

Boletim Gaúcho de Geografia

<http://seer.ufrgs.br/bgg>

**INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL NO LAGO
BOLONHA, PARQUE ESTADUAL DO UTINGA, BELÉM-PARÁ**

ANTÔNIO CARLOS RIBEIRO ARAÚJO JÚNIOR

Boletim Gaúcho de Geografia, v. 42, n.1: 276-299, jan., 2015.

Versão online disponível em:

<http://www.seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/48373/32948>

Publicado por

Associação dos Geógrafos Brasileiros



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: portoalegre@agb.org.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/bgg/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan., 2015.

Associação Brasileira de Geógrafos, Seção Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil

INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL NO LAGO BOLONHA, PARQUE ESTADUAL DO UTINGA, BELÉM-PARÁ

ANTÔNIO CARLOS RIBEIRO ARAÚJO JÚNIOR¹

RESUMO

O lago Bolonha está inserido no sistema hidrográfico do Utinga, situado do Parque Estadual do Utinga (PEUT) na Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém-Pará e, no entanto, acaba por ter sua dinâmica afetada por três fatores: (i) uso do solo e ocupação urbana e (ii) cobertura do espelho d'água por espécies vegetais. Tais elementos são adotados com o objetivo discutir as principais características geográficas do lago Bolonha e mostrar qualitativa e quantitativamente mudanças no lago no período de 1998 a 2010, sendo necessárias técnicas de geoprocessamento para quantificação destas mudanças, levantamentos bibliográficos e documentais para qualificação das mudanças e também trabalhos de campo valendo-se de observação sistemática para auxiliar a interpretação dos dados com o intuito de propor alternativas mais sustentáveis para o lago Bolonha, bem como para o sistema hidrográfico do Utinga inserido no PEUT, com base no método sistêmico, pois se verifica que o lago está sendo modificado mais intensamente por alterações ocorrentes em seu entorno.

Palavras-chave: Lago Bolonha; Sustentabilidade; Indicadores ambientais.

INTRODUÇÃO

O município de Belém localiza-se em uma região tipicamente estuarina, correspondendo à área de influência do estuário Guajarino parte integrante de outro maior, o Golfão Marajoara, situado na foz conjunta dos rios Amazonas, Tocantins, Pará e outros de menor extensão. Tem como elemento hídrico principal a baía do Guajará localizada em frente à cidade de Belém, prolongando-se até a Ilha do Mosqueiro onde se encontra com a baía do Marajó (NASCIMENTO, 1995).

O sistema hidrográfico dos Mananciais do Utinga, do qual fazem parte os lagos Bolonha e Água Preta, é formado pela bacia hidrográfica do Murutucum (figura 1), que integra a bacia do rio Guamá localizado no quadrante 48° 11' 00" e 48° 13' 48" WGr e 01° 21' 22" e 01° 24' 54" S (FEITOSA, 1994).

O lago Bolonha possui uma área de 577.127 m² e volume d'água de aproximadamente 1.954.000 m³. Localiza-se no Distrito Administrativo do Entroncamento (DAENT), além de apresentar, segundo leitura da planta DAENT (parte I), elaborada pela Prefeitura Municipal de Belém no ano de 2008, ligação "natural" com o rio Guamá por meio do igarapé do Murutucum.

1 Universidade Federal de Roraima(UFRR). E-mail: aj_geo@hotmail.com.

O sistema hidrográfico dos Mananciais do Utinga apresenta em sua morfologia baixos platôs (ou “terras firmes”) inseridos na unidade morfoestrutural do Planalto Rebaixado da Amazônia e planícies fluviais que integram a unidade morfoestrutural da Planície Amazônica com níveis de várzea e igapó. (NASCIMENTO, 1995). A topografia é plana a suavemente ondulada, com altimetria variando em altitude de 30 a 0 metros próprio das terras baixas amazônicas, no entanto a topografia registrada para o Bolonha e Água Preta segundo o IDESP (1991) gira entorno de 0 a 10 metros.

A Bacia do Murutucum onde se encontram os lagos Bolonha e Água Preta, segundo Sodré (2007), tem seu contexto geológico representado principalmente por unidades cenozóicas estudadas em afloramentos naturais e por perfis litoestratigráficos de poços tubulares perfurados na região.

Os sedimentos do Grupo Pós-Barreiras depositados do Mioceno ao Pleistoceno se encontram representados por sedimentos arenosos e areno-argilosos, ocorrendo em pequenas áreas entre os lagos Bolonha e Água Preta e o curso superior do rio Aurá.

Por estar inserido em uma unidade geomorfológica caracterizada como Planalto Rebaixado da Amazônia, portanto com terrenos altimetricamente “pobres”, os quais, no entanto, favorecem o carreamento de sedimentos principalmente por conta da composição areno-argilosa típica da formação Barreira - carreamento este que é potencializado pela retirada de cobertura vegetal em associação com o aumento do escoamento superficial - o sistema hidrográfico dos mananciais do Utinga (destaque para o lago Bolonha), acaba por receber sedimentos em quantidade razoável, favorecendo o assoreamento de sua planície de inundação.

A deposição sedimentar que se processa desde o início do Holoceno é constituída por sedimentos argilosos cinza, ricos em matéria orgânica. São sedimentos dispostos ao longo da planície de inundação do rio Guamá, constituindo aluvião recente (CONCEIÇÃO, 1995).

Geomorfologicamente, Furtado (2009) insere os lagos do Utinga em uma grande região morfológica a dos “baixos platôs amazônicos e planícies litorâneas”, que abrange a orla marítima do Território Federal do Amapá e dos estados do Pará e Maranhão. O “baixo platô amazônico” no qual esta situado o conjunto dos lagos Água Preta e Bolonha, este último objeto desta pesquisa, caracteriza-se por suas cotas altimétricas mais baixas, variando de 3 a 8 metros.

O uso do solo e a ocupação urbana as proximidades do lago Bolonha (setor norte-nordeste e norte-noroeste) em terrenos com altimetria variando entre 3 e 8 metros, associado a retirada da cobertura vegetal é fator contributivo para o aumento do escoamento superficial convergente aos cursos d’água, os quais tem como destino final a bacia hidrográfica do Murutucum, onde o lago Bolonha esta inserido.

Os fatores (i) uso do solo e ocupação urbana e (ii) cobertura do espelho d’água por espécies vegetais acabam por influenciar na qualidade ambiental do lago Bolonha, para tanto tem-se como objetivo discutir quais as principais características geográficas do lago Bolonha e apontar qualitativa e quantitativamente mudanças no lago no período de 1998 a 2010

A pesquisa foi conduzida com base no enfoque sistêmico, permitindo com uma análise socioeconômica e ambiental fosse empreendida para um melhor entendimento dos processos ocorrentes no lago Bolonha, os quais são naturais, mas podem ser potencializados pela ação humana no espaço e observados na paisagem.

Coaduna-se com as ideias de Limberger (2006) que para compreender as características das partes constitutivas de um sistema é necessário que se conheça não somente as partes, mas também as suas relações, isso porque as partes só podem ser entendidas através do todo maior, portanto as propriedades do sistema são destruídas quando um sistema tem seus elementos isolados, separados e segundo Capra (1996) não existe parte: o que se denomina parte “é apenas um padrão numa teia inseparável de relações”.

O sistema hidrográfico do Utinga, por meio de trabalho de campo, foi visitado entre os anos de 2007 a 2010 para a realização deste trabalho e o método sistêmico é o aporte teórico e metodológico desta pesquisa.

Para a realização da pesquisa foi feita revisão bibliográfica abordando temas relacionados à degradação ambiental do sistema hidrográfico do Utinga e documental por meio de relatórios consultados na CODEM (Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém), COSANPA (Companhia de Saneamento do Pará) e SEMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente), bem como bibliografia que trate sobre a utilização de macrófitas como bioindicadores de qualidade ambiental.

Com a realização de trabalhos de campo foram obtidos dados para a análise empírica, principalmente por meio de observações sistemáticas recaindo sob o aspecto vegetacional em especial a proliferação de macrófitas do tipo *Eichhornia crassipes* Solms na área de estudo, tendo como subsídio a identificação de macrófitas e sua classificação conforme o esquema elaborado por Pedralli (1990), como se observa na figura 2.

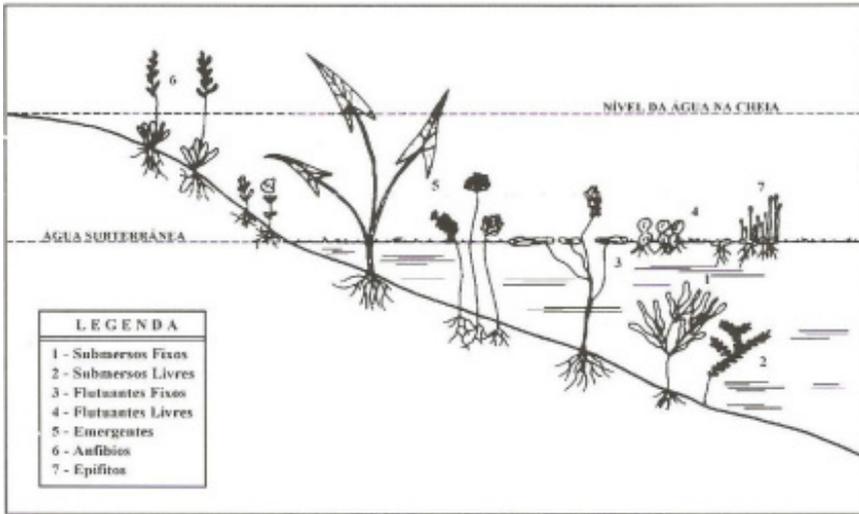
Também foi realizada a análise das ortofotos nº 338934 e nº 348911 do ano de 1998 da CODEM, as quais foram utilizadas como base de dados para a confecção de mapas, os quais retratam a proliferação de macrófitas flutuantes do tipo *Eichhornia crassipes* Solms.

Utilizou-se o software ArcGis 9.3 para georreferenciamento de imagens do site Gogle Earth (imagens disponibilizadas na internet constituídas de recortes de cenas de vários anos diferentes) através da ferramenta *georeferencing* atribuindo a elas validade científica, por meio do ajustamento da imagem do Gogle Earth a uma base de dados do IBGE (georreferenciada) previamente disponível da área de estudo, imagem esta salva com um sistema de projeção UTM WGS 1984.

A utilização do referido programa para cálculo de geometria da área de abrangência de macrófitas também se fez importante, por se considerar a *Precision*, que é a dimensão ou área total do lago (para este caso) e a *Scale*, que é o campo, ou a quantidade de casas decimais a serem utilizadas no resultado matemático obtido para a área selecionada.

Os mapas foram elaborados mediante o processo de vetorização de imagens cedidas pela CODEM e obtidas no site Gogle Earth para delimitação das áreas com presença de macrófitas, bem como de alguns objetos espaciais como a Estação de Tratamento de Água Bruta e o canal de ligação entre os lagos Bolonha e Água Preta e também as áreas de ocupação as proximidades do lago Bolonha.

Figura 2: Identificação das formas biológicas e classificação de macrófitas.



Fonte: Pedralli (1990).

REFLEXOS DO USO DO SOLO E OCUPAÇÃO URBANA NO LAGO BOLONHA

No sentido de desapropriação da área de preservação dos mananciais novas medidas foram tomadas. Em abril de 1984 quando o Governador Jader Fontenelle Barbalho baixou dois decretos o de nº 3.251 que, em seu Art. 1º declara de utilidade pública para fins de desapropriação, a área de proteção sanitária, lago Bolonha e Água Preta, em Utinga com dimensão de 1.598 ha, alcançando parte dos municípios de Belém e Ananindeua; e o decreto nº 3.252 que define em seu Art. 1º, como área de proteção especial para fins de preservação dos mananciais da RMB, os terrenos que integram as Bacias Hidrográficas e a área de proteção sanitária dos lagos em Utinga, com áreas aproximadas de 1.825,20 ha e 1.598,10 ha, respectivamente alcançando também parte dos municípios de Belém e Ananindeua (IDESP, 1991).

Cada vez mais se tornava evidente a ocupação por várias comunidades no entorno dos lagos (figura 2) culminando na criação da APA dos Mananciais de Abastecimento de Água de Belém (APA), a qual foi implantada oficialmente em 3 de maio de 1993, através do Decreto Estadual Nº 1.551, possuindo uma área de 10.000 hectares. Dentro da APA foi criado o Parque Ambiental de Belém, através do Decreto lei 1.552, também em 3 de maio de 1993, a área total do Parque é de 1.340 hectares

O processo de criação da APA gerou desentendimentos entre a população e o governo do estado pela forma como foi conduzida a implantação da mesma, desconsiderando a população ai residente, fazendo com que houvesse a criação de fóruns de entidades para discutir o problema.

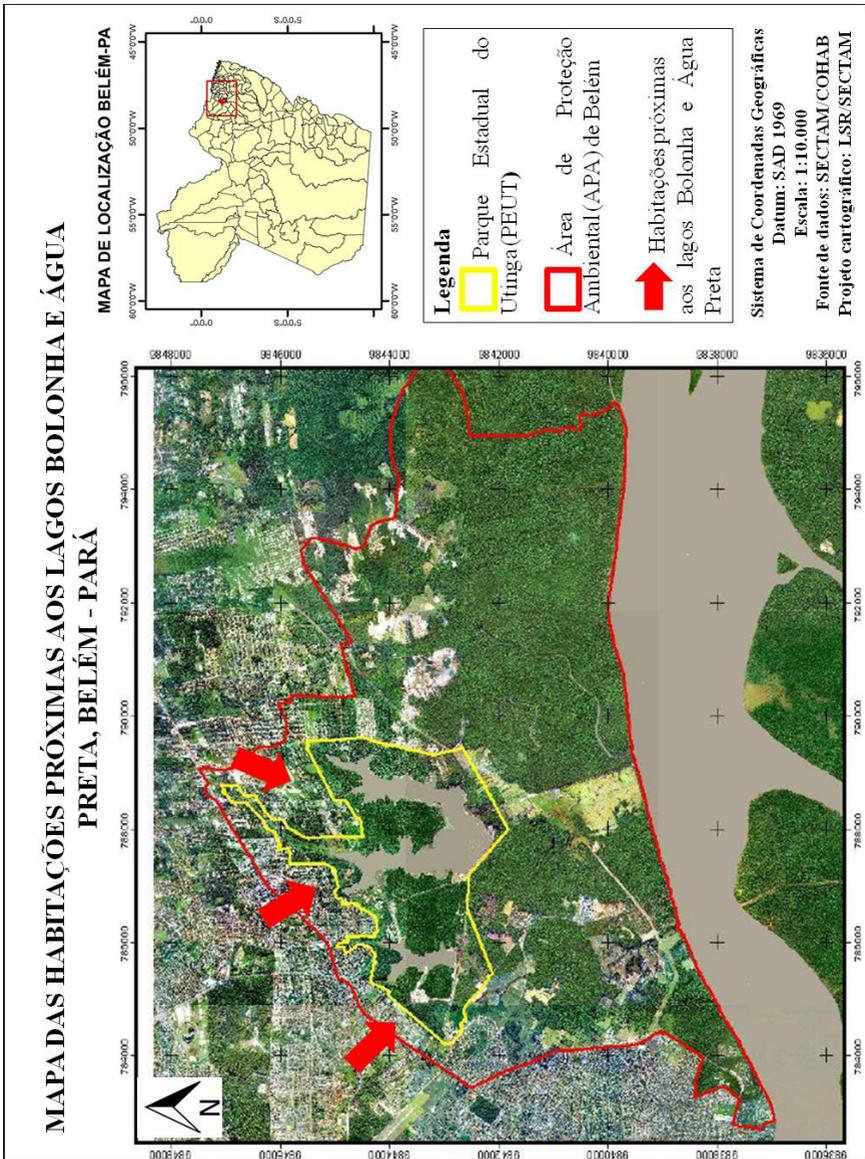
Cabe destacar que no período entre os anos de 1993 e 2003 a APA só existiu no papel, uma vez que durante esses dez anos o processo de implantação aconteceu de forma arbitrária por desconsiderar a presença da população nativa, residentes acerca de 30 ou mais anos no local.

No processo de implantação da APA foram desapropriadas 882 residências e ainda faltariam 311. Os moradores que continuaram na área não aceitaram a formação de valores de indenização das benfeitorias estabelecidas pela Companhia de Habitação do Pará (Cohab).

No dia 23 de março de 2003 foi realizado um encontro promovido pelo Fórum dos Lagos, que consolidou o movimento e integrou novas entidades de Bairros do entorno. Onde foi ressaltada a importância da preservação da área e as possibilidades de melhor convivência entre famílias e o meio ambiente naquele espaço. Esse encontro foi centrado na importância da maior participação dos moradores da área no processo de implantação da APA – Belém.

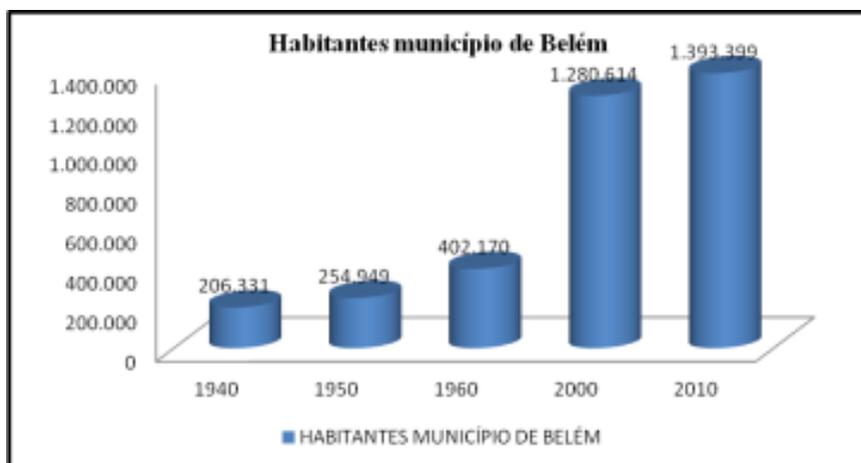
O uso do solo e a ocupação urbana nas proximidades na Área de Proteção Ambiental acompanha a expansão vivida pelo município de Belém (gráfico 1) e as consequências advindas de ações relacionadas ao despejo inadequado de resíduos sólidos e líquidos no Lago Bolonha.

Figura 3: mapa destacando habitações muito próximas aos lagos Bolonha e Água Preta.



Fonte: Setor de Geoprocessamento da SEMA, 2010, adaptado pelo autor.

Gráfico 1: Crescimento populacional no município de Belém nos últimos de 1940 a 2010



Fonte: elaborado por ARAÚJO JÚNIOR com base em IBGE (1940, 2000, 2010)

Nos últimos 4 (quatro) anos o espelho d'água do lago Bolonha vem sendo tomado por um tipo de vegetação que recebe o nome de macrófita, a espécie encontrada no lago é predominantemente de aguapés (*Eichhornia crassipes* Solms) e seu surgimento pode estar ligado tanto a própria dinâmica do meio físico ou quanto ao aporte de nutrientes em razão da ocupação "desordenada" as margens do lago, ou as duas atuando conjuntamente.

Neste contexto nos últimos anos o lago Bolonha vem mostrando que algo não está certo, muito por conta da proliferação de uma vegetação conhecida como macrófita sobre seu espelho d'água, a qual pode estar comprometendo a qualidade ambiental das águas utilizadas para abastecimento de toda a Região Metropolitana de Belém (RMB).

Os processos de sedimentação nas margens do lago Bolonha podem estar contribuindo para a proliferação desta vegetação, pois as macrófitas são colonizadoras e buscam nutrientes para sobreviver e se proliferar, uma vez que a disponibilidade de nutrientes durante o enchimento e nos primeiros meses de operação é um dos principais fatores que proporcionam o crescimento de macrófitas em reservatórios (DE FILIPPO, 2003).

A ocupação residencial da bacia hidrográfica do Murutucum, inserida no lago Bolonha, pode também estar contribuindo à aceleração dos processos de sedimentação devido a retirada de cobertura vegetal potencializando processos de *run-off*, bem como à proliferação de macrófitas fixas e flutuantes no lago a devido o despejo de substâncias, as quais possam estar alimentando o sistema, contribuindo para aceleração de posteriores processos de eutrofização artificial.

A eutrofização pode ser natural ou artificial. Quando natural, é um processo lento e contínuo que resulta do aporte de nutrientes trazidos pelas chuvas e pelas águas superficiais que erodem e lavam a superfície terrestre. A eutrofização natural corresponde ao que poderia ser chamado de “envelhecimento natural” do lago. Quando é induzida pela ação humana a eutrofização é denominada de artificial. Neste caso, os nutrientes podem ter diferentes origens: efluentes domésticos, efluentes industriais e/ou atividades agrícolas, entre outras. Este tipo de eutrofização é responsável pelo “envelhecimento precoce” de ecossistemas lacustres (ESTEVES, 1998).

O desenvolvimento de macrófitas aquáticas como a *Nymphaea rodgeana* G. F. V. Meyer e outras plantas enraizadas e também flutuantes como o aguapé (*Eichhornia crassipes* Solms), em alguns pontos mais rasos de ambos os lagos vem provocando nítido assoreamento das margens, como pode ser observado no mapa de 1998. Esses desenvolvimentos, por um lado, refletem certo grau de eutrofização que vem sendo provocado pelo lançamento de efluentes sanitários e despejos de residências localizadas junto às margens e, por outro lado, são característicos de regiões de menor profundidade e de águas mais calmas.

As grandes massas de matéria orgânica (MO) resultantes do crescimento dessas plantas, massas estas que tendem a sedimentar depois de mortas no fundo do lago, contribuem para a redução de profundidade, permitindo a fixação de novas plantas em áreas onde antes não era possível o seu desenvolvimento em virtude da maior altura da lâmina d'água.

Segundo a COSANPA (2000) a influência negativa exercida por essa massa orgânica de origem autóctone somada à matéria orgânica em decomposição eventualmente ainda existente, pode ser evidenciada através do aumento da concentração de MO e oxigênio consumido que se observa ao longo do sistema, quando se passa do rio Guamá para o lago Água Preta e posteriormente para o lago Bolonha.

Esta modificação de qualidade é observada também com relação aos nitritos (qualquer sal ou derivado do ácido nitroso - HNO_2) que se apresentam no lago Bolonha em maior concentração que a do lago Água Preta e esta em maior que a do rio Guamá. Tais relações indicam provavelmente a decomposição de MO nos sedimentos acumulados no leito das represas (COSANPA, 2000).

O lago Água Preta exerce uma função removedora de cor e sedimentos mais grossos (decantação natural) os quais, entretanto, poderão vir a ser novamente acentuados por influência da decomposição de matéria vegetal no lago Bolonha. O acentuamento da cor está associado também ao tamanho do lago, que é menor, tendo para tanto menor espaço para solubilizar substâncias, ou seja, dissolvê-las.

Verifica-se também que na represa do lago Bolonha, segundo a COSANPA (2000), há uma concentração mais elevada de ferro, a qual poderia ser explicada pela ressolubilização do ferro, passando da forma férrica a ferrosa em ambiente de concentração muito baixo de oxigênio dissolvido, ambientes estes que seriam formados junto às regiões profundas onde se observa intensa atividade de decomposição orgânica com conseqüente consumo de oxigênio dissolvido.

Tendo em vista as consequências nocivas da presença de ferro solúvel nas águas de abastecimento, parece de toda a conveniência a máxima remoção de sedimentos orgânicos, reduzindo assim a demanda de oxigênio e permitindo a oxidação de ferro que permaneceria precipitado no lago Bolonha. Dessa forma ambos os lagos exercerão um papel corretivo em relação a esse parâmetro assim como em relação a vários outros (COSANPA, 2000).

Com relação ao lago Bolonha, observa-se novamente uma maior concentração de nitrogênio amoniacal e também de nitratos, quando confrontados com o lago Água Preta (COSANPA, 2000). Esse fato poderia ser explicado ou pela decomposição da vegetação terrestre remanescente e vegetação aquática no interior do próprio manancial ou ainda pelo acesso à represa de poluentes de origem doméstica ou adubos minerais provenientes de transporte por águas de escoamento superficial.

ANÁLISE INTEGRADA DOS INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL DO LAGO BOLONHA

O lago Bolonha é margeado em grande parte de seu trajeto por uma vegetação com árvores de grande e médio porte características da região amazônica, as quais colaboram para a preservação natural de suas águas (CENSA/COSANPA, 1983). Porém, em razão de estar inserido no interior da RMB o lago Bolonha, bem como o lago Água Preta podem estar sendo comprometidos pela retirada da cobertura vegetal, a qual aumenta o escoamento superficial e o carreamento de sedimentos para os lagos, associados também ao despejo de resíduos (sólidos e líquidos) por parte das comunidades residentes as proximidades dos mananciais de abastecimento.

O processo de expansão urbana das grandes metrópoles tem sido no mundo inteiro uma das principais causas da ocupação e degradação das áreas de mananciais e vem ocorrendo com maior intensidade nas metrópoles localizadas nos países em desenvolvimento. A cidade de Belém, no estado do Pará, não escapou desta onda de ocupações “desordenadas” em vários pontos.

Essa rápida expansão urbana está relacionada ao diferenciado nível de desenvolvimento econômico e demográfico e pela crescente industrialização e urbanização dos países em desenvolvimento. Ela é responsável, segundo Bordalo (2006) pelo aumento cada vez maior da demanda urbana, seja industrial ou domiciliar, por água tratada oriunda dos mananciais que antes ficavam em áreas rurais e agora passam a ser inseridos dentro da nova malha urbana.

Essa situação de elevado crescimento urbano, sem um crescimento correspondente das ações de caráter urbanístico e sanitário em algumas metrópoles, como a implantação de rede de coleta e tratamento de esgotos sanitários, canalização de rios e córregos e a preservação da mata ciliar, só têm agravado os impactos produzidos no ciclo hidrológico.

Um dos principais impactos produzidos no ciclo hidrológico é a rápida taxa de urbanização, com inúmeros efeitos diretos e indiretos (figuras 4 e 5). Essa urbanização, segundo Tundisi (2003) tem grandes consequências, alterando substan-

cialmente a drenagem e produzindo problemas à saúde humana, além de impactos como enchentes, deslizamentos e desastres provocados pelo desequilíbrio no escoamento das águas.

Figura 4 e 5. À esquerda: Despejo de esgoto doméstico e industrial no Lago Bolonha. À direita: Precariedade do sistema de saneamento básico no Bairro Castanheira, localizado nas cabeceiras do Lago Bolonha.



Fonte: Bordalo (2006)

Durante a década de 1990 dois projetos de saneamento deveriam ter sido implementados – o Programa de Ação Social em Saneamento (PROSEGE), na área da Marambaia e o Programa de Saneamento Básico para População de Baixa Renda (PROSANEAR), na área da Avenida Augusto Montenegro. O PROSEGE previa a construção de uma rede de esgoto nos bairros do Curió-Utinga, Marambaia, Guanabara e Castanheira, com estação elevatória de esgoto que conduziria os efluentes a duas estações de tratamento. Caso estivessem em funcionamento, o PROSEGE e o PROSANEAR atenderiam a 25% da população de Belém, no entanto ambos os projetos continuam não concluídos.

O Prof. Dr. Carlos Bordalo, da Faculdade de Geografia e Cartografia da UFFA em entrevista concedida ao jornal Beira do Rio da UFFA, verificou que a questão da rede de esgoto é um dos mais sérios problemas de saneamento da cidade. Sem ele, analisa o Prof., os resíduos (domésticos e industriais) continuarão sendo conduzidos à baía do Guajará e ao rio Guamá, podendo comprometer a qualidade da água utilizada no abastecimento da cidade, posto a captação ser do rio Guamá.

Tão logo os esgotos sanitários estejam sendo lançados no sistema de drenagem pluvial junto com resíduos sólidos, esses se comunicam aos inúmeros igarapés que drenam grandes áreas da RMB, como as microbacias hidrográficas: do Una, Reduto, Tamandaré, Estrada Nova, Tucunduba e Murutucum. Coaduna-se com Bordalo (2006) que se dá como certa a possibilidade de contaminação hídrica dessas bacias, colocando em risco toda a população residente às margens, bem como na orla e praias de Belém.

Na RMB 72,8% da população ainda não possuem serviços de coleta e tratamento de esgoto sanitário e estes são despejados *in natura* na baía do Guajará e no Rio Guamá, que por sua vez têm suas águas no período da preamar (enchente), sob-regime de refluxo, deslocadas em direção da margem sul (guamaense) da cidade, onde justamente está localizada a estação de captação que alimenta por adutoras os mananciais do Utinga.

O despejo de resíduos líquidos e sólidos vem em certa medida comprometer o sistema hídrico do Utinga (lago Bolonha e lago Água Preta) por conta do aporte de nutrientes que se eleva em razão da captação de água por adução (figuras 6 e 7), associado a sedimentação por carreamento (de sedimentos e nutrientes) intensificado pela retirada de cobertura vegetal, favorecendo o salpicamento, que segundo Guerra e Guerra (2009) é um tipo de erosão do solo, na qual o impacto da gota da chuva é o responsável pelo processo erosivo, este processo também é conhecido como efeito *Splash*.

Figura 6 e 7. À esquerda: Sistema de adução e captação de água dos lagos. À direita: canal de irrigação entre os lagos Água Preta e Bolonha.



Fonte: Pereira (2003)

Segundo Pereira e Mendes (2003) os principais inconvenientes do lançamento de esgoto bruto em corpos d'água são:

- Prejuízo do aspecto estético pela presença de materiais grosseiros e de sólidos suspensos;
- Redução do teor de oxigênio dissolvido pela decomposição bioquímica do material orgânico poder ocasionar danos irreparáveis à biota aquática e
- Contaminação da massa líquida, pela presença de organismos patogênicos.

Além do que a consonância entre aumento do aportes de nutrientes e sedimentação das margens do lago vai favorecer a reprodução de macrófitas em quantidade bastante expressiva.

A comunidade fitoplanctônica, como a das macrófitas, pode ser utilizada como indicadora da qualidade ambiental, principalmente em reservatórios e a análise da sua estrutura permite avaliar alguns efeitos decorrentes de alterações ambientais. Esta comunidade é a base da cadeia alimentar e, portanto, a produtividade dos elos seguintes depende da sua biomassa. No entanto a presença de algumas espécies em altas densidades pode comprometer a qualidade das águas, causando restrições ao seu tratamento e distribuição.

A proliferação das macrófitas aquáticas pode causar uma aceleração no processo de eutrofização indicando a elevada produção de biomassa, induzindo o aumento do déficit de oxigênio, a formação de gases (H_2S , CH_4 , etc.) e a diminuição do pH da água, com efeitos deletérios sobre as comunidades do fitoplâncton, zooplâncton, bentos e peixes (PEDRALLI, 2003).

No lago Bolonha, a proliferação intensa de macrófitas do tipo *Eichhornia crassipes* Solms pode estar evidenciando o processo de eutrofização artificial, hipótese esta levantada por conta do adensamento urbano as proximidades da APA e de igarapés que confluem para os lagos, acelerando processos naturais e comprometendo o abastecimento hídrico, uma vez que a qualidade da água pode ser afetada pelo aporte de macronutrientes como fósforo e nitrogênio e esta proliferação estaria mesmo comprometendo a capacidade de absorção da água (figuras 8 e 9) pela Elevatória de Água Bruta do Bolonha, a qual não pode vir acompanhada de vegetação (macrófitas), podendo causar entupimentos ou queimar o maquinário.

Figura 8 e 9. Telas de proteção para impedir que as espécies de macrófitas flutuantes adentrem a Elevatória de Água Bruta do Bolonha. Perceba-se na foto da esquerda a presença de macrófitas na tela de proteção interna.



Fonte. Araújo Júnior (2010).

As origens do nitrogênio nas águas estão associadas a esgotos sanitários, os quais constituem em geral a principal fonte. Os esgotos lançam nas águas nitrogênio orgânico devido à presença de proteínas e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água. Alguns efluentes industriais advindos de indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, conservas alimentícias, matadouros frigoríficos e curtumes concorrem para descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas (CETESB, 2010).

O fósforo aparece em águas naturais devido a fatores semelhantes como esgotos sanitários. Nestes os detergentes super fosfatados empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Efluentes industriais de fertilizantes, pesticidas químicos em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. A drenagem em áreas agrícolas e urbanas pode provocar a presença de fósforo em excesso.

Por serem macronutrientes para processos biológicos, o excesso de fósforo e nitrogênio em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais. Acredita-se que a intensa proliferação de macrófitas esta associada à absorção cada vez mais intensa de macronutrientes como nitrogênio e fósforo presentes no sistema de lagos Bolonha e Água Preta.

Há de se considerar, no entanto, que o ritmo de proliferação das macrófitas obedece a padrões através dos quais se torna possível medir a quantidade aceitável dessa vegetação em determinado sistema. Elencam-se fatores como: i) atividades fisiológicas e biomassa das plantas; ii) contribuições das espécies para as cadeias alimentares (via pastagem ou cadeia de detritos); iii) interações da degradação das macrófitas para os ciclos biogeoquímicos e para o balanço de oxigênio.

Bianchini Jr. (2003) aponta modelos matemáticos, os quais consideram os fatores citados acima e fatores autóctones para medição do nível ótimo de macrófitas e demais vegetais aquáticos, como tendo se constituído em importantes ferramentas para a compreensão de vários processos específicos de ecossistemas aquáticos e, principalmente, para a elaboração de prognósticos sobre o comportamento desses sistemas frente ao desenvolvimento e manutenção de plantas aquáticas como as macrófitas.

Para a Geografia, estes fatores a luz de trabalhos realizados de maneira interdisciplinar e sistêmica, contribuiriam para verificar em que medida o uso do solo e a ocupação urbana nas proximidades ou não dos mananciais de abastecimento de água potencializam estes fatores biológicos, permitindo a construção, de fato, de prognósticos integrados, levando em consideração a relação sociedade-natureza.

A importância das macrófitas aquáticas é amplamente discutida, sendo uma das mais citadas a utilização de algumas espécies como bioindicadoras da qualidade da água (PEDRALLI, 2000). Estas plantas também são utilizadas na caracterização ou na despoluição de ambientes aquáticos, para obtenção de biogás, para alimentação de animais e para o controle de erosão em regiões suscetíveis (IRGANG e GASTAL JR., 1996). Muitas plantas aquáticas também são de interesse econômico como fonte de matéria-prima para produtos de origem apícola, or-

namental, têxtil, alimentar, forrageiro, medicinal, despoluidor, conservacionista e como algicidas, fungicidas e herbicidas (POTT e POTT, 2000; PEDRALLI, 1990).

O aguapé prolifera-se abundantemente durante todo o ano e sua biomassa aumenta rapidamente a uma velocidade de 1 (uma) tonelada por hectare/dia (ROQUETE PINTO, RUTMAN e RISSO, 1993). Extrai os nutrientes necessários para sua sobrevivência e despolui os corpos d'água, filtrando o material particulado através de suas raízes, além de absorver metais pesados como prata, chumbo, mercúrio, cádmio e outros. Também promove a oxigenação do corpo hídrico, que é feita tanto pela parte aérea quanto pela ação bioquímica das bactérias que compõem o complexo ecossistema das raízes.

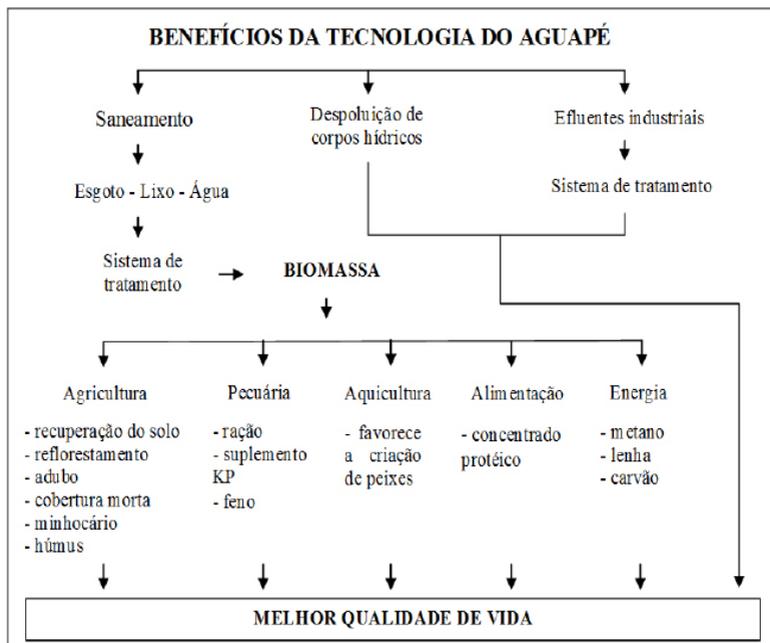
O uso do aguapé para tratar esgotos e corpos d'água poluídos tem algumas vantagens como as seguintes, segundo Coelho (1994), também sendo esboçado no esquema abaixo (figura 10):

- Tem custo inferior ao sistema tradicional com Estações de Tratamento de Água (ETAs) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs);
- Remove simultaneamente substâncias tóxicas e metais pesados;
- Possibilita a assimilação de algumas substâncias poluentes para reciclagem pela própria indústria;

Roquete Pinto (2003) aponta algumas experiências bem sucedidas com a utilização de *Eichhornia crassipes* Solms no tratamento de alguns corpos hídricos no Brasil.

- No município de Alfenas, Minas Gerais, através da UNIFENAS: na despoluição de efluentes domésticos em áreas carentes.
- No bairro de Guadalupe, zona norte do município do Rio de Janeiro: no tratamento de uma vala negra com aproveitamento da planta para adubo da horta e criação de peixes.
- No município de Niterói, Rio de Janeiro, através da Secretaria de Meio Ambiente: na despoluição do córrego Jacaré, que deságua na Lagoa de Piratininga.
- No distrito de Lumiar - Nova Friburgo, Rio de Janeiro: no projeto de despoluição de um lago de criação de carpas, com aproveitamento do aguapé para alimentação de porcos.
- No município de Teresópolis, Rio de Janeiro: no mapeamento dos poluentes do Rio Paqueta, em parceria com a UERJ.

Figura 10: Esquema da utilização benéfica da macrófita *Eichhornia crassipes* Solms na recuperação de alguns sistemas.



Fonte: Roquete Pinto, Rutman e Risso (1993).

Em contraponto, a proliferação exponencial destes vegetais pode causar, segundo Spindola (2007) uma aceleração no processo de eutrofização, devido a elevada produção de biomassa, induzindo o aumento do déficit de oxigênio, a formação de gás sulfídrico (H₂S) e a diminuição do pH da água, com efeitos nocivos ao fitoplâncton, zooplâncton e à comunidade bentônica, representando importante fator para a proliferação de vetores de doenças de veiculação hídrica (PEDRALLI, 2000). De acordo com Thomaz e Bini. (1999) seu crescimento excessivo também afeta a navegação, a captação de água e a geração de energia.

No caso do lago Bolonha em 2010 foi encontrado um ambiente com presença marcante de macrófitas (figura 12) que pode estar afetando, sobre maneira, a qualidade da água que é distribuída para a RMB por conta do aporte de nutrientes provenientes da captação (direta e indireta) ou devido a decomposição da matéria orgânica oriunda das macrófitas presentes no referido lago.

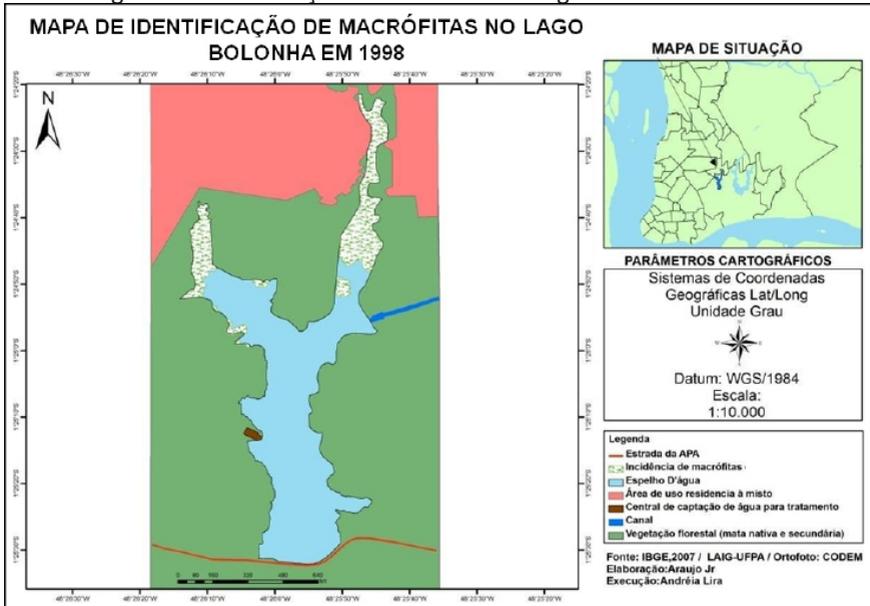
Observações sistemáticas em campo no ano de 2010 revelaram o exponencial avanço das macrófitas sobre o espelho d'água e o registro fotográfico se fez de suma importância.

No ano de 1998, em que a presença deste vegetal se fazia pequena no lago Bolonha, a clipagem (junção de imagens) das ortofotos nº 338934 e nº 348911, realizada por meio da utilização do Programa ArcGis 9.2 no Laboratório de Análise da Informação Geográfica (LAIG) da Faculdade de Geografia e Cartografia da UFPA, mostrou (através de vetorização) a presença de macrófitas em algumas porções e a pressão exercida pela população próxima ao lago Bolonha, bem como pontuou o surgimento de novos campos de macrófitas no ano de 2010.

Entre os anos de 1998 e 2010, como é possível de se observar nas figuras 11 e 12, nota-se um considerável aumento na concentração de macrófitas flutuantes da espécie *Eichhornia crassipes* Solms sobre o espelho d'água do lago Bolonha.

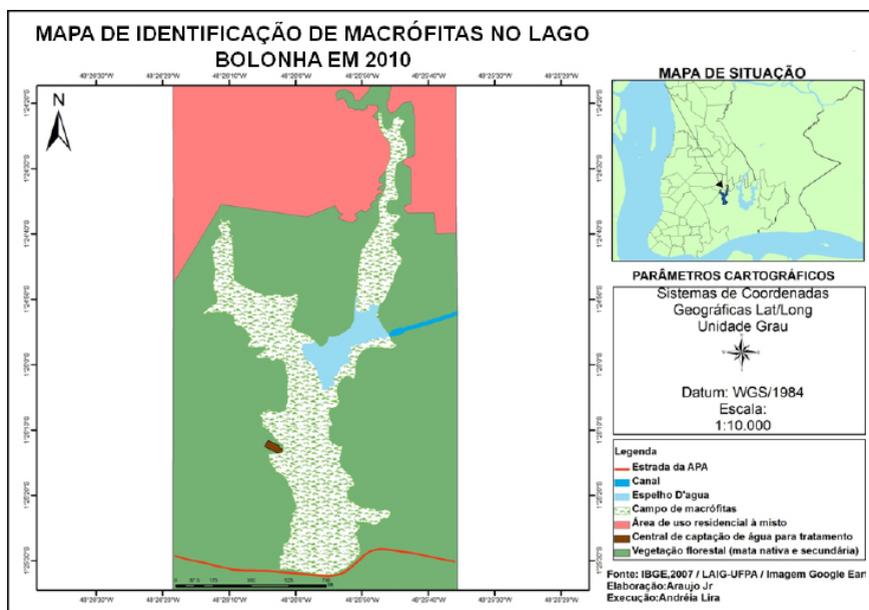
Nestes 12 anos a área de abrangência das macrófitas do tipo *Eichhornia crassipes* Solms no lago em questão aumentou de 20,03% em 1998 para 88,81% em 2010, mostrando que mesmo medidas paliativas como a limpeza semestral do lago com retirada desta vegetação não são suficientes para lidar com seu desenvolvimento, uma vez que o sistema de lagos esta sendo constantemente "abastecido" por efluentes domésticos ricos em nutrientes como Fósforo (P) e Nitrogênio (N) provenientes das comunidades locais, bem como de efluentes industriais as proximidades da APA-Belém ou mesmo distantes, tendo nos cursos d'água convergentes à bacia do Murutucum elemento de carreação de substâncias, potencializado pela retirada da cobertura vegetal, a qual aumenta o escoamento superficial para os córregos.

Figura 11: Identificação de macrófitas no lago Bolonha em 1998.



Fonte: ARAÚJO JÚNIOR.

Figura 12: Identificação de macrófitas no lago Bolonha em 2010.



Fonte: ARAÚJO JÚNIO.

Mesmo com a área de proteção, o lago Bolonha apresenta sinais de degradação ambiental, sendo isto percebido, dentre outros fatores, por meio de proliferação de macrófitas (o termo correspondente é hidrófita, o qual se refere aos vegetais que vivem na ou sobre a água) do tipo *Eichhornia crassipes* Solms, vulgo Aguapé (nome comum a várias plantas aquáticas fixa ou flutuantes) ou Mururé, fazendo com que o lago aumente sua concentração de nutrientes, e por consequência a produtividade de matéria orgânica. Como decorrência deste processo, o ecossistema aquático passa da condição de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico (ESTEVES, 1988).

Bordalo (2006) destaca que entre os anos de 1984-2004 diversas foram as medidas jurídico-políticas criadas com o intuito de proteger a principal fonte de abastecimento hídrico da RMB, no entanto, as ações implementadas não foram eficazes, pois durante a implementação dessas políticas a descentralização das ações entre estado e município não ocorreu de fato, bem como, houve apenas uma tímida participação dos usuários e das entidades da sociedade civil com sede e atuação comprovada na área dos mananciais.

Lançando mão da teoria geral dos sistemas, recomenda-se ao poder público considerar o sistema ambiental Bolonha e Água Preta, situados na APA-Belém

como formações “naturais”, experimentando sob certa forma, o impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico (SOTCHAVA, 1977).

Tal recomendação se processa por ser sabido que dos seus 100% de capacidade 80% são oriundos de captação¹ do Rio Guamá (porção sul da RMB) e circunscrições, os 20% restantes advêm de precipitações (ARAÚJO JÚNIOR, 2013). De posse desta informação não se torna recomendado considerar o todo (APA-Belém) como somente a soma das partes (captação, precipitação, influência antrópica, etc.), mas como dependente da intensidade das interações e inter-relações que ocorrem entre as partes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Gerir recursos hídricos requer conhecimento e participação de toda a sociedade, com o entrelaçamento destes termos ao se limitar um o desenvolvimento do outro é comprometido. Esforços no sentido de desenvolvê-los de forma articulada levam a um efeito sinérgico, de modo que o efeito positivo é potencializado.

Sobre a degradação ambiental dos mananciais do Utinga, estudos realizados na RMB mostram que vem ocorrendo uma diminuição na área de cobertura vegetal original nos mananciais, causada diretamente pelo desmatamento da mata ciliar decorrente: da expansão da área urbana pela exploração de material para construção civil, a implantação de cemitérios e do Complexo de Destino Final de Resíduos Sólidos da RMB.

Esse avanço do desmatamento na área das matas do Utinga traz consigo uma grande preocupação no sentido da preservação da grande biodiversidade encontrada nessas matas, bem como na diminuição da proteção contra a erosão superficial (*run off*), que acarreta no aumento do assoreamento das margens e cabeceiras dos lagos.

Há também a alta ocorrência de macrófitas no lago Bolonha que evidencia a concentração de nutrientes propiciadores à sua proliferação, os quais comprometem a rede de abastecimento hídrico, uma vez que a decomposição de matéria orgânica ocasiona a desoxigenação da água, tornando-a menos adequada a ingestão humana, pois está agora passa a ser composta por outras substâncias que em excesso podem comprometer seus consumidores.

A retirada desse tipo de vegetação ajuda o sistema a recuperar o “fôlego”, minimizando o impacto causado pela ocorrência do processo de eutrofização artificial (desoxigenação da água, aumento da concentração de gases nocivos, etc). Porém, está ação torna-se sem efeito na medida em que o poder público, responsável por tal medida mitigadora, não atue em um dos cerne do problema (o qual não somente é ambiental, com também social), os agentes sociais consumidores e degradadores do sistema.

Cogita-se que uma das possíveis razões para a qual isso não venha a público seja o fato de se considerar o homem-sociedade como externo a questão ambiental, ou seja, sujeito irrelevante no tocante a temática ambiental, a qual está intrinsecamente ligada a qualidade de vida no sentido *latu* da expressão.

Pode-se considerar então que a APA-Belém sendo tratada a luz das atribuições do sistemismo conseguiria avançar em termos de recuperação ambiental, principalmente no Lago Bolonha, bem como considerar os agentes sociais do entorno como parte importante deste sistema, criando não só medidas direcionadas ao Lago, como também as comunidades do entorno, possivelmente criando programas de Educação Ambiental para mostrar as consequências do uso irracional de recursos a médio e longo prazo, pregando que um ser vivo não é definido apenas por sua constituição, mas também por meio de sua organização.

INDICATORS OF ENVIRONMENTAL QUALITY IN LAKE BOLONHA, UTINGA STATE PARK, BELÉM-PARÁ

ABSTRACT

The lake Bolonha is inserted into the river system Utinga located Utinga State Park (PEUT) Environmental Protection Area in the Metropolitan Region of Belém-Pará, and yet turns out to have its environmental quality affected by three factors: (i) soil use and urban occupation and (ii) coverage of the water surface by plant species. Such elements are adopted as indicators of environmental quality with the objective to discuss the main geographical features of the lake Bolonha and point qualitative and quantitative changes in the lake during the period 2007 to 2010, been necessary geoprocessing techniques for quantifying, surveys bibliographical-documentary for qualification of changes and also field work to assist the interpretation of data with the aim of proposing alternative of preservation more effective of the lake Bolonha, well as for the hydrographic system of Utinga inserted into PEUT, based on systemic method.

Keywords: Lake Bolonha; Sustainability; Environmental indicators.

INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL EN EL LAGO BOLONHA, PARQUE ESTATAL UTINGA, BELÉM-PARÁ

RESUMEN

El lago Bolonha está insertado en el sistema hidrológico Utinga, situado en el Parque Estatal de Utinga (PEUT) en el Área de Protección Ambiental de la Región

Metropolitana de Belém-Pará y, sin embargo, resulta tener su dinámica afectadas por tres factores: (i) uso del suelo y ocupación urbana y (ii) cobertura de la superficie del agua por especies de plantas. Tales elementos se adoptan con el fin de discutir las principales características geográficas del lago de Bolonha y mostrar los cambios cualitativos y cuantitativos en el lago durante el período 1998-2010, siendo necesario técnicas de geoprocetamiento para cuantificar estos cambios, encuestas bibliográfica y documental para la calificación de los cambios y también trabajo de campo sobre la base de la observación sistemática para ayudar a la interpretación de los datos con el fin de proponer alternativas más sostenibles para el lago Bolonha, así como para el sistema hidrográfico Utinga insertado en PEUT basado en el método sistémico, ya que se observó que el lago se está modificando con mayor intensidad por los cambios que se producen en su entorno.

Palabras clave: Lago Bolonha; Sostenibilidad; Indicadores ambientales.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**. São Paulo, IGEO-USP, n.º 18, 1969. 13p.

ARAÚJO Jr, A. C. R. **O lago Bolonha no contexto da Região Metropolitana de Belém (RMB) - Pará:** abastecimento, qualidade ambiental e ações educativas. 2010, 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Faculdade de Geografia e Cartografia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará. UFPA/Pará, 2010.

_____. Propostas para subsidiar um plano de ações educativas às comunidades que utilizam diretamente o lago Bolonha, Belém-PA. **Revbea**, Rio Grande, V. 8, No 1:50-67, 2013.

BIANCHINI Jr., I. Modelos de crescimento e decomposição de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, p. 87-126, 2003.

BORDALO, C. A. L. **O desafio das águas numa metrópole amazônica:** uma reflexão das políticas de proteção dos mananciais da Região Metropolitana de Belém-PA (1984 – 2004). 2006, 369 f. Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido). NUMA/UFPA, Belém, 2006.

CAPRA, F. **A teia da vida**. São Paulo: Cultrix, 1996.

CENSA/COSANPA. **Diagnóstico do estudo urbanístico de proteção sanitária dos lagos Bolonha e Água Preta II:** Estudo da qualidade de proteção das águas. Belém, Consultoria – Engenharia / Companhia de Saneamento do Pará. 279p. 1983.

COELHO, T. Aguapé, a planta aquática que despolui. Revista Ecologia e Desenvolvimento. Suplemento, Nº 38, Abril, 1994.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em 14 de novembro de 2010.

Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA). **Urbanização e medidas de proteção sanitária da região dos lagos Utinga**. Relatório técnico 023, 2000.

CONCEIÇÃO, A. L. **Riscos ambientais para o manancial do Utinga (Belém/PA)**. 1995, 73 f. Monografia (Especialização) – Núcleo de Meio Ambiente. Universidade Federal do Pará. Belém, 1995.

DE FILIPPO, R. Colonização e regressão da comunidade de macrófitas aquáticas no reservatório da UHE Serra da Mesa – Goiás. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (orgs.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2003.

ESTEVES, F. A. *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência/Finep, 1998.

FEITOSA, D. **Macrodrenagem e Água Potável em Belém do Pará**. Documentário Histórico – Cosanpa. Belém, Multisoft, 1994.

FURTADO, A. M. M. *et al*. Relação Relevô-Solo-Vegetação da Ilha de Marajó. In: XI Simpósio Nacional e Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa - MG. **Anais do XI Simpósio Nacional e Geografia Física Aplicada**, 2009.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

IDESP, **Estudo ambiental no Utinga**: vida útil do sistema de abastecimento d'água de Belém. Sérgio da Fonseca Dias (coord.). Belém: IDESP, Relatórios de Pesquisa nº 19, 1991.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em www.ibge.org.br. Acesso em 3 jan de 2011

IRGANG, B. E.; GASTAL JR., C. V. S. **Macrófitas aquáticas da planície costeira do RS**. UFRGS, Porto Alegre. 1996.

LIMA, H. N. S. **Estudo da conceituação e implemetação de vias sanitárias em Belém**: o caso da bacia de drenagem da Estrada Nova. Dissertação (Mestrado). Centro Tecnológico, UFPA/Belém, 2004.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. **Geografia** – v. 15, n. 2, jul/dez, 2006.

NASCIMENTO, C. C. **Clima e morfologia urbana em Belém**. Universidade Federal do Pará. Núcleo de Meio Ambiente. 1995.

PARÁ. **DECRETO nº 1.551 e nº 1.552, 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.

PEDRALLI, G. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. (orgs.). **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas.** Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2003.

_____. Macrófitas aquáticas como bioindicadoras da qualidade da água: alternativas para usos múltiplos de reservatórios. **Workshop Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas** - Maringá, agosto de 2000.

_____. Macrófitas aquáticas: técnicas e métodos de estudos. **Estudos de Biologia**, Curitiba, v. 26, p. 5-24, 1990.

PEREIRA, J. A. (org). **Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas. Esgotamento Sanitário na Região Metropolitana de Belém.** UFPA/NUMA. Belém, 2003.

PEREIRA, J. A.; MENDES, F. Sistema de Esgotamento Sanitário. In: PEREIRA, J. A. (org). **Saneamento Ambiental em Áreas Urbanas.** Esgotamento Sanitário na Região Metropolitana de Belém. UFPA/NUMA. Belém, 2003.

POTT, V. J.; POTT, A. **Plantas Aquáticas do Pantanal.** EMBRAPA, Brasília, 2000.

ROQUETE PINTO, C. L., RUTMAN, R.; RISSO, L. **Levantamento ambiental e utilização da planta aquática aguapé para sistemas de tratamento de águas.** In: **Second International Seminar on the Environmental Problems of Urban Center, 1993, São Paulo – SP. Anais do Second International Seminar on the Environmental Problems of Urban Center, 1993.**

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

SOTCHAVA, V. B. O estudo dos Geossistemas. **Métodos em Questão**, nº 16. IG, USP, São Paulo, 1977.

SPINDOLA, L. de A. **Macrófitas aquáticas em duas lagoas marginais do rio Taquari, Coxim, MS, Brasil.** 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Biologia. UFMS/Mato Grosso do Sul, 2007.

THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. A expansão das macrófitas aquáticas e implicações para o manejo de reservatórios: um estudo na represa de Itaipu. In: Henry, R. (Ed.). **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais.** Botucatu: FUNDIBIO; São Paulo: FAPESP, cap. 20, p. 597-626, 1999.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1977.

TRICART, J.; KILIAN. J. **L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel**. Paris: François Maspero, 1979.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. Ed. Rima. São Carlos, 2003.