

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE
RECURSOS HÍDRICOS

Efeitos da urbanização e eutrofização sobre a
saúde de um ambiente aquático.
Estudo de Caso: Lagoa Central de
Lagoa Santa-MG.

Marcelo Augusto de Rezende Costa

Belo Horizonte-MG
Dezembro/2010

Marcelo Augusto de Rezende Costa

**Efeitos da urbanização e eutrofização sobre a
saúde de um ambiente aquático.
Estudo de Caso: Lagoa Central de
Lagoa Santa-MG.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização
em Gerenciamento de Recursos Hídricos
do ICB/UFMG, como requisito parcial para obtenção
do título de Especialista em Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Francisco Antônio Rodrigues Barbosa

UFMG
Belo Horizonte
2010

Marcelo Augusto de Rezende Costa

Efeitos da urbanização e eutrofização sobre a saúde de um
ambiente aquático.
Estudo de Caso: Lagoa Central de
Lagoa Santa-MG.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ICB/UFMG

Curso de Especialização em Gerenciamento de
Recursos Hídricos

Data de aprovação: ____ de _____ de 2010

Prof^a.Paulina M. M. Barbosa

Prof. Francisco A. R. Barbosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as minhas vitórias e conquistas ao longo da minha trajetória.

Aos meus pais e minhas irmãs pelo amor incondicional em todos os momentos.

Aos meus familiares pelo apoio, carinho e afeto; aos meus tios em particular, por terem sido para mim referência de luta, dedicação e perseverança.

Aos meus amigos pelos momentos de descontração, amizade.

Às secretárias Vilminha, Ianna e Graça pela presteza nas mais diversas situações.

Aos colegas de curso pelo companheirismo, amizade, e por todos os bons momentos de descontração que amenizavam nosso cansaço e alegravam nossos sábados.

Aos Professores do curso de GRH por sua dedicação e ensinamentos.

Ao orientador, Professor Francisco Barbosa pelo incentivo e aprendizado durante estes anos de convivência.

À Professora Paulina M. M. Barbosa por sua participação na banca examinadora.

À Pró-reitoria de Recursos Humanos da UFMG pela concessão da bolsa de estudo.

A todos os colegas da Biologia Geral e do Laboratório de Limnologia, em especial à Renata, Taci, Maione, Lorena e Meg pela ajuda e sugestões sempre oportunas.

Ao Pedrão pela redação do “Abstract”; e à Bióloga Débora Chaves pela identificação das cianobactérias.

Ao Biólogo Marcos Coutinho pelo incentivo, e pelo material gentilmente cedido.

Agradeço e dedico a realização desta monografia às três mulheres que sempre me deram apoio e suporte e são os pilares da minha vida: minha avó Margarida, minha mãe Marlene e minha esposa Cristiane; a elas credito minha vitória e dedico meu sucesso.

"Nunca meus olhos viram coisa tão bela e magnífica nos domínios
da natureza e da arte."

(Peter Wilhelm Lund)

SUMÁRIO

RESUMO	I
ABSTRACT	II
1. INTRODUÇÃO	9
2. LAGOA SANTA: UMA ABORDAGEM SÓCIO-AMBIENTAL	11
2.1. Breve histórico da ocupação de Lagoa Santa	11
2.1.1 Histórico do problema ambiental em Lagoa Santa	12
2.2 Uso e ocupação do solo no município de Lagoa Santa	14
2.2.1 Impactos da ocupação urbana	20
2.3. Eutrofização	21
2.3.1 Problemas da eutrofização	24
2.3.2. Estado trófico do ambiente como indicador de eutrofização	25
2.3.3. Organismos indicadores do Estado Trófico de Ecossistemas Aquáticos	26
2.3.4 Impactos da introdução de espécies exóticas na lagoa Central	27
2.3.5. Floração de Cianobactérias	28
2.3.5.1 Cianobactérias tóxicas	29
3. OBJETIVO GERAL	33
3.1 Objetivos específicos	33
4. ÁREA DE ESTUDO	34
5. METODOLOGIA	35
6. ESTUDO DE CASO: O USO DE ALGUNS PARAMETROS- CHAVE NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA CENTRAL	36
6.1. Resultados	38
6.2. Discussão dos Resultados	39
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	44

RESUMO

O crescimento populacional e a ocupação urbana sem planejamento no município de Lagoa Santa têm gerado inúmeros impactos ao meio ambiente, com conseqüências diretas para os ecossistemas aquáticos. Mudanças significativas vêm ocorrendo nestes ambientes ao longo das últimas décadas e podem ser observadas de forma mais acentuada nos últimos anos. A lagoa Central em particular, devido a sua localização e suas especificidades tem absorvido grande parte destes impactos, muitos dos quais poderiam ser evitados. Toda esta alteração tem deteriorado a qualidade de suas águas, reduzido a biodiversidade local, o que compromete os seus usos múltiplos, como recreação, lazer e turismo. Neste cenário de degradação a ocorrência de florações de cianobactérias na lagoa Central tem contribuído ainda mais para agravar este quadro, e representa uma ameaça ao equilíbrio do ambiente e principalmente à saúde dos seus usuários devido ao seu potencial de toxicidade.

Embora todos os problemas já citados, o que se espera com este estudo é reunir informações técnica e científica produzidas nos últimos anos, e apresentá-las dentro de um contexto sócio-ambiental. A solução dos problemas sócio-ambientais em Lagoa Santa passa necessariamente por uma política de desenvolvimento sustentado para a região onde sociedade civil e poder público conjuntamente assegurem a preservação de seus recursos hídricos e naturais para as gerações futuras.

Palavras-chave: ocupação urbana, impactos ao meio ambiente, deteriorado a qualidade das águas, florações de cianobactérias, preservação de recursos hídricos e naturais.

ABSTRACT

The population growth and the unplanned urban occupation of the Lagoa Santa district has brought several environmental impacts, with direct consequences to the aquatic ecosystems. Significant changes have been occurring on those environments during the last decades, more intensively during the last years. The Lagoa Central in particular, due to its location and its specificities has been absorbing a great part of the impacts, many of which could be avoided. All this modification has deteriorated the water quality, reducing the local biodiversity, which endangers its multiple uses, such as recreation, entertainment and tourism. On this degradation scenario, the occurrence of cyanobacteria blooming on the Lagoa Central has contributed even more to aggravate the situation, and it represents a threat to the environmental balance and especially to the health of its users due to potential toxicity.

Despite all the problems listed above, what is expected with the present study is to gather technical and scientific information produced on the last years and present them in a socio-environmental context. The solutions for the Lagoa Santa socio-environmental problems necessarily goes through a sustainable development politic for the region, where civil society and public power together secure the preservation of the hydric and natural resources for the future generation.

Key-words: urban occupation, environmental impacts, deteriorated the water quality, cyanobacteria blooming, preservation hydric and natural resources.

1. INTRODUÇÃO

O aumento do contingente populacional, o intenso processo de ocupação urbana, bem como a demanda pelos recursos hídricos, têm intensificado as ações humanas na região do Carste de Lagoa Santa. Entretanto, desde o final dos anos 70 a região vem sendo submetida a processo crescente de desenvolvimento e urbanização não planejada e portanto, incompatíveis com a utilização racional dos recursos naturais (Coutinho & Barbosa, 1986). Segundo Barbosa et al. (1984) os efeitos das transformações já eram perceptíveis nos rios e lagos da região e alertava para os processos crescentes de assoreamento e eutrofização cultural existentes em Lagoa Santa. Desde então, as alterações provocadas por estes impactos antrópicos vem se refletido diretamente no ambiente e, ao longo das últimas décadas, vem reduzindo a biodiversidade local, deteriorando a qualidade das águas, e comprometendo sua utilização pelas gerações futuras.

A lagoa Central, situada no município de Lagoa Santa-MG constitui uma das lagoas mais importantes da região, e devido a sua localização e proximidade do centro urbano tem absorvido grande parte destes diferentes impactos, sendo suas conseqüências facilmente perceptíveis. Nos anos 70, 80 e 90 foram desenvolvidos os primeiros estudos limnológicos nos ecossistemas aquáticos na região de Lagoa Santa e justamente por terem sido percussores são importantes referências para os estudos atuais. Dentre os trabalhos realizados podemos destacar: Carvalho et al. (1977), Freitas (1977), Barbosa (1983 e 1984), Coutinho & Barbosa (1986), Santos (1986), Barbosa et al. (1993), Santos et al. (1998), Parizzi et al. (1998) que, através de seus trabalhos, obtiveram importantes informações para que fosse melhor conhecida a dinâmica e o funcionamento dos ambientes aquáticos situados no carste de Lagoa Santa. Até então os conhecimentos limnológicos acerca dos lagos do carste eram ainda insipientes. Com base nos resultados obtidos nestes estudos, alguns dos autores supracitados advertiram para a necessidade de medidas importantes para a conservação destes ambientes aquáticos, embora as conseqüências dos impactos decorrentes da ocupação e do desenvolvimento não sustentável já tivessem reflexo na qualidade das águas e na biodiversidade aquática local. No entanto, alheios às orientações da comunidade científica e das evidentes alterações do ecossistema, foram feitas algumas intervenções

mal planejadas no ambiente que potencializaram os impactos já existentes e aceleraram o processo de degradação ambiental no município de Lagoa Santa.

A lagoa Central em particular, que já apresentava indícios de provável desequilíbrio, consolidou-se como um ecossistema em processo de eutrofização ainda nos anos 90.

Mais recentemente, Pompeu & Mascarenhas Alves (2003) estudando a ictiofauna da lagoa Central corroboraram a teoria de muitos pesquisadores ao constatar que algumas espécies de peixes nativos da região, como o *Characidium lagoasantensis* (mocinha), haviam sido extintas. Em contrapartida, a presença de espécies exóticas, como o tucunaré e tilápia, somente reforçam o evidente desequilíbrio existente neste ecossistema lacustre.

Embora ainda haja uma escassez de estudos limnológicos na região, estudos mais completos como aqueles realizados por Figueredo (2007) e Brightenti (2009), mesmo que com enfoques distintos, demonstraram a deterioração acentuada que vem ocorrendo neste ambiente, forneceram importantes subsídios para este trabalho, e certamente poderão nortear novos estudos.

Não bastassem os impactos ambientais, cujo prejuízo até para os mais céticos poderia ser meramente estético ou apenas restrito aos organismos aquáticos, assumiu maior proporção com a ocorrência das florações de cianobactérias, que se tornaram cada vez mais frequentes.

Figueredo (2007) descreve a presença de cepas potencialmente tóxicas, o que restringe os usos da água da lagoa Central, impõe riscos à saúde humana, ameaça a biodiversidade local, além de comprometer o potencial turístico do município.

Apesar de todos os problemas citados e do atual estágio de degradação e abandono que se encontra a lagoa, existem perspectivas viáveis de reversão deste quadro. As informações contidas nas pesquisas e estudos técnicos e científicos sobre este ambiente, se bem aproveitados, podem servir como ferramentas em futuros planos de monitoramento e recuperação.

Para tanto são imprescindíveis o reconhecimento do problema e mudança de postura por parte do poder público, que deverá assumir sua responsabilidade e sem omissão exercer seu papel de “Estado” na construção de um novo paradigma. É impreterível que haja o sincronismo de ações e participação conjunta dos diversos segmentos da sociedade: poder público, sociedade civil e setor privado, pois somente com a participação de toda sociedade é possível a adoção de um modelo sustentável de desenvolvimento compatível com a preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade local.

2. LAGOA SANTA: UMA ABORDAGEM SÓCIO-AMBIENTAL

2.1 Breve histórico da ocupação de Lagoa Santa

Segundo relatos históricos, a região então denominada Lagoa Grande ou Lagoa das Congonhas do Sabarabuçu, foi fundada pelo bandeirante Felipe Rodrigues em 1733. Durante uma de suas viagens o bandeirante teve seu primeiro contato com as águas da “Lagoa Santa”, quando parou para descansar e lavar os eczemas de sua perna. Alguns dias após sua chegada, com os freqüentes banhos e a ingestão de água da lagoa, se sentiu mais aliviado das dores, e viu que suas que feridas haviam cicatrizado. Atribuiu este fato milagroso àquela água fazendo com que rapidamente a notícia se espalhasse pela região e o pequeno arraial de Lagoa Grande passou a ser visitado por peregrinos em busca de cura para seus males.

Já em 1749 a propagação do poder milagroso das águas propiciou a visita ao povoado de Lagoa Santa do Dr. Antônio Cialli, que viera averiguar as propriedades curativas da água. Frei Antônio Miranda, quem também obtivera cura pelo poder das águas, havia solicitado ao Bispo Manuel da Cruz que fosse construída uma capela em homenagem a Nossa Senhora da Saúde.

Os poderes curativos das águas da “lagoa Santa” chegaram a Portugal, que acreditando na eficácia de suas propriedades medicinais, solicitou que remessas de barris contendo água da lagoa fossem enviadas para Lisboa. Impulsionada pelo “milagre das águas” o então povoado passou a receber moradores de outras localidades e viajantes que decidiram fixar residência. Com o aumento da população, em 1824 foi criada a freguesia de Lagoa Santa (Fig.2.1), após separar-se da freguesia de Santo Antônio das Roças Grandes.

Sobre outros aspectos Lagoa Santa merece ser destacada no cenário mundial, pois estudos científicos realizados na região possibilitaram a descoberta dos vestígios do primeiro homem americano, que viveu na região há aproximadamente 25 mil anos. Contribuiu também para estudos da ecologia, tendo sido local onde o naturalista dinamarquês Eugene Warming viveu e desenvolveu suas pesquisas e estudos, e que pode ser considerado o verdadeiro criador do estudo de ecologia de comunidades em todo o mundo (Brighenti, 2009 apud Aguiar, 2001). Existem também relevantes

estudos desenvolvidos pelo também naturalista dinamarquês Peter Wilhelm Lund que, através de suas descobertas e explorações, catalogou inúmeros fósseis de animais que viveram entre 2 milhões e 10 mil anos atrás, além de ter descoberto importantes pinturas rupestres na região. A Gruta de Maquiné foi cenário de suas explorações, sendo hoje visitada por turistas de todo o mundo. Muito em função desses estudos e descobertas de Lund, Lagoa Santa ganhou destaque no mundo tornando-se referência para os estudos científicos e apaixonados por arqueologia. Em homenagem a Lund foi dado o nome de “Lundcéia” ao bairro onde está localizada a casa em que viveu em Lagoa Santa e a uma das escolas do município recebeu o nome de “Dr. Lund”.



Figura: 2.1 -Igreja Matriz “ Nossa Senhora da Saúde” em Lagoa Santa - Século XIX
Fonte: www.lagoasanta.com.br

2.1.1 Histórico do problema ambiental em Lagoa Santa

Na década de 40, o entorno de Lagoa Santa foi ocupado pela construção de moradias de final de semana para a população de alta renda de Belo Horizonte. Na década de 50, observou-se um surto residencial, ainda não suficiente para alterar a estrutura econômica municipal voltada então para a agropecuária.

Posteriormente foram lançados novos parcelamentos na sede do município e dois em Lagoa dos Mares, alguns dos quais destinados a pequenos sítios e chácaras. Iniciou-se, assim, uma mudança estrutural no setor agropecuário, com o desenvolvimento de atividades hortifrutigranjeiras. Com a implantação da praia artificial junto a Lagoa

Santa, intensificou-se a atividade de lazer que passou a atrair usuários de média e baixa renda.

Na década de 70, a Prefeitura Municipal criou dois distritos industriais destinados a atrair pequenas e médias empresas para o município, os quais, no entanto, não lograram atingir os seus objetivos. Somente a partir de 1976 é que a atividade secundária passou a ocupar lugar de destaque na economia municipal, através da implantação da SOEICOM S.A, Metalúrgica Walter D. Fisher S.A, Postes Cavan S.A. e da Metalonita Ltda. Outros 18 estabelecimentos voltados para a construção civil completaram o quadro industrial do município.

Embora se tratassem de indústrias de médio porte o pequeno número de empresas mostra a baixa atratividade de Lagoa Santa para o setor industrial de então. Tal situação pode ser atribuída à ausência de infra-estrutura (transporte, dificuldades de abastecimento de água) e mesmo às restrições impostas pela presença do Parque Material Aeronáutico de Lagoa Santa, instalado pelo Ministério da Aeronáutica, ao sul da Lagoa Santa em 1953. Assim sendo, a economia local permanecia, ainda, baseada em atividades agropecuárias.

Após 1977, Lagoa Santa foi alvo de intervenção do Setor público com a construção do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, cuja implantação trouxe certa revitalização ao comércio local, bem como a abertura de pensões, a renovação e construção de moradias, além do acréscimo significativo no preço dos aluguéis. Além disso, a melhoria da rodovia MG 010 via importante na ligação entre Belo Horizonte e alguns municípios ao norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) propiciou o papel da sede de Lagoa Santa como pólo de atividades de lazer para a população de Belo Horizonte e das cidades vizinhas. A melhoria das estradas para Confins e Lapinha favoreceu a expansão urbana desses distritos.

Na década de 80, observa-se construção de conjuntos habitacionais e a expansão progressiva de loteamentos e condomínios luxuosos. As atividades pecuarista (gado leiteiro), agrícola (abacate, abacaxi, manga, mamão, café) e avicultura (corte) são as bases atuais da economia de Lagoa Santa.

Atualmente a grande valorização das áreas urbanas e rurais tem ocasionado forte especulação no setor imobiliário de Lagoa Santa, o que tem propiciado a instalação de inúmeras imobiliárias, assim como outros estabelecimentos comerciais ligados à construção civil. No entanto, este processo de ocupação desordenado direta e

indiretamente vem contribuindo de forma gradativa com a deterioração da qualidade das águas da lagoa Central, em Lagoa Santa.

2.2. Uso e ocupação do solo no município de Lagoa Santa

Os Municípios do Vetor Norte vêm crescendo intensamente desde a década de 1980. O crescimento populacional destes municípios resulta em modificações do uso do solo em seu território. Desde a implantação do Aeroporto Internacional Tancredo Neves, tem sido verificado a redução crescente da cobertura vegetal nativa, sucedida de uma gradual expansão das atividades agropecuárias, de áreas desnudas, assim como outros usos (Alt, 2008). O crescimento populacional registrado nas regiões de Venda Nova e Ribeirão das Neves têm pressionado a expansão dos municípios da extremidade do Vetor Norte, localizados na região cárstica, especialmente Lagoa Santa, Vespasiano, São José da Lapa, Matozinhos e Confins. Essa expansão aconteceu de forma acentuada nas últimas quatro décadas em Lagoa Santa, e como consequência, tem sido observada uma redução significativa na cobertura vegetal nativa, que vem sendo substituída gradativamente por áreas destinadas a atividades agropecuárias, áreas desnudas e outros usos, conforme pode ser observado no mapa abaixo (Fig.2.2).

Uma análise mais aprofundada do mapa abaixo, nos permite verificar que nas regiões em que houve um aumento substancial das áreas desnudadas (e outros usos), estes usos do solo estão concentrados no centro urbano e nas regiões circunvizinhas à lagoa Central. A redução das áreas de cobertura vegetal nativa ocorreu, de modo mais acentuado, no período de 2000 a 2006, coincidindo com o crescimento vertiginoso dos últimos anos em Lagoa Santa, e que impulsiona fortemente, o setor imobiliário local.

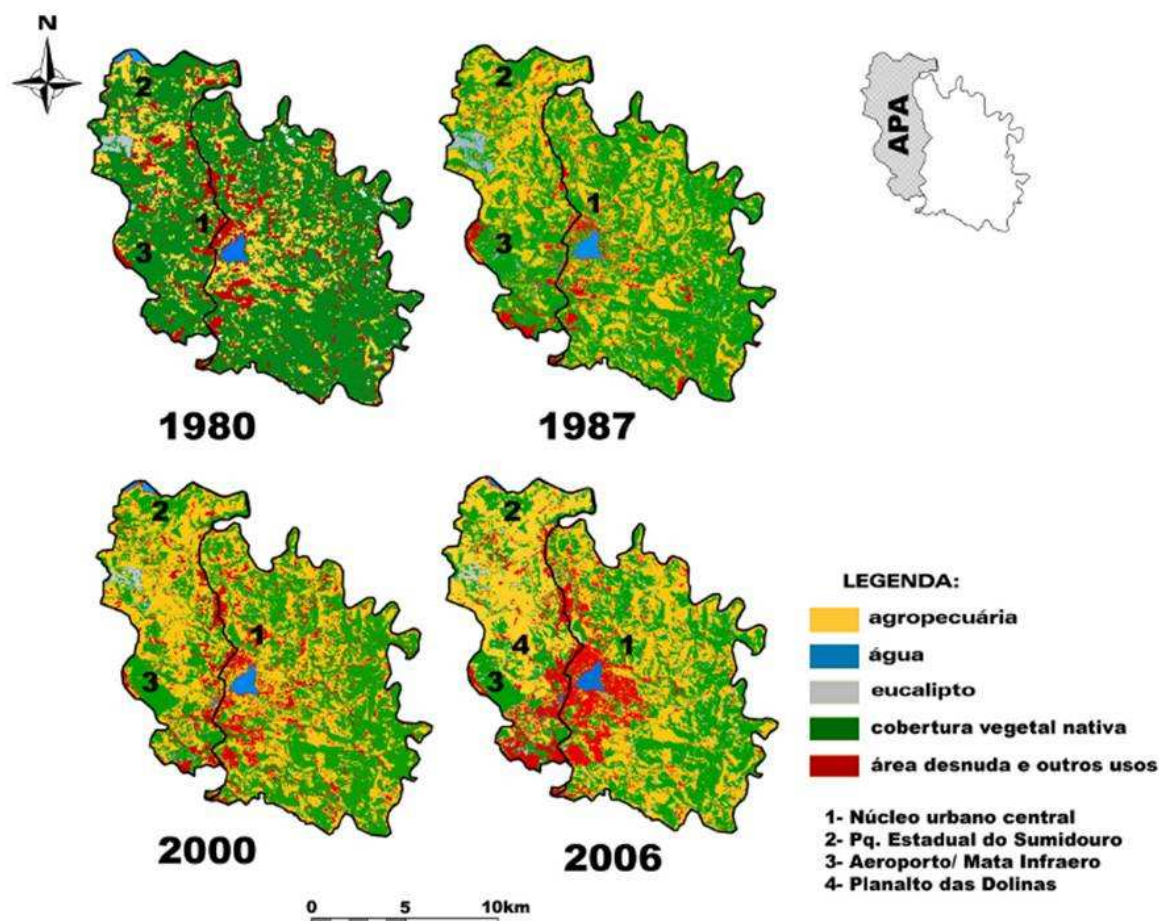


Figura: 2.2
Evolução do Uso do Solo em Lagoa Santa entre 1980 e 2006
Fonte: Alt (2008)

Segundo Alt (2008), no município de Lagoa Santa tem havido uma forte expansão urbana (Fig.2.6) e, associada a esta ocupação desordenada do seu território, alguns problemas podem ser observados:

- loteamentos irregulares sem saneamento básico (esgoto a céu aberto ou fossa negra), ruas não pavimentadas (terra batida) perpendiculares às curvas de nível do terreno, o que propicia os processos erosivos e por conseqüência favorece a lixiviação de material alóctone que irá poluir os corpos d'água.
- expansão urbana sobre trechos de encostas com declividade acentuada (Fig.2.6), com desmatamentos próximos as áreas de nascentes, comprometendo a existência de alguns cursos d'água, erosão acelerada e assoreamento dos ambientes aquáticos.
- a especulação imobiliária tem forçado a criação de novas áreas de ocupação e com isso grandes áreas de pastagens não utilizadas têm sido reservadas para o setor imobiliário.
- multiplicação das chácaras e casas de fim de semana.

Em seu estudo Alt (2008) relata que, em visitas de campo em regiões abrangidas pela APA em Lagoa Santa, foram observados alguns problemas relacionados à expansão urbana: a existência de construções em áreas de risco (Morro do Cruzeiro e Bairro Aeronautas), loteamentos e bairros irregulares, novos loteamentos em locais inapropriados, loteamentos que prejudicam a preservação das áreas de recarga dos mananciais hídricos, ostensiva impermeabilização do solo, expansão urbana desenfreada.

Em relação ao uso e ocupação do solo o Plano Diretor de Lagoa Santa aprovado pela Lei 2633/2006 que recomenda:

“O ordenamento do Município e o cumprimento das funções da propriedade e da cidade, assegurando o bem estar dos munícipes “ (Plano Diretor de Lagoa Santa 2006).

Segundo informações levantadas e descritas no tema “meio ambiente e saneamento” do Plano Diretor grande parte dos impactos que tem comprometido a qualidade ambiental de Lagoa Santa encontram-se inseridos nos seguintes sub-temas: esgotamento sanitário, drenagem pluvial e resíduos sólidos. Dentre estes problemas citados estão: a existência de fossas negras, ausência de redes de esgotos, esgotos não tratados ou com tratamento precário, redes de esgoto clandestinas, inexistência de rede de drenagem pluvial, águas pluviais canalizadas diretamente para a lagoa, lançamentos de resíduos nos córregos. Os lixos e entulhos jogados em vias públicas, a ineficiência do sistema de transporte e coleta de lixo, além da ausência de coleta seletiva, também foram incluídos nesta categoria.

Foram ainda descritos outros problemas que integram os sub-temas condições ambientais (impactos), riscos, e recursos naturais. A inclusão destes problemas em categorias diferentes, não significa necessariamente que os impactos causados sejam menos danosos ao meio ambiente e à qualidade de vida de sua população. Nestas categorias foram listados os seguintes problemas: poluição sonora e visual, poluição decorrente da pedreira, impactos causados atividade mineradora, empresas “poluidoras” em áreas residenciais, degradação das lagoas, desmatamentos das áreas de matas ciliares e das fazendas que margeiam a lagoa Central, assoreamento das lagoas, erosão e falta de preservação dos mananciais e das nascentes.

Embora os diferentes impactos descritos anteriormente representem uma ameaça à preservação dos recursos naturais, outro entrave para a efetiva aplicação da lei de uso e

ocupação do solo em Lagoa Santa é a existência de áreas com conflito de uso. A pressão econômica da expansão urbana e industrial do Vetor Norte da RMBH tem se sobreposto aos interesses da comunidade. No entanto, seria importante buscar um desenvolvimento sustentado para a região, em obediência e cumprimento ao Zoneamento Ambiental existente. Os mapas abaixo, se referem respectivamente ao macrozoneamento urbano em Lagoa Santa (Fig.2.3), às tipologias de irregularidades (2.4), e ao uso do solo na APA Carste de Lagoa Santa (2.5), e podem ilustrar, com abordagens distintas, como vem sendo dando o uso e ocupação do solo e o planejamento das políticas ambientais para estes fins.

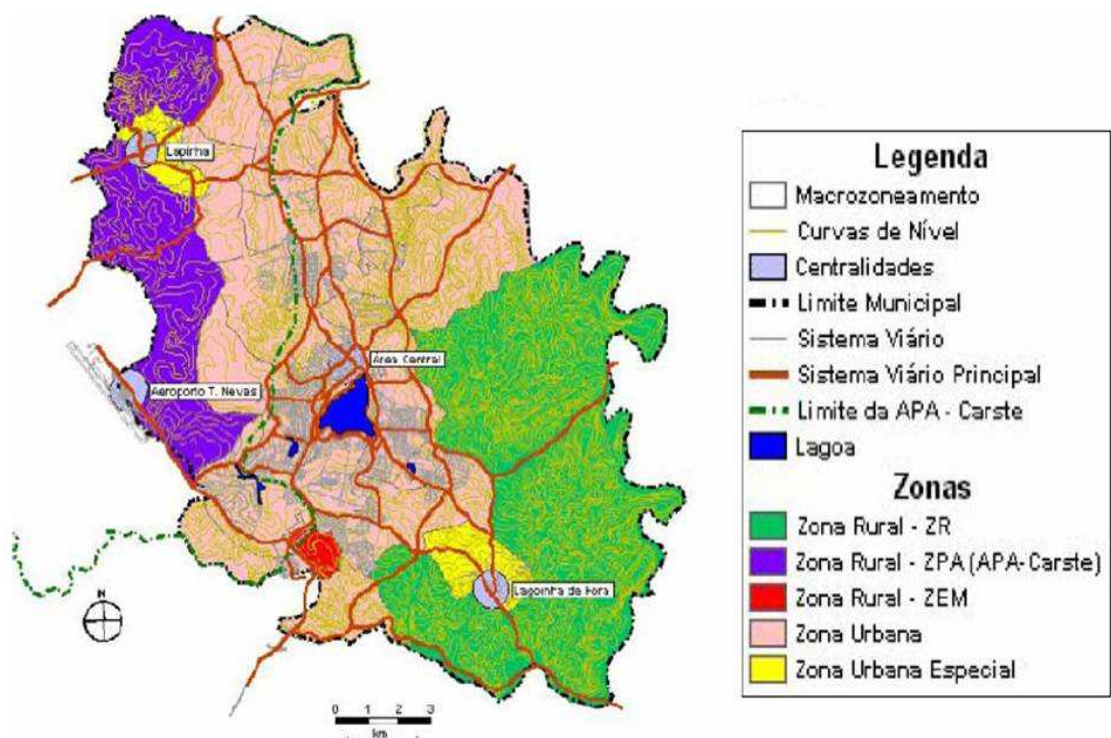


Figura: 2.3
Macrozoneamento Urbano em Lagoa Santa
Fonte: FUMEC/FEA (2008)

LAGOA SANTA

TIPOLOGIAS DE IRREGULARIDADES:

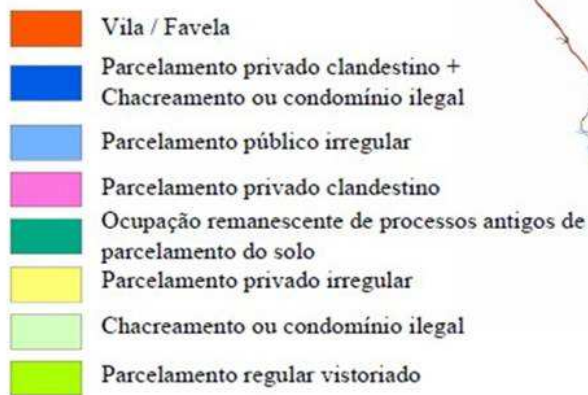


Figura: 2.4 Mapa de Tipologia de irregularidades em Lagoa Santa
Fonte: SEDRU RMBH- V Encontro Temático do Fórum Metropolitano (2009)

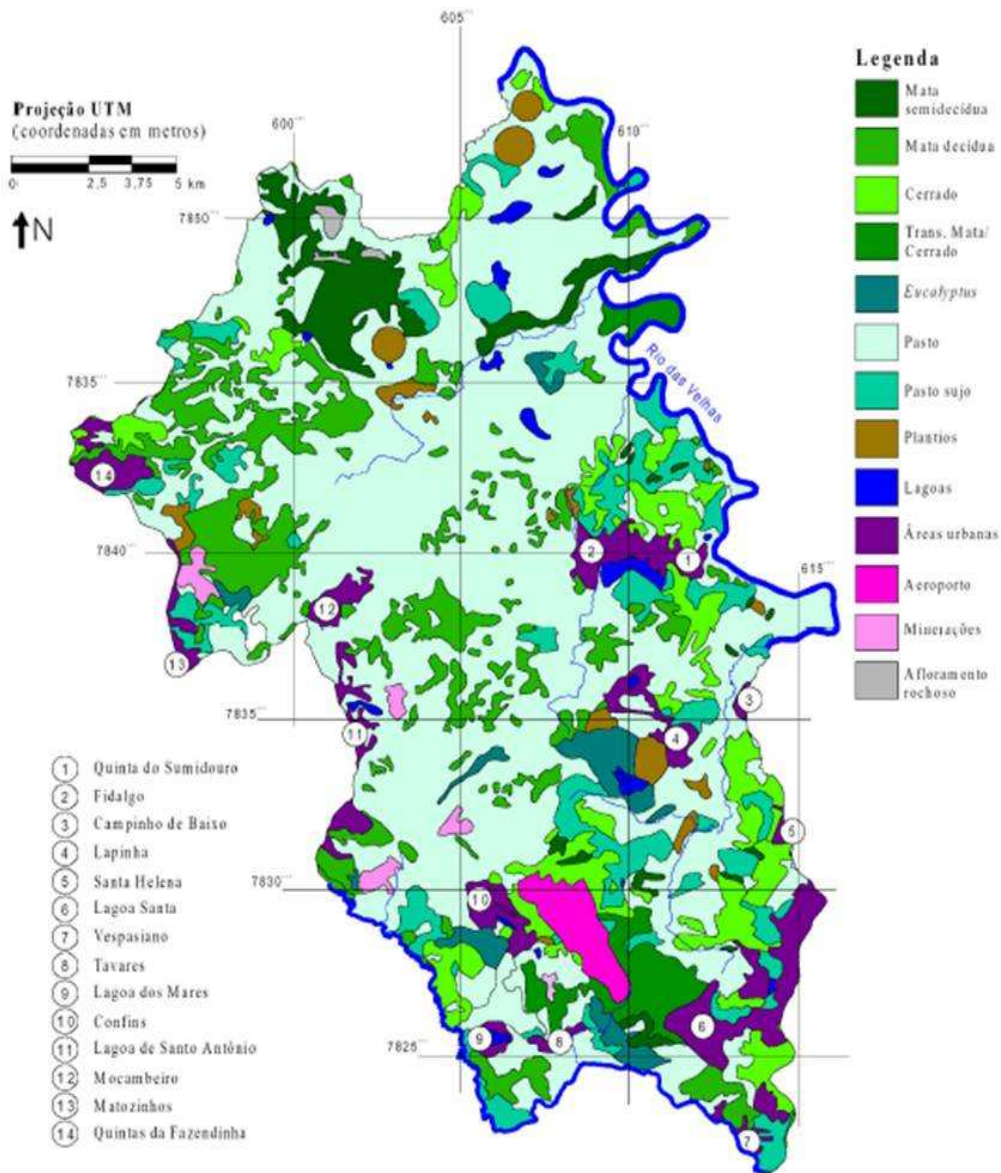


Figura: 2.5 Mapa de Uso do Solo da APA Carste de Lagoa Santa em 1998
 Fonte: HERMANN (1988)- Mapa de Uso do Solo



Figura: 2.6 Expansão urbana em áreas de encostas com declividade acentuada próximas a lagoa Central e especulação imobiliária em Lagoa Santa
 Fotos Marcelo Costa (2009)

2.2.1 Impactos da ocupação urbana não planejada

O crescimento populacional, registrado de forma mais acentuada nos últimos anos em Lagoa Santa (Fig.2.7), tem impulsionado o setor imobiliário e a construção civil que, para atender esta demanda tem intensificado a ocupação de novas áreas para criação de loteamentos e condomínios destinados a construção de novas habitações. Estas áreas quando ocupadas estimulam naturalmente o crescimento das áreas adjacentes e por consequência intensificam o processo de urbanização da região em questão.

Em decorrência da urbanização e desenvolvimento não sustentável ou mal dimensionado já tem sido observado no município de Lagoa Santa alguns impactos comuns nos centros urbanos. Segundo von Sperling (1996) os impactos mais freqüentes observados em ambientes urbanos são: o despejo de efluentes domésticos e industriais, a lixiviação dos solos agrícolas (em geral ricos em nutrientes), o assoreamento, e a drenagem pluvial. Vale lembrar ainda outra intervenção usual nas cidades e que gera um impacto significativo. A pavimentação e impermeabilização excessivas do solo, que reduzem substancialmente a capacidade de infiltração das águas.

Todas estas alterações do ambiente ocorrem não somente dentro dos centros urbanos como poderão interferir direta ou indiretamente na bacia hidrográfica e em seu entorno.

Deste modo, os ecossistemas aquáticos circunvizinhos tenderão a absorver ou refletir essas perturbações com maior ou menor intensidade dependendo do tipo e da magnitude do impacto.

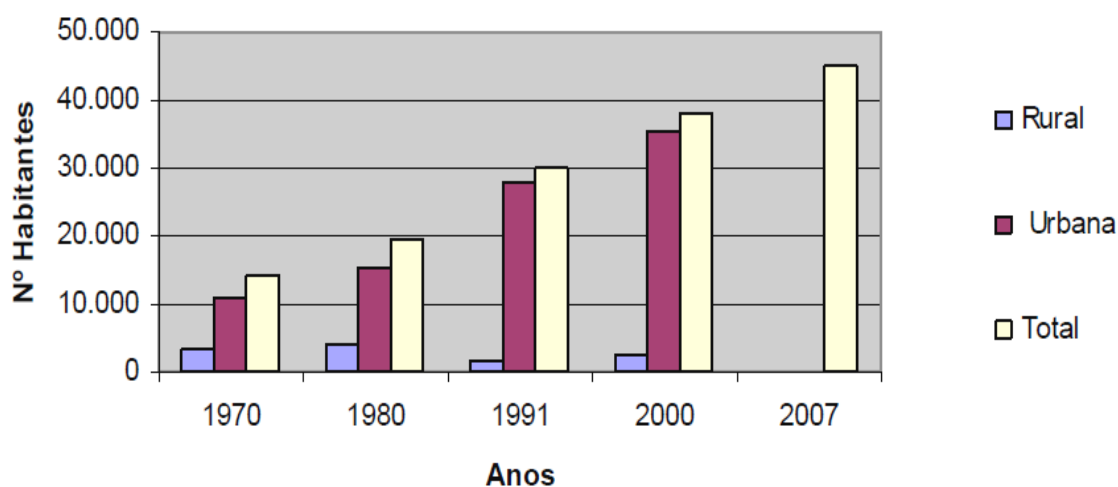


Figura: 2.7 Evolução Populacional por setor em Lagoa Santa (1970-2000)
Fonte: IBGE, 2007

2.3 Eutrofização

Um dos mais importantes impactos quali e quantitativos em ambientes aquáticos é a eutrofização, que afeta com maior ou menor intensidade praticamente todos os ecossistemas continentais (Matsumura-Tundisi & Tundisi, 2008). A eutrofização dos ambientes aquáticos representa um processo natural de enriquecimento/envelhecimento das águas, embora os impactos antrópicos possam potencializar seus efeitos. Segundo Esteves (1988) com a eutrofização há ruptura do estado de equilíbrio do ecossistema (homeostasia) propiciando um aumento de quase todos os elementos químicos, por conseguinte, o ambiente passa a produzir mais matéria orgânica do que seria possível consumir e decompor.

Os ecossistemas de água doce são bastante sensíveis às modificações antrópicas. Os principais efeitos das alterações provocadas pelo homem refletem no ambiente aquático durante e após o escoamento superficial das águas, com o transporte de materiais dos ecossistemas terrestres. A utilização dos corpos d'água como receptores de lixo e esgotos domésticos e industriais também levará a degradação ambiental (Santos et al. 1998).

As atividades humanas na bacia hidrográfica (como a agricultura e a urbanização) mudam a cobertura do solo, a estratificação dos lagos e as características dos rios. Desta forma, estudos visando a conservação e recuperação de ambientes aquáticos são cada vez mais importantes (Brighenti, 2009 apud, Dodson, 2005).

A ilustração abaixo (Fig.2.8) mostra a evolução do processo de eutrofização de um lago ou represa, baseados em três cenários distintos de uso e ocupação do solo, e os possíveis reflexos destas interferências em um ecossistema lacustre segundo von Sperling (1996).

EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO DE UM LAGO OU REPRESA

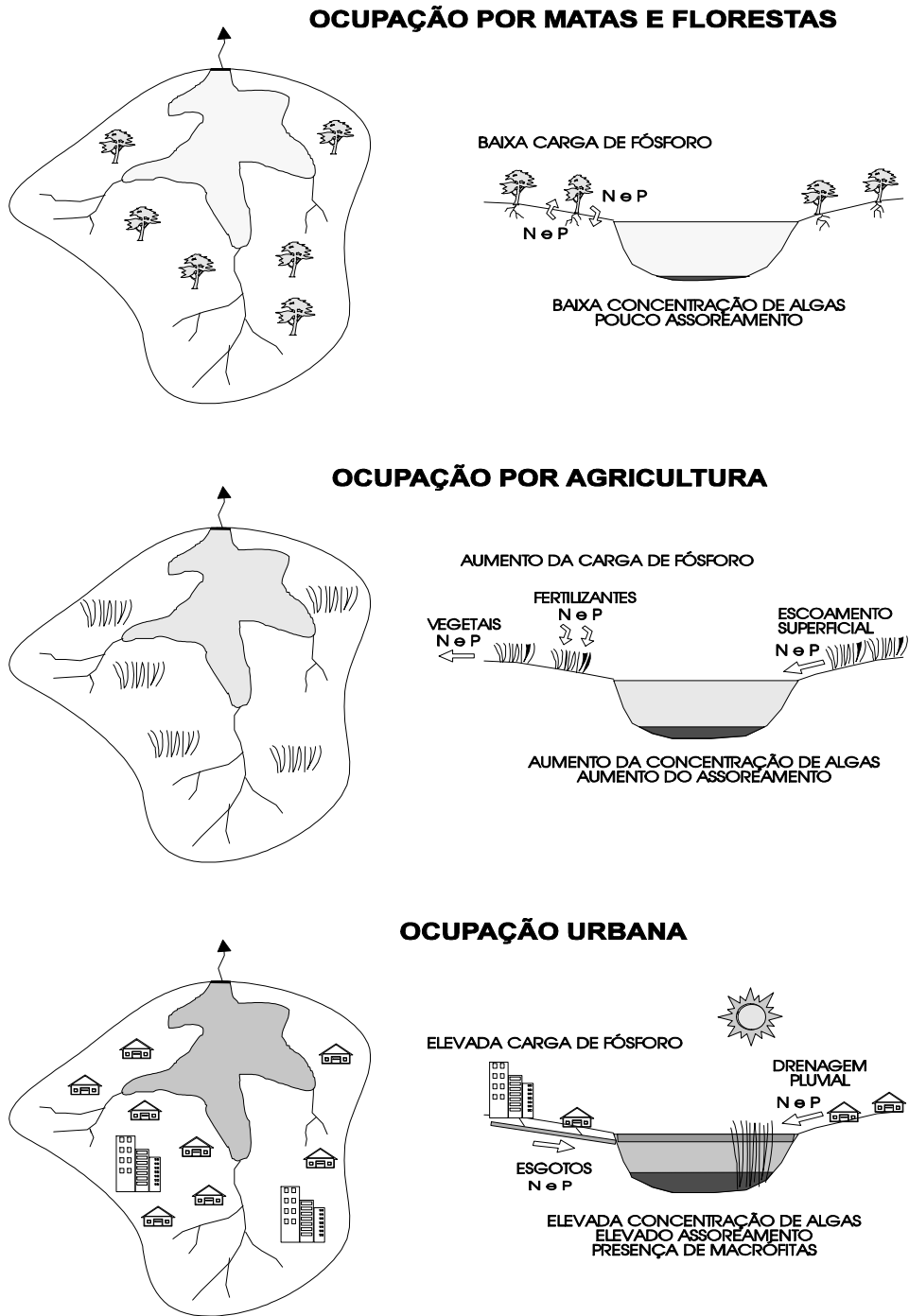


Figura: 2.8
Evolução do processo de eutrofização em um lago ou represa.
Associação entre o uso e ocupação do solo e a eutrofização.
Fonte: von Sperling (1996)

Os ecossistemas lênticos, dependendo de sua morfologia e dimensão, tendem a refletir mais rapidamente as interferências antrópicas.

A profundidade do lago ou represa é um dos parâmetros morfométricos de grande relevância limnológica. As diferenças limnológicas são notáveis entre ambientes rasos e profundos (Sperling, 1999).

Em geral, lagos rasos por estarem mais sujeitos à ação dos ventos que aqueles mais profundos, refletem mais rapidamente as interferências externas. Os lagos rasos em sua maioria são mais produtivos do que lagos profundos, e permitem uma maior colonização por vegetação do tipo macrófitas. Impactos humanos tais como o lançamento de esgotos ou o assoreamento são mais rapidamente visíveis nos ambientes rasos. Em contrapartida, os lagos mais profundos quando afetados pelas atividades humanas são muito mais difíceis de serem recuperados, uma vez que apresentam um quadro típico de eutrofização cultural. Todas essas características, no entanto, dependem do entorno, do clima regional e de outras variáveis hidrológicas tais como a vazão dos tributários, por exemplo (Brighenti, 2009).

No que se refere ao processo de eutrofização são os resíduos orgânicos presentes nos esgotos domésticos os responsáveis pelo maior aporte de nutrientes, em especial na forma de nitrogênio e fósforo que entram nos sistemas lacustres, e quando incorporados ao ambiente irão acelerar o processo de eutrofização artificial do lago. Em geral, a contribuição de resíduos provenientes dos domicílios urbanos representa uma carga de N e P superior àquela advinda da drenagem urbana pluvial (von Sperling, 1996).

Outra importante contribuição para o enriquecimento do sistema lacustre vem das águas pluviais. Segundo Barbosa (1984), as chuvas representam importante fonte de nutrientes para os ecossistemas aquáticos, seja por via direta ou pela lixiviação de rochas. A matéria orgânica alóctone quando lixiviada tende a ser transportada pelos fundos de vale até alcançar o lago, onde normalmente se sedimenta favorecida pelas baixas velocidades de escoamento horizontal (von Sperling, 1996). Além disso, a sedimentação da matéria orgânica no corpo d'água favorece o processo de assoreamento e ocasiona a redução gradativa do espelho d'água, além de alterar a dinâmica natural do ecossistema.

2.3.1 Problemas da eutrofização

Na literatura científica em geral encontram-se descritos inúmeros trabalhos que abordam o problema da eutrofização para lagos e reservatórios como descrito por Barbosa et al. (1993), Santos et al.(1998), Pompeu & Alves (2003), Starling (2003).

As conseqüências da eutrofização para o ecossistema podem ser abordadas em duas categorias distintas:

a. Impactos sobre o ecossistema e a qualidade da água:

- Redução da diversidade biológica.
- Crescimento excessivo da biomassa vegetal (fitoplâncton e plantas aquáticas)
- Contribui para a aceleração do processo de colmatação do lago, podendo propiciar a sua transição para um ambiente terrestre, em função da deposição de matéria orgânica alóctone e vegetação.
- Redução das concentrações de oxigênio dissolvido, com eventual mortandade de peixes e seletividade das espécies mais resistentes a condições de déficits ou anoxia.
- Redução da transparência, alteração do sabor e odor natural da água (compostos orgânicos dissolvidos). Alguns desses compostos são precursores de compostos halogenados, como os trihalometanos, potencialmente cancerígenos, que são produzidos quando a água sofre desinfecção por cloro em estações de tratamento.
- Liberação de sulfeto de hidrogênio (H_2S), amônia, além de fósforo, ferro, manganês e outros compostos, que pode ocasionar em alterações nas condições químicas do meio, como resultado da decomposição anaeróbia do hipolímnio.

b. Impactos sobre a utilização dos recursos hídricos:

- Elevação dos custos com recuperação do ambiente.
- Elevação dos custos de tratamento da água para fins de abastecimento.
- Em ETA após a cloração, pode haver a formação de trihalometanos
- Riscos à saúde em função da liberação de toxinas por algumas espécies de algas potencialmente tóxicas.

- Comprometimento do uso recreacional, da balneabilidade com conseqüências sócio-econômicas negativas em localidades com potenciais turísticos.
- Redução no potencial de navegação em função do crescimento excessivo de macrófitas.
- Depreciação comercial dos imóveis e propriedades situados às margens de ambientes (lagos, represas, rios) eutrofizados.
- Distúrbios com mosquitos e insetos, e com os com o mau odor durante as florações de algas.

2.3.2 Estado trófico do ambiente como indicador de eutrofização

Existem muitos métodos para se avaliar o grau de eutrofização (estado trófico) dos ambientes aquáticos que se baseiam em diferentes parâmetros químicos e biológicos, e vem sendo propostos ao longo dos anos com a finalidade de se obter dados mais confiáveis e compatíveis com a realidade dos ecossistemas (Campos, 2006). A caracterização do estágio de eutrofização do ambiente ou corpo d'água possibilita a tomada de medidas preventivas e/ou corretivas. Para tal seria interessante a adoção de um sistema classificatório (von Sperling, 2006). De acordo com os diversos métodos usualmente encontrados na literatura científica os ambientes aquáticos podem ser classificados em diferentes níveis tróficos. A tabela 2.1 refere-se ao sistema de classificação para ambientes dulcícolas tendo como referência os níveis de fósforo total.

Grau de Trofia	Fósforo Total (mg.L⁻¹)
Ultraoligotrófico	<0,005
Oligotrófico	< 0,010 - 0,020
Mesotrófico	0,010 – 0,050
Eutrófico	0,025 – 0,100
Hipereutrófico	> 0,100

Tabela 2.1 Concentração aproximada de P-total em ecossistemas de água doce que definem seu estado trófico - Fonte: Shigaki (2006)

2.3.3 Organismos indicadores do Estado Trófico de Ecossistemas Aquáticos

Desde seu surgimento, a Limnologia tem se preocupado em identificar organismos e variáveis ambientais que sirvam como parâmetros para caracterização de ecossistemas aquáticos com base em seu estado trófico. No entanto, ao longo dos anos diversos estudos foram desenvolvidos. Apesar de intensas pesquisas, não foram ainda encontrados organismos ou mesmo variáveis ambientais, que representassem exclusivamente um determinado tipo de ecossistema aquático, seja ele oligotrófico, mesotrófico ou eutrófico. Deste modo, a metodologia de classificação quanto ao grau de trofia de um ecossistema aquático deverá basear-se no maior número possível de características. Partindo deste pressuposto, os indicadores mais empregados na classificação trófica de lagos são: análise qualitativa de organismos, biomassa e produção primária do fitoplâncton, assim como concentrações de fosfato e nitrogênio.

A ecologia do fitoplâncton está intimamente relacionada às características dominantes, como estrutura física do ambiente e disponibilidade de nutrientes, e à frequência e escala em que estas características são alteradas (Reynolds 1993).

A utilização do fitoplâncton, especificamente a diversidade de assembléias fitoplanctônicas, colabora para uma visão mais integrada do ambiente, pois possui grande importância na avaliação da integridade biótica de ecossistemas aquáticos. Reynolds propõe a elaboração de um sistema de classificação funcional, em que os grupos e seus representantes típicos são alocados pelos atributos tipo de habitat, tolerância e sensibilidade a fatores ambientais.

Gêneros como *Cylindrospermopsis* e *Anabaena*, registrados em Lagoa Santa, por exemplo, são tolerantes a deficiência de luz e sensíveis a turbulência (Reynolds 2006). Já o gênero *Microcystis* é comum em ambientes pequenos, eutróficos, com circulação diária, localizado em baixas latitudes (Reynolds et al., 2002).

2.3.4 Impactos da introdução de espécies exóticas na lagoa Central

A introdução de espécies exóticas (não nativas), por acidente ou deliberadamente pelo homem, tem provocado inúmeros problemas nos ecossistemas aquáticos (Leidy & Moyle, 1998), causando efeitos diretos ou indiretos de curto, médio e longo prazo. Hoje se sabe que a introdução de espécies exóticas é a segunda maior causa da perda de biodiversidade e extinção de espécies (Mack et al. 2000; Clavero & García-Berthou, 2005).

A introdução de espécies exóticas, de plantas, peixes, e outros organismos produz extensas modificações nas cadeias alimentares. Por exemplo, a introdução acidental ou proposital de *Cichla ocellaris* (tucunaré) alterou profundamente as cadeias alimentares em lagos do Rio Doce (Tundisi, 2006, apud, Tundisi & Saijo, 1997).

A invasão biológica ou introdução de espécies pode ocasionar diversos impactos ao ambiente além da perda da biodiversidade; outros possíveis impactos seriam os efeitos sobre o zooplâncton, insetos e aves pescadoras, acarretando uma simplificação da teia alimentar, como já descrito para o médio rio Doce (Pizzeta et al., 2006)

Estudos realizados em 1983 na lagoa Carioca, no Parque Estadual do rio Doce (PERD) identificaram 18 espécies nativas (Sunaga & Verani, 1991). Nos últimos 24 anos com o aumento da ocorrência de espécies introduzidas na lagoa Carioca observou-se uma queda expressiva das espécies nativas (Fragoso et al., 2007). Estas pesquisas realizadas em alguns lagos do Parque Estadual do rio Doce, indica que com a introdução de espécies exóticas ocorre uma redução das espécies nativas, bem como uma alteração nos hábitos alimentares destas espécies.

Na lagoa Central, em Lagoa Santa alterações significativas foram observadas, com reflexos negativos para a biodiversidade local. Segundo Pompeu & Alves (2003), em c.70% das 19 espécies nativas da lagoa Central desapareceram nos últimos 150 anos desde levantamentos realizados por Johannes Reinhardt quando foi feita a primeira coleção de peixes da Lagoa Central e do rio das Velhas. Segundo os autores, algumas intervenções no ambiente contribuíram para a extinção de espécies nativas.

Segundo Pompeu e Alves (2003) a introdução de espécies exóticas, como o tucunaré (*Cichla* sp.) e a tilápia (*Tilapia* sp.) contribuíram para a extinção de espécies nativas como curimatã, mandi e mocinha (*Characidium lagoasantensis*).

Outro agravante da introdução destas espécies, como a tilápia, foi descrito por Starling (2003), se refere ao impacto causado por uma especificidade de seu metabolismo alimentar. Um estudo no Lago Paranoá possibilitou consolidar o conhecimento de que peixes onívoros como as tilápias, através do consumo de detritos e matéria orgânica do sedimento e/ou o seu revolvimento mecânico. Estes peixes são capazes de reciclar quantidade substancial de fósforo e re-alimentar as camadas mais produtivas da coluna d'água com "novos" nutrientes trazidos do sedimento através da excreção, sustentando assim, o processo de eutrofização.

Tal fenômeno pôde ser comprovado pela análise das vísceras dos indivíduos, e em muitos casos o sedimento chegava a representar praticamente metade da comida ingerida pelos peixes. Ainda segundo Starling (2003) a tilápia tem outras peculiaridades que a tornam nocivas ao ambiente. Possui uma alta taxa reprodutiva, se alimenta de quase tudo e tolera alterações adversas do ambiente, além de resistir à redução dos níveis de oxigênio dissolvido. Deste modo, é favorecida pela deterioração da qualidade do ambiente e em casos extremos com um eventual aumento da população de peixes, competirá com os demais pelo oxigênio podendo ocasionar mortandades de peixes, como já descrito pelo autor para o lago Paranoá em 1978.

2.3.5 Florações de Cianobactérias

As cianobactérias podem ser definidas como microorganismos procariontes, uni ou pluricelulares, mixotróficos, com reprodução apenas assexuada. A origem das cianobactérias foi estimada por Carmichael (1994) em c. 3,5 bilhões de anos e provavelmente foram os primeiros organismos produtores responsáveis pela liberação de oxigênio para a atmosfera primitiva do planeta Terra.

O conhecimento da dinâmica da comunidade fitoplanctônica é relevante também por serem as flutuações temporais e espaciais em sua composição e biomassa indicadoras eficientes das alterações naturais ou antrópicas nos ecossistemas aquáticos (Bozelli 2003).

A ocorrência de florações algais, também denominadas “blooms” resulta da interação de fatores físicos, químicos e bióticos, caracterizadas por um crescimento explosivo, autolimitante e de curta duração dos microorganismos de uma ou poucas espécies, freqüentemente produzindo colorações visíveis nos corpos de águas naturais (Campos, 2006, apud, Matthiensen 1999).

Segundo Yunes (2001) existem algumas condições ambientais que favorecem a ocorrência das florações de cianobactérias nos ecossistemas aquáticos. O aumento das concentrações de nutrientes na água, principalmente nitrogênio e fósforo propicia o crescimento acentuado das cianobactérias que passam a ser predominantes sobre outros grupos fitoplanctônicos e consumidores, entretanto, em condições normais deverá haver um equilíbrio. Já em condições inversas, com a redução da disponibilidade de fósforo e nitrogênio no meio as cianobactérias tendem a permanecer em desvantagem na competição pela assimilação destes nutrientes em relação aos organismos acima mencionados.

2.3.5.1 Cianobactérias tóxicas

Determinados grupos de algas, em especial as cianobactérias, têm a capacidade de produzir substâncias com alto potencial de toxicidade. As substâncias em geral são toxinas ou metabólitos que ocasionam gosto, sabor à água, alterando suas propriedades organolépticas, além de envenenamentos fatais, dependendo do tipo e da quantidade ingeridas.

No Brasil, existem 32 espécies tóxicas conhecidas, e encontram-se representadas por três grupos: Chroococcales (12), Oscillatoriales (10) e Nostocales (10). Na região tropical brasileira existe uma pequena biodiversidade de cianobactérias tóxicas, sendo representada por 14 espécies, enquanto a região subtropical se faz representar por 27 espécies (Sant’anna et al. 2008). Um dos maiores problemas ocasionados pelas cianobactérias, que são em grande parte favorecidas pela eutrofização é a ocorrência de espécies tóxicas. Das espécies tóxicas identificadas, *Mycrocystis aeruginosa* é a espécie de maior ocorrência no Brasil. Além disso, *Anabaena spp* (*A.circinalis*; *A.flos-aquae*; *A.planctonica*; *A.solitaria*; *A. spiroides*) são espécies potencialmente tóxicas. Vale lembrar que nos últimos anos a *Cylindrospermopsis raciborskii* vem sendo objeto de inúmeros estudos e tem sido encontrada em diversos ambientes no Brasil.

Segundo Figueredo (2007) a comunidade fitoplanctônica da lagoa Central (Lagoa Santa) encontra-se dominada por *C. raciborskii* há mais de cinco anos. Logo abaixo nas figuras 2.9 e 3.0 encontram-se algumas destas espécies de cianobactérias tóxicas.

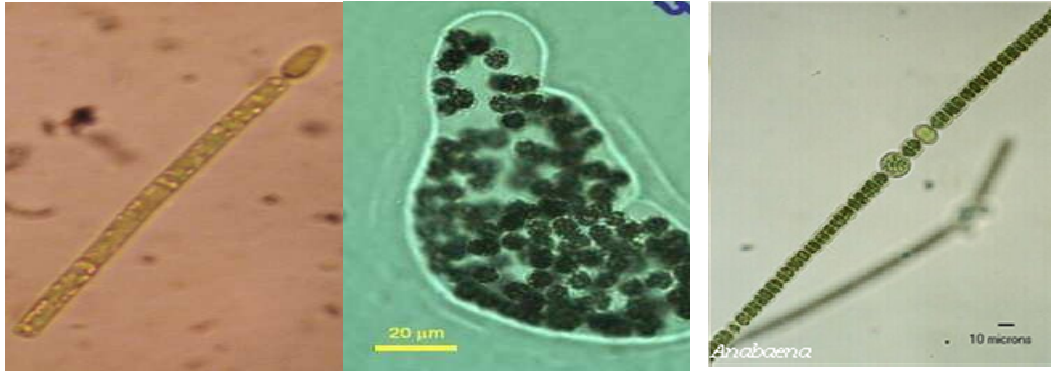


Figura: 2.9 Espécies comuns em florações: *Cylindrospermopsis raciborskii* (Carmichael et al. 2001), *Microcystis* sp e *Anabaena* sp (Bittencourt-Oliveira, 2003)



Figura: 3.0 Espécies comuns em florações: *Anabaena spiroides* (Ferreira 2004), *Cylindrospermopsis raciborskii* (Yunes 2003) e *Microcystis aeruginosa*.

Devido aos riscos iminentes de possíveis contaminações por cianotoxinas os ecossistemas lacustres devem se submeter periodicamente a monitoramentos da qualidade de suas águas, e se necessário devem ser criados programas de controle e recuperação destes ambientes.

3. OBJETIVOS

O objetivo desta monografia foi associar os impactos decorrentes da ocupação desordenada no município de Lagoa Santa com o processo de degradação da qualidade das águas da lagoa Central, particularmente a eutrofização.

3.1 Objetivos específicos

- Descrever os problemas atuais no entorno da Lagoa Central
- Analisar as principais alterações no ecossistema lacustre ao longo dos últimos anos.
- Analisar os impactos da eutrofização para a biodiversidade local.
- Sugerir medidas que viabilizem o desenvolvimento e expansão urbana em consonância com a preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade.

4. AREA DE ESTUDO

O município de Lagoa Santa, Minas Gerais, foi criado pelo decreto lei 148, de 17/12/1938 após desvincular-se de Santa Luzia e atualmente integra a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). Tem como municípios limítrofes: Confins, Jaboticatubas, Pedro Leopoldo, Santa Luzia e Vespasiano, encontra-se distante c. 35 Km da capital (Fig.3.1). Os principais acessos rodoviários à cidade são a rodovia MG-010 que liga Belo Horizonte ao Aeroporto Internacional Tancredo Neves (Linha Verde) e a MG-433. Lagoa Santa está situada a 800 m de altitude, possui uma área de 231,9 km² e uma população estimada de 47.287 habitantes (IBGE/2008).

Trata-se de uma região calcária situada no trecho médio da bacia do Rio das Velhas, formada por planaltos com relevos pouco acentuados, clima tropical e temperatura média anual de 22° C. É uma região de rochas calcárias pertencentes ao Grupo Bambuí, com idade aproximada de 600 milhões de anos (Pré-Cambriano). A região calcária se caracteriza pela presença de rochas sedimentares e por cursos de água subterrâneos.

Em função da fragilidade dos ambientes cársticos foi criada neste município uma Área de Preservação Permanente (APA), conhecida com APA Carste Lagoa Santa. Essa APA é uma Unidade de Conservação de uso sustentável criada através do Decreto Federal de N° 98881/90, cujo principal objetivo é garantir a conservação do conjunto paisagístico e da cultura regional, proteger as cavernas e demais formações cársticas, sítios arqueológicos e paleontológicos, flora e a fauna.

Situada na área central de Lagoa Santa, a lagoa Central (Fig.3.2) é o maior lago do sistema cárstico da RMBH. É um lago natural de formato triangular, raso. Apresenta inclinação regular da margem para o centro, onde atinge sua profundidade máxima (6,86-7,30 m) (Brighenti, 2009). Situado a 740m de altitude e localizado na região de domínio do Cerrado (19°38' S, 43°53' W), encontra-se suportada por um espesso manto de rocha pelítica, semi-impermeável que a isola do aquífero cárstico subjacente. Köhler (1978) atribuiu sua gênese a processos pseudo-cársticos. Este lago possui área superficial de 1,31 Km² e sua bacia de drenagem corresponde a uma área de 11, 34 Km² (Parizzi,1998).

É um lago de grande relevância para o município em função de seus aspectos históricos, sua beleza cênica e paisagística, e representa ainda uma importante opção de lazer e turismo para moradores e visitantes, mas infelizmente tem sofrido com os impactos decorrentes da urbanização.

5. METODOLOGIA

A metodologia para execução do presente estudo foi dividida em duas partes:

i)- Para o levantamento bibliográfico e coleta dos dados contidos no referido estudo foram pesquisadas diversas fontes, tanto no formato impresso quanto na versão digital. Foram feitas pesquisas em livros, artigos e revistas, relatórios técnicos e científicos, monografias, dissertações e teses, além de pesquisas na Internet em sites de instituições governamentais, agências e informações disponíveis site da Prefeitura de Lagoa Santa.

ii)- Em setembro de 2009 foi realizada uma “sondagem” e coleta de amostras de água. A amostragem foi feita na superfície da região litorânea da Lagoa Central (Lagoa Santa- MG) em frente ao Colégio M2. Com base nos estudos de Brighenti (2009) na Lagoa Central podemos inferir que o ponto amostral escolhido situa-se na porção norte (N) da lagoa. Sendo sua escolha definida por sua fácil acessibilidade pela margem, além de estar dentro da área de ocorrência de uma floração de cianobactérias, que se estendia aproximadamente por algumas dezenas de metros.

Durante a coleta foram medidos os seguintes parâmetros:

- Temperatura da água (°C) com auxílio de um termômetro manual de mercúrio
- pH usando uma fita universal indicadora de pH (Universal Indicator –Merck)
- Oxigênio dissolvido (WinKler, 1888, mod. por Pomeroy & Kirchaman, 1945)

Foram coletadas ainda amostras de água (não fixadas) retiradas também da superfície da coluna d’água e armazenadas em frascos de polietileno de 250 ml para posterior identificação dos organismos fitoplanctônicos.

Em laboratório os exemplares coletados foram visualizados em microscopia óptica e identificados até o menor nível taxonômico possível utilizando como base a literatura especializada (Sant’Anna et al., 2006).

As informações obtidas através desta amostragem encontram-se descritas neste trabalho em um tópico a parte como estudo de caso.

6. ESTUDO DE CASO: O USO DE ALGUNS PARAMETROS- CHAVE NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA CENTRAL

A região de Lagoa Santa tem sido desde o século passado, um pólo de referência para numerosos estudos científicos com enfoques arqueológicos, espeleológicos e paleontológicos. No entanto, existe ainda uma escassez de estudos com abordagem limnológica.

A pequena quantidade de registros referentes à qualidade de água da lagoa Central dificulta a avaliação do atual estágio/quadro de deterioração que este ambiente se encontra, mesmo sendo de conhecimento notório o intenso processo de degradação que vem sendo submetida nas últimas décadas (Pompeu & Alves, 2003).

Este processo de degradação citado por Freitas (1977), Barbosa (1984), Coutinho & Barbosa (1986) muito provavelmente favoreceu o desequilíbrio existente neste ecossistema, já mencionado anteriormente neste trabalho, e corroborado pelos estudos de Pompeu & Alves (2003) com a ictiofauna, e de Figueredo (2007) com a cianobactérias. Os resultados obtidos por Figueredo (2007) em particular, sinalizaram para a importância de avaliações que possam identificar com maior precisão, e numa escala temporal maior, as frequentes florações de cianobactérias, em especial da *Cylindrospermopsis raciborskii*.

Como parte integrante deste trabalho foi realizada uma “sondagem limnológica” no período de setembro de 2009, cujo objetivo principal foi a obtenção de informações adicionais referentes às florações de cianobactérias, cada vez mais frequentes na lagoa Central. As informações obtidas nesta amostragem encontram-se descritas neste “Estudo de caso”.

Nesta amostragem foram efetuadas as seguintes medidas *in situ*: pH, temperatura da água e oxigênio dissolvido. Os dados referentes às variáveis abióticas encontram-se descritos nos resultados e discussão, como parte integrante do estudo de caso.

Foram ainda colhidas amostras *in natura* na superfície da coluna d’água para posterior identificação das cianobactérias presentes.

Ocasionalmente durante a amostragem, foram observadas na lagoa Central, extensas florações que atingiam aproximadamente algumas dezenas de metros ao longo de sua margem. Durante o trajeto de reconhecimento e escolha da área de amostragem foram feitos registros fotográficos destas florações. As fotos a seguir podem melhor ilustrar o grau de deterioração deste ecossistema durante este evento (Fig.3.3).

Indiferentes à ocorrência de florações que descrevem como sendo, “ corriqueiras” alguns moradores de Lagoa Santa mantêm o habito de pescarem às margens da lagoa (Fig.3.4) e ocasionalmente para conseguir melhores pontos de pesca adentram nas partes mais rasas das regiões litorâneas. Segundo relatos de alguns pescadores as tilápias estão entre os peixes mais capturados, e na maior parte dos casos esta pesca praticada não ocorre necessariamente com finalidade esportiva, sendo os peixes capturados geralmente destinados a alimentação. Alheios aos riscos potenciais de uma eventual contaminação por cianotoxinas, estes pescadores desempenham continuamente estas atividades, sem que haja quaisquer advertências ou restrições de usos da lagoa, ou mesmo orientações por parte das autoridades públicas, o que minimizaria futuros problemas de saúde.



Figura: 3.3 – Florações de Cianobactérias na lagoa Central
Foto: Marcelo Costa



Figura: 3.4 – Moradores pescando em meio à floração,
e próximos às margens da lagoa alguns peixes mortos
Foto: Marcelo Costa

6.1 Resultados

No quadro 2.2 encontram-se algumas variáveis abióticas medidas na lagoa Central.

Data	Profundidade (m)	Temperatura (°C)	Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	pH
03/09709				
	O	24	4,8	6,0

Quadro 2.2 Variáveis abióticas medidas na lagoa Central.

No quadro 2.3 foram listadas as cianobactérias identificadas na lagoa Central. As informações complementares das toxinas (potencialmente presentes), tipo de ação, e dose letal injetável (DL50) referem-se aos seus respectivos gêneros.

Cianobactéria Identificada	Toxina	Ação	Dose letal injetável (DL50)
<i>Anabaena</i> sp.	Anatoxina-a(s) Saxitoxina-a(s) Microcistinas	Neurotóxica Neurotóxica Hepatotóxica	20µg/Kg 10µg/Kg 25 a 150µg/Kg
<i>Aphanizomenon</i> <i>cf. gracile</i>	Saxitoxina-a(s) Cilindrospermopsinas Anatoxina-a(s)	Neurotóxica Hepatotóxica Neurotóxica	10µg/Kg 2mg/Kg (24 horas) 0,2 mg/Kg (5 -6 dias) 200µg/Kg
<i>Cylindrospermopsis</i> <i>raciborskii</i>	Cilindrospermopsinas Saxitoxina-a(s)	Hepatotóxica Neurotóxica	2mg/Kg (24 horas) 0,2 mg/Kg (5 -6 dias) 10µg/Kg
<i>Microcystis</i> <i>aeruginosa</i>	Microcistinas	Hepatotóxica	25 a 150µg/Kg
<i>Microcystis</i> <i>panniformis</i>	Microcistinas	Hepatotóxica	25 a 150µg/Kg
<i>Sphaerocavum</i> <i>brasiliensis</i>	–	–	–

Quadro 2.3 Cianobactérias identificadas na lagoa Central.

Características das principais cianobactérias aquáticas como potencialmente produtoras de toxinas. Adaptado de Fernades et al. (2005) e Sivoven & Jones (1999).

6.2 Discussão dos resultados

Parâmetros abióticos

Com base apenas nas variáveis abióticas amostradas não são possíveis considerações mais aprofundadas sobre a qualidade da água da lagoa Central. Vale lembrar que, para uma avaliação mais representativa e confiável, seria necessária a amostragem de outros parâmetros físicos, químicos e biológicos numa escala temporal mais abrangente e com variações sazonais. Seria importante a utilização de alguns parâmetros, como a condutividade elétrica, sólidos totais em suspensão, turbidez, alcalinidade total, nutrientes dissolvidos (NO_2 , NO_3 , NH_4^+ , PO_4^-) e totais (N-total, P-total). Seria também relevante a adoção de parâmetros biológicos como: a determinação *clorofila-a* e a identificação dos organismos bentônicos como bioindicadores de qualidade de água.

Contudo, na impossibilidade de usarmos um número satisfatório de parâmetros a partir dos dados amostrados serão feitas algumas comparações entre os dados obtidos em 1982/1983 com alguns produzidos em 2007/2008, para que o ambiente fosse melhor avaliado em termos quali e/ou quantitativos.

A partir dos estudos de Barbosa et al. (1993) a lagoa Central foi classificada como monomítica, apresentando um período de estratificação que se estendia de setembro ao final de março, com uma variação da temperatura de c. 4,6 °C entre superfície e fundo da coluna d'água. Ainda segundo Barbosa et al. (1984) o lago apresenta um gradiente de temperatura com tendências mais suaves, neste caso a temperatura variou entre 23,6°C e 30,2°C na superfície e 21,7°C e 26°C no fundo. Barbosa et al.(1984) ainda ressaltam a importância das chuvas de verão no processo de desestratificação do lago, como pôde ser observado em dezembro de 1982 quando houve uma homogeneização de toda coluna d'água, tornando-a praticamente isotérmica, fazendo com que a diferença entre superfície e fundo fosse de apenas 5°C.

Estas diferenças observadas entre os valores encontrados nas décadas de 80 e 90, quando comparados aos dados mais atuais sugerem que estas alterações sejam reflexos das perturbações que tem ocorrido no ambiente.

O quadro 2.4 apresenta um resumo comparativo de algumas variáveis abióticas medidas respectivamente, nos períodos de 1982/83 (Barbosa et al. 1993), e 2007/2008 (Brighenti, 2009) na lagoa Central .

Variáveis medidas	Condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Oxigênio Dissolvido (% Sat.)	pH	Secchi (m)	N-total ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	P-total ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)
Barbosa et al. (1993)	89-116	97 -124	6,3-7,7	1-2	463-1521	23-100
Brighenti (2009)	138-170	68-99	7,6- 8,7	0,6- 0,7	n.d.	n.d.

*n.d.: variável não determinada

Quadro 2.4 Resumo comparativos de algumas variáveis abióticas medidas na lagoa Central, e descritas respectivamente por Barbosa et al. (1993) e Brighenti (2009).

A elevação da condutividade elétrica pode indicar um aumento no aporte de matéria orgânica e outros compostos dissolvidos que são carregados para dentro do sistema lacustre, sugerindo um processo de eutrofização deste ecossistema.

O pH apresentou uma tendência alcalina nos últimos anos; o ligeiro aumento observado entre os estudos de Barbosa et al. (1993) e Brighenti (2009), pode ser resultante de alterações no ambiente advindas da drenagem pluvial, ou entrada de esgotos domésticos, embora não possa ser desconsiderada contribuições do próprio sistema lacustre, em função de sua natureza pseudo-cárstica.

Já a redução dos valores de oxigênio dissolvido verificada nos últimos anos pode se justificar pela ocorrência das florações de algas, que associada a matéria orgânica, poderia contribuir para um intenso processo de decomposição ocasionando eventuais déficits de oxigênio no ambiente.

Em termos gerais nos leva a crer que as diversas alterações ocorridas em Lagoa Santa tenham refletido negativamente tanto na qualidade das águas quanto na biodiversidade dos seus ecossistemas aquáticos, em particular a lagoa Central.

A cronologia dos dados apresentados em diferentes estudos ao longo dos últimos 20 anos serve como parâmetros indicativos da degradação acentuada que vem ocorrendo neste ambiente. A análise de diferentes parâmetros e organismos sugere ainda uma piora gradativa do ambiente como um todo, sendo que os dados mais recentes denotam um desequilíbrio há muito existente.

Cianobactérias:

Por meio da visualização no microscópio óptico chegou-se ao menor nível de identificação taxonômica possível, com base na literatura específica já descrita na metodologia.

Foram encontradas nas amostras analisadas cinco espécies de cianobactérias potencialmente tóxicas, e distribuídas em quatro gêneros distintos: *Anabaena*, *Apanizomenon*, *Cyldrospermopsis*, *Microcystis*. Para amostras analisadas não havia sido previsto neste estudo a contagem de densidade de cianobactérias, embora a mera existência de algumas cepas potencialmente tóxicas associadas a outras variáveis permita fazermos algumas considerações, sobre a situação em que se encontra a lagoa Central.

Os resultados obtidos com as cianobactérias são indicativos de um ambiente em processo de eutrofização, a identificação da *Cyldrospermopsis raciborskii* neste estudo pode ser apoiada pela literatura científica recente.

Segundo Figueredo (2007), a *Cyldrospermopsis raciborskii* (Wolosszynska) Seenaya & Subba Raju tem sido há algum tempo a espécie dominante na lagoa Central no município de Lagoa Santa. Ainda segundo o autor durante o período em que foram efetuadas as amostragens a *C. raciborskii* contribuiu com c.70% do biovolume fitoplanctônico, somando-se às outras cianobactérias encontradas, representavam mais de 80% do biovolume total do fitoplâncton. Tal dominância pode ser justificada pelo grau de estabilidade que estes organismos considerados invasores adquiriram neste ambiente, as cianobactérias apresentam comumente diferentes estratégias e adaptações que favorecem sua prevalência sobre outros grupos fitoplanctônicos, tornado-as dominantes.

No entanto, estudos anteriores podem demonstrar que a dominância das cianobactérias sobre outros grupos de algas em lagoa Santa ocorreu de forma acentuada e num curto espaço de tempo.

Durante o período de 1982/1983 [Barbosa et al. (1993)] a comunidade fitoplânctônica da lagoa Central era dominada basicamente por Clorofíceas c. 59,8%, enquanto as Cianofíceas correspondiam c. 28,3% sendo representadas principalmente por *Microcystis sp.* c 21%.

Porém, os dados de 1988 demonstram que houve uma redução na riqueza de espécies fitoplânctônicas presentes na lagoa Central. Em 1988 as Cíanofíceas representavam o grupo dominante neste ambiente e já representavam c. 82,9%, dentre estas c. 99,9% eram *Rhaphidiopsis sp.* Em contrapartida as Clorofíceas que representavam mais da metade do fitoplâncton, correspondiam c. 16,6% , sendo as *Clorellas sp.* c. 92,3% as mais abundantes neste grupo.

Esta drástica redução das espécies fitoplanctônicas, pode ser corroborada por Barbosa et al. (1993) também com dados quantitativos. Em 1977 foram descritos na lagoa Central 81 gêneros (Carvalho et al., 1977) destes, apenas 39 estavam presentes em 1982/ 83 (redução c. 50%), e somente 2 gêneros em 1988, o que implica em uma redução de c.97% da comunidade planctônica original em apenas 11 anos.

A causa mais provável desta alteração ambiental tão significativa pode ser associada ao processo de urbanização que ocasionou a remoção sistemática da vegetação nativa causando profundo processo erosivo, e com isso resultando numa forte redução da zona eufótica c.56%; observada entre os anos de 1982/83 e 1988/1989.

Ao compararmos tais informações das décadas de 1970/80 com os dados apresentados no ítem resultados e aqueles obtidos por Figueredo (2007) constatou-se que houve nas duas últimas décadas uma alteração significativa da comunidade fitoplanctônica, por conseguinte deste ecossistema aquático.

Mesmo com algumas limitações nos resultados apresentados, e também muito em função da escassez de outros dados mais recentes, foi feita uma avaliação dentro das possibilidades deste estudo.

Embora não houvesse pretensão de torná-lo um estudo de grande complexidade científica, acredita-se que o objetivo acadêmico e científico deste trabalho foi alcançado de modo satisfatório e os resultados e as considerações realizadas podem servir para direcionar novos estudos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo foi idealizado com a finalidade de agregar as informações existentes sobre o processo de degradação que tem sido submetido o município de Lagoa Santa, cujas conseqüências vêm se refletindo sistematicamente no meio urbano e nos ecossistemas aquáticos. As informações contidas neste trabalho podem ainda fornecer (novos) elementos que possam estimular discussões sobre a problemática local e a realização de novos estudos técnicos e/ou científicos com uma abordagem sócio-ambiental.

Durante as pesquisas bibliográficas constatou-se a existência de alguns estudos realizados nos anos 70 e 80 que muito contribuíram para a comunidade científica e serviram de referência para os estudos posteriores. Estes pesquisadores já haviam observado que algumas alterações nos ecossistemas aquáticos eram decorrentes do acentuado processo de crescimento e urbanização desordenado. Vale ressaltar, que mesmo diante de tais informações foram feitas intervenções continuadas no ambiente assim como, tem havido uma intensa ocupação do espaço urbano, contudo, não precedidas de um planejamento sustentado.

Alguns estudos mais recentes constaram um quadro acentuado de deterioração da lagoa Central, com perdas significativas para a biota local, o que apenas reforça a necessidade de implantação de um programa de monitoramento em longo prazo com vistas à recuperação da qualidade das águas deste ambiente.

Isto se justifica não somente pela importância de um monitoramento mais efetivo e consistente, mas também pela escassez de dados e/ou registros limnológicos num dado período; o que limita de certo modo uma avaliação mais precisa do atual estágio de degradação.

Em termos limnológicos a lagoa Central tem se mostrado bem susceptível aos diversos impactos que vem ocorrendo na sua bacia de drenagem muito em função de suas especificidades morfológicas, mas também devido à frequência e magnitude destes impactos.

Impactos estes que resultaram na redução da qualidade das águas, o que pôde ser comprovado pela alteração dos diversos parâmetros abióticos analisados, assim como o evidente desequilíbrio existente na cadeia trófica local. Estes dados em conjunto denotam uma condição desfavorável crescente do ecossistema.

A expansão do Vetor Norte e a instalação de grandes empreendimentos no corredor de acesso (Linha Verde) a Lagoa Santa, e no próprio município tendem a intensificar o crescimento populacional, por conseguinte a especulação imobiliária, já considerável na região.

Lagoa Santa apresentou nos últimos dez anos uma taxa de crescimento c. de 33% , e espera-se com o atual modelo de expansão horizontal existente, estes percentuais possam ser ainda maiores para os próximos anos.

No entanto, apesar de serem preocupantes, estas estimativas de crescimento, devem ser analisadas com muita cautela. Embora o poder público devesse levá-las em consideração, para melhor nortear as políticas de planejamento, de uso e ocupação do município de Lagoa Santa.

Para que possam ser sanados estes problemas, recomenda-se a adoção de algumas medidas que minimizem os impactos que ocorrem no entorno da lagoa.

Sugere-se por exemplo, o monitoramento da qualidade de água, manejo da fauna com eventual remoção de espécies exóticas (capivaras), torneios de pesca seletiva, maior fiscalização e controle das ligações clandestinas de esgoto, ampliação das redes coletoras de esgoto no município, maior rigidez na concessão de licenças para criação de novos loteamentos e condomínios, além disso seria importante a implantação de programas de educação ambiental para melhor orientar e educar moradores e turistas. Com a articulação destas medidas seria possível vislumbrar a médio e longo prazo a recuperação do ecossistema aquático com vistas à melhoria da qualidade de água e da biodiversidade local. Para tal seria imprescindível a realização de parcerias entre o poder público, as empresas privadas da região e a universidade. Com um planejamento técnico e científico, aporte dos recursos necessários para subsidiar um programa de recuperação, seria possível a adoção de medidas necessárias, respalda pelas autoridades municipais que viabilizassem a recuperação da lagoa Central.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R. Um botânico em Lagoa Santa: Lund lança base da ecologia no Brasil com estudo paleontológico de grutas mineiras. *Ciência Hoje Online*, 2001.

ALT, L.R. **Efetividade sócio-ambiental na APA Carste de Lagoa Santa-MG: Uma avaliação a partir de suas ferramentas de planejamento e gestão.** [dissertação de mestrado em Geografia, Análise Ambiental]. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

AZEVEDO, S.M.F.O. Toxinas de Cianobactérias: Causas e Conseqüências para a Saúde Pública. **Medicina On line** - Revista Virtual de Medicina. 3(1): 1-19. 1998

BARBOSA, F. A. R.; COUTINHO, M. E.; ARAÚJO, L. M.; MENENDEZ, R. M.; BARBOSA, P. M. M.; FIGUEIRA, J. E. C. & ESTEVES, F. A. Estudos limnológicos na Região Cárstica Central de Minas Gerais I. Caracterização preliminar da Lagoa Santa, MG. In: **Anais IV Seminário Regional de Ecologia**, São Carlos, (SP), 1984. p.399-437.

BARBOSA, F.A.R., RYLANDS, A.B., OLIVEIRA, S.J. 1993. **Drastic decrease in algal diversity caused by human impact on an urban lake in south-east Brazil.** Stuttgart, Verh. Internat. Verein. Limnol.,v.25, p.939-941, 2005.

BELLO, J. L. P. **Metodologia Científica:** manual para elaboração de textos acadêmicos, monografias, dissertações e teses. Rio de Janeiro: Universidade Veiga de Almeida, 2005 p.36-56.

Berichte der Deutschen Chemischem Gesellschaft, 21: 2843-2854.

BOZELLI, R.L. & HUSZAR, V.L.M. Comunidades Fito e Zooplancônicas Continentais em Tempo de Avaliação. **Limnotemas**. 3, 32p. 2003

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE Resolução n. 357 de 18 de março de 2005. Dispõe sobre uma nova classificação para as águas doces, bem como para as águas salobras e salinas do território nacional. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 17 de novembro de 2010.

BRIGHENTI, L.S. **Avaliação Limnológica da Lagoa Central (Município de Lagoa Santa – MG): Uma abordagem espacial** [dissertação de mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre]. Belo Horizonte: UFMG, 2009.

CAMPOS, M.O. **Ocorrência de Florações de Cianobactérias em Reservatórios de Abastecimento no Brasil- Implicações Regionais e Legislação** [monografia de especialização em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos]. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

CARMICHAEL, W.W. The toxins of Cyanobacteria. **Scientific American**. 270(1) p.78-86. 1994.

CARVALHO, E. J.; FREITAS, J. R.; KOHLER, H. C. & SANTOS, F. M. C. 1977. ***Inventário geo-ecológico da região da Lagoa Santa – MG***. Relatório técnico COPAER, Belo Horizonte.

CLAVERO, M., GARCÍA-BERTHOU, E. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 20, n. 3, p. 110, 2005.

COUTINHO, M. E. & BARBOSA, F.A.R. Distribuição vertical de matéria orgânica, nitrogênio orgânico total, fósforo total e algumas formas iônicas dos sedimentos recentes de 3 Lagos de Minas Gerais. **Acta Limnológica Brasiliensia**, 1: 401-429, 1986.

DODSON, S. I. **Introduction to limnology**. 1 ed. New York: McGraw Hill 2005.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 496p.

FIGUEIREDO, C.C. **Dominância da Cianobacteria *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenaya et Subba Raju na lagoa Central de Lagoa Santa(MG)** [tese doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre]. Belo Horizonte: UFMG, 2007.

FRAGOSO, E.N.M., BARBOSA, F.A.R., BARBOSA, P.M.M., RUSSEL, T.M.S., PELISON, A.P.G., TAVARES, C.C.L., RIBEIRO, G.V.T., GONTIJO, P.B. **Estudo da ictiofauna das lagoas Carioca e Gambazinho- médio Rio Doce-MG , visando a implantação experimental de um plano de manejo para as espécies invasoras.** Relatório Técnico-científico das atividades de 2000 a 2006. Relatório PELD/UFMG/CNPq. Site 4. p.501, 2007.

FREITAS, J.R. 1977. **Estudos ecológicos de Lagoa Santa**, Relatório Técnico PLAMBEL, Belo Horizonte, 93p.

HERRMANN, Gisela et all. **Gestão Ambiental.** Belo Horizonte: IBAMA/Fundação Biodiversitas/CPRM, 1998. 40p. (Série APA Carste de Lagoa Santa - MG).

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acessado em: 17/11/2010

KOHLER, H. C. 1978. **A evolução morfogenética da Lagoa Santa – MG.** In: Anais XXX Congresso de Geologia, Recife. 1:147-153.

LEIDY, R.A., MOYLE, P.B. Conservation Status of the World's Fish Fauna: An Overview. In: FIEDLER, P.L., KAREIVA, P.M. (Eds.) **Conservation Biology: For the Coming Decade.** New York: Chapman and Hall, 2nd, 1998, p.187-227.

MACK, R.N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F. A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological Applications**, v. 10, p. 689-710, 2000.

MATTHIENSEN, A.; YUNES, J.S. & CODD, G.A. (1999). Ocorrência, Distribuição e Toxicidade de Cianobactérias no Estuário da Lagoa dos Patos, RS. **Rev. Brasil. Biol.**, 59(3): 361-376.

PARIZZI, M.G.; LABORIAU, M.L.; KOHLER, H. C. Geneses and environmental history of Lagoa Santa, southeastern Brazil. *The Holocene* 8: 311-321, 1998.

PIZZETA, G., RESK, R.P., ANTÔNIO, R., PEIXOTO, R., VALADARES, C., BARBOSA, F.A.R., **Efeito da introdução de espécies exóticas nas comunidades zooplantônicas, fitoplantônicas e bentônicas em lagoas do médio Rido Doce –MG** Relatório Técnico-científico das atividades de janeiro a dezembro de 2005. Relatório PELD/UFMG/CNPq. Site 4. P.443, 2006.

POMPEU, P. S. & ALVES, C. B. M. **Local fish extinction in a small tropical lake in Brazil.** *Neotropical Ichthyology*, 1(2):133-135. 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LAGOA SANTA-MG. Secretaria do Meio Ambiente. **Plano Diretor de Desenvolvimento Municipal de Lagoa Santa**, 49p. 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LAGOA SANTA-MG. Secretaria do Meio Ambiente. **Programa Lagoa Viva Revitalização e gestão compartilhada da bacia da Lagoa Central**, 2008. p.68

REID, J.W.; PINTO-COELHO, R.M. & GIANI, A. **Uma Apreciação da Fauna de Copépodos (Crustacea) da Região de Belo Horizonte: com comentários sobre espécies de Minas Gerais.** *Acta Limnológica Brasiliensia*, 11: 527-547, 1988.

REYNOLDS, C.S. 1993. **Swings and roundabouts: Engeneering the environment of algal growth.** In: white KN and others (eds) *Urban Waterside Regeneration: Problems and prospects*, 330-349. Ellis Worhood, New York.

REYNOLDS, C.S.; Huszar, V.; Kruk, C.; Naseli-Flores, L. & Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. **Journal of Plankton Research** 24: 417-428.

REYNOLDS, C. **Ecology of phytoplankton.** Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

SANT'ANA, C.; Azevedo, M. T. de P.; Agujaro, L. F.; Carvalho, M. do C.; Carvalho, L. R. de; Souza, R. C. R. 2006. **Identificação e contagem de cianobactérias Planctônicas de águas continentais brasileiras** p: 21-26 edta:Interiência Ltda Rio de Janeiro-RJ .

SANTOS, M.B.L.; ROCHA, L. A. ; MARQUES, M. M. G. S. M. & BARBOSA, F. A. R. **Diversidade e abundância da fauna bentônica de cinco lagoas do karste do planalto de Lagoa Santa, MG.** In: NESSIMIAN, J.L., CARVALHO, L. (Org.). Ecologia de Insetos. Série Oecologia Brasiliensis. Rio de Janeiro: PPGE-UFRJ, 1998, 5:77-89.

SMITH, V.H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science*, 221,669-671.

SPERLING, E. V. **Morfologia e lagos e represas.** Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1999.

SPERLING, M.V. Legislação ambiental e impacto do lançamento de efluentes nos corpos receptores. In: _____. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 1996. p.215-229

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A. & PROCHNOW, L.I. 2006. **Animal-base Agriculture, Phosphorus Management and Water Quality in Brazil: Options for the Future.** Sci. Agric. (Piracicaba, Brazil.), v.63, n.2, p.194-209.

STARLING, F L.R.M. **Development of Biomanipulation Strategies for the Remediation of Eutrophication Problems in an Urban Reservoir, lago Paranoá – Brazil.** PhD Thesis, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland , 259 p. 1998.

STARLING, F.L.M.R.et al. **Contribuição da excreção da tilápia para o processo de eutrofização do lago Paranoá (Brasília-DF).** In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental , Joinville (SC), 2003. p.1-11

SUNAGA, T.; VERANI, J.R. The fish communities of the lakes in Rio Doce Valley, Northeast Brazil. **Verhandlungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie**, v.24, p.2563-2566, 1991.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. Impactos nos ecossistemas aquáticos. In: ____.
Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p.505-41

TUNDISI, J. G. ,TUNDISI, T. M., ABE, D.S., ROCHA, O., STARLING, F.L.R.M.
Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos . IN: REBOUÇAS, BRAGA & TUNDISI (Org.). **Águas Doces do Brasil : capital ecológico, uso e conservação**.748p. 2006.

TUNDISI, J. G. Conservação e uso sustentável de recursos hídricos: o desafio urgente.
IN: BARBOSA, Francisco (Org.). **Ângulos da água: desafios da urbanos s e peri-urbanos no Brasil**.

TUNDISI, J. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2° ed. São Carlos: RIMA, IIE, 2005. 248p

WINKLER, L.W. 1888. **Die Bestimmung des in Wasser gelosten Sauerstoffes**.