2010 para cálculo dos valores médios anuais e posterior geração de Gráficos.

A qualidade da água foi avaliada a partir da determinação dos parâmetros físico-químicos comuns nos períodos de estudo. Os parâmetros selecionados para esta pesquisa foram pH, cor, turbidez, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos, cloretos, dureza total, alcalinidade e matéria orgânica. Foram comparados os valores das análises laboratoriais com os padrões de qualidade determinados nas resoluções CONAMA 20/1986 e CONAMA 357/2005 para água bruta. Os valores das análises laboratoriais para água tratada foram comparados com os limites estabelecidos para água potável dispostos nas Portarias do Ministério da Saúde de nº 36/MS/GM de 19 de janeiro de 1990, nº 1469 de 29 de dezembro de 2000, nº 518 de 25 de março de 2004 e portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

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 antes e depois da estação de tratamento de água. 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 antes e depois da ETA. Foram considerados como estatisticamente significantes valores com $p \leq 0,05$.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cada parâmetro de água foi avaliado individualmente, calculando-se suas médias anuais antes e depois de passar pela estação de tratamento de água. A Tabela 1 apresenta as médias anuais de cada parâmetro antes e depois da ETA Bolonha.

Tabela 1: Médias anuais de cada parâmetro antes e depois da ETA Bolonha.

Parâmetro / Ano	1991		1999		2008		2012		2015	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Ph	6,20	5,90	6,17	6,62	5,91	6,27	6,60	6,40	6,71	6,47
Cor (mg Pt/L)	30,00	10,00	43,33	5,12	81,43	11,50	83,33	8,33	81,00	7,22
Turbidez (UNT)	5,50	3,00	11,02	2,34	11,42	1,90	12,68	2,25	18,76	1,90
N-Amoniacal (mg/L)	0,05	0,16	0,10	0,05	0,25	0,13	0,62	2,86	0,32	0,14
Nitratos (mg/L)	0,02	0,06	0,02	0,02	0,23	0,12	0,21	0,21	0,08	0,09
Nitritos (mg/L)	0,001	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,002
Cloretos (mg/L)	40,00	8,00	12,33	14,75	15,71	15,00	31,67	33,83	42,20	41,11
Dureza Total (mg/L)	14,00	12,00	10,00	22,00	16,57	22,14	14,67	14,00	25,20	18,44
Alcalinidade (mg/L)	10,00	10,00	11,33	17,50	11,14	14,28	14,00	10,00	3,60	3,55
Matéria Orgânica (mg/L)	3,30	1,60	2,83	1,18	3,68	1,47	3,17	1,70	2,28	1,18

Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

A companhia de saneamento não tem regra específica para a quantidade de análises feitas ao longo do ano, nem periodicidade exata. Dessa forma os valores apresentados na Tabela 1 consolidam a média de 02 (duas) análises em 1991, 08 (oito) análises em 1999, 14 (quatorze) análises em 2008, 12 (doze) análises em 2012 e 14 (quatorze) análises em 2015.

A água bruta é imprópria ao consumo humano, haja vista não ter passado por tratamento. Por outro lado a água denominada potável é a água tratada e adequada ao consumo humano. A estação de tratamento de água da companhia de saneamento tem por finalidade transformar a água bruta em água potável. O que o consumidor final almeja é que ao final do processo a água esteja dentro dos padrões de potabilidade adequados ao consumo humano, ou seja, em conformidade com a legislação.

A partir dos valores médios anuais dos parâmetros antes e depois da ETA Bolonha 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 2 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.

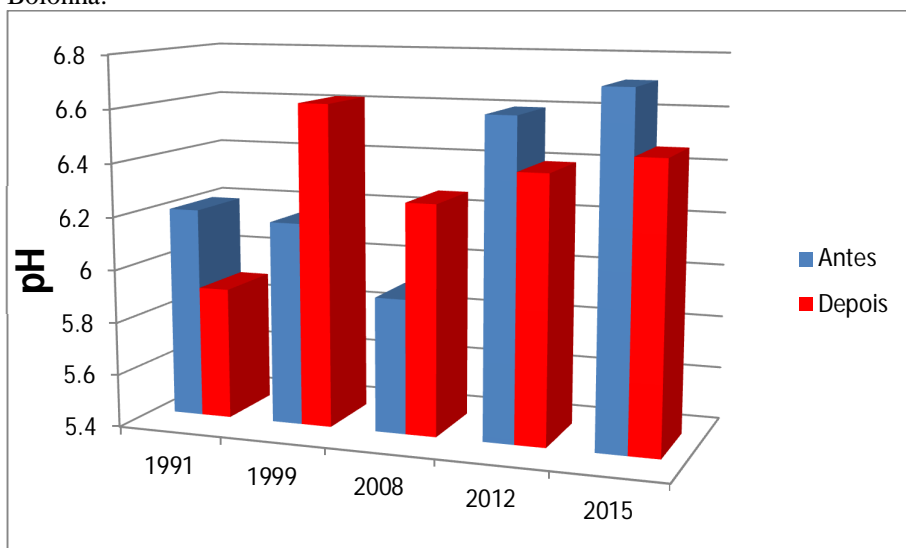
Tabela 2: Valores de p para o teste-t pareado

Parâmetro	p
pH	0,9349
Cor	0,0076
Turbidez	0,0137
N-Amoniacal	0,4359
Nitratos	0,6633
Nitritos	0,5769
Cloretos	0,4245
Dureza Total	0,6432
Alcalinidade	0,5714
Matéria Orgânica	0,0008

Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

Através do teste-t pareado não foram verificadas diferenças estatisticamente significantes nos parâmetros de pH (0.9349), nitrogênio amoniacal (0.3695), nitratos (0.6633), nitritos (0.5769), cloretos (0.4245), dureza total (0.6432) e alcalinidade (0.5714), haja vista esses valores estarem acima do nível de significância estabelecido. Por outro lado, o teste-t pareado revelou diferenças significativas nos parâmetros cor (0.0076), turbidez (0.0137) e matéria orgânica (0.0008).

O Gráfico 01 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro pH antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 1: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro pH antes e depois da ETA Bolonha.

Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

O pH (Potencial Hidrogeniônico) é usado para exprimir se a água é ácida (básica), neutra ou alcalina. Conforme observa-se no Gráfico 1, todos os valores médios de pH estavam com teor ácido durante todo o período de estudo, ou seja, os valores estiveram abaixo de 7 (sete). O pH é muito importante para determinar a tendência de incrustação do carbonato de cálcio e a corrosividade da água

Antes da ETA a menor média registrada foi de 5,91 em 2008 enquanto que a maior média foi 6,71 em 2015. O padrão de qualidade estabelecido pelas resoluções do CONAMA determina que os valores estejam entre 6 e 9 para água bruta, desta forma o estudo revelou que no ano de 2008 a média estava abaixo deste padrão. Nos demais anos todas as médias registradas estavam em conformidade com os limites determinados nas Resoluções do CONAMA.

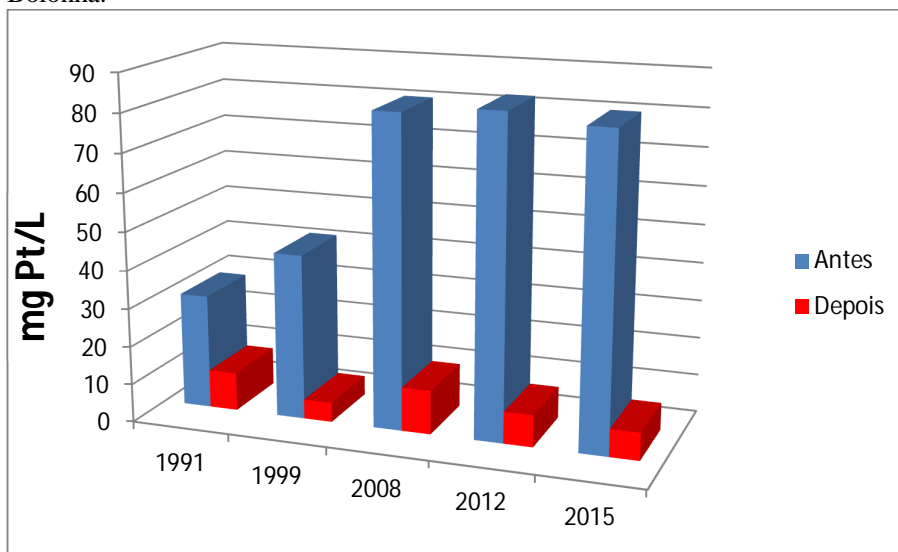
Depois da ETA, isto é, após o processo de tratamento, a menor média registrada foi de 5,9 em 1991 enquanto que a maior média foi 6,47 em 2015. De acordo com os limites estabelecidos pelas Portarias de Ministério da Saúde para água potável, somente no ano de 1991 a média anual esteve fora do limite preconizado entre 6,5 e 8,5, segundo a Portaria nº 36/MS/GM/1990. As demais médias anuais de pH apresentaram valores dentro dos limites estabelecidos entre 6,0 e 9,5.

Confrontando os valores encontrados neste estudo com os valores de outros estudos, Farias *et al.* (2011), monitoraram a qualidade da água do Rio Cabelo-PB, através das análises de parâmetros físico-químicos, encontrando pH entre 6 e 7. Santos e Mohr (2014) investigaram a saúde e qualidade da água através da determinação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de águas subterrâneas utilizadas para consumo humano, nas cidades de Chiapeta e Santo Antônio das Missões, ambas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul, encontrando valores de pH entre 5,65 e 6,15. Loredo *et al.* (2016), estudaram a água destinada para abastecimento humano no município de Santa Brígida-BA, e estes encontraram concentrações nas amostras de pH variando de 7 e 8. Pereira *et al.* (2010), analisaram as condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-PA, e relataram que o pH apresentou valores entre 4,9 e 7,5. Mendes *et al.* (2016), avaliaram a qualidade da água de bebedouros da Universidade do Estado do Pará e encontraram valores de pH variando entre 3,92 e 7,64.

As águas amazônicas têm por natureza teores ácidos. A Fundação Nacional de Saúde reportou que águas com acidez elevada são desagradáveis ao paladar. Além disso, a acidificação das águas é capaz de promover doenças crônicas como diabetes mellitus, cânceres e induzir a acidose metabólica, causadas pela carência na concentração de carbonatos na água (BRASIL, 2014).

O Gráfico 02 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro cor antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 2: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro cor antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

A cor é um parâmetro de aspecto estético, e geralmente é um indicador da presença de substâncias dissolvidas na água. Com relação a esse parâmetro, conforme observa-se no Gráfico 2,

antes do tratamento da água na ETA os níveis foram mais altos do que após o processo de tratamento.

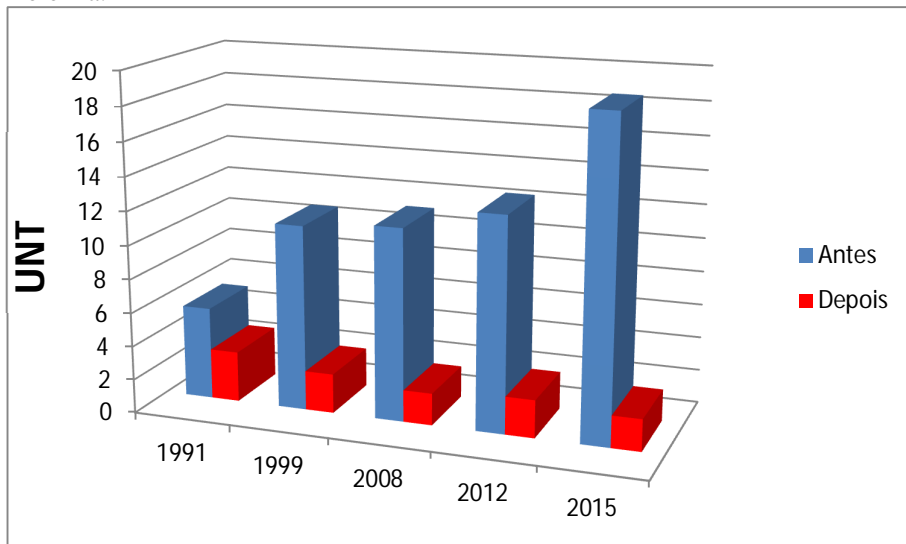
Antes da ETA a menor média registrada foi de 30,0 em 1991 e a maior média de 83,33 em 2012. O limite de qualidade determinado pelas resoluções do CONAMA é de 75 mg Pt/L, assim o estudo constatou que nos anos de 1991 e 1999 as médias estavam dentro do padrão de qualidade. Por outro lado nos anos de 2008, 2012 e 2015 as médias de cor estavam fora dos limites determinados no CONAMA.

Após o processo de tratamento, a menor média registrada para o parâmetro cor foi de 5,12 mg Pt/L em 1999 enquanto que a maior média foi 11,5 mg Pt/L em 2008. De acordo com os limites estabelecidos pelas Portarias de Ministério da Saúde para água potável, até o ano 2000 o limite preconizado era até 5,0 mg Pt/L e após a portaria nº 1469/2000 passou a ser 15 mg Pt/L. Desta forma pode-se inferir que a única média fora dos limites estabelecidos pelas portarias é a do ano de 1999, ressaltando-se que como a legislação anterior ao ano 2000 era mais criteriosa, pode-se considerar que a média apresentada em 1999 estando abaixo do limite aceitável, mas não alarmante a ponto de provocar calamidade, haja vista que no ano seguinte, em 2000, este limite mudou de 5,0 para 15 mg Pt/L, tornando a legislação mais branda e menos criteriosa.

Ao comparar os valores encontrados neste estudo com os valores de outros estudos, Vasconcelos e Souza (2011), analisaram a qualidade das águas dos lagos Bolonha, Água Preta e rio Guamá de 2007 a 2009, e concluíram que o menor nível de cor registrado foi de 32,50 mg Pt/L e o maior foi de 111,63 mg Pt/L. Loredo *et al.* (2016), nos seus estudos para água destinada ao abastecimento humano encontraram concentrações de 5 mg/L para o parâmetro cor.

O Gráfico 03 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro turbidez antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 3: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Turbidez antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

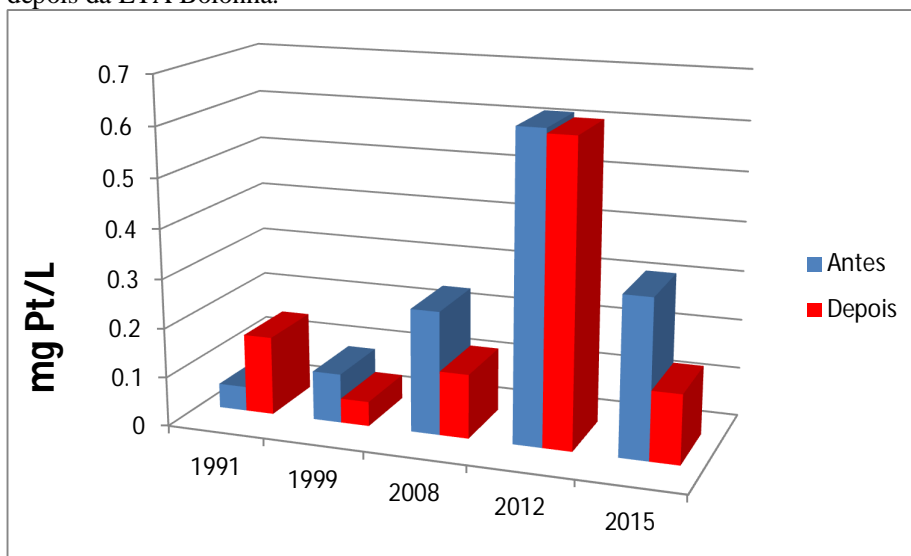
A turbidez decorre da presença de substâncias visíveis (partículas) em suspensão que interferem na transparência da água. No que concerne a esse parâmetro, conforme Gráfico 3 é notório que a água bruta, antes do ETA, apresenta valores crescentes ao longo dos anos, registrando a menor média de 5,5 UNT em 1991 e a maior média de 18,76 em 2015. O padrão de qualidade CONAMA em todo o período de estudo é de 100 UNT. Portanto todas as médias de turbidez estavam dentro do padrão de qualidade.

O Ministério da Saúde dispôs em todas suas Portarias o limite de 5,0 UNT para água potável. A menor média anual de turbidez ocorreu em 2008, registrando valor de 1,9 UNT, enquanto que a maior média foi registrada em 1991, alcançando o valor de 3,0 UNT. Assim pode-se afirmar que a turbidez, durante o período de estudo, estava dentro dos limites estabelecidos pelas portarias.

Estudos correlatos apresentaram outros valores para turbidez. Santos *et al.* (2012), investigaram a distribuição dos teores de chumbo em sedimentos de fundo das margens do rio Guamá, apresentando valores médios de 5,0 UNT a 14,0 UNT. Pereira *et al.* (2010), encontraram na água consumida pela população de Abaetetuba-PA valores entre 0,4 e 12,4 UNT. Santos e Mohr (2014) ao investigaram águas subterrâneas encontraram valores de turbidez variando de 0,104 a 1,360 UNT. Farias *et al.* (2011), monitoraram a qualidade da água bruta e encontraram valores entre 2,0 a 60 UNT.

O Gráfico 04 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro nitrogênio amoniacal (N-amoniaco) antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 4: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Nitrogênio Amoniacal antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

O nitrogênio é um elemento que pode aparecer de diversas formas no meio ambiente, sendo o esgoto sanitário uma de suas fontes. Os limites estabelecidos pelo CONAMA para água bruta antes de 2005 era de 1,0 mg/L e passou a ser 3,7 mg/L para pH inferior a 7,5, cujo caso se enquadra este estudo. Conforme observa-se no Gráfico 4, todos os valores médios de N-amoniaco mantiveram-se dentro do padrão preconizado de qualidade. A menor média registrada antes da ETA foi de 0,05 mg/L em 1991 enquanto que a maior média foi 0,62 em 2012.

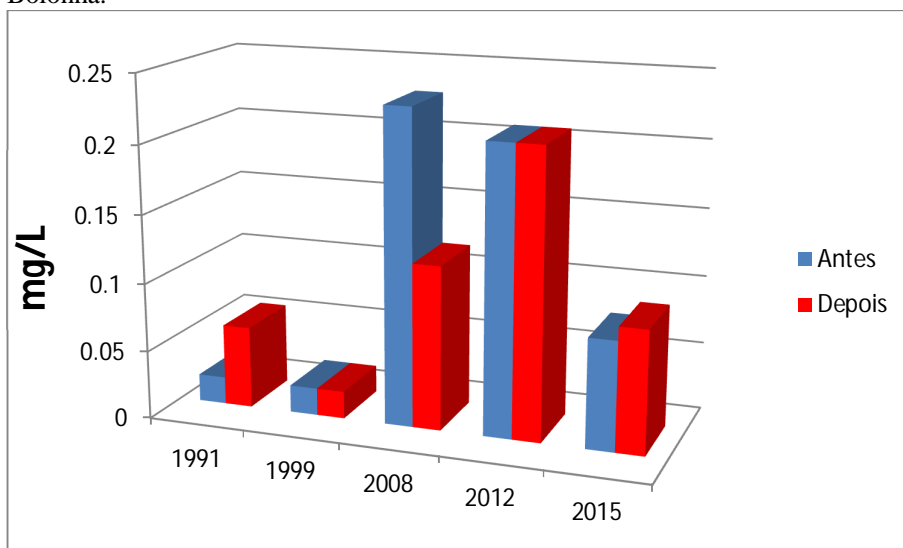
Depois da ETA, a menor média anual observada foi de 0,05 mg/L em 1999 enquanto que a maior média foi 2,86 em 2012. As Portarias do Ministério da Saúde estabelecem o limite de 1,5 mg/L para todos os períodos de estudado, o que permite inferir que no ano de 2012 este valor médio esteve muito acima do limite de qualidade estabelecido para potabilidade da água. Em outubro do mesmo ano houve uma única análise que registrou o valor de n-amoniaco em 15 mg/L, bastante discrepante se comparado aos demais valores, desta forma elevando a média. A causa da discrepância do valor foi apurada, mas a resposta encontrada para tal fato foi que poderia ter sido algum erro de digitação, o que é uma possibilidade plausível.

Correlacionando os valores encontrados neste estudo com outros estudos, De Souza *et al.* (2016) ao investigaram o impacto das atividades antropogênicas da cidade de Belém-PA pela

comparação da qualidade da água das comunidades de larvas de peixes em dois igarapés, que desembocam no rio Guamá, encontraram valor médio de 0,1 mg/L para o nitrogênio amoniacal. Danelon *et al.* (2016) analisaram parâmetros indicadores de poluição nas águas do Córrego Terra Branca-MG, determinando valores médios na nascente de 0,38 a 0,19 mg/L.

O Gráfico 05 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro nitrato antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 5: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Nitrato antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

O nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio encontrado nas águas, sendo o último estágio da oxidação da matéria orgânica. Os limites estabelecidos tanto pelo CONAMA para água bruta como pelas Portarias do Ministério da Saúde para água potável, é de 10 mg/L.

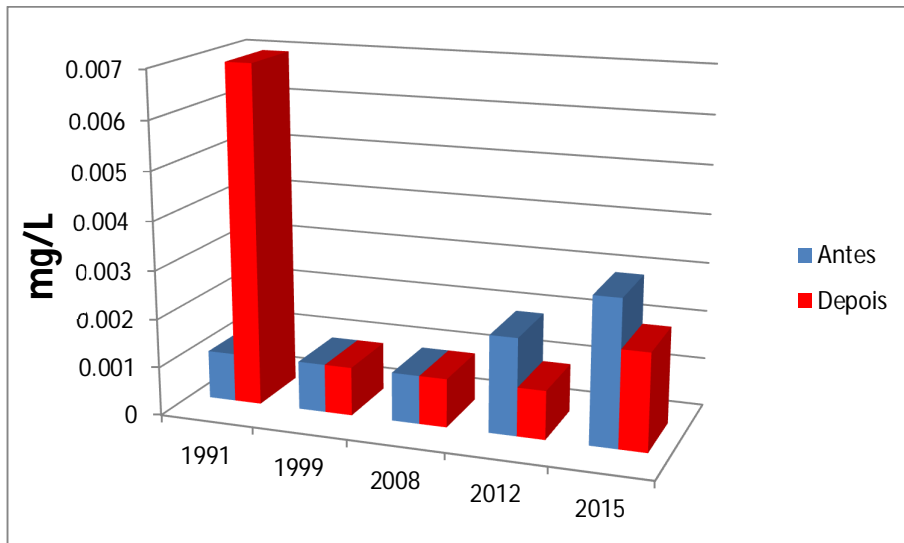
Antes da ETA, conforme observa-se no Gráfico 5, todos os valores médios de nitrato mantiveram-se dentro do limite estabelecido como padrão de qualidade, ficando todos abaixo de 10 mg/L. A menor média registrada foi de 0,02 mg/L nos anos de 1991 e 1999, enquanto que a maior média foi 0,23 em 2008.

A água após tratamento na ETA, registrou a menor média de 0,02 mg/L em 1999 e a maior média foi 0,23 em 2012, portanto, em conformidade com as Portarias do Ministério da Saúde, ou seja, com concentrações também abaixo do limite estabelecido para água potável. Concentrações superiores a 10 mg/L de nitrato demonstram condições sanitárias inadequadas, pois a fonte principal de nitrato, em regiões sem influência agrícola são despejos humanos e despejos animais.

Quanto aos estudos correlatos, Damasceno *et al.* (2015), avaliaram as condições físico-químicas e bacteriológicas de água do rio Amazonas na orla de Macapá-AP, encontrando concentração de nitrato de 3,17 mg/L no período menos chuvoso. De Moraes e Rossi (2015), avaliaram a qualidade da água pela determinação de ânions por cromatografia de íons nas pequenas centrais hidroelétricas de São José e São Joaquim, São Paulo, encontrando valor máximo para nitrato de 3,58 mg/L. Loredó *et al.* (2016), ao estudarem a água potável encontraram concentrações 0,1 mg/L.

O Gráfico 06 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro nitrito antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 6: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Nitrito antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

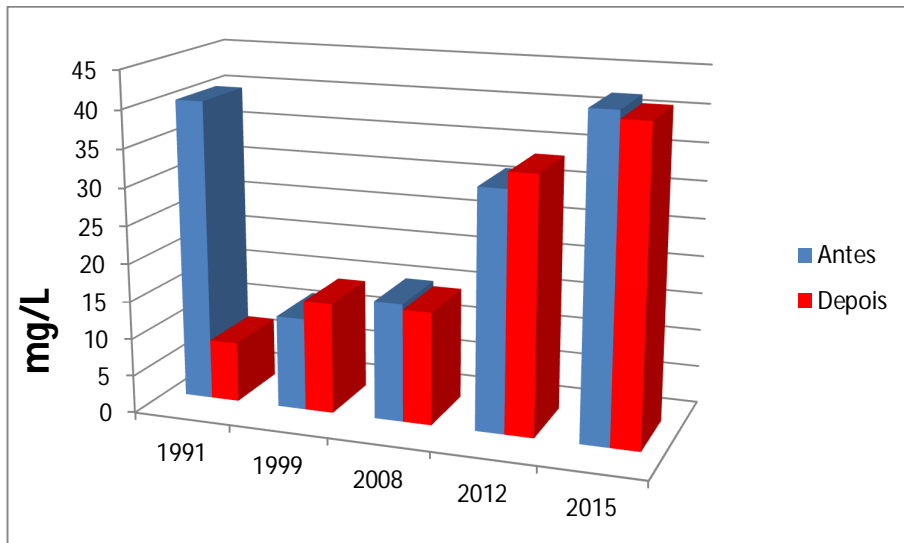
Chama-se nitrificação o processo de oxidação biológica sofrida pela amônia, que é convertida a nitrito por um grupo de bactérias nitrificadoras. Durante todo o período de estudo, tanto a água bruta antes da ETA, quanto a água tratada depois da ETA, apresentaram análises laboratoriais de nitritos com concentrações dentro dos limites estabelecidos pelas resoluções do CONAMA e pelas Portarias do Ministério da Saúde, respectivamente. O valor limite para este parâmetro é de 1,0 mg/L para água bruta e para água tratada em todo o período de estudo.

Conforme exposto no Gráfico 6, antes da ETA a menor média registrada foi de 0,001 mg/L e ocorreram nos anos de 1991, 1999 e 2008. A maior média observada foi 0,003 mg/L em 2015. Por outro, lado depois da ETA, a menor média registrada foi de 0,001 mg/L e ocorreram nos anos de 1999, 2012 e 2015, enquanto que a maior média observada foi 0,007 mg/L em 1991.

Ao comparar os valores encontrados neste estudo com os valores de outros estudos, Andrietti *et al.* (2016), em suas análises de IQA e IET no rio Caiabi-MT encontraram em período de chuva o valor médio de 2,6 mg/L, e em período de seca de 2,1 mg/L. Loredó *et al.* (2016), ao estudarem a água potável não encontraram concentrações de nitrito. De Moraes e Rossi (2015), determinaram o valor máximo para nitrito de 0,16 mg/L.

O Gráfico 07 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro cloreto antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 7: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Cloreto antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

O cloreto é uma medida da salinidade (teor em sal) nas águas. Concentrações excessivas de cloretos aceleram a corrosão. No que se refere aos teores de cloreto encontrados antes e depois da ETA neste estudo, todas as médias, sem exceção, estavam em conformidade com as Portarias do Ministério da Saúde e com as Resoluções do CONAMA. Os limites estabelecidos tanto pelas Portarias quanto pelas Resoluções para o parâmetro cloreto é de 250 mg/L.

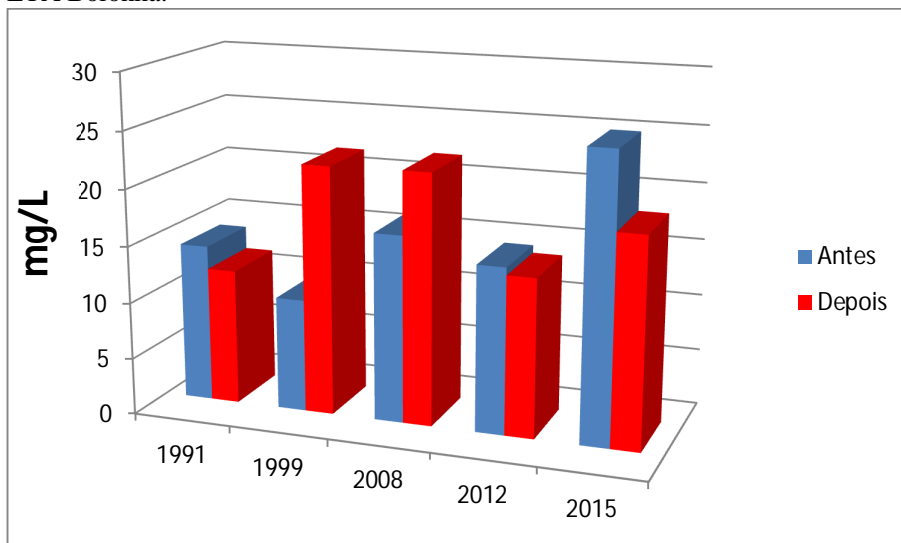
Conforme disposto no Gráfico 7, antes do tratamento da água o menor níveis de cloreto observado foi de 12,33 mg/L em 1999 e máximo foi de 42,2 mg/L em 2015. Por outro lado, depois do tratamento da água, o menor nível de cloreto registrado foi 12 mg/L em 1991 e o maior foi de 22,14 mg/L em 2008, todos muito abaixo dos níveis determinados tanto para água bruta quanto para água potável.

Ao comparar os valores deste estudo com outros, Danelon *et al.* (2016) encontraram nas águas do Córrego Terra Branca-MG, valores médios de 46,9 mg/L na nascente e 45,9 mg/L na foz. De Moraes e Rossi (2015), em pequenas centrais hidroelétricas de São Paulo, registraram cloretos entre 2,89 mg/L e 24,52 mg/L. Loredó *et al.* (2016), ao estudarem a água potável no município de Santa Brígida-BA, encontraram concentrações de cloreto de 320 mg/L. Mendes *et al.* (2016), quando avaliaram a qualidade da água de bebedouros encontraram valores variando entre 7,563 e 28,141 mg/L para o parâmetro cloreto. Nos estudos de Farias *et al.* (2011), as concentrações médias de cloretos variaram de 30 a 49 mg/L. Pereira *et al.* (2010), ao analisarem as condições de potabilidade da água de Abaetetuba-PA, relataram níveis de cloreto de 21,53 mg/L.

O monitoramento de cloreto é importante porque em níveis de concentração elevada pode sinalizar problemas de contaminação de águas por despejos de origem doméstica e industrial.

O Gráfico 08 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro dureza total antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 8: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Dureza Total antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

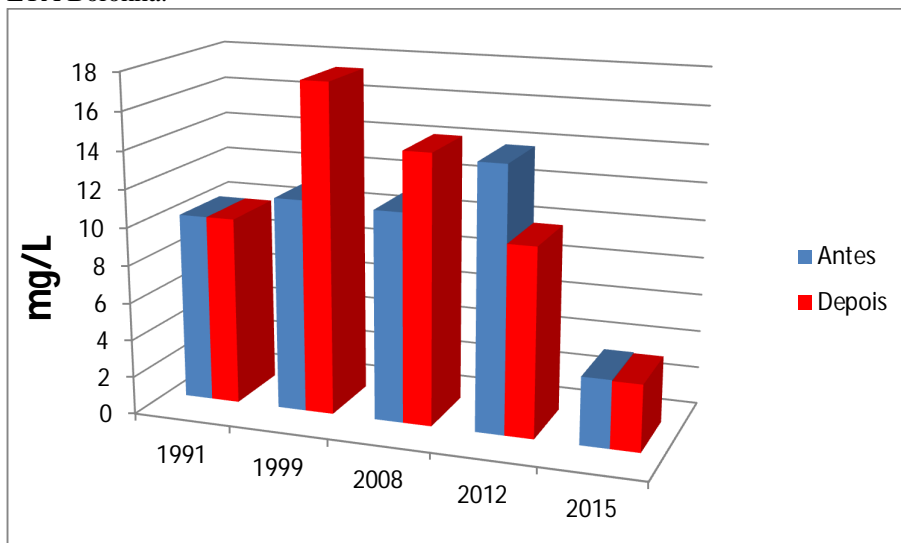
A dureza é uma característica das águas que está relacionada principalmente com os teores de cálcio e magnésio presentes. Conforme observa-se no Gráfico 8, todos os valores médios de dureza total estavam com concentrações dentro dos limites aceitáveis para água bruta e para água tratada.

Antes da ETA a menor média anual de concentração de cloreto observada foi de 10 mg/L em 1999 e a maior foi de 25,2 mg/L em 2015. O padrão de qualidade estabelecido pelas resoluções do CONAMA determina que o valor limite seja 250 mg/L para todo o período estudado. Assim, todas as médias registradas estavam em conformidade com os limites determinados. Depois da ETA, a menor média anual de concentração registrada foi de 12,0 mg/L em 1991 enquanto que a maior média foi 22,14 mg/L em 2008. De acordo com os limites estabelecidos pelas Portarias de Ministério da Saúde para água potável, todas as médias estiveram dentro do limite preconizado de 250 mg/L.

Correlacionando este estudo com outros, Loredó *et al.* (2016), ao estudarem água potável no sertão da Bahia, encontraram concentrações máxima de 140mg/L. Pereira *et al.* (2010), ao analisaram as condições de potabilidade da água de Abaetetuba-PA, relataram níveis de cloreto de 64,4 mg/L. 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.

O Gráfico 09 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Alcalinidade antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 9: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Alcalinidade antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

A Alcalinidade pode ser decorrente do pH, e serve para medir a capacidade da água e neutralizar os ácidos, pois é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados no tratamento da água. Em outras palavras, a alcalinidade age como um tampão para neutralizar o excesso de acidez na água.

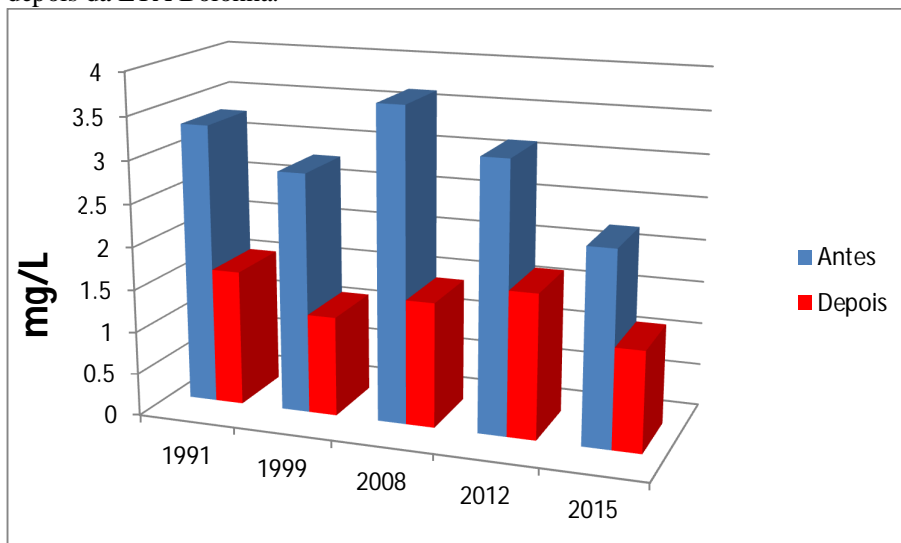
A água bruta antes da ETA apresentou menor média anual de 3,6 mg/L em 2015 e a maior média anual de 14 mg/L em 2008, conforme Gráfico 9. Por outro lado, a água tratada depois do processamento na ETA, registrou menor média anual no valor de 3,55 mg/L em 2015 e maior média anual de 17,5 mg/L no ano de 1999.

Confrontando os valores analisados neste estudo com os valores encontrados por Loredó *et al.* (2016) que estudaram a água destinada para abastecimento humano no município de Santa Brígida-BA, os autores encontraram concentrações de 80 mg/L para alcalinidade. Farias *et al.* (2011) encontraram alcalinidade para água bruta entre 12,5 e 21 mg/L. Pereira *et al.* (2010), estudaram as condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-PA, e relataram que a alcalinidade apresentou valores entre 2 e 41 mg/L. Mendes *et al.* (2016) avaliaram a qualidade da água de bebedouros da Universidade do Estado do Pará e encontraram valores de alcalinidade variando de 0,791 a 3,719 mg/L. Farias *et al.* (2011), encontraram variação média das concentrações de alcalinidade no Rio Cabelo, entre 12,5 e 21,0 mg/L. Santos e Mohr (2014), encontraram em águas para o consumo humano, valores de alcalinidade variando de 3,375 a 17,875 mg/L.

Em concentrações moderadas na água de consumo humano, a alcalinidade não tem nenhum significado sanitário. O composto mineral mais prevalente causando alcalinidade é o carbonato de cálcio, o qual pode vir de pedras, tais como o calcário. É comum que as pessoas tenham preocupações de excesso de acidez em água, mas o excesso de alcalinidade também pode ser prejudicial. Excesso de minerais em suspensão na água pode facilitar a transferência de chumbo e outros minerais colocando a saúde dos consumidores em risco, e em níveis elevados pode tornar o sabor desagradável.

O Gráfico 10 apresenta a comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro matéria orgânica antes e depois da ETA Bolonha.

Gráfico 10: Comparação entre os valores das médias anuais para o parâmetro Matéria Orgânica antes e depois da ETA Bolonha.



Fonte: Desenvolvido pelos Autores (2016).

A presença de matéria orgânica nas águas pode ter várias fontes, podendo ser resultante de plantas, de efluentes, sedimentação, decomposições e tantas outras fontes. Nas Resoluções do CONAMA e nas Portarias do Ministério da Saúde, não existe a citação de um valor limite para este indicador, muito embora, ultimamente, este parâmetro vem ganhando importância na avaliação da qualidade das águas superficiais. (TORRES & SOBRINHO, 2016).

Antes da ETA a menor média anual foi de 2,28 mg/L em 2015 e a maior média anual foi de 3,68 mg/L em 2008, conforme Gráfico 10. Para água tratada depois do processamento na ETA, a menor média anual foi de 1,18 mg/L em 1999 e a maior média anual foi de 1,7 mg/L no ano de 2008.

Comparando os resultados encontrados no presente estudo com outros correlatos, Santos *et al.* (2012), investigaram a distribuição dos teores de chumbo em sedimentos de fundo das margens do rio Guamá, encontrando nas amostras coletadas nas margens direita do rio Guamá mínimo de 5,0 mg/L e máximo de 12,0 mg/L, enquanto que para margem esquerda foi encontrado o valor mínimo de 6,0 mg/L e máximo de 14,0 mg/L.

O excesso de matéria orgânica pode influenciar na cor, turbidez, odor, consumo do oxigênio dissolvido, pois quanto mais elevada a quantidade de matéria orgânica na água, maior a retração da quantidade de oxigênio. Assim dito, também pode influenciar em outros parâmetros, consequentemente provocando desequilíbrio no ambiente e até mesmo consequências à saúde do consumidor. Silva *et al.* (2009), alertam que o vírus da hepatite A é transmitido, exclusivamente, por via feco-oral e que os coliformes termotolerantes estão presentes, principalmente, na matéria orgânica fecal de animais de sangue quente, o que sugere o monitoramento desse parâmetro que pode provocar malefícios para água que abastece a Região Metropolitana de Belém.

4.4. CONCLUSÃO

Ao monitorar a qualidade da água na estação de tratamento de água da companhia de saneamento, os resultados demonstraram que estatisticamente houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) na cor, turbidez e matéria orgânica, quando esses parâmetros foram pareados antes e depois da ETA. O estudo também revelou que os parâmetros pH e cor apresentaram valores fora dos limites preconizados pelas Resoluções do CONAMA e pelas Portarias do Ministério da Saúde. Todavia, é importante ressaltar que a eficiência no tratamento da água na ETA, vem apresentando melhoras

nos resultados, haja vista que o pH não apresenta valores fora do padrão de potabilidade desde 1991 e a cor desde 1999. As médias anuais dos demais parâmetros de água destinada ao consumo humano estão obedecendo ao padrão de potabilidade recomendado pela Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde.

4.5 AGRADECIMENTOS

Este artigo está vinculado à dissertação para a obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará. Os autores agradecem à Companhia de Saneamento do Pará, por ter concedido acesso às análises dos parâmetros de água concernentes aos períodos deste estudo.

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 JR., Antônio Carlos Ribeiro. 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.

BELLUTA, Ivalde; JESUS, Sílvio Alexandre; VIEIRA, Márcio Piedade; CORRÊA, Nelita Maria; RALL, Vera Lúcia Mores; VALENTE, José Pedro Serra Valente. 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.

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.

BRILHANTE, Sthênio Cabral; SANTOS, Edcarlos Araújo; MARTINS, Wanderson Silva; LEITE, Camila Maria Formiga; SILVA, Thyessa Paola Cavalcante; SOUSA, Rubens Amâncio; MARACAJÁ, Patrício Borges. Análise microbiológica e físico-química da água de bebedouros utilizados em escolas públicas na cidade de Coremas-PB. **Informativo Técnico do Semiárido**, v. 10, n. 1, p. 05-08, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde**, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **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, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 02 de março de 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em 15 de julho de 2016.

CARVALHO, D. L. D.; SOUZA, M. A. C. D.; ZEMPULSKI, D. A. Utilização do Método Eletrofoculação para tratamento de efluentes industriais. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v.3, 2015.

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.

DANELON, Jean Roger Bombonato; DA LUZ NETTO, Fausto Miguel; RODRIGUES, Silvio Carlos. Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego Terra Branca no município de Uberlândia (MG). **REVISTA GEONORTE**, v. 3, n. 4, p. 412-421, 2016.

DE MORAES, Luís Henrique Ferreira; ROSSI, Maura Vincenza. Avaliação da qualidade da água pela determinação de ânions por cromatografia de íons nas pequenas centrais hidroelétricas de São José e São Joaquim. **Revinter Revista de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 2, 2015.

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.

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.

FREITAS, Fabiano Amarante. Qualidade da água e uso da terra na bacia de contribuição da Represa de São Pedro, Juiz de Fora-MG, 2015. **Repositório da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF**. Disponível em: <http://www.ufjf.br/>. Acesso em 10 de julho de 2016.

GIATTI, Leandro Luiz; CUTOLO, Silvana Audrá. Acesso à água para consumo humano e aspectos de saúde pública na Amazônia Legal. **Ambiente & Sociedade**, v. 15, n. 1, p. 93-109, 2012

HENNING, Elisa; WALTER, Olga Maria Formigoni Carvalho; DE SOUZA, Nadine Santos; SAMOHYL, Robert Wayne. Um estudo para a aplicação de Gráficos de controle estatístico de processo em indicadores de qualidade da água potável. **Sistemas & Gestão**, v. 9, n. 1, p. 2-13, 2014.

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. **Destques Acadêmicos**, v. 7, n. 4, 2016.

LIBÂNIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: **Editora Átomo**, 2005.

LORDELO, Lidiane Mendes Kruschewsky; BORJA, Patrícia Campos; PORSANI, Milton José; ANDRADE, Jailson de; MORAES, Luiz Roberto Santos. qualidade das águas superficiais e subterrâneas do município de santa brígida – sertão da BAHIA, para abastecimento humano. In anais: **IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental – IV COBESA**. – 13 a 16 de julho de 2016.

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.

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, Ana Paula Silva da cunha; NOGUEIRA, Sandra Aparecida; LEITE JUNIOR, Maurício Cezar Resende; TOURINO, Alexandre Mendonça. QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO MUMBUCA DE LAMBARI-MG DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v14i2.3186>. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 341-347, 2016.

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: 10 de julho de 2016.

PEREIRA, Simone de Fátima Pinheiro; COSTA, Andrelina de Carvalho; CARDOSO, Edineide do Socorro Carvalho; CORRÊA, Maria do Socorro Soares; ALVES, Danila Teresa Valeriano; MIRANDA, Rafaella Galvão; DE OLIVEIRA, Geiso Rafael Fonseca. condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-Pará. **REA – Revista de estudos ambientais (Online)**, v.12, n. 1, p. 50-62, jan./jun. 2010.

SANTOS, Renata Souza; MOH, 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.

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.

SILVA, Claudionor de oliveira; CLEMENTE, José Amauri; ALVES, Ana Claudia Fernandes da Silva Pacheco. Degradação ambiental e sociedade: um estudo do manancial de abastecimento público da cidade de Santana do Mundaú-AL. **Ciencia & Natura**, v. 37, n. 4, 2015.

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, Elivelton dos Santos; BORDALO, Carlos Alexandre Leão. O Serviço de Abastecimento de Água Potável: Análise da Gestão e de Conflitos por Água em Belém-PA. **Boletim Amazônico de Geografia**, v. 2, n. 04, 2016.

SOUSA, Rubens Amâncio; MARINHO, Petrusk Homero; FILHO, Evandro Mendes de Figueireido; MARTINS, Wanderson da Silva; LEITE, Camila Maria Formiga; SILVA, Thyessa Paola Cavalcante; BRILHANTE, Sthênio Cabral. 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.

SPERLING, M. V. – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 1 ed. **Belo Horizonte**: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; UFMG; 1996 452p.

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

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.

5 CONCLUSÕES GERAIS

O monitoramento ambiental através de análise multitemporal e/ou espaço-temporal tem se mostrado eficiente em trabalhos de cunho científico. A resolução CONAMA estabelece valores de padrão de qualidade para água bruta, enquanto que os limites estabelecidos para água potável estão dispostos nas Portarias do Ministério da Saúde, os quais são utilizados pela comunidade científica como parâmetro de comparação em suas análises permitindo categorizar os recursos hídricos, objetos de seus estudos, e aferir a qualidade de águas consumidas pelas populações.

O uso de sistemas de informação geográfica e de sensoriamento remoto são metodologias que possibilitam estudos das mudanças no uso e cobertura do solo, valendo-se de imagens disponibilizadas gratuitamente em diversos portais eletrônicos, com destaque para o site americano de Serviço de Levantamento Geológico, a USGS - United States Geological Survey, que disponibiliza além das imagens, os metadados destas.

A análise multivariada é um recurso estatístico que explica e quantifica o grau de relação entre dados, em estudos que envolvem muitas variáveis.

Este estudo compilou informações no período de 1984 a 2015, tanto das análises de qualidade de água dos mananciais da Região Metropolitana de Belém, quanto das classes de uso e cobertura do solo. A análise dos parâmetros de água constataram que os comportamentos dos parâmetros pH, cor, N-amoniaco e nitratos foram os que mais alteraram ao longo do período de estudo. Os parâmetros que apresentaram valores fora do padrão de qualidade estabelecido pelo CONAMA foram o pH, cor e turbidez, por outro lado os parâmetros que apresentaram valores fora dos limites preconizados pelas Portarias do Ministério da Saúde foram os parâmetros pH, cor e nitrogênio amoniacal, cujas médias anuais, em momentos pontuais, não estavam em conformidade com os padrões de potabilidade.

Observou-se que no período inicial dos estudos os valores do pH eram ácidos em sua totalidade, já próximo do final deste período o mesmo apresentou comportamento com valores próximo da nulidade, e em alguns momentos com valores básicos, evidenciando que o efluente gerado pelo depósito do aterro sanitário Aurá pode ter causado esta mudança.

Foram definidas quatro classes de uso e cobertura do solo, são elas: áreas urbanas e construídas, áreas de vegetação primária, áreas de vegetação secundária e áreas de hidrografia, revelando que a área urbanizada e construída aumentou em

110,8%, enquanto que a vegetação reduziu para 85,7% de sua área de cobertura inicial, mais uma vez evidenciando a intensa antropização nesta área, cujo impacto está atingindo proporções descontroladas, sem que haja ação governamental no sentido de tomar medidas para frear o antropismo nesta APA.

Para análise multivariada utilizou-se o método de análise de componentes principais, revelando que as classes de uso e cobertura do solo e os parâmetros de qualidade de água dos mananciais se relacionam predominantemente por correlação forte e muito forte.

Este estudo constatou o que muitos outros estudos correlatos e voltados para o mesmo objeto de estudo já revelaram, a APA Belém está sendo alvo da ação antrópica que está provocando impactos ambientais danosos na área. O monitoramento ambiental mostra-se eficiente e pode contribuir para preservação e conservação desta UC, podendo ser utilizada como ferramenta para tomada de decisão no sentido de mitigar os impactos provocados pela ação antrópica.

ANEXO I

Limites dos Parâmetros de Água – CONAMA e Ministério da Saúde

Limites dos Parâmetros de Água – CONAMA

Parâmetro		Conama 20/1986	Conama 357/2005
pH		6 a 9	6 a 9
Cor		75 mg Pt/L	75 UH
Turbidez		100 UNT	100 UNT
Nitrogênio Amoniacal	pH < 7,5	1,0 mg/L	3,7mg/L
	7,5<pH< 8,0	1,0 mg/L	3,7mg/L
	8,0<pH< 8,5	1,0 mg/L	3,7mg/L
	pH > 8,5	1,0 mg/L	3,7mg/L
Nitratos		10 mg/L	10 mg/L
Nitritos		1 mg/L	1 mg/L
Cloretos		250 mg/L	250 mg/L
Dureza Total			- mg/L
Alcalinidade			- mg/L
Matéria Orgânica			- mg/L

Fonte: Adaptado pelo autor das Resoluções do CONAMA

Limites dos Parâmetros de Água – Ministério da Saúde

Parâmetro	Portaria	Portaria	Portaria	Portaria
	nº 36/MS/GM/1990	nº 1469/2000	nº 518/2004	nº 2.914/2011
pH	6,5 a 8,5	6 a 9,5	6 a 9,5	6 a 9,5
Cor	5 uH	15 uH	15 Uh	15 uH
Turbidez	5 UNT	5 UNT	5 UNT	5 UNT
N-Amoniacal	1,5 mg/L	1,5 mg/L	1,5 mg/L	1,5 mg/L
Nitratos	10 mg/L	10 mg/L	10 mg/L	10 mg/L
Nitritos	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L	1 mg/L
Cloretos	250 mg/L	250 mg/L	250 mg/L	250 mg/L
Dureza Total	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L
Alcalinidade	- mg/L	- mg/L	- mg/L	- mg/L
Matéria Orgânica	- mg/L	- mg/L	- mg/L	- mg/L

Fonte: Adaptado pelo autor das Portarias do Ministério da Saúde

ANEXO II

Revista Ambiente & Água - normas para submissão de artigos.

O artigo deverá ser submetido em formato texto (MS Office), não restringido por password para permitir edição. A publicação final será em pdf, html, epub e xml. O artigo deve ser submetido com as seguintes características:

Tamanho da página: equivalente ao tamanho do papel A4 (210 x 297 mm);

Margens (superior, inferior, esquerda e direita): 2,5 cm;

Fonte: Times New Roman, 12, espaço entrelinhas simples, em uma única coluna, com parágrafos alinhados à esquerda e à direita;

Tamanho: os artigos serão analisados com base na qualidade e contribuição científica. Deverão ter no máximo de 10 páginas incluindo tabelas e figuras, que não devem ultrapassar o número de cinco (figuras mais tabelas). Nosso custo editorial é proporcional ao tamanho do artigo. Assim, artigos maiores são possíveis, porém, páginas adicionais a 10 serão cobradas, contadas após layout padrão da revista e após aceitação do artigo para publicação.

Nos artigos em português ou espanhol, o título, o resumo e as palavras-chave deverão ser escritos também em inglês; e artigos em espanhol e em inglês, o título, resumo e palavras-chave deverão ser escritos também em português, sempre em ordem alfabética independente do idioma.

Primeira página:

Deverá conter apenas o título do trabalho, resumo e as palavras-chave, em letras minúsculas, separadas por “vírgula” e um ponto final após a última palavra-chave. Não deverá conter o nome dos autores, afiliação ou e-mail.

Tabelas e Figuras:

Deverão ser numeradas com algarismos arábicos consecutivos, indicados no texto e anexadas no local do artigo mais próximo e depois da chamada. Os títulos das figuras deverão aparecer na sua parte inferior, antecidos da palavra **Figura** (notar a primeira letra maiúscula e em negrito), um espaço, mais o seu número de ordem em negrito, um ponto e espaço de um caractere, fonte 11, justificado, tabulado nos limites da figura, observando que o título da figura logo abaixo dela, não é em negrito. Os títulos das tabelas deverão aparecer na parte superior e antecidos pela palavra **Tabela** (notar a primeira letra maiúscula e em negrito), um espaço, mais o seu número de ordem (**em**

negrito), um ponto e espaço de um caractere, fonte 11, justificado. Nas figuras e tabelas, quando houver uma fonte de referência, a palavra “Fonte:” vem na parte inferior, seguida da referência, fonte 10, justificado. Títulos de tabelas, figuras e a fonte terminam sempre com ponto final. As figuras poderão ser coloridas, porém com boa resolução (300 dpi), contudo, os autores devem explorar todas as possibilidades para que o tamanho do arquivo não fique grande, mas preservando a qualidade das figuras.

As tabelas devem ser sempre inseridas **como texto**, jamais como figuras/imagens e não usar espaços ou “tabs” para formatar e sim tamanho das células/colunas/linhas. Todas as colunas devem ter um título.

Figuras devem ter fontes legíveis, atentar para o tamanho do texto, alta resolução e inseridas como objeto quando se tratar de gráficos. Figuras não devem ter título na parte superior, só a legenda abaixo dela. Certifique-se de que elas sejam editáveis. É possível inserir imagens em documentos sem deixar os arquivos grandes, basta seguir as instruções abaixo:

Utilize arquivos de imagem em formato JPG, PNG ou GIF. Estes arquivos costumam ter bons padrões de qualidade e não consomem muito espaço em disco e memória; Para inserir as figuras, não use Copiar/Colar (ou Ctrl+C/Ctrl+V), salve em seu computador as imagens que deseja inserir no documento; Em seguida, acesse a opção de menu disponível para inserção de imagem do seu editor de texto (Ex: no MSWord e selecione a opção Inserir/Figura/do arquivo) e localize a imagem que deseja inserir no documento. Para finalizar, insira a imagem selecionada no texto.

Figuras que contêm mais de um gráfico ou imagem, designá-los com letras maiúsculas (sem parênteses e sem pontos após as letras) no canto superior esquerdo de cada painel, se possível.

Para as equações, usar o editor de equações e inseri-las como objetos e não como imagens. Devem ser numeradas com a numeração entre parênteses e chamadas previamente no texto. Usar o MS Word 2010 para a edição das equações.

Estrutura do artigo:

O artigo em PORTUGUÊS deverá seguir a seguinte sequência: **TÍTULO** em português, 15, negrito, centralizado, primeira letra maiúscula, demais minúsculas (salvo nomes próprios), **RESUMO**, 14, negrito alinhado à esquerda seguido de **Palavras-chave** 11, negrito alinhado à esquerda (três palavras-chave, em ordem alfabética, que não replicam

palavras do título);, TÍTULO DO ARTIGO em inglês, 15, negrito, centralizado, primeira letra maiúscula, demais minúsculas (salvo nomes próprios), ABSTRACT, 14, negrito alinhado à esquerda (seguido de keywords 11, negrito alinhado à esquerda, em ordem alfabética, em Inglês); 1. INTRODUÇÃO (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIAL E MÉTODOS; 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO (note o singular); 4. CONCLUSÃO; 5. AGRADECIMENTOS (se for o caso, mas somente depois que o manuscrito foi aceito para publicação e deve incluir apenas o reconhecimento de agências de financiamento, incluindo o número do processo da agência apoiadora); e 6. REFERÊNCIAS, com parágrafo justificado à esquerda e à direita e com recuo à direita, especial, deslocamento 1 cm e espaçamento entre referências de 8 pt. Verifique artigos já publicados na revista para verificar quais textos devam ser negritados. Por favor, use referências de revistas de alto impacto, não use artigos de anais de simpósios, teses e dissertações, a menos que absolutamente essenciais e em número limitado.

Consulte o "Formulário de Avaliação" (http://www.ambiagua.net/seer/files/review_form.doc) para verificar o conteúdo esperado de cada seção. Verifique artigos já publicados para ver quais os textos devem estar em negrito. Os títulos de 1 a 6 deverão ser tamanho 14, negrito alinhados à esquerda.

O artigo em INGLÊS deverá seguir a seguinte sequência:

TÍTULO em inglês, 15, negrito, centralizado, primeira letra maiúscula, demais minúsculas (salvo nomes próprios);, ABSTRACT 14, negrito alinhado à esquerda (seguido de três Keywords, 11, negrito alinhado à esquerda em ordem alfabética); TÍTULO DO ARTIGO em português, 15, negrito, centralizado, primeira letra maiúscula, demais minúsculas (salvo nomes próprios);, RESUMO (seguido de três Palavras-chave 11, negrito alinhado à esquerda, em ordem alfabética); 1. INTRODUCTION (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIALS AND METHODS; 3. RESULTS AND DISCUSSION; 4. CONCLUSIONS; 5. ACKNOWLEDGEMENTS (se for o caso, mas somente depois que o manuscrito foi aceito para publicação e deve incluir apenas o reconhecimento de agências de financiamento, incluindo o número do processo da agência apoiadora); e 6. REFERENCES. Os títulos de 1 a 6 deverão ser 14, negrito alinhados à esquerda.

O artigo em ESPANHOL deverá seguir a seguinte sequência:

TÍTULO em espanhol, 15, negrito, centralizado, primeira letra maiúscula, demais minúsculas (salvo nomes próprios);, RESUMEN 14, negrito alinhado à esquerda (seguido de Palabras Clave), 11, negrito alinhado à esquerda, TÍTULO do artigo em português 15,

negrito, centralizado, primeira letra maiúscula, demais minúsculas (salvo nomes próprios), RESUMO em português 14, negrito alinhado à esquerda (seguido de Palavras-chave 11, negrito alinhado à esquerda); TÍTULO em inglês¹⁵, negrito, centralizado, primeira letra maiúscula, demais minúsculas (salvo nomes próprios); ABSTRACT 14, negrito alinhado à esquerda (seguido de Keywords¹¹, negrito alinhado à esquerda); 1. INTRODUCCIÓN (incluindo revisão de literatura); 2. MATERIALES Y METODOS; 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN; 4. CONCLUSIONES; 5. RECONOCIMIENTO; e 6. REFERÊNCIAS. Os títulos de 1 a 6 deverão ser 14, negrito alinhados à esquerda.

UNIDADES

Unidades de medida: use sistema internacional com espaço após o número, e.g. 10 m ou, por exemplo, 10 km h⁻¹, e não km/h. Observe a consistência toda vez que usar a mesma unidade.

Verifique todos os símbolos Gregos e todas as figuras cuidadosamente.

Escreva os números de um a nove por extenso, exceto se forem usados como unidades.

Use um espaço entre unidades: g L⁻¹, e não g.L⁻¹, ou gL⁻¹ exceto % (e.g. 10%) ou oC (15oC).

Use o formato 24-h para tempo, com quatro dígitos para horas e minutos: 08h00; 15h30.

Subtítulos: quando se fizerem necessários, serão escritos com letras iniciais maiúsculas, antecidos de dois números arábicos colocados em posição à esquerda, separados e seguidos por ponto, 12, negrito, alinhados à esquerda.

Resumo: deverá conter os objetivos, a metodologia, os resultados e as conclusões, devendo ser compostos de uma sequência corrente de frases em um único parágrafo e conter, **no máximo, 250 palavras.**

Citações: no texto, as citações deverão seguir as recomendações da ABNT-NBR 10520 com as seguintes especificidades:

Colocar o sobrenome do autor citado com apenas a primeira letra maiúscula, seguido do ano entre parênteses, quando o autor fizer parte do texto. Quando o autor não fizer parte do texto, colocar, entre parênteses, o sobrenome, seguido do ano separado por vírgula. Mais de um autor, separam-se os sobrenomes pela conjunção “e” Mais de dois autores, a expressão et al. é colocada após o primeiro nome, não em itálico.

Serão aceitas no máximo 15 referências por artigo, preferencialmente publicados recentemente na base SciELO (www.scielo.br) ou em revistas internacionais de alto impacto (níveis A/B do Qualis CAPES).

Exemplos de como citar:

Jones (2015), Jones e Smith (2009) ou (Jones, 2015; Jones e Smith, 2009), dependendo da construção da sentença. Mais de dois autores: Jones et al. (2014) ou (Jones et al., 2014). Comunicações pessoais ou dados não publicados não devem ser incluídos na lista de referências; assim como Apud (citação indireta) não será aceita.

Referências:

Sempre que a referência tiver doi, citá-lo no final da referência.

Seguirão as recomendações da ABNT-NBR 6023, com especificidades da revista.

Exemplos de como escrever as referências bibliográficas:

Livros:

FALKNER, E. **Aerial Mapping**: methods and applications. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. 322 p.

Capítulos de livros:

WEBB, H. Creation of digital terrain models using analytical photogrammetry and their use in civil engineering. In: **Terrain Modelling in Surveying and Civil Engineering**. New York: McGraw-Hill, 1991. p. 73-84.

Artigos em Periódicos Científicos:

HADDAD, E.; SANTOS, C. L. dos; FRANCO Jr., R. S. Novas perspectivas sobre o Instituto da desapropriação: a proteção ambiental e sua valoração. **Fórum de direito urbano e ambiental**, Belo Horizonte, ano 6, n. 31, p. 17-25, jan./fev. 2007.

MEYER, M. P. Place of small-format aerial photography in resource surveys. **Journal of Forestry**, Washington, v. 80, n. 1, p. 15-17, 1982.

Observar que é importante identificar a cidade da edição e colocar um espaço entre as iniciais dos nomes.

Trabalhos apresentados em eventos (Impresso) (devem ser evitados, se essenciais):

DAVIDSON, J. M.; RIZZO, D. M.; GARBELOTTO, M.; TJOSVOLD, S.; SLAUGHTER, G. W. *Phytophthora ramorum* and sudden oak death in California: II Transmission and

survival. In: SYMPOSIUM ON OAK WOODLANDS: OAKS IN CALIFORNIA'S CHANGING LANDSCAPE, 5. 23-25 Oct. 2001, San Diego, **Proceedings...** Berkeley: USDA Forest Service, 2002. p. 741-749.

Trabalhos apresentados em eventos (meio eletrônico) (devem ser evitados, se essenciais):

COOK, J. D.; FERDINAND, L. D. 2001. Geometric fidelity of Ikonos imagery. In: Annual Convention of American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 23-27 Apr., St. Louis. **Proceedings...** St. Louis: ASPRS, 2001. 1 CD-ROM.

Teses e Dissertações: Procurar citar os artigos derivados de teses e dissertações em revistas científicas, se não foram ainda publicados e essenciais, use a forma:

AFFONSO, A. G. **Caracterização de fisionomias vegetais na Amazônia oriental através de videografia aerotransportada e imagens LANDSAT 7 ETM+**, 2003, 120f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

Referências de sites na Internet (não devem ser citadas, se absolutamente essenciais):

DIAZ, H. F. Precipitation trends and water consumption in the southwestern United States. In: United States Geological Survey, 1997, Reston. **Web Conference...** Disponível em: <<http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/natural/diaz/>>. Acesso em: 15 julho 2014.

Importante:

O arquivo submetido (*uploaded*) não deve conter **nenhuma identificação dos autores**, portanto, sem nome dos autores, afiliação ou e-mail. Agradecimentos são desejáveis, mas serão editados para evitar a identificação dos autores até ter sido aceito para publicação. Contudo, o autor correspondente deverá submeter como arquivo suplementar, uma **Carta de Apresentação**.

As propriedades do arquivo de submissão que identificam a origem devem ser retiradas. Instruções:

Word 2010: Em Arquivo, ir à aba **Informações, Verificando Problemas, Inspeccionar Documento** e desmarcar a janela de **Propriedades do Documento e Informações Pessoais, Fechar, e Salvar**.

Word 2003: Ir à aba **Opções, Segurança** e eliminar a propriedade de **Autoria** do arquivo.

Todo o conteúdo do artigo é de responsabilidade exclusiva dos autores.

Cada edição publicada pela Ambi-Agua apresenta uma imagem representativa de um artigo publicado naquela edição que vai ser capa do número. Autores são convidados a destacar na carta que eles gostariam de ter determinada figura considerada como capa por ser cientificamente interessante e visualmente atraente para a revista. As imagens devem ser de alta resolução (300 dpi) e devem ter aproximadamente 17 por 17 cm. As imagens devem ser originais, e os autores concedem à Revista Ambiente & Água licença para sua publicação. Caso deseje, submeter a imagem como um arquivo adicional suplementar. Os autores devem deter os direitos autorais das imagens apresentadas, sendo os únicos responsáveis pela permissão de uso delas.

Em qualquer caso, os autores concedem à Ambi-Agua a licença para usar qualquer imagem do manuscrito publicado para ser usada como imagem de capa da edição, mesmo que não tenha sido expresso na Carta de Apresentação, a menos que expressamente informem o contrário.

ANEXO III**CARTA DE APRESENTAÇÃO PARA SUBMISSÃO DE MANUSCRITO DA REVISTA AMBIENTE & ÁGUA**

Belém, 17 de abril de 2016.

Assunto: SUBMISSÃO DE MANUSCRITO PARA APRECIÇÃO

Título: “**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**”

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

Autor 1: Carlos Benedito Barreiros Gutierrez*

cbbg@ig.com.br

Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, PA, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)

É Professor auxiliar da Universidade do Estado do Pará (UEPA). É aluno regular do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais - Mestrado. Foi coordenador e professor do Curso de Ciência da Computação da Faculdade Paraense de Ensino - FAPEN. Foi coordenador e professor do Curso de Ciência da Computação da Faculdade Pan Amazônica – FAPAN.

<http://lattes.cnpq.br/0920214717536195>

Autor 2: Hebe Morganne Campos Ribeiro

hebemcr@gmail.com

Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, PA, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)

Doutorado em Engenharia Elétrica Com Ênfase Em Hidrelétricas pela Universidade Federal do Pará, Brasil (2008) Professora Titular da Universidade do Estado do Pará, Brasil. Mestrado em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará (1992)

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4727358U4>

Autor 3: Gundisalvo Piratoba Morales

morales@universoamazonia.com.br

Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, PA, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)

Doutorado e Mestrado em Ciências Geoquímicas e Petrologias com ênfases em Geoquímica Ambiental pela Universidade Federal do Pará. (1995 a 2002). Professor Adjunto da Universidade do Estado do Pará (UEPA) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA)

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4703142T1>

Autor 4: Dione Margarete Gomes Gutierrez

dionemgg@gmail.com

Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, PA, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)

Ex-professora substituta da Universidade do Estado do Pará (UEPA). É aluna regular do programa de pós-graduação em ciências ambientais da Universidade do Estado do Pará.

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4485419U2>

Autor 5: Leonardo Sousa dos Santos

leonardocbmpa@yahoo.com.br

Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém, PA, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA)

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Especialista em Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (IESAN). Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável (IBPEX). Especialista em Meio Ambiente (UOV).

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4455330T6>

* Autor correspondente

Nota: Os autores 2 e 4 são professores e orientadores do PPGCA-UEPA na área de recursos hídricos, os demais autores atuaram ativamente na coleta e análise dos dados, bem como na elaboração do artigo.

Os autores agradecem à COSANPA, por ter concedido acesso às análises dos parâmetros de água concernentes aos períodos deste estudo.

Prezado Editor

Eu, Carlos Benedito Barreiros Gutierrez, autor correspondente do manuscrito, estou submetendo o artigo intitulado “**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**”, para publicação na conceituada Revista Científica, Ambiente & Água. Declaro ainda que como autor correspondente, todos os autores têm conhecimento de que estou submetendo esse manuscrito para publicação na Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science e que leram e revisaram a forma final do mesmo e estão de acordo com a submissão, seguindo os termos desses passos para submissão.

Juntamente com a submissão do manuscrito, eu gostaria de salientar que li todas as instruções para submissão e declaro que sou responsável pelas informações inseridas no sistema editorial da revista. Asseguro que a contribuição é original e inédita e que não está sendo avaliada para publicação por outra revista e que não será retirada do processo editorial até a decisão final da administração de Revista Ambiente & Água. Ressalto ainda, que os autores deste artigo não têm quaisquer interesses financeiros na publicação que possam comprometer a integridade da publicação.

O estudo analisou a qualidade da água, através dos parâmetros físico-químicos: pH, cor, turbidez, matéria orgânica, cloretos, nitrogênio amoniacal, nitratos, nitritos e alcalinidade, no ponto de captação da Companhia de Saneamento do Estado do Pará (COSANPA), concessionária responsável pelos serviços de água na Região Metropolitana de Belém (RMB), Estado do Pará, Brasil, de onde é retirada água bruta, através de bombeamento e adutora, para abastecer os mananciais da RMB, durante os 25 anos do período ativo do lixão do Aurá, um afluente do rio Guamá, que desemboca há 200 metros deste ponto de captação. Os corpos hídricos são os principais receptores de efluentes os quais estão condicionados na resolução CONAMA 357 (CONAMA, 2005). As águas amazônicas têm importância reconhecidamente internacional e o tema está em consonância com os temas abordados pela revista Ambiente e Água.

ANEXO IV

Diretrizes para Autores – Revista Brasileira de Geografia Física

Preparação de originais

Os **ARTIGOS, REVISÕES DE LITERATURA e NOTAS CIENTÍFICAS** devem ser encaminhados, exclusivamente, via Online, editados em idioma Português. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 (210 x 297 mm), com margens ajustadas em 2cm (superior, inferior, esquerda e direita), texto em duas colunas, espaçamento simples entre linhas, indentação de 1,25 cm no início de cada parágrafo, fonte Times New Roman, tamanho 11 em todo o texto. Os títulos devem estar em fonte 12 e os subtítulos (quando existirem) devem estar em itálico. O manuscrito deve ser submetido formatado seguindo modelo dos artigos publicados no último volume da RBGF publicado online.

Todas as Figuras (imagens e/ou gráficos) devem ser submetidas em separado e isoladamente (uma a uma).

O número mínimo de páginas será de 15 para Artigos, 20 para Revisão de Literatura e 8 para Nota Científica, incluindo tabelas, gráficos e ilustrações. Um número mínimo de páginas diferente das quantidades recomendados pela revista serão aceitos apenas mediante consulta prévia ao Editor Chefe.

Os **Artigos, Revisões de Literatura** ou **Notas científicas** deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores, com o cargo, o local de trabalho dos autores e endereço eletrônico. A condição de bolsista poderá ser incluída. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso e entidades financiadoras do projeto.

O **ARTIGO** deverá conter, obrigatoriamente, os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução** com revisão de literatura e objetivos; **Material e Métodos; Resultados, Discussão; Conclusão, Agradecimentos e Referências**. Os capítulos de **Resultados** e **Discussão** poderão ser inseridos juntos ou em separado no artigo.

Agradecimentos devem aparecer sempre antes das **Referências**. Todos estes tópicos devem ser escritos com apenas a primeira letra maiúscula, fonte Times New Roman, tamanho 11 e negrito, com exceção do TÍTULO que deverá estar em tamanho 12 e

apenas com a primeira letra das principais palavras em maiúscula, por exemplo: ";;Estrutura do Componente Lenhoso de uma Restinga no Litoral Sul de Alagoas, Nordeste, Brasil (Structure of the Woody Component of a Restinga on the South Coast of Alagoas, Northeastern Brazil)";, com exceção dos nomes científicos e autores das espécies.

A **REVISÃO DE LITERATURA** deverá conter os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; Agradecimentos e Referências.**

Os **Agradecimentos** devem aparecer antes das **Referências**.

A **NOTA CIENTÍFICA** deverá conter os seguintes tópicos: **Título; Resumo; Palavras-chave; Abstract; Keywords;** Texto (sem subdivisão, porém com **Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão** (podendo conter Tabelas ou Figuras); **Conclusão; Agradecimentos e Referências.**

Os **Agradecimentos** devem aparecer antes das referências. **As seções devem ser constituídas de: TÍTULO** – apenas com a primeira letra em maiúscula, deve ser conciso e indicar o seu conteúdo. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser escrito(s) em caixa alta e baixa, todos em seguida, com números sobrescritos que indicarão a filiação Institucional e/ou fonte financiadora do trabalho (bolsas, auxílios, etc.).

Créditos de financiamentos devem vir em **Agradecimentos**, assim como vinculações do artigo a programas de pesquisa mais amplos, e não no rodapé. Os Autores devem fornecer os endereços completos, evitando abreviações, elegendo apenas um deles como Autor para correspondência. Se desejarem, todos os autores poderão fornecer E-mail para correspondência.

Os **RESUMO** e **ABSTRACT** devem conter no máximo 250 palavras, escritos no seguinte formato estruturado: Motivação do estudo (porque o trabalho foi realizado, quais as principais questões a serem investigadas e porque isso é importante para o público da RBGF), Métodos (texto explicativo dos métodos utilizados para a realização do estudo), Resultados (principais resultados obtidos) e Conclusões (afirmativas curtas que respondam os objetivos apresentados na Introdução). Serão seguidos da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do **RESUMO** para o inglês constituirá o **ABSTRACT**, seguindo o limite de até 250

palavras. Ao final do **RESUMO**, citar até cinco **Palavras-chave**, à escolha do autor, em ordem de importância, evitando palavras no plural e abreviaturas. A mesma regra se aplica ao **ABSTRACT** em Inglês para as **Keywords**.

Resumo e Abstract NÃO devem conter citações bibliográficas.

Introdução - deve ser breve ao expor, evitando abreviaturas, fórmulas e nomes dos autores de espécies vegetais/animais:

- a) conhecimentos atuais no campo específico do assunto tratado;
- b) problemas científicos que levou(aram) o(s) autor(es) a desenvolver o trabalho, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo.

Introdução NÃO deve conter Figuras, Gráficos ou Quadros.

Material e Métodos - devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores; técnicas já publicadas devem ser apenas citadas e não descritas. Todo e qualquer comentário de um procedimento utilizado para a análise de dados em **Resultados** deve, obrigatoriamente, estar descrito no item **Material e Métodos**.

Resultados - devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. As Figuras devem ser numeradas em sequência, com algarismos arábicos, colocados no lado inferior direito; as escalas, sempre que possível, devem se situar à esquerda da Figura e/ou Quadro. As Tabelas devem ser numeradas em sequência, em arábico e com numeração independente das Figuras. Tanto as Figuras quanto os Quadros devem ser inseridos no texto o mais próximo possível de sua primeira citação.

Itens da Tabela, que estejam abreviados, devem ter suas explicações na legenda. As Figuras e as Tabelas devem ser referidas no texto em caixa alta e baixa (Figura e Tabela). Todas as Figuras e Tabelas apresentadas devem, obrigatoriamente, ter chamada no texto e ser submetidas como documentos suplementares, em separado. As siglas e abreviaturas, quando utilizadas pela primeira vez, devem ser precedidas do seu significado por extenso. Ex.: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Usar unidades de medida de modo abreviado (Ex.: 11 cm; 2,4 μm), e com o número separado da unidade, com exceção de percentagem (Ex.: 90%). Os números de um a dez devem ser escrito por extenso (não os maiores), a menos que seja medida. Ex.: quatro árvores; 6,0 mm; 1,0 4,0 mm; 125 amostras. O nome científico de espécies deve estar sempre em itálico, seguido do nome do autor.

Os títulos das Figuras, Tabelas e/ou Quadros devem ser autoexplicativos e seguir o exemplo a seguir: **Figura 1**. Localização, drenagem e limite da bacia hidrográfica do Rio Capiá. Subdivisões dentro de **Material e Métodos** ou de **Resultados** e/ou **Discussão** devem ser escritas em caixa alta e baixa, seguida de um traço e o texto segue a mesma linha. Ex.: Área de Estudo - localiza se ...

Discussão - deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

Conclusões - devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

Agradecimentos - Item obrigatório no artigo. Devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

Referências - Seguir instruções abaixo.

Citação no texto

Todas as referências citadas no texto devem também está presente na lista de referências e vice-versa.

As citações podem ser feitas diretamente ou entre parênteses

Segundo Pimentel (2013), ...

Moura (2012) e Galvício (2014) constataram...

Galvício e Moura (2012), trabalhando com ...,

Galvício et al. (2004) constataram...

No final ou no meio de uma sentença

(Pimentel, 2013)

(Galvínio e Moura, 2012)

(Galvínio et al., 2004)

Grupos de referências devem ser listadas em ordem cronológica

...como demonstrado por alguns autores (Galvínio et al., 2004; Galvínio e Moura, 2012; Pimentel, 2013).

Referências:

Periódicos

Autor, Ano. Título. Periódico volume, páginas.

Foley, J.A., Botta, M.T., Coe, M.H.C., 2002. The el niño/southern oscillation and the climate, ecosystems and rivers of amazon. *Global Biogeochemical Cycles* 2, 1-5.

Periódicos eletrônicos

Autor, Ano. Título. Periódico [Online] volume. Disponível: URL. Acesso: Dat.

Amanajás, J.C., Braga, C.C., 2012. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia oriental utilizando análise multivariada. *Revista Brasileira de Meteorologia [online]* 27. Disponível: [http:// dx.doi. org/ 10.1590/ s0102 – 77862012000400006](http://dx.doi.org/10.1590/s0102-77862012000400006). Acesso: 23 jun. 2014.

Livro

Autor, Ano. Título, edição. Editora, Cidade. Sem número de páginas.

Mota, S., 2008. *Gestão Ambiental de Recursos Hídricos*, 3 ed. ABES, Rio de Janeiro.

Capítulo de livro

Autor, Ano. Título do capítulo, in: Editores (Eds.)/(Org.), Título do livro. Editora, Cidade, pp. Páginas.

Oliveira, T.H., Galvínio, J.D., Silva, B.B., 2012. Balanço de radiação e de energia, in: Galvínio, J.D. (Org.), *Sensoriamento Remoto e Análise Ambiental*. 1 ed. Editora Universitária da UFPE, Recife, pp. 31-37.

Tese

Autor, Ano. Título. Tese (Doutorado). Cidade, Instituição. Sem número de páginas.

Obregon, G., 2001. Dinâmica da variabilidade climática da precipitação sobre a América do sul. Tese (Doutorado). São José dos Campos, INPE.

Leis

Entidade, Ano. Lei.

BRASIL, 1993. Lei nº 8629, de 25 de fevereiro.

Normas

Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2002. NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro.

Instituição

Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2001. Caracterização de Ambientes na Chapada dos Veadeiros/Vale do Rio Paranã: uma contribuição para a Classificação Brasileira de Solos. Planaltina.

Documentos eletrônicos

Autor/Entidade, Ano. Título. Disponível: URL. Acesso: Data.

ENVI. Environment for Visualizing Images, 2013. Classification tutorial. Disponível: <http://www.exelisvis.com/portals0/pdfs/envi/ClassificationTutorial.pdf>. Acesso : 13 set. 2013.

Matérias em jornais

Sigla. Entidade, Ano. Título. Cidade. Data.

AdUFRJ. Jornal da Seção Sindical dos Docentes da UFRJ, 2010. Na UFRJ, temporal afetou HUCFF, CT e reitoria. Rio de Janeiro. 13 abr. 2010.

Itens de Verificação para Submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. Carta de Responsabilidade do autor pelo conteúdo do manuscrito, como Documento Suplementar.
2. Inserir arquivos de figuras, imagens e/ou mapas como Documento Suplementar.
3. Artigo deve ser submetido no formato word.

Declaração de Direito Autoral

Material protegido por direitos autorais e plágio. No caso de material com direitos autorais ser reproduzido no manuscrito, a atribuição integral deve ser informada no texto; um documento comprobatório de autorização deve ser enviado para a Comissão Editorial como documento suplementar. É da responsabilidade dos autores, não da RBGF ou dos editores ou revisores, informar, no artigo, a autoria de textos, dados, figuras, imagens e/ou mapas publicados anteriormente em outro lugar. Se existir alguma suspeita sobre a originalidade do material, a Comissão Editorial pode verificar o manuscrito por plágio. Nos casos em que o plágio for confirmado, o manuscrito será devolvido sem revisão adicional e sem a possibilidade de re-submissão. Auto-plágio (ou seja, o uso de frases idênticas de documentos publicados anteriormente pelo mesmo autor) também não é aceitável.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

ANEXO V

Normas de publicação – Revista Espacios

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Espacios es una publicación de carácter interdisciplinario cuyo objetivo fundamental es la difusión de las experiencias y resultados de las investigaciones en el campo de la gestión tecnológica, la educación y áreas afines a nivel internacional, en especial el centro y suramericano. En esta revista serán publicados artículos que constituyan una contribución original.

Enviar sus artículos a/ Send your article to/ Envie seu artigo para editor@revistaespacios.com

Forma y preparación de los manuscritos

Todos los artículos deberán enviarse en versión electrónica, preferiblemente utilizando procesador de texto word (.DOC o .DOCX) y enviado como anexo de un correo electrónico.

MUY IMPORTANTE

El apellido principal por el que se va a indexar el autor debe ir todo en MAYÚSCULAS (CAPITALES).

Rafael José VALBUENA Yépez

Rogelio Fernando Chávez Cesare VOZA

María Eugenia LÓPEZ de Suárez

Es recomendable que los gráficos y figuras sean entregados aparte en JPG o TIFF. Asimismo es recomendable as Tablas y Cuadros deben ser entregados en formato Excel (XLS o XLSX)

Artículos

1. Los artículos deberán ser originales no publicados en otras revistas, salvo en los casos en que el Consejo Editorial así lo determine.
2. La extensión máxima de cada trabajo será de 20 páginas tamaño carta (A4) con 32 líneas por página (espacio y medio) y 62 golpes por línea. En esta 20 páginas deberán estar incluidos los gráficos, tablas y referencias bibliográficas. Estas últimas podrán presentarse a un espacio (50 líneas por página).
3. Los artículos deberán incluir un resumen del mismo, tanto en inglés como en el idioma original (español, portugués...), con una extensión no mayor de 100 palabras y una breve reseña curricular con los datos básicos de él o los autores del artículo.
4. Se deberá evitar, en lo posible, las notas al pie de página. Si son estrictamente necesarias deberán ser colocadas antes de las referencias bibliográficas, al final del artículo.
5. Los artículos serán sometidas a revisión por parte de árbitros especialistas en el tema tratado.
6. El envío de un manuscrito por parte del autor y su aceptación por parte del Editor en representación del Consejo Editorial representa una autorización para la publicación de su artículo en la Revista Espacios.
7. Es conveniente que al enviar el artículo, el autor o autores anexe el recibo de cancelación de 60 US\$.
8. Las opiniones y comentarios emitidos en cada artículo son responsabilidad exclusiva del autor o los autores.

Referencias

Se usará la cita y referencia bibliográfica basada en las normas APA ([PDF](#))

Introducción

En esta edición revisada y ampliada, incorporamos ejemplos de citas correspondientes a contribuciones y comentarios en blog, foros de discusión, listas de correo electrónico, y videos publicados en sitios como YouTube.

Definiremos a continuación algunos conceptos que desarrollaremos a lo largo de esta guía:

CITA BIBLIOGRAFICA: transcripción parcial de un texto con la referencia precisa de su origen, es decir, de la fuente, debiendo consignarse ésta en el texto mismo del trabajo. En este manual denominaremos "cita bibliográfica" a la transcripción parcial de un texto, acompañada de la mención de la fuente consultada y "referencia", al índice de autores citados al final de la obra.

NOTAS: texto aclaratorio que amplía la información sobre algún concepto. Se inserta en el texto utilizando un número correlativo que le adjudica automáticamente el procesador de textos.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA: "Es un conjunto de datos precisos y detallados con los que un autor facilita la remisión a fuentes documentales, o a sus partes, y a sus características editoriales". En este manual serán consignadas al final del documento ordenadas alfabéticamente.

PROCEDENCIA DE DATOS: los datos para redactar una cita bibliográfica deben extraerse en primer lugar de la portada del documento que se necesita citar. Si los datos de ésta resultaran insuficientes se recurrirá a otras partes de la obra (cubierta, anteportada, colofón).

PUNTUACION: Los signos de puntuación que se utilizarán en la redacción de una cita bibliográfica son: el punto (.), la coma (,), el punto y coma (;), el guión (-), los dos puntos (:), los paréntesis () y los corchetes ([]), éstos últimos se utilizan para insertar información que no es tomada de la fuente.

ESCRITURA Y LENGUAJE DE LA CITA: Nunca debe traducirse un elemento de la cita bibliográfica, se transcribirá en la misma lengua en que fue escrito (por ejemplo: si el título está escrito en inglés, debe transcribirse tal cual).

USO DE MAYUSCULAS: La cita debe redactarse en letra minúscula, con excepción de:

1. la primera letra de los nombres propios
2. la primera letra de la primera palabra de cada área
3. la primera letra de los sustantivos en el idioma alemán

ABREVIATURAS:

De las aceptadas universalmente, las más utilizadas son:

Palabra	Español	Inglés
edición	ed.	ed.
edición revisada	ed. rev.	Rev. Ed.
segunda edición	2ª ed.	2nd ed.
editore(es)	ed.	Ed. (Eds.)
traductor(es)	trad.	Trans.
sin fecha	s.f.	n.d.
página(s)	p. (pp.)	p. (pp.)
Volumen (como en Vol. 4)	Vol.	Vol.
volúmenes (vols. 1-4)	vol. (vols)	Vol.
número	núm.	No.
parte	Pt.	Pt.
Informe técnico	Inf. téc.	Tech. Rep.]
Suplemento	Supl.	Suppl.

2. NOTAS

Las frases o párrafos aclaratorios que amplían la información proporcionada en el texto se citan mediante notas. Según APA éstas se deben colocar a continuación de las Referencias Bibliográficas, en orden secuencial. Debe utilizarse la numeración automática del procesador de textos.

3. REFERENCIAS DE LIBROS

Consta de los siguientes elementos y se desarrolla en el siguiente orden:

Autor, A. A., y Autor, B. B. (Año). *Título del Libro*. Lugar: Editorial.

Desarrollo de las áreas en el orden que debe respetarse:

3.1. Autor

Se considera autor al responsable primario del contenido intelectual del documento.

Este dato deberá extraerse en primer lugar de la portada del libro, de lo contrario es probable encontrarlo en la cubierta (tapa), colofón, prefacio o en la introducción.

Si no figura en ninguna parte pero se conoce quién es el autor del mismo se escribirá entre corchetes ([]). Esto indica que es un agregado del que redacta la referencia.

Si no hay forma de encontrar la autoría, entonces el documento se considerará de autor desconocido.

Si el autor es una persona:

Se escribe primero el apellido seguido por el o los nombres separados de aquél por una coma. Los nombres se abrevian escribiendo sólo las iniciales.

Ejemplo: en el caso de un autor

Weston, J. F. (2003)

Ejemplo: en el caso de 2 a 7 autores: se coloca el signo "&" si la obra está en inglés o "y" entre los dos últimos, si la obra está en español y se citan a todos los autores

Brealey, R., y Meyers, S. (2004)

Bidart Campos, G., Acevedo, E Q., y Castro de Cabanillas, A. (2006)

En la cita bibliográfica en el cuerpo de la obra:

1ª cita: (Bidart Campos, Acevedo, y Castro de Cabanillas, 2006, p. 100)

2º y demás citas (Bidart Campos y otros, 2006, p. 132)

En el caso de 8 o más autores: a continuación del sexto se coloca tres puntos suspensivos y el último autor

Ejemplo:

Gogna, M., Adaszko, A., Alonso, V., Binstock, G., Fernández, S., Pantelides, E.,... Zamberlin, N. (2005). *Embarazo y maternidad en la adolescencia. Estereotipos, evidencias y propuestas para políticas públicas*. Buenos Aires: Centro de Estudios de Estado y Sociedad.

Si el autor es una entidad:

Si el responsable del contenido de un documento es una organización corporativa, se escribe el nombre oficial desarrollado de dicha entidad, seguido opcionalmente por el nombre de la localidad donde tiene su sede.

En la lista de referencias:

Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales. (2001)
Academia Nacional de Bellas Artes (Buenos Aires)

Si el autor es una entidad corporativa, muy conocida por su sigla, en la primera cita se coloca su nombre desarrollado, en las citas subsiguientes sólo se coloca su sigla, omite o incluya los puntos y otros signos de puntuación según la forma en que ella lo use predominantemente. En caso de duda, omite los puntos. No deje un espacio entre un punto y la siguiente inicial.

Ejemplo: de primera cita en el texto

(Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales [UCES], 2006, p. 19)
Cita en el texto

Ejemplo:

(UCES, 2007, p. 230)
Citas subsiguientes

Si el autor es un organismo oficial del Estado:

Se escribe primero el nombre del país en el idioma del que redacta, seguido del nombre del organismo de Estado, en la lengua original (o tal cual como está en el documento).

Ejemplo:

Argentina. Ministerio de Salud Pública.

De la misma forma se procede si se trata de un organismo oficial de una provincia, estado, ciudad, etc. Se cita en su idioma original.

Ejemplo:

Rosario. Concejo Deliberante.

Si el nombre de la ciudad y provincia coinciden, se indica entre paréntesis su diferenciación.

Ejemplo:

Mendoza (provincia). Ministerio de Bienestar Social.

Si los organismos poseen dependencias administrativas y estas tienen la responsabilidad autoral de un texto se escribirá en primer lugar el nombre del organismo mayor del cual dependen y seguido el nombre de dicha dependencia.

Ejemplo:

Argentina. Ministerio de Economía Obras y Servicios Públicos. Departamento Control de Gestión.

Si no existe mención de autor:

En caso de “autor desconocido” se comienza la cita directamente por el título.

Ejemplo:

Poema del Mio Cid. (1983). Buenos Aires: Colihue.

Libro con editor, o compilador:

A continuación del nombre del responsable se puede consignar su grado de responsabilidad, en el caso de que sea un editor, se colocará (ed.), compilador (comp.), director (dir.) colaborador (colab.), organizador (org.), etc.

Ejemplo:

Stevenson, C. (ed.). (1998).

3.2. Fecha

La misma consta solamente del año, expresado en números arábigos, cualquiera sea la forma en que aparezca en la fuente prescrita y se coloca entre paréntesis inmediatamente después de los autores y va seguida de punto.

La fecha puede tomarse de la portada, otros preliminares o del colofón (breve texto al final del libro que generalmente comienza con las palabras “Este libro se terminó de imprimir el...”)

Ejemplo:

Borges, J. L. (1985).

Si la obra consta de más de un volumen, puede ocurrir que entre la publicación del primero y del último hayan transcurrido algunos años. En este caso se escribirá la fecha de publicación del primer volumen y la del último, separadas por guión. Recuerde: si algún dato es extraído fuera de la obra, se consigna entre corchetes.

Ejemplo:

[1990-1997].

Si el material no tiene fecha de publicación, colocar la abreviatura (s.f.)

Ejemplo:

Benítez, L. J. (s. f.).

Si está pronto a publicarse, colocar entre paréntesis, el siguiente texto (en prensa).

3.3. Título

Es una palabra o frase por la que se nombra un documento, por la cual se lo puede identificar. Generalmente se refiere a su contenido. A los efectos de la referencia bibliográfica el título nunca debe ser abreviado, eliminado o sufrir algún tipo de mutación, no obstante en medicina se permite abreviar el título de las revistas.

El título se indicará en forma completa y en letra cursiva (llamada también bastardilla o itálica) a continuación de la fecha de publicación.

Información aclaratoria en los títulos: si esta información es importante para efectos de identificación y recuperación, se coloca entre corchetes inmediatamente después del título y de cualquier información entre paréntesis.

Ejemplo:

[Carta del editor]
 [Edición especial]
 [Resumen]
 [Podcast de audio]
 [Archivo de datos]
 [Folleto]
 [Película]
 [Apuntes]
 [CD]
 [DVD]
 [Video]
 [Programa computacional]
 [Material complementario]

Ejemplo:

Manual del exportador.

Mujeres y poder: a través del techo de cristal [DVD].

3.4. Subtítulo

Es una palabra o frase que completa el título propiamente dicho de un documento. Puede aparecer en la portada a continuación de aquél o en la cubierta. Se escribe únicamente cuando es imprescindible para aclarar el significado del título. Comienza con minúscula, salvo en las publicaciones en inglés en que se inicia con mayúscula.

Ejemplo:

Nuevas modalidades de contratación internacional: aplicación en el ámbito nacional y Mercosur.

3.5. Número de edición

Coloque el número de edición a continuación del título, sin colocar un punto entre ambos. El dato de edición debe encerrarse entre paréntesis (), asentando en primer lugar el número arábigo que le corresponde y a continuación y sin espacio intermedio la letra *a* en minúscula, o su equivalente en otros idiomas, luego y separada por un espacio coloque la abreviatura *ed.* seguida de un punto.

No debe hacerse constar la edición cuando se trata de la primera.

Ejemplo:

(4a ed.).

(ed. rev.).

3.6. Lugar de edición

Se entiende por lugar de edición, la localidad donde reside el editor, y no necesariamente coincide con el lugar de impresión del documento. Generalmente figura al pie de la portada, pero también suele encontrarse al dorso de la misma.

Se escribe a continuación del título o subtítulo separado por punto (.) y seguido de los dos puntos (:).

Ejemplo:

Buenos Aires:

Córdoba, Argentina:



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais

