

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



Luís Carlos Amaral Marques

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS DOS
MANANCIAIS DO UTINGA E DOS RIOS GUAMÁ E
AURÁ POR METAIS PELO DEPÓSITO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS DO AURÁ**

Belém
2014

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



Luís Carlos Amaral Marques

**Avaliação da contaminação das águas dos mananciais do
Utinga e dos rios Guamá e Aurá por metais pelo depósito
de resíduos sólidos do Aurá**

Belém
2014

Luís Carlos Amaral Marques

Avaliação da contaminação das águas dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá por metais pelo depósito de resíduos sólidos do Aurá

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

Belém
2014

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

M357a Marques, Luís Carlos Amaral

Avaliação da contaminação das águas dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá por metais pelo depósito de resíduos sólidos do Aurá. / Luís Carlos Amaral Marques; Orientador Hebe Morganne Campos Ribeiro. -- Belém, 2014.

64 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2014.

1. Resíduos sólidos. 2. Água – poluição 3. Lixo - eliminação. I. Ribeiro, Hebe Morganne Campos. II. Título.

CDD 628.44

Luís Carlos Amaral Marques

Avaliação da contaminação das águas dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá por metais pelo depósito de resíduos sólidos do Aurá

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.

Data da aprovação: 28/02/2014

Banca Examinadora

_____ – Orientador(a)

Profª. Hebe Morganne Campos Ribeiro
Doutora em Engenharia Elétrica
Universidade do Estado do Pará

Profª. Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez
Doutora em Geologia e Geoquímica
Universidade do Estado do Pará

Prof. Gundisalvo Piratoba Morales
Doutor em Geologia e Geoquímica
Universidade do Estado do Pará

Profª. Aline Maria Meiguins de Lima
Doutora em Desenvolvimento Socioambiental
Universidade Federal do Pará

Roberta Macedo Cerqueira
Doutora em Biologia Vegetal
Universidade do Estado do Pará

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado.

À Gerencia do Parque Estadual do Utinga (PEUt) pela autorização da realização do estudo e disponibilidade de equipamentos e transporte.

Ao Batalhão de Polícia Ambiental de Belém pelo apoio durante as coletas realizadas em campo.

Ao Laboratório de Hidrocarbonetos da UEPA pela disponibilização do espaço e equipamentos durante a pesquisa.

Ao Instituto Evandro Chagas que disponibilizou equipamentos e espaço para a realização das análises de metais.

À Dra. Hebe Ribeiro por me escolher como orientando, por compartilhar seu conhecimento e pela dedicação à nossa pesquisa.

Ao Dr. Altem Pontes pelo apoio nos momentos incertos, por depositar imensa confiança em mim e pela incessante dedicação ao PPGCA-UEPA.

À secretaria do PPGCA-UEPA, em especial à Adriana Brito e Lionete Castanho, pelo carinho e prontidão a todos os nossos pedidos.

À toda turma de Ciências Ambientais pelos momentos de alegria e pela dedicação mútua ao bem comum de todos, sem distinções.

À minha família (Débora Marques, Guilherme Marques e Danilo Marques), fonte de amor e afeto, pelo apoio incondicional em todos os momentos de minha vida.

Aos meus amigos, principalmente àqueles que me deram a satisfação de me aceitar em suas vidas nos últimos dois anos (Sarah Batalha, Glauce Vitor e Muller Pimentel), por compartilhar dos mesmos sonhos e pelo amor de vocês.

À minha melhor amiga, companheira e namorada Letícia Magalhães pela dedicação, apoio, paciência, afeto, carinho; pelo seu amor incondicional; e por estar sempre ao meu lado com uma palavra de conforto nos momentos difíceis.

RESUMO

Os processos de urbanização intensos, aliados ao crescimento populacional, proporcionam o crescimento de atividades que geram impactos ambientais ao meio urbano. Dentre as atividades com potencial gerador de poluição e/ou contaminação, ressaltam-se aquelas relacionadas ao saneamento ambiental. O esgotamento sanitário e a gestão de resíduos sólidos podem ser considerados geradores de situação problema no ambiente urbano. Destaca-se, portanto, a gestão dos resíduos sólidos gerados diariamente pela sociedade, e como eles podem interferir na qualidade de recursos indispensáveis no ambiente urbano, como os recursos hídricos, por exemplo. A ausência de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos pode gerar pressões à qualidade dos recursos hídricos, e conseqüentemente riscos à salubridade ambiental e saúde humana. Nesse sentido, o presente estudo avaliou o espaço de destinação final dos resíduos sólidos urbanos gerados na Região Metropolitana de Belém-PA, o aterro do Aurá, a partir do método do Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQAR). A avaliação indicou que o espaço apresenta deficiências estruturais, e que opera em condições inadequadas de funcionamento. Uma vez determinada a potencialidade de poluição ou contaminação do Aurá, levantou-se a hipótese de contaminação dos corpos hídricos próximos ao local, compostos pelos lagos Bolonha e Água Preta, responsáveis pelo abastecimento de água da RMB e os rios Guamá (usado para alimentar os lagos) e Aurá, efluente do Guamá. Para avaliar o grau de influência do Aurá sobre os corpos supracitados, realizou-se a avaliação das águas para determinação da concentração de elementos metálicos (Cu, Cr, Mn, Ni e Pb). O estudo apontou baixas concentrações metálicas na área de estudo. Os elementos analisados apresentaram-se bem abaixo dos valores máximos permitidos (VMP), recomendados pelas legislações vigentes; à exceção do Pb, que apresentou, em alguns pontos, valores acima do VMP, o qual pode ser explicado pela concentração geogênica do metal na região. Desta forma não foi possível avaliar o grau de influência do aterro do Aurá nos corpos hídricos estudados, devido às baixas concentrações, ou ausência dos elementos metálicos dissolvidos em água, que pode ser explicada pela boa capacidade de autodepuração dos corpos analisados.

Palavras-Chave: Resíduos Sólidos Urbanos. Aterro. Contaminação. Recursos Hídricos.

ABSTRACT

The processes of intense urbanization, associated to population growth, provide growth of activities that generate direct or indirect environmental impacts to the urban environment. Among the activities with potential generator of pollution or contamination, we highlight those related to environmental sanitation. Sanitation and solid waste management can be considered generative of problem situation in the urban environment. It is noteworthy, therefore, that the management of solid waste generated daily by society, and how they can affect the quality of essential resources in the urban environment, such as water, for example. The lack of management of municipal solid waste can generate pressures to the quality of water resources, and therefore risks to environmental and human health. In this sense, the present study evaluated the space of final disposal of municipal solid waste generated in the metropolitan region of Belém-PA, the landfill of Aura, from the "Índice de Qualidade de Aterro" (IQAR) method. The evaluation indicated that the space has structural deficiencies, which operates in unsuitable operating conditions. Once determined the potential of pollution or contamination by Aura, raised the hypothesis of contamination of water bodies near the site, composed by Bolonha and Água Preta lakes, responsible for RMB's water supply and the rivers Guamá (used to feed the lakes) and Aurá, Guamá's effluent. To evaluate the degree of Aurá's influence at the water bodies, held the evaluation of water to determine the concentrations of metals (Cu, Cr, Mn, Ni and Pb). The study showed low metal concentrations in the study area. The elements analyzed were presented well below the allowed maximum values (AMV), recommended by existing laws; except for Pb, which showed, in some points, values above the AMV, which can be explained by geogenic metal concentration of region. Thus it was not possible to assess the degree of influence of the landfill Aurá in the studied water bodies, due to low concentrations or absence of metals dissolved in water, which can be explained by good self-purification capacity of the bodies examined.

Keywords: Solid Waste Water Resources. Landfill. Contamination. Water Resources

LISTA DE QUADROS DO ARTIGO 1

- Quadro 01 Parâmetros de avaliação do método IQAR
- Quadro 02 Enquadramento do Espaço de Destinação final de Resíduos em função dos valores de IQAR

LISTA DE TABELAS DO ARTIGO 2

- Tabela 01 Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de amostras de água
- Tabela 02 Concentração de metais (Pb, Cu, Cr, Mn e Ni) em corpos hídricos destinados ao consumo humano: Valores Máximos Permitidos (mg.L^{-1}), segundo a legislação vigente.
- Tabela 03 Valores de pH e condutividade elétrica ($\mu\text{S/cm}$) encontrados nas amostras coletadas.

LISTA DE FIGURAS DO ARTIGO 1

- Figura 01 Mapa de localização do Aurá
- Figura 02 Distribuição dos Índices de avaliação

LISTA DE FIGURAS DO ARTIGO 2

- Figura 01 Área de Estudo
- Figura 02 Série Histórica – Precipitação total mensal de Belém/PA (Ano 2013)
- Figura 03 Resultado da concentração de Ni das amostras coletadas
- Figura 04 Resultado da concentração de Cr das amostras coletadas
- Figura 05 Resultado da concentração de Cu das amostras coletadas
- Figura 06 Resultado da concentração de Mn das amostras coletadas
- Figura 07 Resultado da concentração de Pb das amostras coletadas
- Figura 08 Distribuição de Mn na área de estudo
- Figura 09 Níveis de Concentração de Pb – 1º Campanha de Coleta
- Figura 10 Níveis de Concentração de Pb – 2º Campanha de Coleta

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Proteção Ambiental
BDMET	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COSANPA	Companhia de Saneamento do Pará
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IQAR	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduo
NBR	Norma Brasileira
PEUt	Parque Estadual do Utinga
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RMB	Região Metropolitana de Belém
RSU	Resíduo Sólido Urbano
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	10
1.2	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	13
2	ARTIGO 1 – AVALIAÇÃO DO ESPAÇO DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE BELÉM, PARÁ	16
	RESUMO	16
	ABSTRACT	16
2.1	INTRODUÇÃO	17
2.2	ÁREA DE ESTUDO	21
2.3	MATERIAL E MÉTODOS	22
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
2.5	CONCLUSÃO	30
2.6	REFERÊNCIAS	32
3	ARTIGO 2 – AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE Cu, Cr, Mn, Ni E Pb DAS ÁGUAS DOS MANANCIAS DO UTINGA E DOS RIOS GUAMÁ E AURÁ – BELÉM/PA	35
	RESUMO	35
	ABSTRACT	36
3.1	INTRODUÇÃO	36
3.2	MATERIAL E MÉTODO	39
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
3.4	CONCLUSÃO	53
3.5	REFERÊNCIAS	54
4	CONCLUSÕES GERAIS	57
	ANEXO I – NORMAS DA REVISTA CAMINHOS DA GEOGRAFIA (ARTIGO 1)	58
	ANEXO II - NORMAS DA REVISTA ENCICLOPÉDIA BIOSFERA (ARTIGO 2)	60
	APÊNDICE A	62

1. INTRODUÇÃO GERAL

Com o desenvolvimento urbano acelerado, a partir da segunda metade do século XX, houve também uma busca intensa por recursos naturais que pudessem suprir as necessidades inerentes aos infindáveis usos que estes podem proporcionar. Dentre os recursos naturais, destacamos os recursos hídricos, que estão ligados a fatores de ocupação e de uso do solo (SANTIN e GOELLNER, 2013).

No ambiente urbano as águas estão associadas à saúde humana e conservação ambiental, mas estão quase sempre inseridas em um ciclo de contaminação gerado pelos efluentes das ações da população urbana; reflexos de atitudes comportamentais do homem, que apresenta uma “tendência em sentido contrário à manutenção do equilíbrio ambiental” (MORAES e JORDÃO, 2002). Tucci (2008) aponta problemas gerados pela intensa urbanização à qualidade da água, destacando as ações urbanas nas proximidades dos mananciais de abastecimento de água, como o despejo *in natura* de esgotos sanitários nos rios e os depósitos de resíduos sólidos, que atuam como fontes de contaminação.

Destaca-se, portanto, as questões sanitárias, que podem ser consideradas as mais impactantes aos ambientes hídricos. Os impactos estão principalmente relacionados ao esgotamento sanitário e a deposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) sem adequação. De acordo com Oliveira e Pasqual (2004) a disposição incorreta de RSU gera, ou podem gerar, sérios problemas ambientais aos recursos hídricos. O risco potencial de impactos ambientais que podem ser gerados pelos aterros está vinculado à estrutura física do local, ao sistema de operação e a localização destes espaços no ambiente urbano.

Atualmente, a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelece princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações com a finalidade de garantir a gestão e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos em todos os municípios brasileiros. A partir do incentivo à implantação de planos de gestão de resíduos sólidos estaduais e municipais, a PNRS tem como uma das metas eliminar e recuperar espaços considerados como lixões, Art. 15°.

Apesar da Lei nº 12.305 em vigor, a realidade da maioria dos municípios brasileiros ainda é alarmante. De acordo com Marques et. al. (2012), o uso de aterros sanitários, modelo mais apropriado para o acondicionamento final de RSU, subiu de 17,3% para 27,7%, entre os anos de 2000 e 2008. No último levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), cerca de 50,8% das cidades brasileiras destinavam seus resíduos sólidos em lixões à céu aberto no ano de 2008.

Atualmente, mesmo com políticas de gestão de resíduos sólidos melhores e mais atuantes, sabe-se que a realidade dos municípios brasileiros ainda é preocupante. Estima-se que 40% dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil, cerca de 33,2 milhões de toneladas, não foram destinados adequadamente no ano de 2011 (BRASIL, 2013). Assim, os espaços que deveriam estar em melhores condições, continuam colocando em risco a salubridade ambiental e à saúde humana.

Com o objetivo de avaliar os espaços de destinação final de resíduos sólidos urbanos a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), desenvolveu o Índice de Qualidade de Aterro – IQAR, como uma ferramenta de gestão ambiental destes espaços (CUNHA e SILVA, 2007). O método classifica os espaços em condições inadequadas, controladas ou adequadas de funcionamento, a partir da avaliação de 41 parâmetros divididos entre três grupos: características do local, infraestrutura implantada e as condições operacionais. O IQAR atua como um diagnóstico sobre as condições de funcionamento dos aterros, e permitem a descrição dos problemas que podem ocasionar impactos ambientais.

Dentre os problemas ambientais gerados pelos aterros, destacam-se aqueles causados pelo efluente líquido, o chorume. Resultado da decomposição natural da matéria orgânica, a partir de processos aeróbios e anaeróbios, contém elevadas concentrações de compostos orgânicos e inorgânicos (CELERE et. al., 2007). Dentre os elementos que podemos encontrar no chorume, destacam-se os metais, uma vez que a mistura de compostos de plástico, metal e outros materiais inorgânicos presentes no aterro, conferem ao chorume uma mistura rica em metais pesados (OYGARD et. al., 2004). Quando presentes no ambiente, principalmente o aquático, os metais dispostos no chorume são distribuídos nos compartimentos do

ambiente, como solo, sedimento, plantas e animais (SANTANA e BARRONCAS, 2007).

Dispersos no ambiente natural, os metais ainda podem ser indispensáveis aos seres vivos, que necessitam de alguns metais, como Cu e Mn, em concentrações pequenas, para a realização de funções vitais no organismo. Contudo, níveis excessivos podem se tornar extremamente tóxicos. No caso do Pb, por exemplo, que não possui função orgânica, sua acumulação pode provocar graves doenças (CAMPOS et. al., 2009).

A partir deste panorama, a proposta de estudo surge a partir da preocupação em torno da qualidade da água superficial da Bacia Hidrográfica do Utinga, utilizada no abastecimento público da Região Metropolitana de Belém/PA, área suscetível a impactos decorrentes da proximidade do aterro do Aurá.

Neste sentido, o Aurá pode estar configurado como uma fonte intermitente de poluição e/ou contaminação das áreas sob sua influência. Assim, estudos de monitoramento na área em questão são relevantes, haja vista que o espaço sob influência é passível de alterações de ordem ambiental, podendo estar relacionados às ações e efeitos ainda não elucidados. A partir deste cenário, objetivou-se classificar o espaço de destinação final de RSU da Região Metropolitana de Belém/PA, o aterro do Aurá, bem como avaliar a qualidade das águas superficiais dos corpos que compõem o ecossistema hídrico mais próximo do aterro, a partir da análise de concentração metálica dissolvida em água.

O estudo foi composto por dois artigos para publicação em periódicos. O primeiro aborda a aplicação do método de IQAR no aterro do Aurá para determinar sua classificação de funcionamento. Ao apontar os principais problemas, o método permite uma avaliação holística do funcionamento do aterro e dos impactos ambientais, possivelmente gerados. O segundo artigo tem por objetivo ratificar os impactos causados pelo Aurá, avaliando o grau de influência que o Aurá exerce sobre os mananciais de abastecimento de água de Belém-PA e aos rios Guamá e Aurá, a partir da análise da concentração dos metais, Chumbo (Pb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Manganês (Mn) e Níquel (Ni), dissolvidos nas água dos corpos hídricos em questão.

1.1. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (2010). **Lei 12305, 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, D.F. 03 de agosto de 2010.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2011. Brasília: MCIDADES. 2.634 pág. SNSA, 2013.

CAMPOS, A.E.L.; NUNES, G.S.; OLIVEIRA, J.C.S.; TOSCANO, I.A.S. Avaliação da contaminação do igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do aterro da Ribeira, em São Luís, Maranhão. Química Nova. v.32, n.4, 2009.

CELERE, M.S.; OLIVEIRA, A.S.; TREVILATO, T.M.B.; MUÑOZ, S.I.S. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil e sua relevância para a saúde pública. Caderno de Saúde Pública. v.23(4), p. 939-947, 2007.

CUNHA, M.E.G.; SILVA, M.F. Análise de instrumentos de gestão ambiental visando a melhoria contínua do índice de qualidade de aterro de resíduos – IQR do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.2, n.6, p.9-13, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA–IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2008)**, 2010.

MARQUES, R.F.P.V.; SILVA, A.M.; RODRIGUES, L.S.; COELHO, G. Impactos da disposição de resíduos sólidos urbanos na qualidade da água superficial em três municípios de Minas Gerais – Brasil. Revista Ciênc. Agrotec. v.36. n.6. p.684-692, 2012.

MORAES, D.S.L.; JORDÃO, B.Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. Revista Saúde Pública. 36(3). p.370-374, 2002.

OLIVEIRA, S.; PASQUAL, A. Avaliação de parâmetros indicadores de poluição por efluente líquido de um aterro sanitário. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v.9. n.3. p.240-249, 2004.

OYGARD, J.K.; MAGE, A.; GJENGENDAL, E. Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the heavy metal content of the deposited waste and the leachate. *Water Research*. v.38, p.2851-2858, 2004.

SANTANA, G.P.; BARRONCAS, P.S.R. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). *Acta Amazonica*. v.37(1), p.111-118, 2007.

SANTIN, J.R.; GOELLNER, E. A gestão dos Recursos Hídricos e a cobrança pelo uso. *Sequência (Florianópolis)*, n.67, p.199-221, 2013.

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. *Estudos Avançados*. 22(3), 2008.

ARTIGO 1

Título: Avaliação do espaço de destinação final de resíduos sólidos urbanos de Belém-PA

Autores: Luís Carlos Amaral Marques; Hebe Morganne Campos Ribeiro; Altem Nascimento Pontes; Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez

Revista: Caminhos da Geografia (ISSN: 1678-6343. Qualis: B3/Área Interdisciplinar)

AVALIAÇÃO DO ESPAÇO DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE BELÉM, PARÁ

Luís Carlos Amaral Marques

Bacharel em Engenharia Ambiental – Universidade do Estado do Pará
luisc.marques@hotmail.com

Hebe Morganne Campos Ribeiro

Dr^a em Engenharia Elétrica – Universidade do Estado do Pará
hebemcr@gmail.com

Altem Nascimento Pontes

Dr. em Física – Universidade do Estado do Pará
altempontes@hotmail.com

Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez

Dr^a. em Geologia e Geoquímica – Universidade do Estado do Pará
lucyanegutierrez@gmail.com

RESUMO

Estudos realizados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) mostram que em aproximadamente 61% dos municípios brasileiros o acondicionamento final dos Resíduos Sólidos Urbanos não é adequado, sendo realizado em espaços fora dos padrões adequados de funcionamento. Nesse sentido, este estudo avaliou o espaço de destinação final dos resíduos oriundos da Região Metropolitana de Belém-PA, o Aurá, a partir do Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos, que pode variar em uma escala de 0 a 10. Após a análise de 41 parâmetros, os resultados apontaram para um valor de 2,7, que enquadra o Aurá em condições inadequadas de funcionamento, apresentando, portanto, estrutura de operação de lixão. A presente avaliação ratificou que o Aurá encontra-se em desacordo com o estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos, necessitando de medidas que proporcione melhor qualidade ambiental do espaço.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos; Lixão; Qualidade ambiental.

EVALUATION OF FINAL DESTINATION AREA OF URBAN SOLID WASTE OF CITY OF BELÉM, PARÁ

ABSTRACT

Studies realized by the “Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais” (ABRELPE) have shown that nearly 61% of Brazilian municipalities the solid waste final packing is not appropriate, being realized in spaces without adequate function patterns. In doing so, this study evaluated the solid waste final packing of Belém-PA, the Aurá, from Índice de Qualidade de Aterro – IQR on, which can varies in a scale from 0 to 10. After 41 parameters analysis, the results shows to a 2,7 value, that fits the Aurá in inadequate terms of function, showing, therefore, an dumpsite operation structure. This evaluation has ratified that the Aurá has been found in disagreement that was established by Política Nacional de Resíduos Sólidos, needing measures that provides a better environmental quality of space.

Keywords: Urban Solid Waste; Dumpsite; Environmental quality.

2.1 INTRODUÇÃO

No contexto urbano, as atividades humanas originam resíduos sólidos das mais variadas classificações. Para Gouveia e Prado (2010), os resíduos sólidos urbanos tratam-se de uma mistura complexa de resíduos, podendo ser perigosos à saúde, oriundos de atividades domésticas, comerciais e industriais.

O crescimento demográfico associado à intensificação do consumo, em detrimento da melhora do nível socioeconômico da população, são fatores da geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em larga escala nos centros urbanos (FILHO e SOBREIRA, 2007). Desse modo, os centros urbanos são fontes geradoras de resíduos os quais devem apresentar a logística de manejo adequada, bem como qualquer centro produtor de resíduos, segundo as normas estaduais e/ou federais vigentes.

De acordo com a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, fica determinado que a gestão de resíduos sólidos compreende atividades de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final de resíduos sólidos domésticos.

Segundo Cornieri e Fracalanza (2010), a palavra **resíduo** origina-se do latim *residuu*, que significa 'o que resta de determinadas coisas', está, portanto, associada à lixo, sendo discutida pela NBR 10.004/2004. A referida norma caracteriza os resíduos sólidos como "[...] resíduos, nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição".

Os resíduos sólidos são classificados, também, como urbanos (RSU), que segundo Cornieri e Fracalanza (2010), compreende os resíduos domiciliares, o resíduo comercial de pequenos geradores, além dos resíduos de serviços oriundos de limpeza pública urbana. A Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, classifica, em seu Art. 13, os resíduos sólidos urbanos quanto à origem, em domiciliares e resíduos de limpeza urbana caracterizados como àqueles oriundos de 'atividades domésticas em residências urbanas' e àqueles oriundos 'da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana', respectivamente.

Segundo a NBR 10.004/2004, a classificação dos resíduos sólidos envolve a identificação de seus constituintes que são estabelecidos de acordo com a matéria prima, insumos e o processo que lhe originou. A partir desta identificação, os resíduos passam a ser classificados de acordo com o potencial impacto à saúde humana e ao meio ambiente, ocasionados pelo destino final de cada um deles.

A NBR 10.004 classifica os resíduos sólidos em dois grupos – perigosos e não perigosos. Tendo em vista que a composição gravimétrica dos RSU no Brasil é de 51,4% de matéria orgânica, 31,9% de recicláveis e 16,7% de outros materiais (ABRELPE, 2012), pode-se aferir que os RSU, em sua maioria, não apresentam características que os classificam como perigosos – como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Apesar de não serem classificados como perigosos, os RSU são os que causam os maiores problemas ambientais nos centros urbanos brasileiros. Segundo Gouveia e Prado (2010), esta realidade é observada por dois motivos principais – o grande volume de RSU gerado pela população dos centros urbanos e a ausência de políticas de gestão de resíduos sólidos apropriadas. Esta realidade é observada não somente nos grandes centros urbanos que aglomeram as maiores concentrações populacionais, mas em municípios menores do país este panorama também se repete.

No Brasil, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2012), a geração de resíduos sólidos urbanos no ano de 2011 alcançou a marca de 61 milhões de toneladas. Observa-se, por outro lado, que o país apresenta uma limitação estrutural para acondicionar e tratar o grande volume de resíduos gerados pelos seus municípios.

A ausência de programas eficazes de gestão de resíduos faz com que cada vez mais resíduos sejam gerados sem que haja uma correta utilização ou deposição destes, a partir de políticas apoiadas em uma “estrutura rudimentar, sob o ponto de vista tecnológico, comum em países em desenvolvimento” (FILHO e SOBREIRA, 2007).

Verifica-se que os espaços de destinação final de Resíduos Sólidos inseridos nos espaços urbanos não se tornam viáveis quando a gestão pública não estabelece

alternativas apropriadas, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental (RUBERG e SERRA, 2007).

Desta maneira, as técnicas de disposição final de Resíduos Sólidos de alta complexidade são firmadas em critérios de engenharia e normas operacionais, que apresentam menos riscos à saúde e à segurança dos agentes envolvidos, além de mínimos impactos ambientais, como os aterros sanitários. Estes, segundo a ABNT – NBR 8419 são técnicas de disposição e confinamento dos resíduos sólidos urbanos, com métodos adequados, implantando técnicas de engenharia, levando em consideração todos os aspectos de proteção e controle ambiental, reduzindo ao máximo os riscos à saúde pública e ao meio ambiente, acabam por ficar em segundo plano.

Para retratar este fato, um estudo realizado pela ABRELPE (2012) indicou que cerca de 61% dos municípios brasileiros fazem uso de áreas inadequadas para a destinação de RSU, como lixões, formas de disposição final que não apresentam funcionalidade apropriada, que são caracterizadas como alternativas inviáveis, tanto do ponto de vista ambiental como de saúde, e estão entre as formas mais comuns de destinação final de resíduos. Sem tratamento preliminar os resíduos são lançados em solo exposto, não havendo projeto de engenharia ou cuidado com a saúde pública e meio ambiente (BRAGA *et al.* 2004).

Esta realidade está associada ao não cumprimento da legislação, em sua totalidade, por parte daquele que deveria cumpri-la rigorosamente – o poder público. Para Tabalipa e Fiori (2006), a falta de modelos de gestão de resíduos sólidos acaba por dificultar a ação dos gestores públicos, trazendo problemas que comprometem a qualidade de vida da população e do meio ambiente.

Destaca-se o atribuído pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), em seu Art. 54º, que estabelece um prazo, à adequação da disposição final dos rejeitos, de quatro anos, a partir do ano da publicação da referida Lei. Para que se cumpra a adequação a Lei nº 12.305 seu Art. 19º prioriza as ações que devem ser cumpridas, sendo elas a “não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos”, todas embasadas em modelo de Plano de Resíduos Sólidos apropriado à localidade.

Uma vez estabelecida a Lei nº 12.305/2010, que institui a PNRS, os estados estão condicionados à implantação de medidas para a melhoria da gestão dos Resíduos Sólidos nos municípios, com incentivos a projetos voltados à reciclagem, reutilização e coleta seletiva de resíduos sólidos, sendo os Planos de Resíduos Sólidos, os instrumentos de regulação da PNRS.

Observa-se, contudo, que em cidades de países em desenvolvimento, de urbanização acelerada, os serviços de saneamento ambiental não são ofertados em sua plenitude. Saneamento básico, abastecimento de água, coleta e destinação adequada de resíduos são providos de maneira precária (JACOBI e BESEN, 2011).

De acordo com a Constituição Federal de 1988, a titularidade dos serviços públicos referente ao saneamento é dos municípios. Desse modo, é dever das prefeituras garantir a saúde e a qualidade de vida da população. Entretanto, esta não é a realidade de grande parte dos municípios brasileiros. De acordo com Caldeira *et al.* (2009), “a carência na cobertura se faz sentir nas áreas urbanas de precária infraestrutura, assim como em pequenos municípios com poucos recursos financeiros”.

Segundo a ABRELPE (2012), 41,9% dos RSU gerados no Brasil são lançados em espaços inadequados, como lixões e aterros controlados, que estão fora dos padrões adequados de funcionamento, ou seja, sem sistemas de controle de riscos ambientais, classificando-os como lixões, os quais não garantem a salubridade ambiental. A disposição adequada de resíduos sólidos está relacionada à saúde pública e sua ineficiência pode gerar riscos e comprometer o saneamento básico do ambiente urbano (TABALIPA e FIORI, 2006).

Talvez o maior desafio enfrentado pelos municípios que atravessam problemas na gestão ambiental seja o saneamento ambiental, especificamente a gestão de resíduos sólidos urbanos. Pela ausência de critérios ambientais no uso de espaços para destinação final de resíduos, estes, tornam-se, no mínimo, fonte de contaminação de solos e recursos hídricos (ABU-RUKAH e AL-KOFAHI, 2001).

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), constatou que os depósitos de resíduos sólidos, em 31% dos municípios brasileiros, localizam-se a menos de 1 km de aglomerados residenciais ou de áreas de proteção ambiental.

A partir deste panorama, a avaliação dos espaços reservados à destinação final de resíduos sólidos do Norte do país se faz pertinente, uma vez que apenas 35% dos resíduos coletados na região são destinados à aterros sanitários (ABRELPE, 2012).

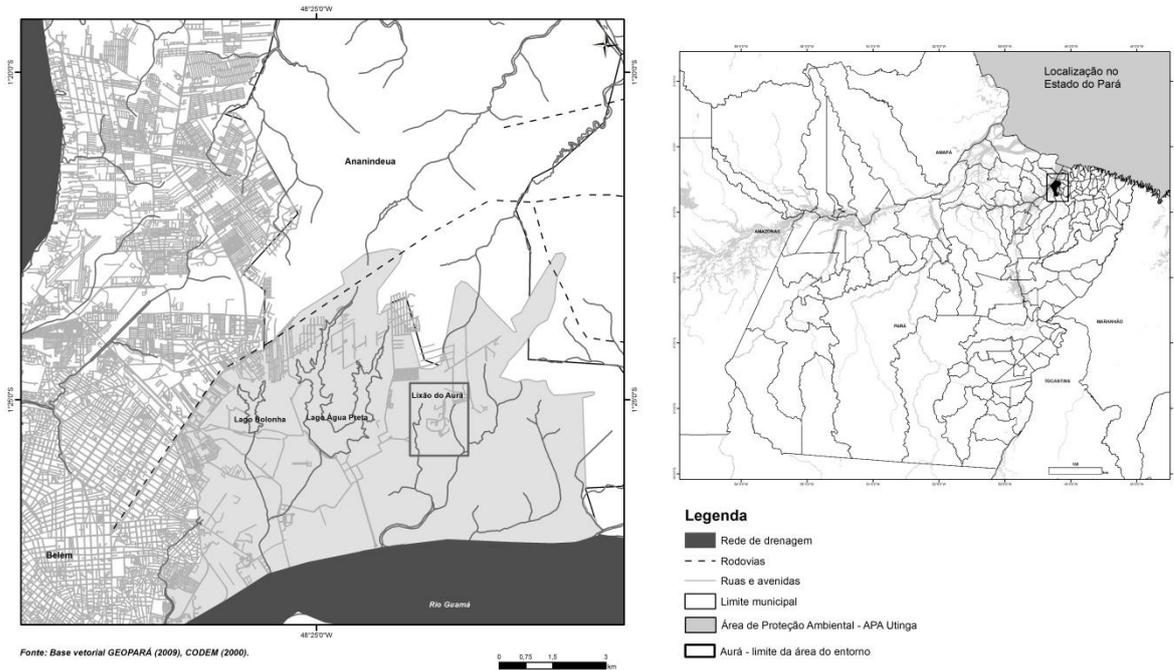
Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar e classificar a área de destinação final de RSU da Região Metropolitana de Belém/PA, a partir do Índice de Qualidade do Aterro de Resíduos (IQAR), método comumente utilizado como uma ferramenta de gestão ambiental, para a caracterização de áreas de destinação final de resíduos, por autores como MONTEIRO (2006), CUNHA e SILVA (2007) e IWAI (2012), para entendimento e elucidação de problemas relacionados a resíduos sólidos no ambiente urbano.

2.2 ÁREA DE ESTUDO

Fundado em 1987, o Aurá localiza-se nas proximidades do Rio Guamá, nos limites dos Municípios de Ananindeua-PA e Belém-PA, na Região Metropolitana de Belém (RMB). O espaço de destinação de resíduos está disposto em uma área conhecida como Santana do Aurá, distante 4 km da Rodovia BR-316, principal via de acesso ao município de Belém-PA. Pelo sistema de coordenadas geográficas Lat./Long., localiza-se no quadrante entre os paralelos 1° 10' 00" S e 1° 30' 00" S e os meridianos 48° 25' 00" W e 48° 20' 00" W.

Ao norte do Rio Guamá, o Aurá está inserido em uma microbacia com drenagens de pequeno porte e pouca extensão, como igarapés. A oeste, a cerca de 1,4 km de distância, situam-se os lagos Bolonha e Água preta, fontes de abastecimento de água da RMB (Figura 01).

Figura 01: Mapa de localização do Aurá



Ocupando uma área de aproximadamente 130 ha, o aterro recebe, hoje, sem apresentar condições estruturais para este fim, resíduos sólidos urbanos de cerca de 1,8 milhões de habitantes, reunindo as populações dos municípios de Ananindeua-PA e Belém-PA (IBGE, 2010).

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise do aterro em estudo, utilizou-se o sistema de avaliação desenvolvido pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que determina o cálculo do IQAR. Segundo Cunha e Silva (2007), a realização deste método de avaliação dos aterros sanitários ocorre desde o ano de 1997, sendo utilizada como uma ferramenta de gestão ambiental.

O IQAR trata-se de um inventário obtido a partir de informações coletadas por meio de um modelo de *checklist* com 41 parâmetros que estão distribuídos em três grupos de avaliação: características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais do espaço; reservado à destinação final de resíduos sólidos.

Os parâmetros foram avaliados a partir de informações coletadas *in situ* na área de estudo, bem como a partir de informações secundárias procedentes de artigos científicos que possuíam a área de estudo comum.

De acordo com MARCONI e LAKATOS (2003), a coleta de dados pode ser organizada em dois tipos de procedimentos: a documentação indireta e a documentação direta. A documentação indireta para levantamento de dados pode ser a partir de pesquisa documental ou bibliográfica, enquanto a documentação direta se faz no local em que os fenômenos ocorrem através da pesquisa de campo.

O Quadro 01 indica os parâmetros avaliados para a composição do IQAR, bem como o método de coleta de dados usados para a avaliação dos aspectos.

Quadro 01: Parâmetros de Avaliação do Método IQAR

(continua)

GRUPOS DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS AVALIADOS	COLETA DE DADOS
Característica do Local (G1)	Capacidade de suporte do solo	Indireta
	Permeabilidade do solo	Indireta
	Proximidade de Núcleos Habitacionais	Direta
	Proximidade de corpos de água	Direta
	Profundidade do Lençol Freático	Indireta
	Disponibilidade de material para recobrimento	Indireta
	Qualidade de material para recobrimento	Indireta
	Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Direta
	Isolamento visual da vizinhança	Direta
	Legalidade de localização	Indireta
Infraestrutura Implantada (G2)	Cercamento da área	Direta
	Portaria/Guarita	Direta
	Controle de recebimento de cargas	Direta
	Acesso à frente de trabalho	Direta
	Trator de esteiras ou compatível	Direta
	Outros equipamentos	Direta
	Impermeabilidade da base do aterro	Indireta
	Drenagem de chorume	Direta
	Drenagem de águas pluviais definitiva	Direta
	Drenagem de águas pluviais provisória	Direta
	Drenagem de gases	Indireta
	Sistema de tratamento de chorume	Direta
	Monitoramento de águas subterrâneas	Indireta
	Vigilantes	Direta
Atendimento a estipulações de projeto	Indireta	

(conclusão)

GRUPOS DE AVALIAÇÃO	ASPECTOS AVALIADOS	COLETA DE DADOS
Condições Operacionais (G3)	Aspecto Geral	Direta
	Recobrimento diário do lixo	Direta
	Presença de urubus-gaivotas	Direta
	Presença de moscas em grande quantidade	Direta
	Ocorrência de lixo descoberto	Direta
	Presença de catadores	Direta
	Criação de animais	Direta
	Descarga de resíduos de serviços de saúde	Direta
	Descarga de resíduos industriais	Indireta
	Funcionamento de drenagem de chorume	Direta
	Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Direta
	Funcionamento da drenagem pluvial provisória	Direta
	Funcionamento do sistema de tratamento do chorume	Direta
	Funcionamento do sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Indireta
	Eficiência da equipe de vigilância	Direta
Manutenção dos acessos internos	Direta	

Fonte: Adaptado da CETESB (2000).

Em cada um dos três grupos de avaliação os 'aspectos avaliados' são ponderados de forma isolada, recebendo um valor ou peso associado que gerará um índice final para cada grupo de avaliação. Somando-se a pontuação máxima dos três grupos, o método do IQAR indica uma pontuação máxima de 125 pontos quando o aterro recebe avaliação máxima em todos os requisitos avaliados, caracterizando, portanto, um padrão ideal de funcionamento.

Os índices finais de cada um dos três grupos analisados são somados, atribuindo uma escala de avaliação de 0 a 10, de acordo com a Fórmula 01.

Fórmula 01: Cálculo de Avaliação do IQAR

$$IQAR = \frac{\sum G1 + \sum G2 + \sum G3}{13}$$

O valor final encontrado será o enquadramento do IQAR, conforme estabelecido no Quadro 02.

Quadro 02: Enquadramento do Espaço de Destinação Final de Resíduos em função dos valores de IQAR.

IQAR	ENQUADRAMENTO
$0 \leq \text{IQAR} \leq 6,00$	Condições Inadequadas
$6,01 \leq \text{IQAR} \leq 8,00$	Condições Controladas
$8,01 \leq \text{IQAR} \leq 10,00$	Condições Adequadas

Fonte: CETESB, 2011.

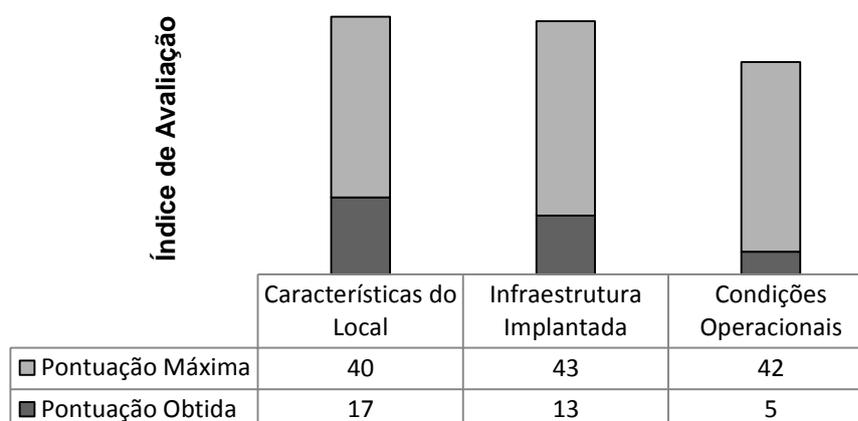
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sendo o IQAR um indicador usado como uma ferramenta de gestão ambiental a partir da combinação de variáveis, este atua como um diagnóstico sobre a disposição final de resíduos sólidos urbanos, permitindo observar e acompanhar a situação do meio ambiente; assim é possível constituir um critério de avaliação e estabelecer ações de melhorias dos espaços destinados aos resíduos sólidos nos ambientes urbanos.

O município de Belém, com cerca de 1,4 milhões de habitantes (IBGE, 2010), coleta, segundo a ABRELPE (2012), cerca de 1.788,6 t/dia de resíduos sólidos urbanos, montante que representa 36% do total de resíduos coletados no estado do Pará, e que tem como destino final o Aurá. São centenas de toneladas de materiais lançados em uma área que em alguns anos estará saturada, e que já vem apresentando sérios problemas ambientais, como contaminação do solo, de águas superficiais e subterrâneas (MATOS *et al.*, 2011).

A pontuação final do aterro do Aurá, após adaptação para definir os valores em escala de avaliação de 0 a 10, gerou um índice final que enquadrou o aterro em condições inadequadas de funcionamento. O índice IQAR, que varia em uma escala de 0 a 10, apontou 2,7 para o Aurá, caracterizando o local como lixão.

O método do IQAR, para avaliação e enquadramento do aterro do Aurá, indicou que o espaço possui a estrutura de funcionamento extremamente fragilizada, com quase nenhuma medida de proteção ambiental. A avaliação dos 41 parâmetros que fazem parte do IQAR pode ser observada no Apêndice A. O somatório dos pontos obtidos após análise dos grupos que compõem a estrutura do Aurá, a partir da avaliação dos parâmetros do aterro, pode ser observado na Figura 02.

Figura 02: Distribuição dos Índices de Avaliação

A avaliação geral dos grupos analisados vislumbra uma realidade preocupante em torno da estrutura de funcionamento do Aurá. Para aquele que representa as Características do Local, o somatório dos pesos proporcionais à avaliação de cada item observado atingiu apenas 17 (42,5%) pontos da pontuação máxima, mostrando que as características do local estão em deficiência.

Ainda avaliando o somatório total dos pesos obtidos pelos grupos, os de Infraestrutura Implantada e Condições Operacionais mostraram condições ainda piores, alcançando apenas 13 (30,2%) pontos e 5 (11,9%) pontos, respectivamente, da pontuação máxima.

No Aurá, a avaliação apontou que o espaço de destinação de resíduos alcançou 35 de 125 pontos, representando apenas 28% da pontuação máxima.

Alguns aspectos imprescindíveis não são atendidos para que o aterro do Aurá tenha uma estrutura apropriada de funcionamento. Destacam-se, portanto, como pontos negativos do Aurá a proximidade de núcleos habitacionais, a proximidade de corpos d'água, a falta de estrutura de coleta e tratamento de chorume, a ausência de drenagem de águas pluviais e de drenagem de gases e o não funcionamento de sistemas de monitoramento de águas subterrâneas; sendo estes apenas alguns aspectos que estão fora dos padrões de funcionamento e que acabam por ocasionar outras condições inapropriadas de operacionalização do espaço.

O fato é que alguns aspectos do espaço não podem ser alterados como a proximidade com núcleos habitacionais, proximidade de corpos de água ou mesmo

a legalidade de localização. Contudo, há aqueles que dependem apenas de uma melhor infraestrutura ou equipamentos, e são passíveis de medidas que podem proporcionar melhorias no funcionamento do espaço, reduzindo os problemas ambientais provocados.

A avaliação ratifica que, atualmente, o espaço de destinação final de RSU do Aurá não apresenta os padrões mínimos necessários ao funcionamento ideal. A situação se torna ainda mais delicada pela proximidade do aterro com os reservatórios de água que abastecem o município de Belém-PA – os lagos Água Preta e Bolonha. Estes estão inseridos na Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém – APA Metropolitana de Belém, criada pelo Decreto Estadual nº 1.551, de 03 de maio de 1993 (alterado pelo Decreto Estadual nº 1.329 de 02 de outubro de 2008) com o objetivo de proteger os mananciais de abastecimento de água do município, assegurando ‘[...] a potabilidade da água dos mananciais, através da restauração e manutenção da qualidade ambiental dos lagos Água Preta e Bolonha [...]’.

Instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, estabelece em seu Art. 1º “[...] critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.” Composto por 12 categorias divididas em dois grupos, Proteção Integral e Uso Sustentável, distintas quanto à forma de proteção e usos permitidos.

Dentre as categorias pertencentes ao grupo de Uso Sustentável, destaca-se a Área de Proteção Ambiental (APA). De acordo com a Lei nº 9.985, apesar de não necessitarem de zona de amortecimento ou corredores ecológicos, as Áreas de Proteção Ambiental se caracterizam por apresentar atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais considerados importantes à qualidade de vida das populações.

O Art. 15º do SNUC apresenta o objetivo das APA’s que é de “[...] proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”. A APA Metropolitana de Belém está inserida no contexto de Unidades de Conservação Brasileiro regidas pela esfera Estadual, enquadrada no Art. 4º da Lei nº 9.985 que aponta os objetivos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, o qual destaca-se o inciso VIII – “proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos”.

A disposição do Aurá às proximidades da APA segue em desacordo com os objetivos do Decreto Estadual e da Lei nº 9.985, onde a área delimitada à APA Metropolitana de Belém não segue um ordenamento com base em critérios urbanísticos e ecológicos que resguardarão os recursos hídricos e edáficos disposto em suas delimitações, devido à presença do depósito de resíduos do Aurá.

Conforme inciso I do Art. 11 da Lei nº 12.305, é de responsabilidade dos Estados a “promoção da integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionada à gestão dos resíduos sólidos, nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões”.

Apesar do disposto na referida Lei, a prestação de serviços públicos pela administração municipal esbarra em burocracias que acabam por restringir a eficiência dos serviços realizados, destacando-se os serviços de gestão ambiental. Desse modo, os avanços dos serviços ambientais acabam sendo insuficientes, apesar da grande demanda exigida.

Segundo Bertaci e Paulino (2007), a ampliação e consolidação da prestação destes serviços estão limitadas por um ambiente de fraca presença política, de quadro técnico especializado limitado e de reduzida interação com outras áreas da administração pública. Fica claro, portanto, que a representação do poder público, na maioria dos municípios brasileiros, não detém os mecanismos apropriados de gestão ambiental, faltando informações técnicas de gestão de resíduos, indispensáveis, para que os recursos possam ser bem aplicados (GRIMBERG, 2007 *apud* NETO e MOREIRA, 2010).

Observa-se que as questões supracitadas ainda não foram organizadas para o município de Belém. Para tanto, se faz necessária uma ação conjunta entre o órgão gestor público e a sociedade civil organizada, pois o gerenciamento dos resíduos deve estar integrado às ações normativas, financeiras e de planejamento, que estejam abrangendo toda a logística para uma boa gestão de resíduos sólidos urbanos de um centro urbano (LEITE, 1997 *apud* MANFRINATO, 2007).

Este tipo de ação se faz necessária em caráter de urgência, uma vez que a PNRS estabelece objetivos claros, que devem ser ponderados de modo satisfatório, uma vez que estes são medidas estabelecidas como condicionantes para que os municípios possam receber recursos destinados ao manejo de resíduos sólidos.

A Lei nº 12.305/2010 dispõe no Art. 7º seus objetivos, que seguem desde a “proteção da saúde pública e da qualidade ambiental”, além da “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”.

Em seu Art. 19, a referida Lei estabelece a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos como condição para o acesso a investimentos destinados a empreendimentos voltados ao manejo de resíduos sólidos. Para o efetivo acesso aos recursos da União, alguns estudos da situação dos resíduos sólidos devem ser realizados e devem estar descritos no Plano de Gestão de Resíduos Sólidos dos municípios, bem como, “[...] a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotada, [...] a identificação de áreas favoráveis para disposição final de rejeitos [...]”.

O município de Belém possui o referido Plano desde novembro de 2011. No entanto, o mesmo não estabelece medidas concretas de gestão dos resíduos sólidos, principalmente em ações que possam mitigar os problemas que assolam o espaço de destinação final de RSU no Aurá, não permitindo que o mesmo apresente um funcionamento ambientalmente adequado, dentro das regulamentações estabelecidas pela normatização vigente. O referido Plano recomenda modelos apropriados de tratamento e destinação final de resíduos, propondo inclusive um projeto de aterro sanitário, contudo não apresenta medidas mitigadoras para a área já existente ou tampouco indica a área a ser utilizada para o modelo de aterro proposto.

O Índice de 2,7, apontado pela análise do IQAR do Aurá, indica que o espaço está em desacordo com a Lei nº 12.305/2010, a qual proíbe como forma de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos “lançamento *in natura* à céu aberto [...]”, como disposto no capítulo VI do Art. 47 da referida Lei.

As condições hoje vislumbradas pela atual gestão de resíduos sólidos de Belém-PA indicam que o município terá enormes dificuldades para atender ao que foi regulamentado pela PNRS, e que as adaptações aos padrões esbarram na falta de investimentos e em ações concretas que possam adequar às condições de saneamento ambiental, no que tange a gestão dos resíduos sólidos.

2.5 CONCLUSÃO

As condições inadequadas de funcionamento do Aurá, apontadas pelo método IQAR, indicam que o serviço de gestão ambiental prestado pelo município é ineficiente e necessita de reformulação. A falta de avaliação do órgão competente e a ausência de fiscalização do poder público são fatores determinantes à involução da qualidade operacional, de infraestrutura e, conseqüentemente, ambiental do espaço destinado ao tratamento e destinação final de RSU da Região Metropolitana de Belém.

A problemática se torna latente pela presença do Aurá na Área de Proteção Ambiental, a APA Metropolitana de Belém, que, de acordo com a Lei nº 9.985 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, deveria resguardar os aspectos naturais da área a fim de promover a qualidade de vida e o bem estar da população. No entanto, devido à falta de ações de remediação e/ou mitigação dos impactos ambientais provocados no meio ambiente, a comunidade residente na área de influência direta do Aurá sofre com um ambiente insalubre, que não oferece qualidade de vida, apenas riscos à saúde humana.

O índice de 2,7, em uma escala de 0 a 10, apontado pela metodologia do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos aplicado, ratifica em valores o quadro em que se encontra o local de destinação final de resíduos sólidos da RMB. O espaço do Aurá, nas condições de funcionamento atuais, corrobora estudos que indicam que a Região Norte do Brasil destina a maior parte dos RSU coletados em espaços que não são apropriados a este fim.

Para a melhoria do espaço, o Aurá deveria contar com infraestrutura e equipamentos que evitassem, reduzissem ou mesmo mitigassem os impactos ambientais hoje ocasionados pelo mesmo. Deste modo, fazem-se necessárias ações imediatas como a drenagem de águas pluviais; contenção e tratamento de chorume e recobrimento diário de lixo, uma vez que estas medidas podem, à curto prazo, evitar impactos ao meio, provocados pelo lançamento do chorume, que é uma das problemáticas do espaço.

É evidente que o espaço não pode apresentar melhoria significativa apenas com essas medidas, todos os outros aspectos que formam a infraestrutura e as

condições operacionais devem, também, apresentar melhorias, para que o espaço como um todo possa se adequar.

A inserção de adequações é indispensável para reverter os problemas enfrentados pelo município, no que tange à gestão de Resíduos Sólidos. A adequada gestão de RSU pode inovar e modificar por completo os processos de causa e efeito que norteiam as relações existentes, principalmente, nos processos de geração e acondicionamento de resíduos, resultando na mitigação de impactos ambientais antes constatados, proporcionando melhoria da qualidade ambiental.

2.6 REFERÊNCIAS

ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2011**. São Paulo, 2012.

ABU-RUKAH, Y.; AL-KOFAHI, O. The assessment of the effect of landfill leachate on groundwater quality – a case study. El-Akader landfill site-north Jordan. **Journal of Arid Environments**, v.49, p.615-630, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BERTACI, M. J.; PAULINO, S. R. Avanços tênues e limites múltiplos da administração municipal na prestação de serviços de coleta e destinação de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.7, p.10-14, 2007.

BRAGA, B. et al. (Org.) **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Ptrentice Hall, 2004.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Altera as Leis nºs 6.766, 8.036, 8.666, 8.987. Revoga a Lei nº 6.528.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Altera a Lei nº 9.605.

CALDEIRA, M. M.; REZENDE, S.; HELLER, L. Estudos dos determinantes da coleta de resíduos sólidos urbanos em minas gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.3, p.391-400, 2009.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2010**. 186p. São Paulo. 2011.

CETESB. Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR. São Paulo, SP, 2000. In: <[http:// www.cetesb.sp.gov.br](http://www.cetesb.sp.gov.br)> Acesso em: 03 maio 2012.

CORNIERI, M. G.; FRACALANZA, A. P. Desafios do lixo em nossa sociedade. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.16, p.57-64, 2010.

CUNHA, M. E. G.; SILVA, M. F. Análise de instrumentos de gestão ambiental visando a melhoria contínua do índice de qualidade de aterro de resíduos – IQR do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.2, n.6, p.9-13, 2007.

FILHO, J. F. do P.; SOBREIRA, F. G. Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiadas pelo ICMS ecológico de minas gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, n.1, p.52-61, 2007.

GOUVEIA, N.; PRADO, R. R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. **Revista Saúde Pública**, v.44, n.5, p.859-866, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2010. 219p.

JACOBI, P. R ; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade .Estudos Avançados, v.25,p. 135 – 158, 2011.

MANFRINATO, J. W. S.; MARTINS, B. L.; ESGUÍCERO. F. J. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: um estudo da experiência no município de Lençóis Paulista. **Revista Gerenciais**, v.6, n.2, p.137-146, 2007.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos da metodologia científica. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MATOS, F. O. et al. Impactos ambientais decorrentes do aterro sanitário da região metropolitana de Belém-PA: Aplicação de ferramentas de melhoria ambiental. **Caminhos de geografia**, v.12, p.297-305, 2011.

NETO, P. N.; MOREIRA, T. A. Política nacional de resíduos sólidos – reflexões a cerca do novo marco regulatório nacional. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.15, p.10-19, 2010.

PARÁ (Estado). Decreto nº 1.551, de 03 de maio de 1993. **Dispõe sobre a Implantação da Área de Proteção Ambiental dos Mananciais de Abastecimento de Água de Belém - APA Belém**.

PARÁ (Estado). Decreto nº 1.329 de 02 de outubro de 2008. **Altera o Decreto Estadual nº 1.551, de 3 de maio de 1993**.

RUBERG, C.; SERRA, G. G. Destinação de resíduos sólidos domiciliares em megacidades: uma análise do município de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.8, p.4-9, 2007.

TABALIPA, N. L. FIORI, A. P. Caracterização e classificação dos resíduos sólidos urbanos do município de Pato Branco, PR. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, nº 4. 2006.

ARTIGO 2

Título: Avaliação das concentrações de Cu, Cr, Mn, Ni e Pb das águas dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá – Belém/PA

Autores: Luís Carlos Amaral Marques; Hebe Morganne Campos Ribeiro; Altem Nascimento Pontes; Bruno Santana Carneiro; Kelson do Carmo Freitas Faial

Revista: Enciclopédia Biosfera (ISSN: 2317-2606. Qualis: B3/Área Interdisciplinar)

AValiação DAS CONCENTRAÇÕES DE Cu, Cr, Mn, Ni E Pb DAS ÁGUAS DOS MANANCIAIS DO UTINGA E DOS RIOS GUAMÁ E AURÁ – BELÉM/PA

Luís Carlos Amaral Marques¹, Hebe Morganne Campos Ribeiro², Altem Nascimento Pontes³, Bruno Santana Carneiro⁴, Kelson do Carmo Freitas Faial⁵

1. Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (luisc.marques@hotmail.com)
2. Doutor(a) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará
3. Doutor em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas
4. Mestre em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará
5. Mestre em Química Analítica pelo PPGQ – Universidade Federal do Pará

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a influência do depósito de resíduos sólidos urbanos do Aurá e a qualidade ambiental dos mananciais de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém (RMB), foram coletadas amostras de água nos lagos Bolonha e Água Preta e nos rios Guamá e Aurá. O estudo analisou variáveis físico-químicas (pH e condutividade elétrica) e a concentração de elementos metálicos (Pb, Cu, Cr, Mn e Ni), dissolvidos em água. A determinação metálica foi realizada por Espectrometria de Emissão Óptica com plasma induzido (ICP-OES), e os resultados avaliados segundo o CONAMA N° 357/05, para águas classe 2, e a Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, além da interpretação de correlação a partir da aplicação do método estatístico de Pearson (r). No geral, as concentrações metálicas mantiveram-se abaixo dos valores máximos permitidos (VMP) pela legislação. Contudo, em alguns pontos, o Pb apresentou concentrações acima do VMP. O método estatístico de Pearson não apontou correlação forte do Pb com outros metais ou parâmetros físico-químicos; contudo, o método identificou forte correlação dos metais Cu, Cr e Mn com a condutividade elétrica. Com os resultados obtidos, não foi possível avaliar os efeitos de influência do Aurá nos corpos hídricos estudados, principalmente devido às baixas concentrações, ou ausência, dos elementos metálicos dissolvidos em água. Por outro lado, mesmo havendo a possibilidade de pressões do Aurá sobre os corpos hídricos, podemos conjecturar que eles apresentam boa capacidade de autodepuração.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos Urbanos; elementos metálicos; água.

CONCENTRATION'S EVALUATION OF Cu, Cr, Mn, Ni and Pb OF THE UTINGA'S WATERS SPRINGS AND IN THE GUAMÁ AND AURÁ RIVERS – BELÉM/PA

ABSTRACT

In order to assess the influence of Aura's deposit municipal solid waste and environmental quality of springs' water supply in the Metropolitan Region of Belém (RMB), water samples were collected in "Bolonha" and "Água Preta" lakes and in Guamá and Aurá rivers. The study analyzed physicochemical variables (pH and conductivity) and the concentration of metals (Pb, Cu, Cr, Mn and Ni), dissolved in water. The metal determination was performed by Optical Emission Spectrometry with Inductively Coupled Plasma (ICP-OES), and the results were evaluated according to CONAMA N° 357/05 for Class 2 waters, and "Portaria" N°. 2.914/2011 of the 'Ministério da Saúde', in addition to the interpretation of the correlation, using the statistical method of Pearson (r). Overall, the metal concentrations were maintained below the maximum permissible values (MPV) by legislation. However, at some points, Pb presented concentrations above the MPV. The statistical method of Pearson showed no strong correlation of Pb with other metals or physicochemical parameters; however, the method identified a strong correlation of Cu, Cr and Mn with electrical conductivity. With the results obtained, it was not possible to assess the effects of Aurá's influence in water bodies studied, mainly due to low concentrations, or absence, of metals dissolved in water. On the other hand, even with the possibility of Aurá's pressures on water bodies, we may conjecture that they have a good capacity for self-purification.

Keywords: Urban Solid Waste, metals, water.

3.1 INTRODUÇÃO

Diariamente os ambientes naturais, e principalmente urbanos, estão sujeitos a vários impactos ambientais, uma vez que atividades antrópicas estão relacionadas à geração de elementos poluentes ou contaminantes (JACOBI e BENSON, 2011).

Deste modo, os efeitos da urbanização podem ser observados nos ambientes naturais que estão inseridos no contexto urbano, principalmente nos mananciais. Estas fontes de recursos hídricos são vulneráveis à impactos causados pelas atividades humanas (SANTOS, 2012), sofrendo poluição e/ou contaminação.

De acordo com Tucci et. al. (2003), os principais problemas que a concentração urbana pode gerar nos ambientes aquáticos são: a degradação ambiental de mananciais; o aumento do risco das áreas de abastecimento com poluição orgânica e/ou química; a contaminação por esgotos domésticos e problemas associados ao lixo urbano.

A redução quantitativa e qualitativa dos mananciais está associada aos usos e ocupação da terra e aos processos produtivos nos centros urbanos (PELIZZARO et. al., 2008). Dentre os usos e ocupação do solo, destacamos os espaços de destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU. Uma vez que estes funcionem fora dos padrões de salubridade ambiental, eles tornam-se um passivo ambiental, e podem contaminar solos e recursos hídricos, criando ambientes de qualidade ambiental contestável (BESEN, 2011), afetando diretamente o meio ambiente e à população.

Apesar de o Brasil atender 98,4% da população urbana com os serviços de coleta domiciliar de RSU, estima-se que 40% dos resíduos sólidos urbanos não possuem destino final adequado; com uma geração média de 0,96 kg/hab./dia de RSU, cerca de 33,2 milhões de toneladas foram dispostos em locais inapropriados no ano de 2011 no Brasil (SNSA, 2013).

Assim, os espaços de destinação final inadequados, presentes no meio urbano, representam pressões aos mananciais, principalmente devido à vulnerabilidade a riscos de contaminação e/ou poluição ambiental. Para Alvim et. al. (2008) a “preservação e/ou recuperação das áreas de proteção dos mananciais são extremamente importantes para a garantia da disponibilidade de recursos hídricos” (p.144).

Neste sentido, faz-se necessário o controle dessas áreas, com o propósito de solucionar os problemas relativos, não somente à degradação dos mananciais, sobretudo, à melhoria da qualidade de vida dos habitantes que dependem destes corpos hídricos.

A Região Metropolitana de Belém (RMB) está inserida neste contexto, uma vez que os RSU gerados pela população dos municípios de Belém e Ananindeua tem como destino final o aterro do Aurá. Apresentando problemas estruturais, o espaço é considerado por alguns autores (BAHIA et. al., 2006; MATOS et. al., 2011; SIQUEIRA e APRILE, 2013) como lixão à céu aberto.

Segundo Ferreira e Costa (2006) as atividades desenvolvidas no aterro do Aurá ocorrem de maneira descontrolada e irregular; e apesar da disposição

inadequada de RSU, sem aplicações de técnicas de controle e proteção ambiental, dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRASIL, 2013) apontaram que apenas o município de Belém, no ano de 2011, gerou cerca de 1.060 toneladas/dia de RSU ao aterro do Aurá.

Outro aspecto preocupante é a localização do aterro, distante a apenas 1.400 m do lago Água Preta (BAHIA, 2006), que juntamente com o lago Bolonha, são os mananciais responsáveis pelo abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém (RMB), que por sua vez estão inseridos no Parque Estadual do Utinga (PEUt), área responsável pela proteção e manutenção dos mananciais.

Este quadro pode estar colocando em risco a qualidade do sistema hídrico da área de influência do aterro do Aurá. Siqueira e Aprile (2013, p. 52) destacam a ação do chorume gerado no Aurá, uma vez que “o risco potencial de contaminação da pluma de chorume é agravado com a utilização dessas águas para o consumo humano (...), e para o abastecimento público pelos sistemas de captação de água potável”.

Para Cavallet et. al., (2013) as áreas de aterro são fontes de contaminantes metálicos, e o chorume, líquido resultado da decomposição do RSU, é o responsável pela dispersão destes elementos no ambiente. Dentre eles destaca-se o chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr) e níquel (Ni), presentes em diversos tipos de resíduos que são dispostos regularmente em aterros e, portanto, podem ser encontrados no chorume (MACHADO et. al., 2011). De acordo com Celere et. al. (2007), o estudo dos metais, oriundos do chorume vem sendo considerado prioritário, uma vez que as formas de vida do ambiente natural podem ser afetadas pela presença desses elementos.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade ambiental dos mananciais de abastecimento de água da RMB e seus componentes principais, a partir da análise de variáveis físico químicas (pH e condutividade elétrica), e da concentração de elementos metálicos (Pb, Cu, Cr, Mn e Ni) à nível traço no ambiente aquático, a fim de determinar a influência do depósito de resíduos sólidos do Aurá no ecossistema analisado.

3.2 MATERIAL E MÉTODO

Área de Estudo

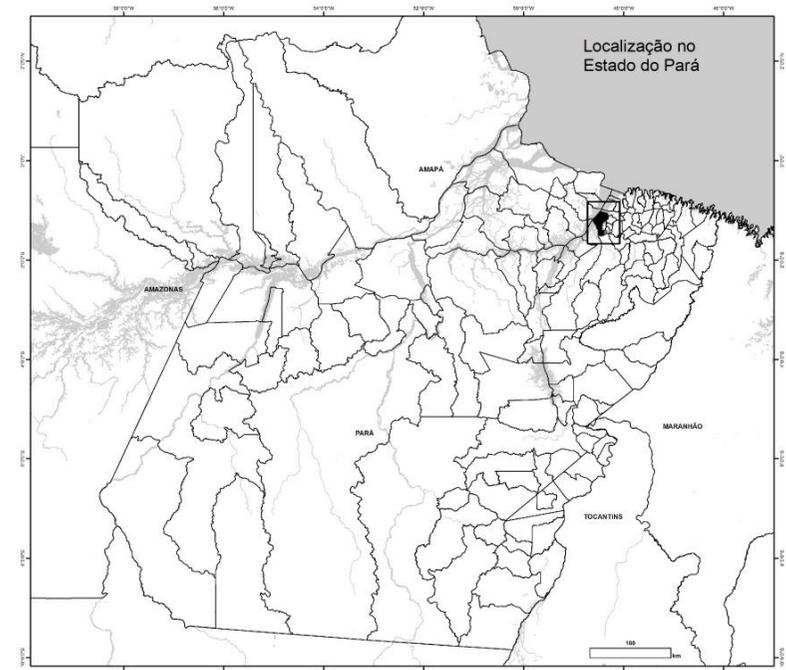
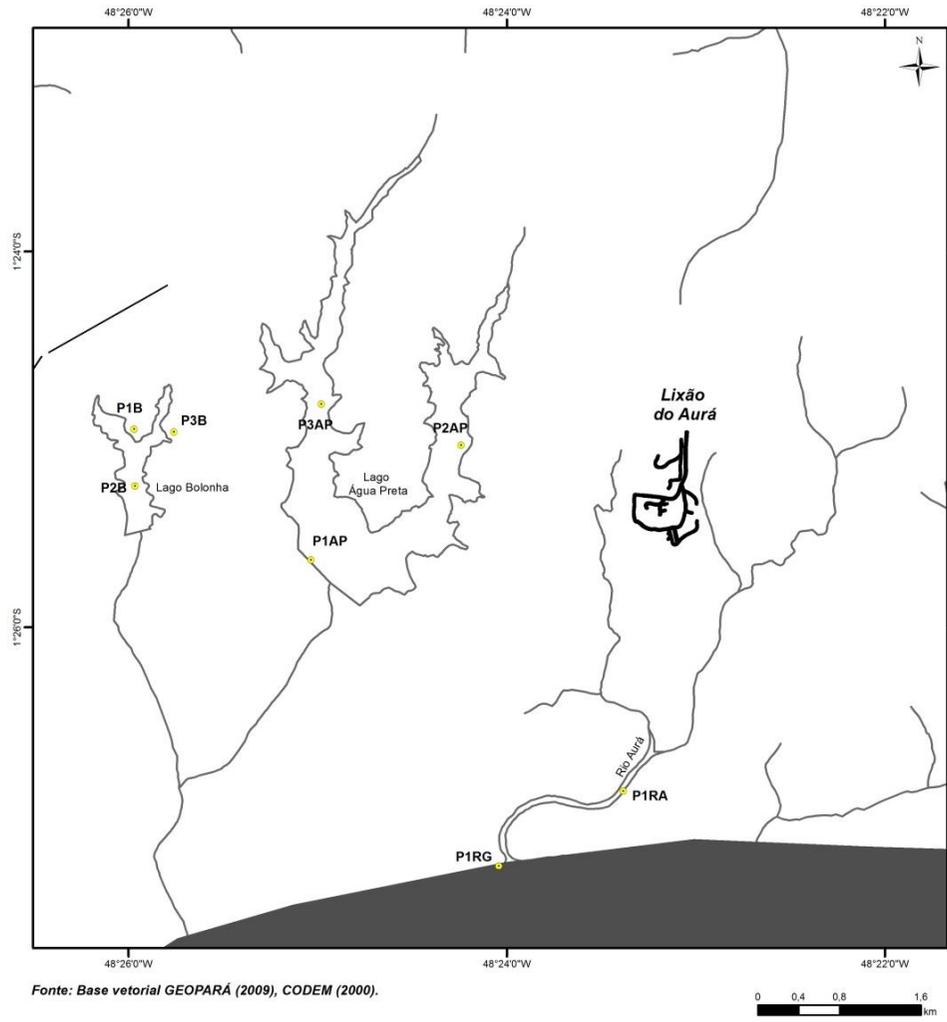
O estudo foi realizado no Parque Estadual do Utinga, localizado na Região Metropolitana de Belém/PA. Criado pelo governo do Estado do Pará, a partir do decreto estadual nº 1.552/1993, e alterado pelo decreto estadual nº 1.330/2008, o PEUt está inserido em uma área de proteção ambiental, a Área de Proteção Ambiental (APA) Metropolitana de Belém, que possui 5.653,81 hectares.

Além dos objetivos de conservação associados à Unidade de Conservação, o Parque Estadual do Utinga tem por objetivo assegurar a proteção dos mananciais localizados em seu interior, os lagos Bolonha e Água Preta, que são responsáveis por 63% do abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém (SEMA, 2013).

Os lagos Bolonha e Água Preta apresentam 1.954.000 m³ e 9.905.000 m³ de volume de água, respectivamente (JÚNIOR e COSTA, 2003). Formados por meio de construções de barragens na década de 30, são alimentados por pequenas drenagens e por água bombeada do rio Guamá (SODRÉ, 2007). Os lagos são usados como fontes de abastecimento de água pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), que está na área, desde a criação do PEUt, realizando a captação, tratamento e distribuição de água à população da Região Metropolitana de Belém.

Além dos mananciais de abastecimento de Belém, o estudo também foi realizado em dois rios fora dos limites do PEUt, o Guamá e o Aurá. O rio Guamá é usado como fonte pelo sistema de captação de água da COSANPA, para alimentar os lagos Água Preta e Bolonha. O Aurá é um dos tributários do rio Guamá, cuja bacia é a terceira maior em extensão e desempenham forte influência sobre os mananciais (SIQUEIRA e APRILE, 2013), e desemboca à montante do sistema de captação de água do rio Guamá (Figura 01).

FIGURA 01. Área de estudo



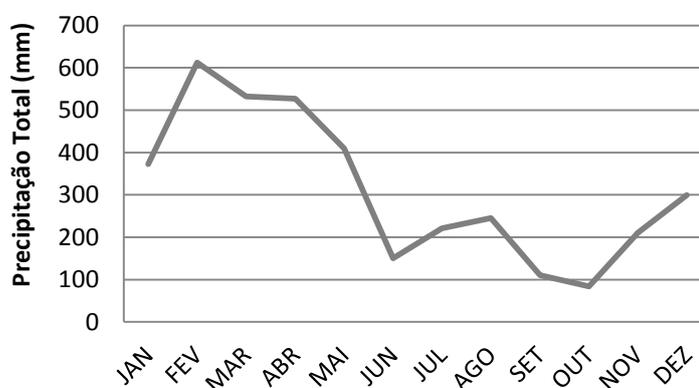
Legenda

-  Rio Guamá
-  Rede de drenagem principal
-  Lixão do Aurá
-  Rodovias
-  Pontos amostrais

Coleta de Amostras

As coletas foram realizadas em períodos sazonais distintos, que representam os períodos mais e menos chuvosos da região amazônica. Assim, a primeira coleta representa o período mais chuvoso do ano, enquanto a segunda coleta o período de estiagem. Segundo dados da série histórica do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os meses que apresentaram maior e menor precipitação total em Belém/PA foram fevereiro e outubro, respectivamente (Figura 02).

FIGURA 02: Série Histórica – Precipitação total mensal de Belém/PA (Ano 2013).



Fonte: Adaptado de INMET/BDMEP (2013).

A coleta de amostras ocorreu em dois períodos do ano de 2013. A primeira no mês de Junho, e a segunda no final do mês de outubro e início de novembro. As amostras foram coletadas em pontos, no lago Bolonha (P1-B, P2-B e P3-B), no lago Água Preta (P1-AP, P2-AP e P3-AP), no rio Guamá (P1-RG) e no rio Aurá (P1-RA).

Foram coletados 500ml de amostras de água em cada um dos pontos supracitados, em suas referidas coordenada geográficas, conforme Tabela 01.

Tabela 01: Coordenadas geográficas dos pontos de coleta de amostras de água

NOME DO PONTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
P1-B	S: 01°24'56,8"	W: 48°25'58,2"
P2-B	S: 01°25'15,0"	W: 48°25'57,9"
P3-B	S: 01°24'57,7"	W: 48°25'45,6"
P1-AP	S: 01°25'38,6"	W: 48°25'02,1"
P2-AP	S: 01°25'01,9"	W: 48°24'14,4"
P3-AP	S: 01°24'48,8"	W: 48°24'58,8"
P1-RG	S: 01°27'16,3"	W: 048°24'02,5"
P1-RA	S: 01°26'52,4"	W: 48°23'22,9"

Método de Análise

Para a determinação do pH, condutividade elétrica e concentração dos metais cromo (Cr), cobre (Cu), manganês (Mn), níquel (Ni) e chumbo (Pb), as amostras de água foram coletadas, preparadas e analisadas de acordo com técnicas analíticas internacionais estabelecidas pela *Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater* e *American Public Health Association* (1992). O ensaio foi realizado por Espectrometria de Emissão Óptica com plasma induzido (ICP-OES), onde cada metal foi medido segundo suas curvas de calibração com os seguintes limites de detecção (mg.L^{-1}): Cu = 0,001, Cr = 0,001, Mn = 0,003, Ni = 0,004 e Pb = 0,004.

Análise dos Dados

Para a análise dos resultados, foi consultada a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) n° 357, de 17 de março de 2005, que 'dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento (...)' (BRASIL, 2005); e a Portaria do Ministério da Saúde n°2.914, de 12 de dezembro de 2011, que 'dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade' (BRASIL, 2011).

Análise Estatística

A fim de determinar o grau de dependência estatística entre as variáveis, utilizou-se o método de correlação de Pearson (r) entre os resultados avaliados. Os coeficientes de correlação são úteis para a interpretação de dados, uma vez que indicam o quanto os valores das variáveis estão relacionadas com os valores das outras variáveis (Oliveira e Santana, 2010).

O valor de r igual a 1 mostra uma relação perfeita entre duas variáveis, por outro lado, r igual a 0 indica que o relacionamento linear entre as variáveis é praticamente inexistente. Portanto, o valor de r representa magnitude de correlação. As análises estatísticas foram realizadas na planilha eletrônica Office Excel.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No sentido de preservar a saúde e o bem estar humano, a legislação brasileira apresenta valores máximos permitidos (VMP) de substâncias que possam trazer riscos à saúde quando dispostos no ambiente natural. Uma vez que este estudo engloba águas destinadas ao consumo humano, destacam-se os VMP dos elementos metálicos em corpos d'água, Tabela 02, de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005 e a Portaria do Ministério da Saúde n° 2.914/2011.

Tabela 02: Concentração de metais (Pb, Cu, Cr, Mn e Ni) em corpos hídricos destinados ao consumo humano: Valores Máximos Permitidos (mg.L^{-1}) segundo a legislação vigente.

Legislação	Pb	Cu	Cr	Mn	Ni
Res. CONAMA n° 357/05 – Classe 2	0,01	0,009	0,05	0,1	0,025
Portaria MS n° 2.914/2011	0,01	2	0,05	0,1	0,07

Distribuição dos Elementos Metálicos

De maneira geral, os resultados das concentrações dos elementos metálicos (Pb, Cu, Cr, Mn e Ni) indicaram um comportamento aleatório para os corpos hídricos analisados: lagos Bolonha e Água Preta e rios Guamá e Aurá.

Na avaliação dos teores metálicos dissolvidos em água, a partir de uma distribuição sazonal, observou-se uma variação nos parâmetros analisados. As amostras do período mais chuvoso proporcionaram a leitura de todos os elementos analisados, em todos os pontos coletados, com exceção do Ni, não detectável pela metodologia utilizada, em nenhum ponto de amostra coletada, no referido período, de acordo com a Figura 03.

Diferentemente do Ni, o cromo (Cr) foi encontrado, no período chuvoso, em todos os corpos analisados, mesmo que bem abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação vigente. No período menos chuvoso, o Cr foi detectado apenas no rio Guamá, em concentração ainda menor daquele registrado no período anterior, conforme Figura 04.

O cobre foi encontrado em todos os corpos no período chuvoso, enquanto que no período menos chuvoso foi detectado apenas no ponto P2 do lago Bolonha e no rio Aurá, contudo em ambos os períodos o elemento metálico em questão esteve em concentrações abaixo do valor máximo permitido pela legislação brasileira vigente, como pode ser observado na Figura 05.

As maiores concentrações metálicas detectadas pela metodologia nos corpos hídricos analisados foram manganês e chumbo. A Figura 06 aponta a concentração de manganês encontrada na área de estudo, indicando que em todos os pontos a concentração esteve abaixo do máximo permitido pela legislação. Por outro lado, o chumbo foi detectado em valores acima do valor máximo permitido em quatro pontos da área de estudo, no período chuvoso; e em dois pontos no período menos chuvoso, conforme Figura 07.

Período Chuvoso	Período menos chuvoso
--- Máx. da Resolução CONAMA n° 357/05	--- Máx. da Portaria MS n° 2.914/11

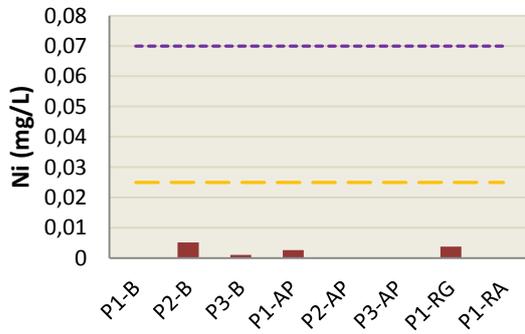


Figura 03: Resultado da concentração de Ni das amostras coletadas

Período Chuvoso	Período menos chuvoso
— Máx. da Resolução CONAMA n° 357/05 e Portaria MS n° 2.914/11	

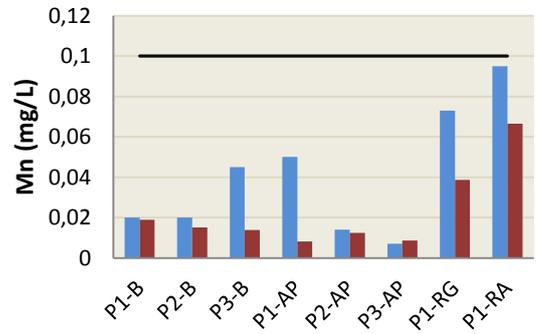


Figura 06: Resultado da concentração de Mn das amostras coletadas

Período Chuvoso	Período menos chuvoso
— Máx. da Resolução CONAMA n° 357/05 e Portaria MS n° 2.914/11	

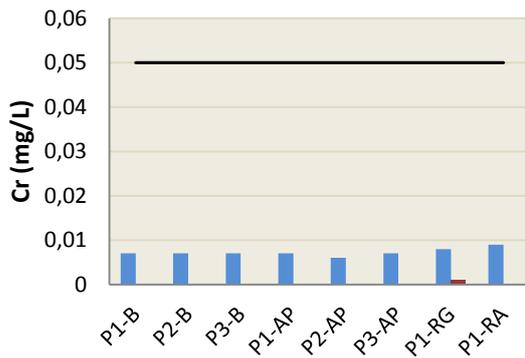


Figura 04: Resultado da concentração de Cr das amostras coletadas

Período Chuvoso	Período menos chuvoso
— Máx. da Resolução CONAMA n° 357/05 e Portaria MS n° 2.914/11	

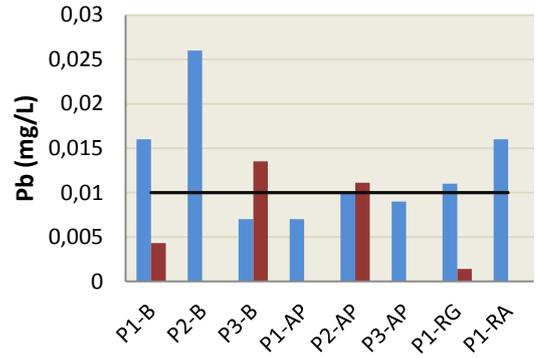


Figura 07: Resultado da concentração de Pb das amostras coletadas

Período Chuvoso	Período menos chuvoso
--- Máx. da Resolução CONAMA n° 357/05	

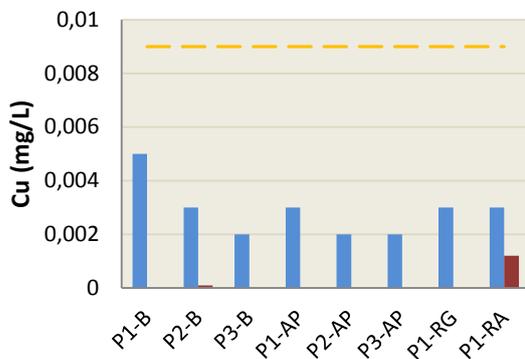


Figura 05: Resultado da concentração de Cu das amostras coletadas

A campanha realizada no período menos chuvoso apresentou lacunas de não detecção em 52,5% das análises realizadas. Das análises realizadas para cada elemento metálico, o Mn foi o único detectado em todas as amostras. Os metais Ni e Pb foram detectados em 50% das amostras, seguido por Cu e Cr, com 25% e 12,5%, respectivamente. Desta maneira, foram identificadas diferenças comportamentais nas concentrações dos elementos metálicos estudados.

Distribuição Metálica nos Ambientes lênticos

No período mais chuvoso, as amostras dos pontos do lago Bolonha apontaram concentrações abaixo do valor máximo permitido (VMP) para Cu, Cr e Mn, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 (águas doces de classe 2) e a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, com exceção do Pb, que nos pontos P1-B e P2-B, os mais distantes em relação ao aterro do Aurá, registraram, respectivamente, concentrações 60% e 160% acima do VMP.

No período menos chuvoso não foi detectado, em 46,7% das amostras do lago Bolonha, nenhum dos elementos estudados. O Cr, por exemplo, não foi detectado em nenhuma amostra coletada. Os outros elementos, mesmo que detectáveis em algumas amostras, não aparecem em concentrações acima do VMP. Contudo, o Pb, é o único elemento que está acima do VMP, registrado no ponto P3-B, às proximidades do canal do Água Preta que alimenta o Bolonha, a concentração de $0,0135 \text{ mg.L}^{-1}$, 35% acima do VMP.

No lago Água Preta não houve registros de concentrações acima do VMP para nenhum dos elementos avaliados, no período mais chuvoso. Todavia, o ponto P2-AP, dos pontos de coleta, mais próximo em relação ao aterro do Aurá, apontou a concentração de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ de Pb, estando, portanto, no limite do VMP.

Assim como o lago Bolonha, no Água Preta não houve registros de detecção da maioria dos elementos metálicos nas amostras coletadas, no período menos chuvoso. Do total de análises, o método não detectou em 66,67% das análises, qualquer concentração dos elementos estudados. Dos elementos detectáveis, destaca-se o Mn, que foi registrado em todos os pontos de coleta, mesmo que em

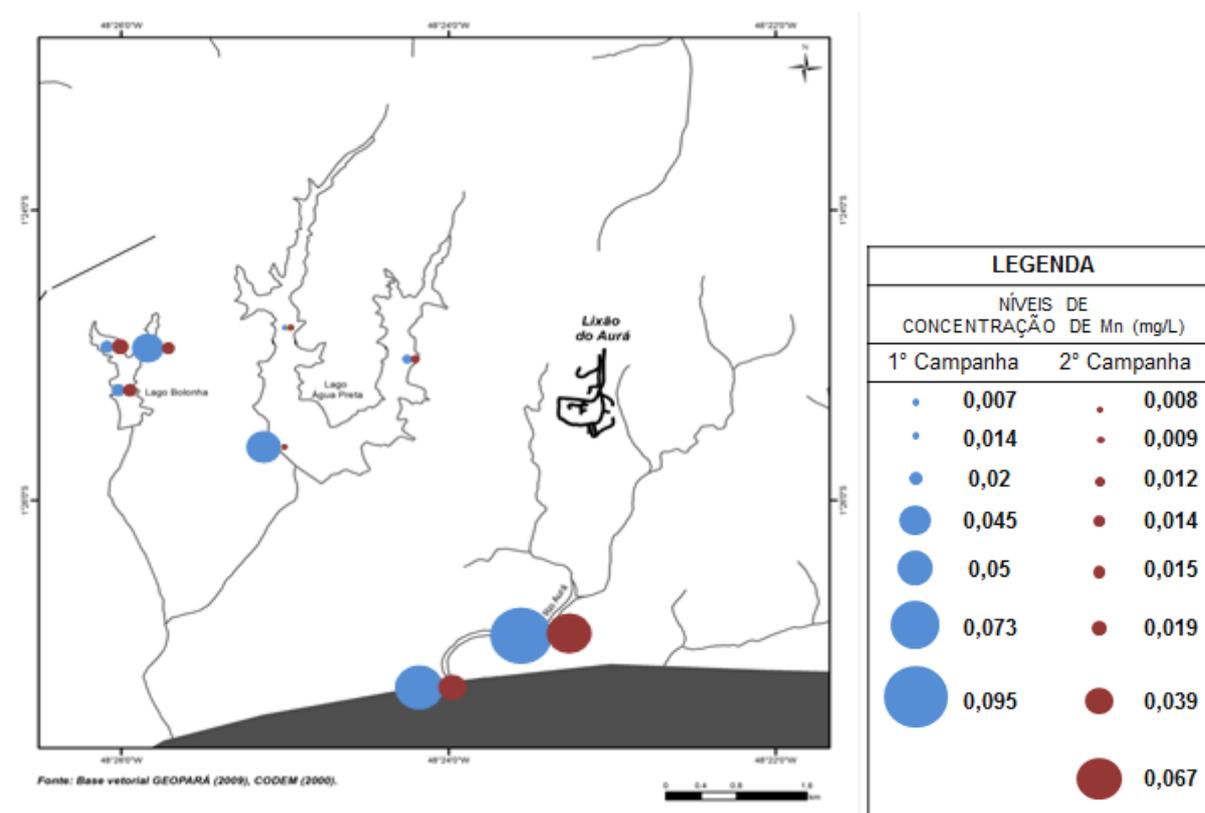
concentrações bem abaixo do VMP. Entretanto, as análises apontaram outra contaminação por Pb. O ponto P2-AP ultrapassou a concentração do VMP em 11%.

Distribuição Metálica nos Ambientes Lóticos

Avaliando os ambientes lóticos no período mais chuvoso, tanto no rio Guamá quanto no Aurá, foram detectados níveis de Pb acima do VMP, 10% e 60% respectivamente. À exceção do Ni, que não foi detectado, os outros elementos estavam presentes, mas em concentrações bem abaixo do VMP. As amostras do período menos chuvoso dos rios Guamá e Aurá, quando detectados, não registraram concentrações de elementos metálicos acima do VMP.

As variações de concentração metálica entre os ambientes lênticos e lóticos, além de serem observados avaliando-se o nível de concentração metálica em cada um dos pontos de coleta, podem ser avaliados a partir da distribuição ao longo dos ambientes.

O manganês, por exemplo, mesmo em períodos diferentes, apresentou maior concentração nos rios do que nos lagos, como mostra a Figura 08. Uma vez que os lagos são alimentados pelo rio Guamá, e que juntamente com o rio Aurá apresentam as maiores concentrações de Mn, observa-se que os lagos possuem um potencial de diluição que permite a presença do Mn em concentrações muito abaixo daquelas registradas no ambiente lótico.

Figura 08: Distribuição de Mn na área de estudo

Comportamento Metálico

Para que os metais, oriundos de aterros sanitários, possam estar dispostos no meio ambiente, a matéria orgânica sofre processo natural de decomposição, onde alguns fatores determinarão a mobilidade dos íons metálicos. XIAOLI et. al. (2007), em estudo de mobilidade de metais pesados em aterros, constatou que a liberação de metais pode aumentar quando o meio é mais ácido e aeróbio.

A fase inicial de decomposição (aeróbia) é marcada pela solubilização e disponibilização dos íons metálicos; enquanto que na fase anaeróbia os metais tendem a ser fixados. Desta maneira, o tempo de deposição do resíduo, a fase de degradação da matéria orgânica, quantidade e composição de RSU são determinantes para a maior ou menor concentração de metais em áreas de influência de lixões (FONTES e GOMES, 2003).

Machado et. al. (2011), em estudo realizado em aterro inativo há mais de 30 anos, concluíram que os metais tendem a apresentar maior disponibilidade em áreas onde o resíduo encontra-se na parte mais superficial do solo, ou seja, nos locais onde o processo de decomposição é mais recente.

Observa-se, entretanto, que há também, outros fatores que influenciam diretamente a mobilidade de íons metálicos, como as características do meio em que os elementos metálicos podem estar dispostos. Destacam-se o conteúdo da matéria orgânica, a composição química do solo e a capacidade de troca catiônica, que podem ser determinantes para a retenção de íons metálicos no solo (HYPOLITO e EZAKI, 2006), disponibilizando menores concentrações no meio aquático.

Análise do Pb

A partir destes resultados destacamos o comportamento do Pb, o único elemento metálico que foi encontrado acima dos VMP, em alguns pontos dos corpos hídricos analisados.

A Figura 09 e a Figura 10 destacam a distribuição do Pb na área de estudo no período chuvoso e menos chuvoso, respectivamente. A partir desta análise, é possível constatar que as maiores concentrações do referido metal foram detectadas no lago Bolonha, registrando valores acima do valor máximo permitido pela legislação brasileira vigente (0,01 mg/L).

Figura 09: Níveis de concentração de Pb – 1º Campanha de coleta

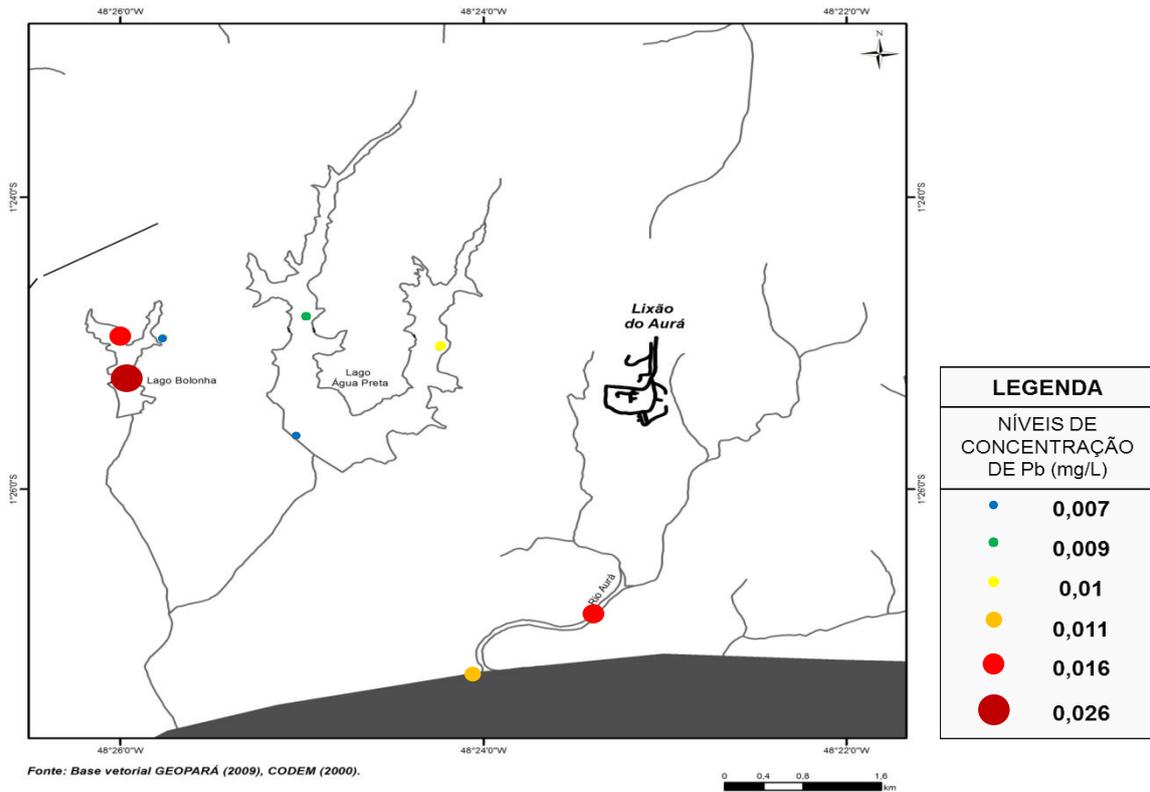
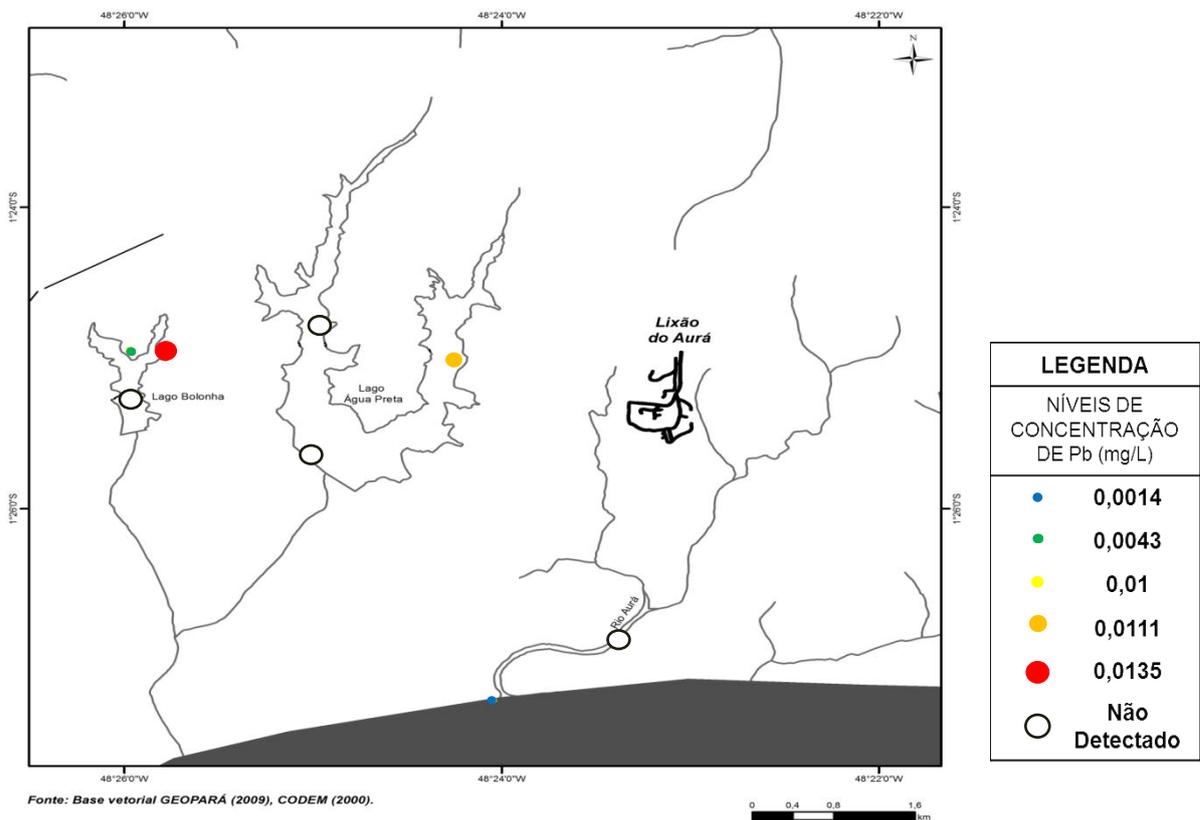


Figura 10: Níveis de concentração de Pb – 2º Campanha de coleta



Observa-se que não há uma linearidade comportamental do Pb, nos corpos hídricos analisados, em cada um dos períodos. Desta maneira, podemos aferir que os pontos do lago Bolonha, que são os que apresentaram maiores valores de Pb, não sofrem influência dos outros corpos hídricos estudados, alimentadores do lago.

Assim, avaliando o Pb como único elemento metálico que foi detectado em valores acima do permitido na área estudada, este dado não é suficiente para afirmarmos que a pluma de contaminação de choroço do aterro do Aurá foi a responsável por esta alteração, uma vez que há a assinatura natural de Pb no sistema hidrográfico de Belém.

Segundo Santos et. al. (2012), amostras de sedimentos, do local de estudo, de áreas consideradas preservadas, sem pressão antropogênica, aferiram uma concentração média de 18 mg.kg^{-1} , considerados como representativos do *background* geogênico deste metal. Desta forma, os sedimentos de fundo do corpo hídrico podem ser fonte metálica para a água, caso esta apresente condições favoráveis. Mesmo que os metais se encontrem complexados e precipitados nos sedimentos, eles ainda apresentam potencial poluente e contaminante, agindo como fonte metálica ao ambiente aquático (SIQUEIRA e APRILE, 2013).

Mudanças no pH do corpo hídrico, por exemplo, podem influenciar a dinâmica da concentração de Pb, uma vez que sua mobilidade depende do nível do pH (Santos et. al., 2012). Assim, variáveis físico-químicas, como o pH e a condutividade elétrica, podem alterar o ambiente, favorecendo a solubilização de elementos metálicos, da matriz sedimentar para o ambiente aquático. Como as águas estudadas possuem características ácidas, e condutividade elétrica relativamente alta, isso pode ter contribuído para a desestabilização de complexos orgânicos, principalmente o Pb, conforme a Tabela 03.

Tabela 03: Valores de pH e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) encontrados nas amostras coletadas.

PONTOS	pH		Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
	1° Campanha	2° Campanha	1° Campanha	2° Campanha
P1-B	6,74	6,16	57,2	86
P2-B	6,47	6,1	57,2	86
P3-B	6,5	5,95	58,9	84
P1-AP	7,56	5,51	39	80
P2-AP	6,32	4,45	49	66
P3-AP	6,7	4,45	39,6	74
P1-RG	5,9	6,37	25,9	86
P1-RA	6,75	6,29	153,3	111
Mín.	5,9	4,45	25,9	66
Máx.	7,56	6,37	153,3	111

Aplicação do Método de Correlação de Pearson (r)

A aplicação do método estatístico da correlação de Pearson nos permite compreender melhor o comportamento dos elementos metálicos na área estudada. No período mais chuvoso, a correlação entre o pH e os metais apresentou um r próximo de zero. Por outro lado, a correlação dos metais com a condutividade elétrica apresentou uma magnitude moderada, sendo os maiores: Cond.-Cr (0,67), Cond.-Mn (0,57). Entre os metais, a correlação mais significativa foi entre o Cr e o Mn (0,87), considerada forte.

No período menos chuvoso a correlação entre o pH e os metais foi mais forte, apresentando correlações de magnitude moderadas, mas não ultrapassando o valor de 0,56. A condutividade elétrica apresentou correlação forte apenas entre os metais Cu ($r= 0,85$) e Mn ($r= 0,86$). Entre os metais, a correlação foi fraca, onde apenas Cu e Mn, registraram uma correlação forte ($r= 0,87$).

O método apontou um comportamento metálico de maior correlação à condutividade elétrica, nos dois períodos de coleta, indicando uma linearidade entre as variáveis e, portanto, semelhanças entre a distribuição de seus resultados. Destaca-se, também, que nos dois períodos, os mesmos metais que apresentaram maior correlação entre a condutividade elétrica, foram os que apresentaram maior correlação entre si. Podemos avaliar este comportamento como um reflexo da concentração de Mn ser maior do que a dos outros metais, além de sua frequência em todas as amostras.

Os resultados demonstram, portanto, que a condutividade elétrica está atuando de maneira mais forte do que o pH na distribuição metálica dos corpos analisados. A presença de íons nos corpos hídricos estudados pode estar influenciando mais a distribuição dos elementos metálicos Cu, Cr Mn, do que os metais Pb e o Ni, na área de estudo.

3.4 CONCLUSÃO

Não foi possível identificar claramente efeitos significativos do aterro do Aurá na qualidade das águas avaliadas, a partir da concentração de metais dissolvidos nas águas. Contudo, a baixa concentração metálica ou mesmo a não detecção desses elementos aponta para algumas hipóteses.

Inicialmente podemos aferir que o aterro do Aurá não exerce qualquer influência sobre os corpos hídricos analisados. Contudo, levantando a hipótese de influência direta do Aurá sobre os corpos hídricos, podemos conjecturar que eles apresentam boa capacidade de diluição. Além disso, os metais podem estar distribuídos nos diversos compartimentos destes ambientes aquáticos, como sedimentos, fauna e flora.

Por outro lado, há a concentração de Pb que esteve presente acima do VMP, segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 e Portaria nº2.914 do Ministério da Saúde, nos lagos Bolonha e rios Guamá e Aurá, no período chuvoso; e nos lagos Bolonha e Água Preta no período de estiagem. A princípio podemos associar estes valores ao *background* da região, mas outros estudos devem ser realizados para um melhor entendimento da distribuição de elementos metálicos da área, uma vez que as concentrações metálicas encontradas podem estar diretamente relacionadas à ocupação desordenada nas proximidades nos mananciais analisados.

A determinação do coeficiente de Pearson nos proporcionou uma análise mais pontual do comportamento metálico, indicando uma linearidade entre os metais Cr, Cu e Mn e a condutividade elétrica. Desta forma, o estudo torna-se um instrumento que pode ser apresentado como suporte para políticas públicas de preservação e conservação da área estudada, a fim de garantir a salubridade ambiental à população.

3.5 REFERÊNCIAS

ALVIM, A. T. B.; BRUNA, G. C.; KATO, V. R. C. Políticas ambientais e urbanas em áreas de mananciais: interfaces e conflitos. **Cadernos Metrópole**. vol.19, p.143-164, 2008.

BAHIA, V.E.; FENZL, N.; MORALES, G.P. Estudo hidrogeológico e hidrogeoquímico da área localizada entre o depósito de lixo metropolitano de Belém (Aurá) e o lago Água Preta. **Geochimica Brasiliensis**, vol. 20, no. 3, p. 295-311, 2006.

BESEN, G.R. **Coleta seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade**. São Paulo, 2011. 275p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.

BRASIL. Ministério da agricultura pecuária e abastecimento. Instituto nacional de Meteorologia – INMET: Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa – BDMEP, 2013. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/mapas_mensal_sem.php. Acesso em: 28 Jan. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n 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.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 53, 18 de março de 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2011. Brasília: MCIDADES. 2634p. SNSA, 2013.

CAVALLET, L.E.; CARVALHO, S.G.; NETO FORTES, P. Metais pesados no rejeito e na água em área de descarte de resíduos sólidos urbanos. **Revista Ambiente e Água**, vol. 8, no. 3, 2013.

CELERE, M.S.; OLIVEIRA, A.S.; TREVILATO, T.M.B.; MUÑOZ, S.I.S. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo,

Brasil e sua relevância para a saúde pública. **Caderno de Saúde Pública**, vol. 23, no. 4, p. 939-947, 2007.

FERREIRA, M.; COSTA, T. Natural aggregate potential and associated environmental problems in the Aura portion, Belem metropolitan region (BMR), State of Para, Brazil. **The Geologica Society of London – IAEG**, vol. 187, p. 1-13, 2006.

FONTES, M.P.F.; GOMES, P.C. Simultaneous competitive adsorption of heavy metals by the minerals matrix of tropical soils. **Applied Geochemistry**, no. 18, p. 795-804, 2003.

HYPOLITO, R.; EZAKI, S. Íons de metais pesados em sistema solo-lixo-chorume-água de aterros sanitários da região metropolitana de São Paulo-SP. **Águas Subterrâneas**, vol. 20, no. 1, p. 99-114, 2006.

JACOBI, P. R ; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade .Estudos Avançados, v.25,p. 135 – 158, 2011.

JÚNIOR, M.I.; COSTA, F.R. Recursos hídricos: O caso dos mananciais dos lagos Bolonha e Água Preta na Região Metropolitana de Belém, Pará. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DA ASSEMAE, 33, 2003, Santo André - SP. Disponível em: <http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_108.pdf>. Acesso em: dez. 2012.

MACHADO, M.E.; MENEZES, J.C.S.S.; COSTA, J.F.C.L.; SCHNEIDER, I.A.H. Análise e avaliação da distribuição de metais pesados em um antigo aterro de resíduos sólidos urbanos “Aterro Invernadinha”. **Evidência Joaçaba**, vol. 11, no. 2, p. 69-82, 2011.

MATOS, F.O.; PINHEIRO, L.P.S; MORALES, G.P; VASCONCELOS, R.C.; MOURA, Q.L. Influência da maré na dissolução de poluentes gerados no depósito de resíduos sólidos da região metropolitana de Belém-PA. **Enciclopédia Biosfera**, vol. 7, no. 13, p. 1166-1176, 2011.

OLIVEIRA, D.L.; SANTANA, G.P. Influência da aterro municipal de Manaus sobre as águas superficiais da circunvizinhança: um enfoque ao estudo de metais pesados. **Caminhos de Geografia**, vol.11, no. 43, p. 75-83, 2010.

PARÁ. Decreto Estadual n. 1552, de 3 de maio de 1993. Dispõe sobre a Criação do Parque Ambiental de Belém e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Pará nº 27.460, ano CI da IOE 103º da República, Belém-PA, p. 3, 1993.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual do Utinga. 376p. Belém: SEMA; Belém: AMAZON. 2013.

PELIZZARO, P. C.; HARDT, L. P. A.; BOLLMANN, H. A.; HARDT, C. Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná.

SANTOS, N.; LAFON, J.M.; CORRÊA, J.A.M.; BABINSKI, M.; DIAS, F.F.; TADDEI, M.H.T. Distribuição e assinatura isotópica de Pb em sedimentos de fundo da foz do rio Guamá e da baía do Guajará (Belém-Pará). **Química Nova**, vol. 35, no. 2, p. 249-256, 2012.

SANTOS, C. P. **Avaliação de impactos recíprocos funcionais e estéticos entre a ocupação urbana e mananciais hídricos de abastecimento: uma abordagem perceptiva**. 278f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

SIQUEIRA, G.W.; APRILE, F. Avaliação de risco ambiental ou contaminação metálica e material orgânico em sedimentos da bacia do Rio Aurá, Região Metropolitana de Belém-PA. **Revista Acta Amazônica**, vol. 43, no. 1, p. 51-62, 2013.

SODRÉ, S.S.V. **Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta mananciais de Belém-PA**. 114f.:il. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2007.

TUCCI, C. E.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a “visão mundial da água”. Salvador, 2003.

XIAOLI, C. et. al. Characteristics and mobility of heavy metals in MSW landfill: Implications in risk assessment and reclamation. **Journal of Hazardous Materials**, vol. 144, n. 1-2, p. 485-491, 2007.

4. CONCLUSÕES GERAIS

A salubridade ambiental é a garantia da manutenção da saúde e bem estar humano em qualquer local onde o homem esteja. A atividade que coloca em risco a salubridade ambiental do ambiente deve sofrer com as sanções legais e, a partir de políticas públicas adequadas, reordenarem seu funcionamento.

O espaço de destinação final de resíduos sólidos urbanos de Belém/PA, o Aurá, deve passar pelo mesmo processo, a fim de solucionar problemas estruturais básicos. A estrutura apresentada pelo espaço aumenta potencialmente os riscos ambientais à população do entorno e aos recursos naturais. Faz-se necessário a ação conjunta de sociedade civil e poder público para encontrar medidas para mitigar os impactos gerados direta e indiretamente pelo espaço.

Mesmo que este estudo não tenha indicado a influência do Aurá nos corpos hídricos analisados, a partir da concentração de metais, os processos de causa e efeito do Aurá podem estar modificando a qualidade dos recursos hídricos da área de influência de outras maneiras. É necessário, portanto, que estudos mais completos sejam realizados na área estudada e apontem alterações físico-químicas que cause, conseqüentemente, a diminuição da salubridade ambiental.

ANEXO I

NORMAS DA REVISTA CAMINHOS DA GEOGRAFIA (ARTIGO 1)

DIRETRIZES PARA AUTORES

O conteúdo dos artigos publicados é de inteira responsabilidade de seus autores, não representando a posição oficial desta Revista. Devido a isto, ressaltamos a importância do cuidado com citações, a fim de evitar a configuração de plágio.

Recomenda-se o uso das seguintes normas da ABNT:

- * Referências - Elaboração (NBR-6023);
- * Citações em documentos - Apresentação (NBR 10520);
- * Numeração progressiva das seções de um documento escrito (NBR-6024);
- * Resumo - Apresentação (NBR 14724).

Obs.:

- 1- Para apresentação de dados tabulares ver norma do IBGE.
- 2- Títulos de figuras devem vir acima das mesmas. Já a fonte da figura (caso necessário) e legendas devem ser inseridas posteriormente.
- 3- Evitar ao máximo a utilização de páginas em paisagem, incluindo-as estritamente quando necessário.
- 4- Recomenda-se indicar em nota de rodapé, na página onde forem citadas, as informações oriundas de comunicação pessoal, trabalhos em andamento e os não publicados, sendo que as mesmas não devem ser incluídas na lista de referências.
- 5- Não utilizar notas de fim no manuscrito.
- 6- Use o negrito para realizar os destaques nas referências bibliográficas, ao invés de sublinhar e itálico.
- 7- As figuras que forem inseridas no manuscrito devem ser coloridas e estar formatadas na posição "alinhado com o texto" e centralizada.

CONDIÇÕES 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. Serão aceitos para publicação na Revista Caminhos de Geografia artigos inéditos de revisão crítica sobre tema pertinente à área ou resultado de pesquisa de natureza empírica, experimental ou conceitual.
2. Os artigos deverão possuir no máximo 20 páginas com espaçamento entrelinhas simples, parágrafos **sem recuo**, fonte ARIAL 10, espaço depois dos parágrafos de 6 pt, em tamanho A4 com margens de 3 cm de cada lado.
3. As figuras (extensão JPEG), gráficos, quadros e tabelas devem estar nítidos e inseridos no corpo do texto, na posição exata em que devem ser publicados. Se as ilustrações enviadas já tiverem sido publicadas, mencionar a fonte e a permissão para reprodução.

Como estes elementos estarão em suas posições finais, tenha cautela com a formatação, a fim de evitar vazios desnecessários e que empobrecem o texto.

4. Títulos de figuras devem vir acima das mesmas. Já a fonte da figura (caso necessário) e legendas devem ser inseridas posteriormente.
5. As referências devem seguir as normas da ABNT, tendo exatidão e adequação aos trabalhos que tenham sido consultados e mencionados no texto. Os destaques realizados nas referências devem estar em **negrito**.
6. **ESTRUTURA DO ARTIGO:**
 1. **TÍTULO EM PORTUGUÊS:** O título deve ser breve e suficientemente específico e descritivo, caixa alta em negrito, fonte Arial 10.
 2. Logo abaixo do título deverá constar o nome, titulação de mais alto nível, instituição do(s) autor (es) e e-mail, em caixa baixa, fonte Arial 9.
 3. A seguir deve ser apresentado um resumo informativo com no máximo **200 palavras**, fonte ARIAL 9, incluindo objetivo, método, resultado, conclusão, com pelo menos três palavras chaves.
 4. **TÍTULO DO ARTIGO EM INGLÊS**, caixa alta em negrito, fonte Arial 10.
 5. Abstract (tradução do resumo para o inglês), com pelo menos três Keywords, fonte ARIAL 9.
 6. A seguir o texto do trabalho formatado conforme as orientações citadas anteriormente.
7. **Os manuscritos deverão ser enviados em arquivo Microsoft Word, em extensão “.doc”, ou seja, salvo como documento do Word 97-2003.**
8. Os autores estão cientes que após a decisão editorial solicitando revisões, **o prazo para envio das mesmas é de 3 meses**. Caso a nova versão do artigo não seja enviada, a submissão será arquivada.

ANEXO II

NORMAS DA REVISTA ENCICLOPÉDIA BIOSFERA (ARTIGO 2)

NORMAS DE SUBMISSÃO DE TRABALHOS – ENCICLOPÉDIA BIOSFERA

Este edital apresenta as normas para submissão de trabalhos a serem publicados na ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, edição Nº **18/2014**.

1) A Enciclopédia Biosfera é um periódico científico com acesso livre e irrestrito através do site www.conhecer.org.br

2) Podem ser apresentados trabalhos científicos que apresentem resultados ou se constituam em revisões bibliográficas de relevância.

3) Serão selecionados trabalhos de forma a contemplar o mínimo de 50% de trabalhos inéditos.

4) Por ser uma enciclopédia, são aceitos artigos em quaisquer áreas do conhecimento.

5) Cada autor poderá apresentar até cinco trabalhos por edição e cada trabalho poderá ter até 5 autores.

6) Forma de apresentação: consulte as normas aqui. (FORMAS DE APRESENTAÇÃO)

7) Os trabalhos podem ser enviados através de uma das duas formas:

a) Por e-mail, na forma de anexo, ao e-mail **biosfera@conhecer.org.br**. é necessário o envio da autorização para publicação sem ônus ao Centro Científico Conhecer, assinada por todos os autores do trabalho, escaneada. O recebimento dos trabalhos deve acontecer do **dia 01 de fevereiro de 2014 até o dia 12 de abril de 2014**.

b) Por correio, em mídia gravada (cd ou disquete), acompanhados de autorização para publicação sem ônus ao Centro Científico Conhecer, assinada por todos os autores do trabalho, enviados por correio, ao endereço: Centro Científico Conhecer, **RUA C185 Qd. 602 Lt.08 Bairro Nova Suíça – Goiânia-GO CEP 74.280-110**, com data de postagem do **dia 01 de fevereiro de 2014 até o dia 12 de abril de 2014**. O Centro Científico Conhecer não se responsabiliza por correspondências que não forem entregues pelos correios.

Único: O centro Científico Conhecer envia e-mail de confirmação do recebimento de cada artigo, ao e-mail de contato com os autores.

8) Seleção dos trabalhos: Os trabalhos serão avaliados pela Comissão Técnico-Científica. A confirmação da aprovação ocorrerá até o dia **27 de maio de 2014, para os trabalhos que não forem solicitadas correções**, através do e-mail de contato do autor principal informado no trabalho. **Para os trabalhos que foram solicitadas correções**, o resultado é informado até o **dia 30 de junho de 2014**.

9) A Comissão Técnico-Científica poderá tomar as seguintes deliberações:

a) Reprovar o trabalho sem observações, nos casos de plágio ou qualidade técnica julgada como insuficiente.

b) Reprovar o trabalho com observações que são informadas aos autores que terão a oportunidade de adequar o trabalho, nos casos de erro no uso de normas da ABNT ou falhas de pequeno comprometimento.

c) Aprovar o trabalho.

10) Do recurso: A decisão sobre os trabalhos aceitos pela Comissão Técnico-Científica, são irrecorríveis.

11) Publicação: Os trabalhos serão publicados em formato PDF, sem restrições, no sítio da revista digital ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, de ISSN Nº 1809-0583. **Os trabalhos serão publicados dia 30 de junho de 2014.**

12) Envio dos certificados de publicação: Será emitido um certificado para cada autor de cada trabalho aceito. No ato do envio do(s) trabalho(s), o(s) autor(es) deve(rão) informar um endereço para o envio do(s) seu(s) certificado(s) de publicação pelo Centro Científico Conhecer.

13) Para realizar a inscrição de cada trabalho, será cobrada uma taxa de contribuição no valor de R\$ 110,00 (cento e dez reais). Cópia do comprovante de depósito deve acompanhar a autorização de publicação enviada por correio. O depósito deve ser realizado na conta do Banco do Brasil Numero 24.558-5, Agencia 3486-X Titular: Centro Científico Conhecer.

14) A revista realiza a avaliação estatística dos artigos por meio de profissionais qualificados nesta área.

15) Não serão enviados comprovantes de publicação por e-mail, fax ou outro meio que não seja por correio.

16) Os autores estão cientes que não será devolvido o valor pago referente a trabalhos que forem recusados.

17) Após submetido o artigo, não é aceita a troca, retirada ou inclusão de autores.

18) As informações apresentadas no trabalho são de responsabilidade exclusiva de seus autores.

FORMAS DE APRESENTAÇÃO

1) Forma de apresentação: O Trabalho deverá ser apresentado de forma completa – Digitado em formato DOC (**não sendo aceito formato DOCX, PDF ou outro**), contendo Título, nome(s) completo(s) do(s) autor(es) (sem abreviações), e-mail do autor principal, incluindo instituição de origem, cidade e país.

2) O trabalho deve ter: resumo em língua portuguesa, palavras-chave, Título em língua estrangeira, resumo em língua estrangeira (abstract), palavras-chave em língua estrangeira (keywords). O resumo deve ter o máximo de 250 palavras.

3) O trabalho deve apresentar as seções: introdução, objetivos (que podem estar inseridos na introdução), material e método, resultados e discussão, conclusão (se for o caso), referencias.

A formatação seguirá as normas de: corpo do texto justificado, espaçamento simples, margem superior e esquerda de 3 cm, margem inferior e direita de 2 cm, Escrito em no mínimo 7 páginas e com limite máximo de 30, em papel tamanho A4, com fonte Arial tamanho 12. As páginas não devem ser numeradas.

4) Figuras: Deverão ser apresentadas em formato jpg, com resolução mínima de 300 dpi. Orientamos para que o trabalho tenha preferencialmente tamanho máximo de 1.000Kb. As figuras devem informar a fonte.

5) As situações não previstas devem seguir o que é determinado pelas normas da ABNT. É fundamental observar exemplo de trabalho dentro destas normas, disponível [aqui](#).

6) São aceitos trabalhos nos idiomas: **português, espanhol e inglês.**

APÊNDICE A (Artigo 1)

AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DO IQAR DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO AURÁ

GRUPO DE AVALIAÇÃO I – CARACTERÍSTICAS DO LOCAL			
SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PESO OBTIDO
Capacidade de suporte do solo	Adequada	5	5
	Inadequada	0	
Permeabilidade do solo	Baixa	5	2
	Média	2	
	Alta	0	
Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500m	5	0
	Próximo	0	
Proximidade de corpos de água	Longe > 200m	3	0
	Próximo	0	
Profundidade do Lençol freático	Maior 3m	4	4
	De 1 a 3m	2	
	De 1 a 1m	0	
Disponibilidade de material para recobrimento	Suficiente	4	0
	Insuficiente	2	
	Nenhum	0	
Qualidade de material para recobrimento	Boa	2	0
	Ruim	0	
Condições de sistema viário-trânsito-acesso	Boas	3	2
	Regulares	2	
	Ruins	0	
Isolamento visual da vizinhança	Bom	4	4
	Ruim	0	
Legalidade de localização	Loc.	5	0
	Permitida		
	Loc. Proibida	0	
TOTAL			17

GRUPO DE AVALIAÇÃO II – INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PESO OBTIDO
Cercamento da área	Sim	2	2
	Não	0	
Portaria/Guarita	Sim	1	1
	Não	0	
Controle de recebimentos de cargas	Sim com Balança	2	2
	Sim sem Balança	1	
	Não	0	
Acesso à frente de trabalho	Bom	2	2
	Ruim	0	
Trator de esteiras ou compatível	Permanente	5	5
	Periódico	2	
	Inexistente	0	
Outros equipamentos	Sim	1	1
	Não	0	
Impermeabilidade da base do aterro	Sim	5	0
	Não	0	
Drenagem de chorume	Suficiente	5	0
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Drenagem de águas pluviais definitiva	Suficiente	4	0
	Insuficiente	2	
	Inexistente	0	
Drenagem de águas pluviais provisória	Suficiente	2	0
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Drenagem de gases	Suficiente	3	0
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Sistema de tratamento de chorume	Suficiente	5	0
	Insuf./Inexist.	0	
Monitoramento de águas subterrâneas	Suficiente	3	0
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Vigilantes	Sim	1	0
	Não	0	
Atendimento a estipulações de projeto	Sim	2	0
	Parcial	1	
	Não	0	
TOTAL			13

GRUPO DE AVALIAÇÃO III – CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
SUBITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS OBTIDOS
Aspecto Geral	Bom	1	0
	Ruim	0	
Recobrimento diário do lixo	Sim	4	0
	Não	0	
Presença de urubus-gaivotas	Não	1	0
	Sim	0	
Presença de moscas em grande quantidade	Não	2	0
	Sim	0	
Ocorrência de lixo descoberto	Não	4	0
	Sim	0	
Presença de catadores	Não	3	0
	Sim	0	
Criação de animais (bois, etc)	Não	3	0
	Sim/Proximidade	0	
Descarga de res. De serv. De saúde	Não	3	0
	Sim	0	
Descarda de red. Industriais	Não/Adequada	4	4
	Sim/Inadequada	0	
Funcionamento da drenagem de chorume	Bom	3	0
	Regular	2	
	Inexistente	0	
Funcionamento da drenagem pluvial definitiva	Bom	2	0
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento da drenagem pluvial Provisória	Bom	2	0
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento do sistema de tratamento do chorume	Bom	5	0
	Regular	2	
	Inexistente	0	
Funcionamento sistema de monitoramento das águas subterrâneas	Bom	2	0
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Eficiência da equipe de vigilância	Boa	1	0
	Ruim	0	
Manutenção dos acesso internos	Boas	2	1
	Regulares	1	
	Péssimas	0	
TOTAL			5



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: 66.095-100
<http://www.uepa.br/paginas/pcambientais>



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

