

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ICB
ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**

IZABELA TEREZA RODRIGUES FERREIRA

**PROPOSIÇÃO DE AÇÕES SUSTENTÁVEIS E ESTRATÉGICAS PARA
CONTROLE DA PROLIFERAÇÃO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO
RESERVATÓRIO CARIOCA, MINAS GERAIS, BRASIL.**

**BELO HORIZONTE
2016**

IZABELA TEREZA RODRIGUES FERREIRA

**PROPOSIÇÃO DE AÇÕES SUSTENTÁVEIS E
ESTRATÉGICAS PARA CONTROLE DA PROLIFERAÇÃO
DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO RESERVATÓRIO
CARIOCA, MINAS GERAIS, BRASIL.**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG como requisito para obtenção do grau de Especialista em Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto Coelho.

**BELO HORIZONTE
2016**

IZABELA TEREZA RODRIGUES FERREIRA

**PROPOSIÇÃO DE AÇÕES SUSTENTÁVEIS E ESTRATÉGICAS PARA
CONTROLE DA PROLIFERAÇÃO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS NO
RESERVATÓRIO CARIOCA, MINAS GERAIS, BRASIL.**

Monografia apresentada ao curso de
Especialização em Gerenciamento de Recursos
Hídricos da Universidade Federal de Minas
Gerais - UFMG como requisito para obtenção
do grau de Especialista em Gerenciamento de
Recursos Hídricos.

Aprovada em: 26/08/2016.

Nota: 96 pontos.

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Motta Pinto Coelho
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Luis Alberto Saenz Isla
Universidade Federal de Minas Gerais

**BELO HORIZONTE
2016**

Agradecimentos

Agradeço aos meus amigos, principalmente a Mayara Milaneza, a Priscila Just, ao Marcelo Fortuna e a Priscila Fernandes; aos meus professores; ao meu namorado Gustavo Vilela; a minha sogra Maria de Lourdes; ao meu primo Henrique Ribeiro e a sua esposa Cristiane Pimenta; ao meu tio Júlio Ferreira; ao Geovane Pereira; ao Rogério Marinho; ao Wanderley Almeida; a equipe da Global Consultoria, principalmente a Eliza Faria; e a minha família, em especial a minha mãe Joene Rodrigues, ao meu padrasto Sidney Moreira, ao meu irmão Rafael Ferreira, ao meu irmão Pedro Henrique e ao meu pai João Maria, por todo apoio concedido durante a minha especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Agradeço ao professor orientador Dr. Ricardo Motta Pinto Coelho pela paciente e dedicada orientação.

Ao professor Dr. Luis Alberto Saenz Isla, componente da banca examinadora, pelas importantes observações apresentadas.

Os impactos ambientais, sociais e econômicos da degradação da qualidade das águas se traduzem, entre outros, na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, no aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso industrial, na perda de produtividade na agricultura e na pecuária, na redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos. Vale salientar que esses reflexos econômicos nem sempre podem ser mensurados.

(FUNASA, 2014, p.8)

Resumo

FERREIRA, I. T. R. **Proposição de ações sustentáveis e estratégicas para controle da proliferação de macrófitas aquáticas no reservatório Carioca, Minas Gerais, Brasil.** Monografia (Pós-Graduação em Gerenciamento de Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

Os reservatórios são utilizados para diferentes usos, principalmente para geração de energia elétrica. Desde sua instalação, ocorre uma significativa alteração no equilíbrio do meio, afetando os ecossistemas associados às bacias hidrográficas e as atividades antrópicas. A eutrofização é um processo natural ou artificial de aporte de nutrientes aos corpos de água, acarretando elevação da matéria orgânica superior à capacidade de autodepuração do sistema. Os principais impactos da eutrofização são: redução da qualidade da água; mortandade da biota aquática e deposição desta no fundo do reservatório; e crescimento excessivo de macrófitas aquáticas. Essas plantas aquáticas possuem diferentes funções como: favorecer a reciclagem de nutrientes; contribuir para alteração química da água; ser fonte de biomassa de microalgas e base alimentar de seres herbívoros. Porém, a proliferação excessiva das macrófitas aquáticas em um reservatório contribui para: prejuízos aos usos múltiplos; aumento do estado trófico e assoreamento; déficit de oxigênio, alterações nos padrões de estratificação térmica e de absorção da energia solar; e queda do pH da água, além de ser um substrato adequado para à proliferação de vários organismos indesejáveis e detrimento de outros importantes para este ecossistema. Existem diversos métodos para remoção parcial e controle da proliferação das macrófitas aquáticas. Desta forma, pretende-se com este estudo levantar dados que suportem a implantação de estratégias de manejo mais sustentáveis para controle da proliferação de macrófitas aquáticas no reservatório da PCH Carioca – MG, com um olhar para sua área de drenagem e diferentes atividades antrópicas existentes à montante do reservatório. Verificou-se que o maior fator de deterioração dos corpos de água da área de drenagem estudada está associado aos efluentes urbanos. Constatou-se após levantamento de dados, que se não houver investimentos na revitalização do Rio São João, integração dos usuários e governança, algumas atitudes no controle das macrófitas aquáticas serão paliativas e pouco expressivas ao longo dos anos.

Palavras-chave: macrófitas aquáticas, *Eichhornia crassipes*, PCH Carioca, Lago Azul e Rio São João.

Abstract

FERREIRA, I. T. R. **Proposition of sustainable actions and strategies to control the proliferation of aquatic macrophytes in the Carioca reservoir, Minas Gerais, Brazil.** Monograph (Pos-Graduation in Management of water resources) - Federal University of Minas Gerais, 2016.

The reservoirs are used for different purposes, mainly to generate electricity. Since its installation, there is a significant change in the balance of the environment, affecting ecosystems associated with river basins and anthropogenic activities. Eutrophication is a natural or artificial process of nutrient supply to bodies of water, causing an elevation of organic matter higher than the capacity of the depuration system. The main impacts of eutrophication are: reduction of water quality; mortality of aquatic biota and deposition of the bottom of the reservoir; and excessive growth of aquatic weeds. These aquatic plants have different functions such as: encouraging the recycling of nutrients; contributing to the chemical alteration of the water; a source of biomass of microalgae and a food base of herbivorous creatures. However, the excessive proliferation of aquatic weeds in a reservoir contributes to: damage to multiple uses; increasing trophic levels and silting; oxygen deficiency, changes in patterns of thermal stratification and solar energy absorption; and a decrease of pH of the water, in addition to also being a suitable substrate for the proliferation of various unwanted organisms and loss of other important factors for this ecosystem. There are several methods for partial removal and control of the proliferation of aquatic weeds. Thus, the aim of this study was to collect data that supports the implementation of more sustainable management strategies to control the proliferation of aquatic weeds in the Carioca PCH reservoir - MG, with a look at its drainage area and different human activities existing upstream from the reservoir. It was found that the largest deterioration factor of water bodies studied in the drainage area is associated with urban effluents. After data collecting, it was found that if there is no investment in the revitalization of the St. João River, integration of the users and its governance, some attitude in the control of aquatic weeds will be palliative and will have little significance over the years.

Key-words: aquatic macrophytes, *Eichhornia crassipes*, PCH Carioca, Blue Lake and St. João River.

Lista de ilustrações

FIGURA 01 - Contribuição de poluentes naturais e antrópicos.....	26
FIGURA 02 - Implicações crescimento de macrófitas aquáticas em reservatórios.	29
FIGURA 03 - Barreiras “Log Boom”.....	31
FIGURA 04 - Reservatório como um ecossistema.	35
FIGURA 05 - Fluxograma controle sustentável da proliferação de.....	36
FIGURA 06 - Mapa da bacia hidrográfica do Rio Pará.	39
FIGURA 07 - Vista de satélite para os municípios da área de drenagem	40
FIGURA 08 - Cursos de água contribuintes do rio São João a	42
FIGURA 09 - Uso e ocupação do solo da área de drenagem da PCH do Carioca.....	44
GRÁFICO 01 - Usos múltiplos x uso único em reservatório registrados no CIGB.....	17
GRÁFICO 02 - Porcentagem de contribuição dos municípios em relação à área de.....	46
GRÁFICO 03 - IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido.....	47
GRÁFICO 04 - IN077_AE - Duração média dos reparos de	48
GRÁFICO 05 - IN082_AE - Extravasamentos de esgotos por	49
GRÁFICO 06 - IN016_AE - Índice de tratamento de esgoto (percentual).....	49
GRÁFICO 07 - IN046_AE - Índice de esgoto tratado referido à água	50
QUADRO 01- Requisitos técnicos e administrativos necessários para reservatórios.	18
QUADRO 02 - Código enquadramento ambiental de uma barragem de geração de energia. .	21
QUADRO 03 - Classificação dos tipos de poluição: caracterização e consequências.....	23
QUADRO 04 - Principais poluentes aquáticos e seus efeitos.	25
QUADRO 05 - Caracterização simplificada dos municípios a montante da PCH do Carioca – área de drenagem.	40
QUADRO 06 - Avaliação da carga orgânica gerada, removida e lançada.....	50

Lista de abreviaturas e siglas

AAF	Autorização Ambiental de Funcionamento
ALMG	Assembleia Legislativa de Minas Gerais
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica;
APE	Autoprodução de energia;
BTX	BenzenoToluenoXileno
CBH-Pará	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado De Minas Gerais
CIGB	Comissão Internacional de Grandes Barragens
CGH	Central de Geração Hidrelétrica
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental;
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
COT	Carbono Orgânico Total
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
DN	Deliberação Normativa
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ELETRORÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto;
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
ICB	Instituto de Ciências Biológicas
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas;
km	kilômetro
kW	Quilowatt;
LO	Licença de Operação
MG	Minas Gerais

MMA	Ministério de Meio Ambiente
mW	Megawatt
N	Nitrogênio
OD	Oxigênio dissolvido
P	Fósforo
PCA	Plano de Controle Ambiental
PCH	Pequena Central Hidrelétrica;
PDBHR-Pará	Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará
pH	Potência de hidrogênio;
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RCA	Relatório de Controle Ambiental
RCC	Rio Contínuo (River Continuum Concept)
SAAE	Serviço Autárquico de Água e Esgoto
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SIAM	Sistema Integrado de Informação Ambiental
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SPR	Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos
SUPRAM	Superintendência Regional de Meio Ambiente
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais;
UPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.
UV	Ultravioleta
ZEE	Zoneamento Ecológico e Econômico - MG

Sumário

1	Introdução.....	12
2	Objetivos gerais.....	14
2.1	Objetivos específicos.....	14
3	Revisão de literatura.....	15
3.1	Conhecendo os reservatórios.....	18
3.2	Reservatórios em Minas Gerais.....	19
3.3	Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH’s.....	20
3.4	Embasamento legal nacional.....	21
3.5	Bacia hidrográfica.....	21
3.6	Classificação das águas doces e enquadramento.....	22
3.7	Poluição aquática.....	23
3.8	Crise hídrica.....	27
3.9	Qualidade das águas em reservatório.....	28
3.10	Macrófitas aquáticas.....	28
3.11	Controles sobre a proliferação de macrófitas aquáticas.....	30
3.11.1	Controle mecânico e físico.....	30
3.11.2	Controle químico.....	32
3.11.3	Controle biológico.....	32
3.11.4	Reaproveitamento e compostagem da biomassa.....	33
3.11.5	Manejo sustentável.....	34
4	Metodologia.....	37
4.1	Bacia hidrográfica do Rio Pará e sub-bacia Rio São João.....	38
4.2	Caracterização, coleta de dados e discussões.....	39
4.3	Breve histórico PCH Carioca.....	52
5	Considerações finais.....	55
	Referências.....	57
	Apêndice A - Embasamento legal.....	63
	Apêndice B - Relatório fotográfico.....	65
	Apêndice C - Imagens de satélite.....	79
	Anexo A-Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos–UPGRH.....	83

1 Introdução

Nos dias atuais, onde a informação é abundante e rápida, poderíamos imaginar que o tema “demanda e manejo sustentável da água” seja de amplo conhecimento da maioria das pessoas e empreendimentos em geral, o que de fato não acontece, de modo especial no Brasil. Em geral, os diversos setores de consumo de água não possuem a preocupação de onde a mesma veio ou para onde ela vai e que talvez por observarem a água casualmente caindo dos céus, entendem que este seja um recurso infinito.

Ações antrópicas e/ou mudanças climáticas podem ocasionar problemas graves de escassez hídrica local, o que provoca conflitos, necessitando cada dia mais de medidas sustentáveis de manejo e distribuição da água disponível para seus usos múltiplos.

Há muitos anos, o homem vem construindo diversos reservatórios pelo mundo, estes são fundamentais para o seu desenvolvimento. Alguns dos usos múltiplos desses lagos artificiais são: regularização de vazão, abastecimento de água, controle de sedimentos, irrigação, navegação, pesca, aquicultura, lazer, prevenção de enchentes e, principalmente, para a produção de hidroeletricidade.

A Pequena Central Hidrelétrica - PCH Carioca (antiga Cachoeira do Rosário), popularmente conhecida como reservatório do “Lago Azul” é de propriedade da Companhia de Tecidos “SANTANENSE”. Segundo a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica, esta PCH tem capacidade de geração de energia elétrica de 1.600 kW - quilowatts. A produção de energia elétrica é destinada ao uso exclusivo da SANTANENSE, sendo assim, considerada uma usina Autoprodutora de Energia – APE. A comercialização do excedente de energia elétrica gerada só pode ser realizada com a autorização da ANEEL.¹

A PCH do Carioca localiza-se na zona rural e é dividida pelos municípios de Pará de Mina, Minas Gerais - MG e Conceição do Pará - MG. Nos últimos quatro anos, a lâmina de água do reservatório praticamente desapareceu, isto, devido a grande proliferação de macrófitas aquáticas, principalmente os aguapés - *Eichhornia crassipes*.

A bacia hidrográfica federal da área de drenagem estudada é a do Rio São Francisco, a bacia estadual é a do Rio Pará e a sub-bacia a montante da PCH do Carioca é a do Rio São João. Nesta sub-bacia, além de sofrer com alterações internas do ecossistema lótico transformado em ambiente lêntico, a sua maior vulnerabilidade está no percurso do rio São João. A montante do reservatório, o rio São João percorre por algumas cidades que lançam os

¹<http://www2.aneel.gov.br/>

esgotos sanitários com pouco ou nenhum tratamento, além de receber os efluentes de empreendimentos minerários, agrossilvipastoris e indústrias.

A degradação ecológica do reservatório vem sido debatida em diversos setores, como na Comissão de Meio Ambiente da Assembleia Legislativa de Minas Gerais - ALMG, na Câmara de Vereadores de Pará de Minas, na Prefeitura de Itaúna, na empresa SANTANENSE e em audiências públicas. O que demonstrou o grande interesse na conservação da PCH Carioca por parte política e comunitária, entretanto, poucas medidas foram aplicadas por estas partes.

Para o biólogo e professor da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Ricardo Mota Pinto Coelho, a solução para acabar com os problemas do “Lago Azul” é preciso olhar para a bacia hidrográfica em sua totalidade; mobilizar todos os seguimentos econômicos e sociedade no tratamento eficiente dos efluentes e revitalização do Rio São João.¹

Ainda segundo o professor Ricardo Motta Pinto Coelho, não pode fazer a simples retirada dos aguapés, como aconteceu no passado na Lagoa da Pampulha, em Belo Horizonte. “Foram retirados os aguapés e o que ocorreu foi à proliferação de cianobactérias. Em Brasília, eliminaram as cianobactérias e ocorreu à mortandade de peixes”, advertiu o professor. As cianobactérias são organismos que produzem oxigênio por meio da fotossíntese, mas também podem liberar toxinas na água, contribuindo para a contaminação.²

Em Setembro de 2015, a SANTANENSE abriu as comportas para serviços de manutenção na PCH. O curso de água passou a escoar apenas no centro do reservatório, com um volume muito baixo. Com isto, o reservatório foi tomado pelo capim exótico, a *Brachiaria decumbens* e os aguapés morreram na calha seca do mesmo. No início das chuvas, no final do ano de 2015, a SANTANENSE fechou as comportas, retornando assim, a represar a água no reservatório. A ação de mitigação das macrófitas aplicada foi algo paliativo.

O espelho de água da PCH foi visualizado novamente, isto, após anos coberto pelas macrófitas aquáticas. Atualmente o reservatório, encontra-se com poucas macrófitas, mas com grandes massas de brachiarias que desprenderam do solo após a última recuperação do nível de água do reservatório.

Este estudo irá analisar a sub-bacia hidrográfica do Rio São João e levantar quais são os principais agentes poluentes do reservatório da PCH do Carioca, visando, principalmente, buscar mais dados que suportem a implantação de estratégias de manejo sustentáveis para controle da proliferação de macrófitas aquáticas para os próximos anos.

¹ <http://jcnoticias.com.br/>

² <http://www.itauna.mg.gov.br/>

2 Objetivos gerais

a) Propor ações sustentáveis e estratégicas para controle da proliferação de macrófitas aquáticas no reservatório Carioca - MG, com intuito de uma possível revitalização permanente deste reservatório;

b) Fazer um diagnóstico dos impactos antrópicos existentes na sub-bacia hidrográfica do Rio São João, a montante da PCH do Carioca.

2.1 Objetivos específicos

a) Identificar os impactos antrópicos existentes na sub-bacia hidrográfica do Rio São João, a montante da PCH do Carioca;

b) Recopilar informações sobre os usos múltiplos deste reservatório;

c) Estabelecer critérios para compreensão dos impactos negativos sobre o reservatório do Carioca;

d) Analisar diretrizes sobre manejo adequado e sustentável para o controle da proliferação de macrófitas aquáticas;

f) Informar os seguimentos econômicos e sociedade inseridos na área de drenagem levantada sobre a necessidade do tratamento eficiente dos seus efluentes;

e) Propor a integração de todos os seguimentos inseridos na sub-bacia em prol da revitalização contínua do Rio São João.

3 Revisão de literatura

Os reservatórios são obras antrópicas que afetam todo o ecossistema a montante e a jusante do mesmo. Os principais impactos são sobre a paisagem local e na descontinuidade das características físicas e biológicas da bacia hidrográfica, contradizendo a teoria do Rio Contínuo (River Continuum Concept – RCC). De acordo com Vannote et al. (1980), o sistema lótico de uma bacia hidrográfica, da cabeceira até a foz, apresenta um aumento gradual do tamanho do curso de água, (I) riachos de cabeceira, (II) riachos pequenos e médios e (III) grandes rios. Assim, em condições naturais, o sistema fluvial se caracteriza biologicamente por um equilíbrio dinâmico, que pode ser definido, por exemplo, pela sucessão ecológica característica e previsível de uma série de comunidades biológicas que se alternam em decorrência de mudanças contínuas nas entradas de energia e matéria. O rio é um ecossistema dinâmico, caracterizado pelo transporte de informação biológica, matéria e energia à jusante, obedecendo ao ciclo hidrológico da região.

Esse equilíbrio dinâmico é bruscamente interrompido pela construção de um reservatório na calha do rio. Não somente toda essa estrutura biótica, altamente diversificada, bem como o seu funcionamento e ainda a hidrodinâmica complexa característica de um ecossistema fluvial são bruscamente interrompidos. O lago artificial, assim formado, fica então exposto não somente a essas alterações internas do ecossistema lótico transformado agora em ambiente lêntico, como também passa a ficar muito mais exposto às atividades humanas do entorno e, principalmente, devido ao aumento do tempo de residência das águas represadas.

Segundo Ward & Stanford (1983), os rios represados apresentam o conceito da descontinuidade da série dos ecossistemas lóticos, demonstrando que o represamento acarreta alterações longitudinais do rio em relação às condições ambientais naturais.

Intervenções antrópicas no meio ambiente tais como reservatórios, agroecossistemas ou minas são necessários para o desenvolvimento econômico. No entanto, é fundamental reconhecer que essas atividades causam impactos severos não somente à natureza, mas também à qualidade de vida dos seres humanos que vivem nas regiões afetadas por esses empreendimentos. Neste sentido, a identificação e o estudo desses efeitos, bem como a gestão para controlá-los e minimizá-los devem ser prioridade em todas as fases do projeto e de operação dos empreendimentos. No caso dos reservatórios, utilizados para os mais diversos

usos, ocorre, desde sua instalação, uma significativa alteração no equilíbrio do meio, afetando os ecossistemas associados às bacias hidrográficas e as atividades regionais.

Naime (2012) exemplifica alguns impactos gerais, sobre o meio físico, biológico e antrópico que são tratados em estudos e relatórios de impactos ambientais, a saber:

a) preenchimento do reservatório sem a retirada florestal, que quando se decompõe torna o pH da água mais baixo e libera na atmosfera gás metano;

b) inundação de áreas já utilizadas ou com potencial para a agricultura e pecuária;

c) perdas de flora e fauna nativas;

d) introdução de espécies exóticas nos reservatórios;

e) remoção ou alteração em espécies de relevante importância dentro da cadeia alimentar dos ecossistemas locais da bacia hidrográfica;

f) interferência (barreira física) nos processos migratórios e reprodutivos da ictiofauna;

g) possível déficit hídrico à jusante do reservatório;

h) alterações na dinâmica dos sedimentos, tanto nos canais do rio à montante e à jusante, quanto na bacia de acumulação, interferindo nos ciclos biogeoquímicos e na qualidade da água em geral;

i) alterações nas condições físicas e químicas das águas favorecendo alguns tipos de organismos e prejudicando a outros;

j) poluição das águas, contaminações e introdução de substâncias tóxicas nos reservatórios pela lixiviação de pesticidas, herbicidas e fungicidas advindas das plantações existentes no interior da bacia hidrográfica;

k) alterações no regime hidrológico superficial do rio, alterando os regimes de inundação e tempo de permanência das áreas alagadas;

l) alterações na dinâmica de uso e ocupação dos solos;

m) efeitos sociais advindos da realocação de populações, especialmente agrupamentos indígenas, quilombolas ou comunidades tradicionais;

n) uso excessivo e descontrolado de equipamentos de recreação que interferem na fauna aquática.

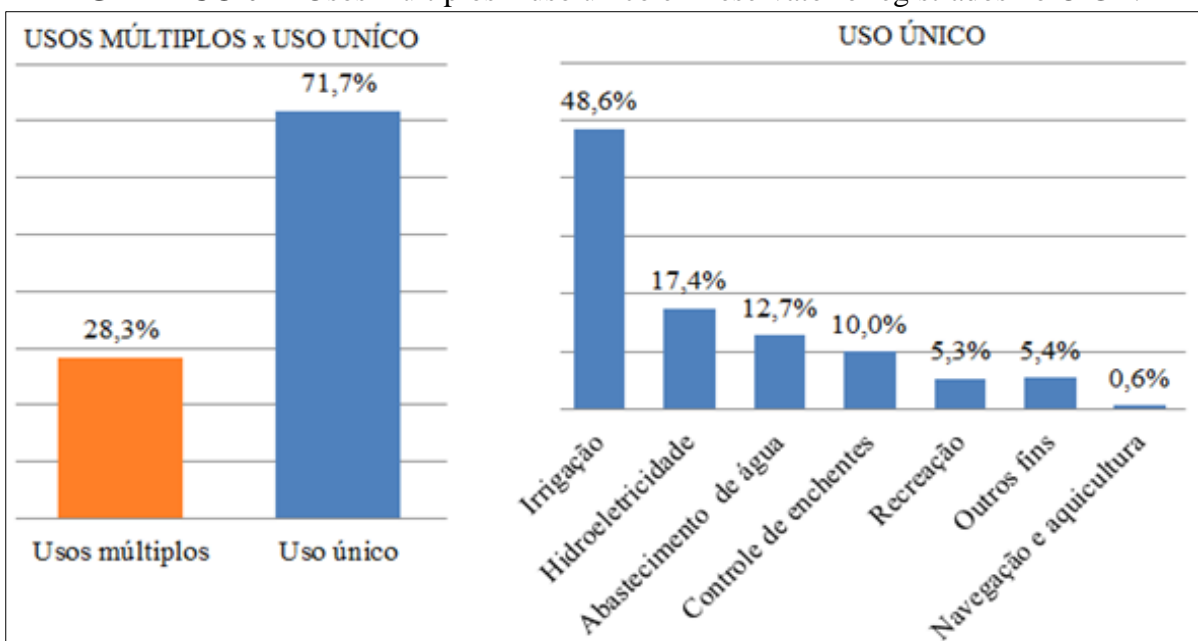
Cruz & Fabrizy (1995), ressaltam outros problemas sociais que podem ser causados pela construção e operação de reservatórios, como o valor da indenização paga aos residentes da área que será alagada, que geralmente é inferior ao preço real, o êxodo rural e consequente aumento da população residente nas periferias das áreas urbanas.

Os autores fazem ainda uma discussão interessante sobre a concepção inicial do reservatório e o que realmente ocorre após a sua construção. Cruz & Fabrily (1995), destacam que as barragens devem ser planejadas baseadas em uma clara definição de objetivos e com a participação de especialistas e da comunidade local. A operação dos reservatórios deve estar de acordo com o seu planejamento, ou seja, se foram projetados para atender diversos usos não devem apenas atender ao interesse das companhias de abastecimento ou das de energia elétrica. Um exemplo é o caso da Barragem de Sobradinho, empreendimento que foi projetado para uso múltiplo, entretanto, depois de construído priorizou-se somente a geração de energia elétrica, o que acarretou diversos problemas regionais e sociais.

É importante ressaltar, que a construção de reservatórios também acarreta impactos positivos. Destaque para a geração de empregos temporários, além de possibilitar a prevenção de enchentes catastróficas (observação: a regularização de vazão também possui impactos negativos); abastecimento de água; controle de sedimentos; irrigação; navegação; pesca; aquicultura; lazer e produção de hidroeletricidade.

De acordo com a Comissão Internacional de Grandes Barragens – CIGB (2008), a maioria das barragens registradas em seus cadastros (71,7%) é de uso único, apesar de existir um número crescente (28,3%) de barragens de usos múltiplos. A seguir, o **GRÁFICO 01** representa em destaque a distribuição das funções entre as barragens de uso único de acordo com o CIGB (2008).

GRÁFICO 01 - Usos múltiplos x uso único em reservatório registrados no CIGB.



Fonte: CIGB (2008).

3.1 Conhecendo os reservatórios

A atual expansão populacional e o crescimento econômico mundial corroboraram para que a sociedade necessitasse, cada vez mais, de eletricidade. Diante disso, países que detêm deste recurso em abundância perceberam que era uma boa política investir em hidroeletricidade, como o Canadá, a Rússia, França, EUA e Brasil. Na América do Sul e na Central, que contam com uma grande área geográfica, a hidroeletricidade em 2010 representou em média 63% de toda energia elétrica gerada nestas regiões (Pinto-Coelho & Havens, 2015).

De acordo com a CIGB (2008), os reservatórios são constituídos por: barreiras estruturais que atravessam córregos, rios ou canais para represar e assim controlar o fluxo da água. Os principais tipos de reservatórios no mundo são de arco, de aterro e de gravidade. As estruturas adicionais das barragens incluem unidades de controle, estruturas de descarga, escadas para peixes, vertedouros, hidrelétricas, dentre outras. O **QUADRO 01** apresenta os requisitos técnicos e administrativos necessários para garantir a operação segura, eficaz e econômica de uma infraestrutura de um reservatório.

QUADRO 01- Requisitos técnicos e administrativos necessários para reservatórios.

Requisitos técnicos	Requisitos administrativos
Fundações devem ser estáveis sob todas as condições de carga;	Manual de operação e manutenção;
Fundações devem ser suficientemente vedadas e ter procedimentos adequados de controle de vazamentos para garantir a operação segura e para manter a capacidade de armazenamento;	Instrumentação adequada para monitoramento de desempenho, revisões abrangentes e avaliações de modificações;
As barragens devem ter borda livre suficiente para evitar transbordamento de ondas;	Plano de monitoramento e observação de demais estruturas;
As barragens devem ter capacidade suficiente de vertimento da vazão para evitar transbordamento dos reservatórios em casos de enchentes.	Plano de ação emergencial, cronograma de inspeções periódicas e apoio ao meio ambiente natural.

Fonte: CIGB (2008).

3.2 Reservatórios em Minas Gerais

Minas Gerais é o quarto maior estado e o segundo mais populoso do Brasil. Este estado possui uma superfície de 587,172 km² e diversificada coleção de ecossistemas de água doce, incluindo vários rios, nascentes, riachos e reservatórios (Pinto-Coelho, 1994).

Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM definiu, de acordo com as diferentes características hidrográficas do estado de Minas Gerais, 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH, ver **ANEXO A**.

Segundo Pinto-Coelho & Havens (2015), os grandes reservatórios, assim como as grandes cidades e os grandes polígonos de monocultivos são os novos elementos da paisagem do planeta Terra, e são facilmente visíveis através das lentes dos satélites que orbitam a Terra.

Os reservatórios em Minas Gerais mais nítidos observados por imagem de satélite (Google earth, 2016) são: Três Marias (Rio São Francisco); Furnas (Rio Grande); Nova Ponte (Rio Araguari); Miranda (Rio Araguari), Emborcação (Rio Paranaíba), Água Vermelha (Rio Grande), Volta Grande (Rio Grande); Marechal Mascarenhas de Moraes (Rio Grande); Serra Azul (Rio São Francisco), Rio Manso (Rio São Francisco); Irapé (Rio Jequitinhonha); Camargos (Rio Grande); Janaúba (Rio Gortuba); Carmo do Cajuru (Rio São Francisco); Baguari (Rio Doce); dentre outros de menor volume e ocupação.

Minas Gerais, assim como outros estados do Brasil, possui uma vasta disponibilidade de águas subterrâneas e, principalmente, superficiais, como por exemplo, o volumoso Rio São Francisco, que nasce neste Estado. Este potencial hídrico favorece a implantação de inúmeros reservatórios para atender a dois usos principais: (1) suprir a necessidade energética e (2) abastecimento de água para diversos usos. Entretanto, como já citado acima, a mudança de um ambiente lótico (rio) em lêntico (represa), provoca alterações nos regimes dos rios e desequilíbrios na estrutura físico-química e hidrobiológica do meio aquático, podendo gerar significativos impactos ambientais a montante e a jusante destes reservatórios (Bastos, 1998).

A implantação e operação de reservatórios são responsáveis por grandes desafios. Em geral, a construção de um grande reservatório implica: desmatamento de grandes áreas, perda de áreas férteis e materiais lenhosos; queda da qualidade da água; impactos sociais; ameaça à biodiversidade; alterações no ciclo hidrológico; aumento da eutrofização; erosões; conflitos dos usuários; dentre outros (Cruz, et al., 1995; Pinto-Coelho & Havens, 2015).

Outro desafio atual dos reservatórios em Minas Gerais está relacionado aos períodos mais secos do ano, à inconstância das precipitações dos últimos anos e a limitação severa na

oferta de água. Os níveis baixos dos reservatórios acarretam a queda na economia, no turismo e na geração de energia; impactos visuais e sociais; qualidade precária das águas devido ao alcance dos níveis de depósitos de sedimentos, além do déficit hídrico para abastecimento da população. Para minimizar os desafios dos rios e reservatórios Pinto-Coelho & Havens (2015) dizem:

(...) É preciso buscar uma melhor compreensão da dinâmica entre rios e os grandes reservatórios. As grandes represas no Brasil não são apenas grandes bacias acumuladoras de eventos e processos. Através de sua dinâmica própria, elas são capazes de amortecer ou intensificar certos sinais de influências antrópicas já existentes. Acreditamos ser necessária uma ampla decodificação do vasto conhecimento acumulado, uma melhor eficácia no uso dos instrumentos legais disponíveis pelos tomadores de decisão, principalmente aqueles situados nos municípios além de um maior envolvimento do setor privado. O conhecimento e governança podem salvar a saúde ecológica dos nossos rios (Pinto-Coelho & Havens, 2015, p.50).

3.3 Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH's

Segundo a ANEEL (2003), são consideradas PCH's - Pequenas Centrais Hidrelétricas, os empreendimentos hidrelétricos com potência maior que 1.000 kW e igual ou menor que 30.000 kW e com área total de acumulação igual ou menor a 3,0 km². As PCH's representam uma maneira ágil e eficiente de promover o aumento da oferta de energia elétrica no país. Esta atividade viabiliza um o bom atendimento de geração de energia para pequenos centros urbanos, complementando o fornecimento promovido pelo sistema interligado.

Os critérios para identificação das PCH's estão descritos na Resolução ANEEL N° 673, de 04 de Agosto de 2015. A sistemática de fiscalização da potência instalada definida na Resolução ANEEL n° 583, de 22 de Outubro de 2013, deve ser observado pelos agentes do setor elétrico e pela sociedade em geral.

Além da outorga concedida pela ANEEL, em Minas Gerais, uma PCH necessita pleitear o licenciamento ambiental junto ao órgão ambiental competente, no caso de MG, em uma Superintendência Regional de Meio Ambiente - SUPRAM. A regularização ambiental é baseada na Deliberação Normativa - DN n.º 74, de 09 de Setembro de 2004 do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, com código e enquadramentos específicos segundo a atividade desenvolvida pelo empreendimento, conforme **QUADRO 02**.

QUADRO 02 – Código enquadramento ambiental de uma barragem de geração de energia.**LISTAGEM E - ATIVIDADES DE INFRA-ESTRUTURA****E-02 - Infra-estrutura de Energia****E-02-01-1- Barragens de geração de energia – Hidrelétricas.**

Porte e Poluidor/Degradador		Ar: P	Água: G	Solo: G	GERAL : G
PORTE	CLASSE	PARÂMETROS			
Pequeno	03	Área Inundada < 150 ha e Capacidade Instalada < 30MW			
Grande	06	Área Inundada > 1000 ha ou Capacidade Instalada > 100MW			
Médio	05	Os demais			

Fonte: COPAM (2004).

Outros enquadramentos são: E-02-04-6 - Subestação de energia elétrica e E-02-03-8 - Linhas de transmissão de energia elétrica (COPAM, 2004). As PCH's deverão solicitar também a respectiva outorga de direito de uso dos recursos hídricos junta a SUPRAM, conforme Resolução Conjunta nº 1768, de 30 de Novembro de 2012 da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD/IGAM.

3.4 Embasamento legal nacional

A hidroeletricidade trata-se de uma atividade considerada de utilidade pública, por suas implicações ambientais e pelo uso de bens da União, que são os cursos d'água, a construção e exploração de hidrelétricas. Esta atividade é regida por um vasto embasamento legal, leis, decretos e resoluções (ANEEL, 2003). No **APÊNDICE A**, consta o embasamento legal nacional, onde são citadas as principais legislações nacionais e seus artigos referentes utilização de potenciais hidráulicos para a geração de energia e sobre as PCH's - Pequenas Centrais Hidrelétricas.

3.5 Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica ou área de drenagem é a área compreendida por um território que possui vários cursos de água, sendo dividida pelas cotas topográficas mais elevadas. As

precipitações convergem no interior desta bacia, sendo que uma parcela destas é escoada pela superfície e outra parte infiltrada no solo.

As precipitações integram-se a um curso de água que teve origem em uma surgência e/ou nascente, que seguem por gravidade até o rio principal ou um sistema conectado de cursos de água afluentes. Essas águas são ecoadas até uma única foz e/ou exutório localizados no ponto mais baixo da região. Da parte infiltrada, uma parcela escoada para os leitos dos rios, outra é evapotranspirada pela vegetação e outra é armazenada no subsolo compondo as reservas subterrâneas (ANA, 2011 e Tucci, 1997).

A lei nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, diz que bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH.

3.6 Classificação das águas doces e enquadramento

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 357 (2005), as águas doces possuem salinidade inferior a 0,05% e são classificadas em:

a) **classe especial:** abastecimento para consumo humano após desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

b) **classe I:** abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças consumidas cruas; e proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas;

c) **classe II:** abastecimento para consumo humano após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação; esqui aquático e mergulho; irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins com os quais o público possa ter contato direto; aquicultura e pesca;

d) **classe III:** abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; pesca amadora; recreação de contato secundário e dessedentação de animais;

e) **classe IV:** navegação e harmonia paisagística.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos Resolução nº 91, de 05 de Novembro de 2008, descreve que o enquadramento dos corpos de água em classes, de acordo com os usos preponderantes, é instrumento de gestão de recursos hídricos com a função de planejar e estabelecer metas a serem alcançadas. Ainda de acordo com esta resolução, no Art. 6º, o enquadramento com suas propostas e metas, deverão ser elaboradas visando ao alcance ou manutenção das classes de qualidade de água buscada, isto, de acordo com os cenários de tempo atual, médio e futuro.

A DN Conjunta COPAM / Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais - CERH -MG nº 01, de 05 de maio de 2008 no Art. 17, § 2º cita o seguinte:

Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes atuais ou pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria da qualidade da água e de condições de ambientes aquáticos para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais (COPAM/CERH -2008).

3.7 Poluição aquática

De acordo Rosa, et alii. (2012), algumas formas de poluição das águas podem ser consideradas **naturais**, como chuvas e atividades vulcânicas. Entretanto existe a poluição considerada **antrópica**, que é a principal responsável pelo desequilíbrio dos ecossistemas naturais, através do lançamento sem tratamento de efluentes sanitários e industriais; das atividades agrícolas e minerárias; dentre outras formas. A seguir, o **QUADRO 03** apresenta a classificação dos tipos de poluição.

QUADRO 03 - Classificação dos tipos de poluição: caracterização e consequências.

	Caracterização	Consequências
Térmica	Proveniente do lançamento de grandes volumes de água aquecida utilizada em processos de refrigeração em refinarias, siderúrgicas e termelétricas.	- mortandade das espécies aquáticas e alteração nos ciclos reprodutivos; - diminuição do Oxigênio Dissolvido; - potencialização dos poluentes presentes na água.

	Caracterização	Consequências
Sedimentar	Proveniente de erosões, desmatamentos, lançamentos de efluentes industriais, minerários, dentre outros. É caracterizado pelo acúmulo de partículas em suspensão (partículas de solo e / ou produtos químicos orgânicos ou inorgânicos insolúveis).	- bloqueiam a entrada de raios solares na lâmina de água, interferindo na fotossíntese de organismos aquáticos; - carreamento de poluentes químicos e biológicos; - assoreamento.
Biológica	Proveniente do lançamento de águas residuárias, com eventual presença de microrganismos patogênicos causadores de doenças que se encontram frequentemente presentes nos excrementos de humanos e de animais. Há outros tipos de “poluição” biológica como: a introdução de espécies exóticas ou extinção local de nativas; alterações ecológicas em populações e comunidades causadas por razões de ordem biológica ou patogêna.	- causa doenças em outros indivíduos: a) bactérias: provocam infecções intestinais epidêmicas e endêmicas (febre tifoide, cólera e leptospirose); b) protozoários: amebíase e giardíase; c) vírus: provocam hepatites e infecções; d) verminoses: esquistossomose.
Radioativa	Provenientes de lançamentos radioativos lançados ao mar, afundamento de arsenais nucleares e explosões atômicas submarinas ou fugas radioativas.	- danos à medula óssea, tecidos formadores de sangue e nódulos linfáticos; - câncer.
Química	Causada pela presença de compostos químicos indesejáveis. a) compostos biodegradáveis: matéria orgânica, sabões, proteínas, carboidratos e gorduras; b) compostos persistentes: plásticos, fibras sintéticas, tintas, borracha, solventes, agroquímicos, agentes preservantes, dentre outros.	- presença durante anos no meio ambiente; - efeitos cumulativos e podem demorar anos para serem sentidos; - problemas em recém nascidos; - disfunções nos rins e fígado, esterilidade e problemas neurológicos.

Os poluentes aquáticos podem ser divididos em duas categorias: inorgânicos e orgânicos, ver **QUADRO 04** com seus principais componentes e efeitos ao meio ambiente.

QUADRO 04 – Principais poluentes aquáticos e seus efeitos.

Poluentes inorgânicos	
Efeitos ao meio ambiente	exemplos
alteração na biota aquática e toxicidade	espécies metálicas essenciais e potencialmente tóxicas, amônia, cianeto, compostos de enxofre e dióxido de carbono;
eutrofização	fosfatos e nitratos.
Poluentes orgânicos	
Efeitos ao meio ambiente	exemplos
eutrofização, alteração na biota e estética	sabões e detergentes;
alteração na biota e estética	petróleo e BenzenoToluenoXileno - BTX;
efeitos biológicos	interferentes endócrinos;
toxicidade e efeitos biológicos	Bifenilas policloradas, pesticidas e dioxinas.

Fonte: Rosa, et alli (2012).

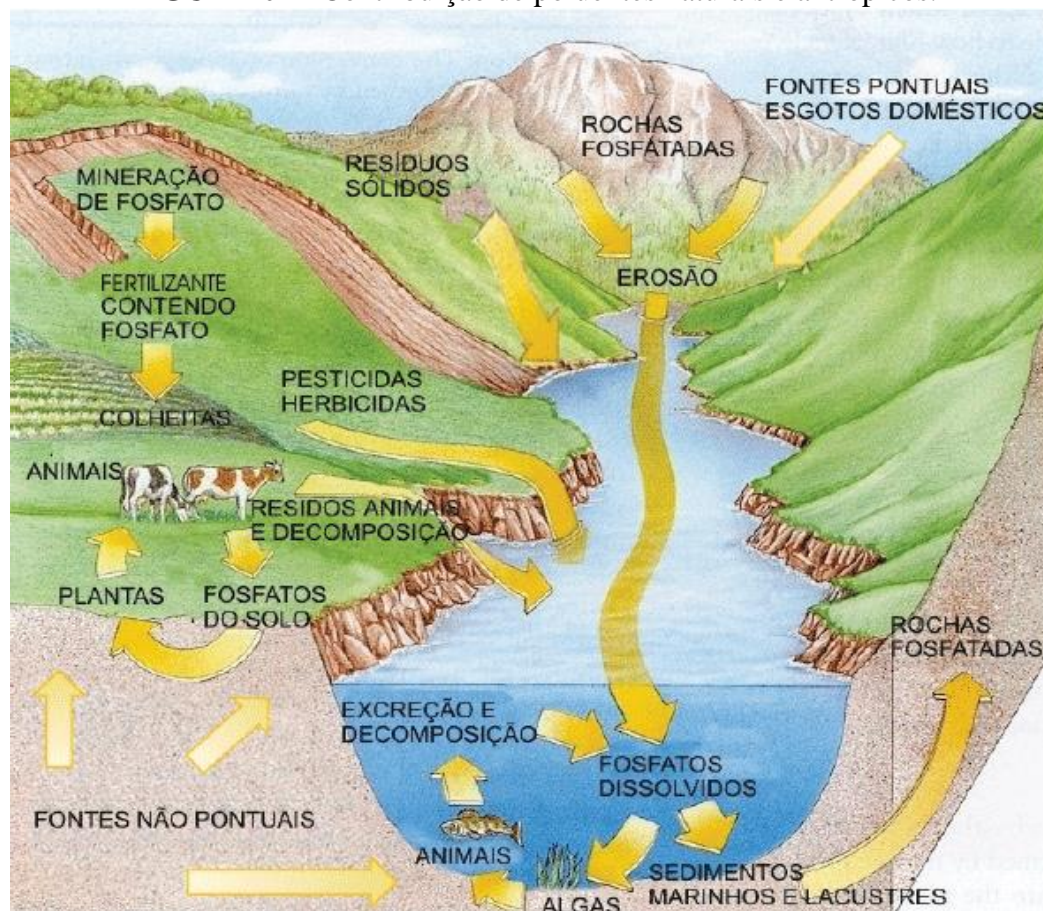
De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2014), a poluição também pode ser dividida em dois grandes grupos:

a) **pontual** - fonte identificável, como efluente de indústrias ou lançamento de esgoto doméstico;

b) **difusa** - é aquela cuja origem não pode ser identificada com precisão, como os produtos químicos usados na agricultura e na mineração carreados pelas chuvas ou a filtração de fossas sépticas e esgotos.

A degradação das características das águas naturais tem origem no aumento da concentração de compostos orgânicos nas águas tem como fontes de ações naturais e antrópicas. Os indicadores do teor de matéria orgânica nas águas naturais são medidos pelo seguintes parâmetros: Oxigênio Consumido, Demanda Biológica de Oxigênio - DBO, Demanda Química de Oxigênio - DQO, luz ultravioleta – UV 254, Carbono Orgânico Total - COT e cor verdadeira (FUNASA, 2014).

A **FIGURA 01** representa o conceito de bacia hidrográfica com todos os principais componentes importantes para a pesquisa e o gerenciamento.

FIGURA 01 - Contribuição de poluentes naturais e antrópicos.

Fonte: modificado de Dobson, 1999 apud Tundisi, (2008).

As grandes cargas de nutrientes lançadas nos corpos de água, além dos aportes naturais, são agravadas principalmente devido às ações antrópicas como atividades agrossilviopastoris, minerárias e efluentes de origem doméstica e industrial. Como consequência, ocorre um desequilíbrio do ambiente aquático, com a deterioração da quantidade e qualidade da água e comprometimento dos ecossistemas associados e usos múltiplos antrópicos (Moura, et alli, 2009 e Tundisi, 2008). Os principais nutrientes que auxiliam o crescimento de algas e macrófitas aquáticas são o nitrogênio e o fósforo.

De acordo com a FUNASA (2014), o nitrogênio pode ser encontrado sob diversas formas no meio aquoso:

a) nitrogênio molecular (N_2): nesta forma, o nitrogênio está, continuamente, sujeito a perdas para a atmosfera. Algumas espécies de algas fixam o nitrogênio atmosférico, o que permite o seu crescimento mesmo quando as outras formas de nitrogênio não estão disponíveis na massa líquida;

b) nitrogênio orgânico: constituído por nitrogênio na forma dissolvida (compostos nitrogenados orgânicos) ou particulada (biomassa de organismos);

c) íon amônio (NH_4^+): forma reduzida do nitrogênio, sendo encontrada em condições de anaerobiose, ambientes com pH neutro ou ácido; serve ainda, como indicador do lançamento de esgotos de elevada carga orgânica. A forma (NH_4^+) é menos tóxica ao ecossistema em comparação a amônia livre (NH_3);

d) íon nitrito (NO_2^-): forma intermediária do processo de oxidação, apresentando uma forte instabilidade no meio aquoso; e

e) íon nitrato (NO_3^-): forma oxidada de nitrogênio, encontrada em condições de aerobiose.

O ciclo do nitrogênio conta com a intensa participação de bactérias, tanto no processo de nitrificação (oxidação bacteriana do amônio a nitrito e deste a nitrato), quanto no de desnitrificação (redução bacteriana do nitrato ao gás nitrogênio). O nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas (plantas aquáticas superiores), sendo facilmente assimilável nas formas de amônio e nitrato. Em condições fortemente alcalinas, ocorre o predomínio de amônia livre ou não ionizável, que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos. Já o nitrato, em concentrações elevadas, está associado à doença da metahemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês. Em adultos, a atividade metabólica interna impede a conversão do nitrato em nitrito, que é o agente responsável por esta enfermidade (FUNASA, 2014, p.23).

Ainda de acordo com a FUNASA (2014), no ambiente aquático, o fósforo pode ser encontrado sob várias formas:

a) Orgânico: solúvel (matéria orgânica dissolvida) ou particulado (biomassa de micro-organismos);

b) Inorgânico: solúvel (sais de fósforo) ou particulado (compostos minerais, como apatita).

A fração mais significativa no estudo do fósforo é a inorgânica solúvel, que pode ser diretamente assimilada para o crescimento de algas e macrófitas. A presença de fósforo na água está relacionada a processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica, chuva) ou antropogênicos (lançamento de esgotos, detergentes, fertilizantes, pesticidas). Em águas naturais não poluídas, as concentrações de fósforo situam-se na faixa de 0,01 mg/L a 0,05 mg/L (FUNASA, 2014, p.23).

3.8 Crise hídrica

O entendimento da crise hídrica dos dias atuais, a valorização do recurso hídrico como bem público finito e a conscientização da necessidade de um uso mais sustentável da água, são fundamentais para que se tenha maior garantia da oferta hídrica para os usos múltiplos. Incentivar e melhorar técnicas de reuso da água, reduzir o desperdício em diversos setores como na indústria, na irrigação, na distribuição e no consumo residencial, além de implantar

ações de conservação de mananciais são medidas, entre outras, que devem ser priorizadas e apoiadas (ANA, 2014).

Investimentos em infraestrutura com atenção à segurança hídrica também devem ser priorizados, de maneira a garantir maior capacidade de acúmulo e acesso à água. A baixa oferta de água para os diferentes usos gera efeitos diretos no cotidiano da população e na economia do País. O que tem forçado grande atenção na busca de alternativas para o enfrentamento da escassez, exigindo medidas relacionadas não somente a economia de água, mas, sobretudo à melhoria da gestão de recursos hídricos no Brasil (ANA, 2014).

3.9 Qualidade das águas em reservatório

Um reservatório altera notavelmente os processos físicos, químicos e biológicos do ecossistema fluvial onde está localizado. Se não houver uma boa gestão dos seus usos múltiplos, volume/tempo de acumulação e contribuições das atividades existentes a montante, os principais processos afetados são: a reciclagem e o acúmulo de nutrientes, crescimento de fitoplâncton, desenvolvimento de macrófitas aquáticas, depósito de sedimentos, aumento do estado trófico, alterações nos padrões de estratificação térmica e de absorção da energia solar. Conseqüente, o barramento com uma má gestão certamente irá aumentar ainda mais os seus impactos sobre a biota aquática e qualidade da água local, tornando este, um reservatório precocemente eutrofizado (Cruz et al.,1995).

A eutrofização é um processo natural ou artificial de adição de nutrientes aos corpos de água, acarretando um excesso de matéria orgânica, superior à capacidade de decomposição do sistema. Os principais impactos da eutrofização são: redução da qualidade da água destinada ao abastecimento, queda da recreação/lazer, mortandade da biota aquática, deposição de algas mortas no fundo do reservatório e crescimento excessivo de macrófitas aquáticas (Cruz et al.,1995).

3.10 Macrófitas aquáticas

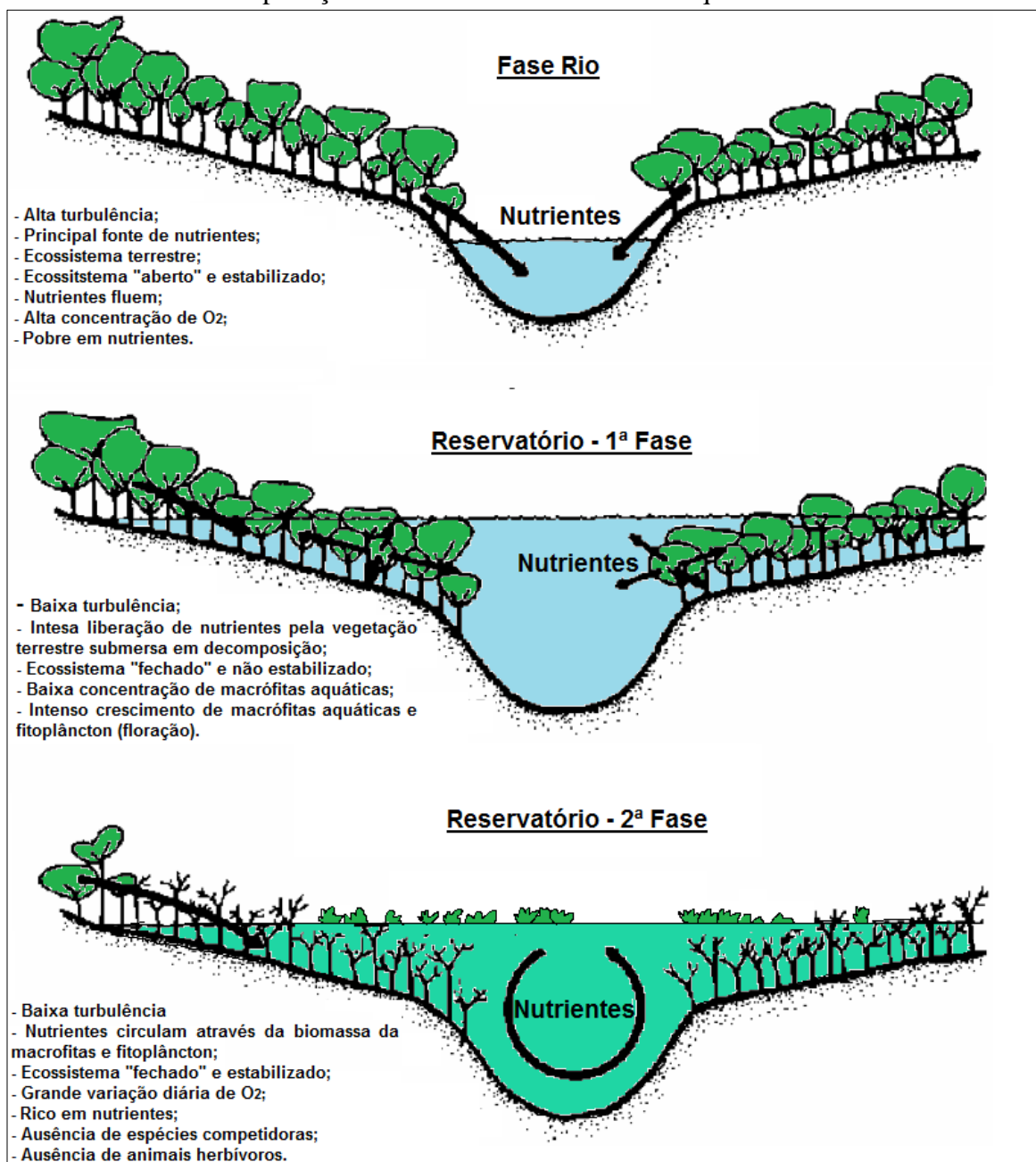
As macrófitas aquáticas são plantas essenciais ao perfeito equilíbrio do ambiente aquático, elas alimentam um elevado número de organismos, diminuem a turbulência das águas e retém sedimentos em suspensão. São também utilizadas como substrato para a desova e refúgio de vários organismos aquáticos, como insetos e peixes. (MOURA et alli, 2009). A principal comunidade produtora de biomassa dos lagos, reservatórios rasos e pequenos é

composta por macrófitas aquáticas. Essa comunidade exerce uma grande influência ecológica em todo ecossistema.

A eutrofização e o assoreamento, entretanto, favorecem um crescimento não controlado dessas plantas o que invariavelmente poderá causar graves problemas ambientais nos reservatórios, especialmente aqueles de pequeno porte.

A seguir na **FIGURA 02**, sequência de eventos em um reservatório, fase anterior à implantação, fase inicial e fase avançada com suas implicações sobre o crescimento de macrófitas aquáticas.

FIGURA 02 - Implicações crescimento de macrófitas aquáticas em reservatórios.



Fonte: modificado de Esteves (1998).

As macrófitas aquáticas possuem adaptação fácil e vasta diversificação ecológica. O aumento na proliferação de macrófitas aquáticas em reservatórios provoca vários impactos negativos ao ecossistema e aos seus usos múltiplos. A biomassa destes vegetais contribuem para aumentar o déficit de oxigênio, formação de sulfeto de hidrogênio (H₂S) e queda do pH da água, além de oferecer um substrato adequado à proliferação de vários organismos indesejáveis (exemplo: moluscos e insetos hospedeiros intermediários de parasitoses humanas) (Esteves, 1998).

De acordo com análises de Esteves (1998), é inviável a utilização de macrófitas aquáticas para controle da eutrofização artificial (aumento da oferta de fosfato e compostos nitrogenados). Essas plantas atingem um ponto de saturação e possuem limitação de absorção de toda a carga de nutrientes de entrada nos corpos de água. Ainda segundo Esteves (1998), a temperatura ideal para absorção de nutrientes é 20°C. A parte do fósforo absorvido é devolvida durante seus ritmos diários e na mortalidade de indivíduos (Grego & Pinto-Coelho, 1999).

3.11 Controles sobre a proliferação de macrófitas aquáticas

A escolha das medidas de controle e mitigação dos efeitos nocivos de macrófitas em reservatórios a serem utilizadas depende das características ambientais, financeiras e técnicas e deve ser estudada para cada local específico (Souza, et alli, 2012).

O manejo adequado das macrófitas aquáticas em reservatórios, precisa principalmente de ações direcionadas ao controle do uso e conservação do solo; proteção das matas ciliares; redução dos pontos de poluição, como a diminuição de aporte de nutrientes e ações diretas sobre estas plantas (Thomaz, et alli, 2003 e Pompêo, 2008).

A seguir, são apresentadas técnicas de controle e manejo abordadas.

3.11.1 Controle mecânico e físico

O controle mecânico das macrófitas aquáticas pode ser realizado de forma manual (pequenas áreas) ou utilizando equipamentos capazes de dragar, colher, empurrar, rebocar, picar, cortar ou realizar mais de uma função (ex. rotavator, ceifadeiras, guindastes e draga). Estas medidas envolvem a retirada da planta de seu banco de colonização; transporte até ambiente terrestre e transporte para descarte final ou reaproveitamento da biomassa. Todas

estas etapas devem ser realizadas com cuidados e critérios, pois envolvem ressuspensão de sedimentos, destruição de locais de reprodução e abrigos da fauna aquática. Apesar desta forma de controle ser eficiente em um curto prazo, a maior dificuldade está no emprego de sofisticadas máquinas adaptadas ou construídas especialmente para este fim, o que torna o processo oneroso (Thomaz, et alli, 2003, Souza, et alli, 2012 e Pompêu, 2008).

O controle físico pode ser realizado através de barreiras de contenção, como grades e “log boom”, ver **FIGURA 03**. O “Log boom” é um conjunto de boias cilíndricas e grades metálicas que ocupa aproximadamente o primeiro metro de profundidade do reservatório e é projetado para conter resíduos flutuantes e macrófitas aquáticas (Ministério de Meio Ambiente - MMA, 2014).

FIGURA 03 - Barreiras “Log Boom”.



Fonte: Lis Ambiental, 2016.

À remoção de macrófitas aquáticas pode ser realizada com diminuição do nível da água, ou seja, abertura das comportas da usina hidrelétrica. Esta técnica altera principalmente a hidrodinâmica do sistema, como a luminosidade e estratificação da coluna de água, causando impacto sobre toda a biota do reservatório (Pompêu, 2008). Após rebaixamento do nível de água, as macrófitas aquáticas morrem e ficam expostas sobre o solo seco. Por outro lado, a proliferação de algumas espécies de macrófitas aquáticas pode aumentar juntamente com a elevação do nível d' água (Thomaz, et alli, 2003).

O controle de macrófitas aquáticas com utilização de chamas depende de fatores como temperatura, tempo de exposição e consumo de energia. O tempo de exposição é inversamente proporcional à temperatura necessária. A vantagem deste método é que não

deixa resíduos químicos na água e no solo. A desvantagem é o preço e consumo de combustíveis não renováveis (Marchi et alli, 2005).

3.11.2 Controle químico

O controle químico utiliza componentes químicos que intoxicam as plantas indesejáveis, causando a mortalidade destas. Este método é utilizado em vários países pelo custo baixo e rapidez de ação. Foi levantado por Souza, et alli (2012), que o único herbicida autorizado para controle químico de plantas aquáticas no Brasil é o Fluridone, registro nº 3298/93 no IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, classificado como medianamente tóxico; perigoso ao meio ambiente; e indicado para aplicação diretamente na água em reservatórios de usinas hidrelétricas, para controle das plantas aquáticas das espécies *Egeria densa*, *Egeria najas*, *Ceratophyllum demersum* e *Hydrilla verticillata*.

De acordo com Pompêu (2008), em condições controladas os herbicidas imazapir, glyphosat, diquat e 2,4-D demonstraram ser eficientes no manejo de *Eichhornia crassipes* (aguapé). O mesmo salienta que a utilização de herbicidas demonstra efeitos adversos à biota (como danos a espécies que não são o alvo) e aos usos múltiplos como abastecimento público e contato primário. Deve-se atentar para os procedimentos de aplicação e produto mais efetivo para determinada espécie. Entretanto a problemática e as incertezas deste método, faz com controle de macrófitas aquáticas seja a alternativa menos indicada.

3.11.3 Controle biológico

O controle biológico utiliza organismos vivos como forma para controlar a proliferação de macrófitas aquáticas, como fungos, bactérias, vírus, insetos, mamíferos e peixes. O biocontrole ou bioherbicida significa aumentar a efetividade do organismo candidato. É preciso controlar as plantas invasoras, mas em contrapartida é necessário realizar o plantio de espécies nativas para sustentabilidade deste habitat (Souza, et alli, 2012).

Ávila et al. (2004), avaliou o crescimento, esporulação e virulência do inóculo de *Cercospora piaropi*, sendo este uma forma de promover o controle biológico da *Eichhornia crassipes* (aguapé), causando doença e morte destas plantas. O estudo de um bioherbicida necessita de muita atenção para estabelecer condições perfeitas para o desenvolvimento da doença, com intuito de melhorar o uso e a qualidade do inóculo. De acordo com Pompêu

(2008), a principal dificuldade deste método é cultivar organismo em larga escala, sendo necessários estudos do melhor período, tempo de aplicação e cuidados com a saúde dos aplicadores.

Os peixes e mamíferos herbívoros são os mais eficientes seres para controle biológico de plantas aquáticas. No caso dos peixes, estes poderão ser aproveitados pelo homem em sua cadeia alimentar. Estudos demonstram que a Carpa capim - *Ctenopharyngodon idella* é um peixe herbívoro capaz de digerir toda a celulose consumida. A desvantagem no uso da carpa capim é que ele é predador de outros seres não alvos além de ser uma espécie exótica. (Silva, 2014). Deve-se ter cuidado na inserção de novas espécies em meios aquáticos, principalmente espécies exóticas invasoras. Estas poderão acarretar o desenvolvimento de algumas espécies em detrimento de outras, formando colonizações pouco diversificadas, podendo causar problemas futuros ao ecossistema e aos usos múltiplos dos recursos hídricos (Souza, et alli, 2012 e Silva, 2014).

3.11.4 Reaproveitamento e compostagem da biomassa

A remoção das macrófitas aquáticas dos cursos de água gera um passível de resíduo orgânico, o reaproveitamento da biomassa além de promover a destinação adequada, reduz o volume destes que seriam encaminhados para os aterros sanitários devidamente certificados para essa finalidade. Observar, por exemplo, que quando se trata de reservatórios urbanos e periurbanos, essas macrófitas podem conter uma série de contaminantes tais como metais e outros xenobióticos. Para o caso da geração de biogás através da biomassa, esse método reduz a utilização de recursos ambientais não renováveis (Valitutto, 2014 e Buller, 2012).

Buller (2012) pesquisou o reaproveitamento da biomassa da planta *Eichhornia crassipes* (aguapé). Os resultados obtidos pelo autor permitem uma avaliação de modo sistêmico sobre a viabilidade ambiental e econômica da criação de um sistema para extração e aproveitamento para fins de produção de bio-óleos e biofertilizantes. Em ambientes naturais, as macrófitas aquáticas desenvolvem rapidamente, tem o ciclo de vida curto e são recicladas naturalmente. Em ambientes aquáticos impactados pelas ações antrópicas, o reaproveitamento da biomassa não é suficiente para controle da reprodução elevada das macrófitas aquáticas, uma vez que a quantidade retirada trata-se de uma pequena parcela do total destas. Para ter viabilidade este sistema dependerá principalmente de: investimentos financeiros e

tecnológicos, escala da produção, assim como do mercado potencial para o uso dos produtos produzidos.

O emprego de macrófitas aquáticas como adubo é realizado através da compostagem. Está ir a reduzir o volume e estabilizará o composto orgânico que poderá ser disposto no solo, desde que sejam verificadas as características da biomassa, como a ausência de metais pesados (Valitutto, 2014). Da mesma forma que quando as macrófitas são transportadas para aterros sanitários, deve-se observar o potencial dessas plantas em acumular grandes quantidades de diversos contaminantes. Dessa forma, a compostagem não poderá gerar adubos e fertilizantes que possam ser usados na agricultura de alimentos para consumo humano, como a horticultura.

Henry-Silva, et alii (2002), salienta que que a planta *Eichhornia crassipes* (aguapé) apresenta valor superior a 90% de água em seus tecidos, o que reduz o aproveitamento desse vegetal após a secagem além de implicar em consideráveis custos de energia necessária para retirar a água. Para reaproveitamento da biomassa de macrófitas aquáticas para fins de alimentação animal, deve-se utilizá-la apenas como um suplemento alimentar e não como única fonte de alimento, observado o fato de que essas plantas não contenham contaminantes, o que raramente é o caso. Segundo Esteves (1988), como fertilizante, a biomassa de macrófitas aquáticas tem sua melhor aplicação em tanques de piscicultura. Esse método tem como função aumentar o número de indivíduos da cadeia alimentar dos peixes, como: a floração de fitoplâncton; bactérias saprofíticas e cladóceros

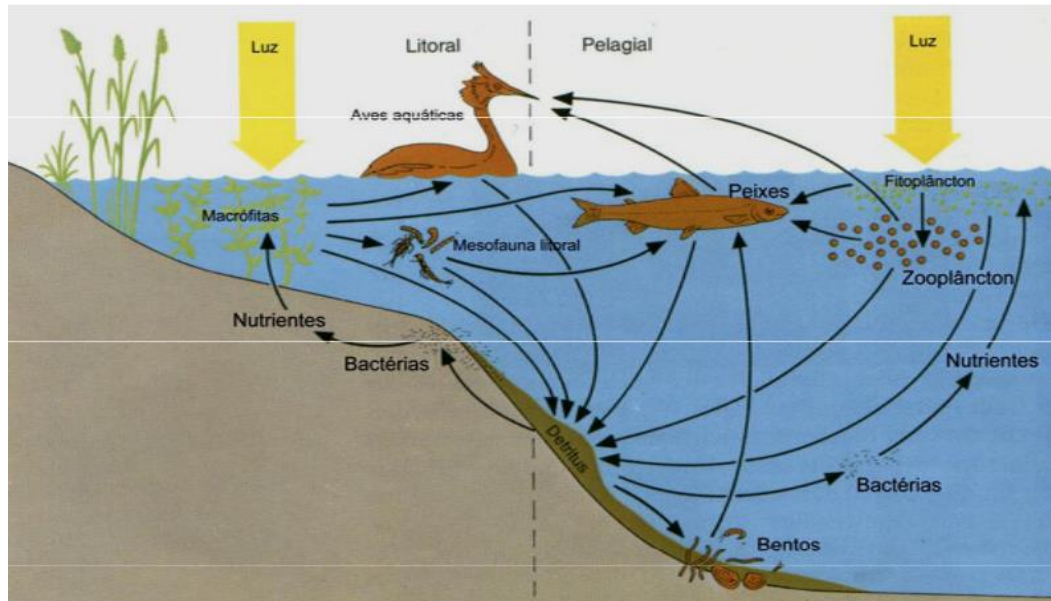
3.11.5 Manejo sustentável

A remoção de macrófitas aquáticas contribui na redução de teores nutrientes inseridos nos sistemas aquáticos. Porém não é recomendada a retirada total destas plantas devido alguns serviços ambientais oferecidos por elas, como: manutenção de taxas de produção primárias necessárias para manter peixes, por exemplo; abrigo para a fauna; ciclagem de nutrientes e retenção de sedimento em suspensão (Cezari, et alii, 2012).

Além das macrófitas aquáticas, deve-se monitorar a massa de água e todo ecossistema local, todos possuem papel fundamental para um ambiente equilibrado, ver **FIGURA 04**. Segundo Pinto-Coelho, et alii (2012), a luz solar e os nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, auxiliam no desenvolvimento de diversas plantas aquáticas divididas em: vegetação litorânea (macrófitas) e o fitoplâncton (microrganismos que vivem nas águas

abertas). Os principais consumidores da vegetação litorânea são: bentos, zooplâncton, e mesofauna litoral. O ciclo alimentar se completa com os peixes, aves, dentro outros. As bactérias, ao lado do zooplâncton, atuam na reciclagem dos nutrientes essenciais.

FIGURA 04 - Reservatório como um ecossistema.



Fonte: modificado de Pinto-Coelho et alli (2012) apud Smith (1999).

A recuperação de ambientes aquáticos demanda de um conjunto de ações integradas que envolvem a bacia hidrográfica, o ecossistema aquático e seus componentes físico, químico e biológico. Sendo que cada sistema aquático necessita de um tratamento especial no sistema de monitoramento. No Brasil, algumas represas, lagos e rios necessitam de programas de proteção, conservações e, em alguns casos, de recuperação, entre esses pode-se citar como exemplo o Lago Paranoá (Brasília); Represa Guarapiranga, Jundiá e Taiacupeba (São Paulo) e Represa Pampulha (Belo Horizonte) (Cezari, et all, 2012, p.11).

De acordo com alguns autores (Pompêu, 2008; Cezari, et all (2012) e Souza, et alii, 2012), é essencial conhecer essas interações entre as bacias e os sistemas aquáticos. É preciso ter um conjunto de programas multidisciplinares e monitoramentos, tendo como finalidade de antecipar possíveis alterações no sistema e acompanhar seus efeitos. Para que sejam implantadas ações sustentáveis e estratégicas para controle da proliferação de macrófitas aquáticas (ver **FIGURA 05**) é essencial que haja:

- monitoramento preventivo da qualidade e tempo de residência da água;
- controle de sedimentos e assoreamento;
- ações de controle e fiscalização;
- plano de comunicação social e tratamento da informação qualificada /educação ambiental;

- e) gestão de conflitos dos usos múltiplos e governança;
- f) redução de cargas poluidoras;
- g) tratamento dos efluentes;
- h) gestão do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica;
- i) integração da bacia hidrográfica: políticas públicas, população, indústria, empreendimentos agropecuários, prefeituras, ONG's e comitês de bacias, moradores, turistas e escolas;
- j) proteção dos mananciais e busca pela qualidade da água;
- k) banco de dados inteligente e acessível a todos;

FIGURA 05 - Fluxograma controle sustentável da proliferação de macrófitas aquáticas.



Fonte: adaptado pela autora.

4 Metodologia

A Pequena Central Hidrelétrica - PCH Carioca (antiga Cachoeira do Rosário), popularmente conhecida como reservatório do “Lago Azul” é de propriedade da Companhia de Tecidos “SANTANENSE”, unidade Pará de Minas, onde está instalado um dos seus complexos industriais. Conforme já citado, a PCH Carioca tem capacidade de geração de energia elétrica de 1.600 kW – quilowatts.¹ A produção de energia elétrica é destinada ao uso exclusivo da SANTANENSE, sendo assim, considerada uma usina Autoprodutora de Energia – APE.

Em consulta ao site do Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM de MG existe um processo em nome da CIA. DE TECIDOS SANTANENSE - Usina Carioca, onde a empresa possui um processo de LO – Licença de Operação nº 00678/2009/001/2009, em análise, onde de acordo com a DN 74 do COPAM, sua classe é 3 e seus códigos são: E-02-03-8 - linhas de transmissão de energia elétrica, E-02-04-6 - subestação de energia elétrica e E-02-01-1 - barragens de geração de energia hidrelétricas. Para os usos sobre os recursos hídricos, formalizou também um processo de outorga IGAM nº 02155/2009, para captação em barramento em curso de água, com regularização de vazão e um processo de outorga IGAM nº 10143/2012 para dragagem, limpeza ou desassoreamento de curso de água, ambos em análise técnica.¹

Segundo o Relatório e Plano de Controle Ambiental RCA – PCA da PCH CARIOCA, 2009, disponível no site do SIAM:¹

- a) o sistema encontra-se em operação desde 1969;
- b) possui uma área inundada de 143,7 hectares;
- c) um nível de coluna de água máximo de 8 metros, médio 6 metros e mínimo de 4 metros;
- d) possui um comprimento de 2 km e uma largura média de 0,5 km;
- e) a PCH conta com uma casa de força de 25 m²;
- f) uma turbina com vazão de 9,15 m³/s, queda líquida de 21,5 metros e vazão mínima de operação de 80%;
- g) um gerador com potência de 1,2 megawatt;
- h) linha de transmissão e subestação com 43,2 km de comprimento e tensão de transmissão 22 quilovolt.

¹<http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index.jsp>

4.1 Bacia Hidrográfica do Rio Pará e Sub-bacia Rio São João

O Rio Pará é afluente do alto curso do Rio São Francisco, situado no sudoeste do estado de Minas Gerais, possui uma extensão de cerca de 365 quilômetros. A área da Bacia Hidrográfica do Rio Pará compreende aproximadamente 12.3000 Km², onde se situam 35 municípios, com um total aproximado de 900 mil habitantes, sendo que cerca de 11% estão nas áreas rurais. A cidade mais populosa da bacia é Divinópolis, com aproximadamente 213.000 habitantes. Os principais afluentes do rio Pará são os rios do Peixe e São João (Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, 2013).

A gestão da Bacia Hidrográfica do Rio Pará é realizada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Pará - CBH- Pará. A AGB Peixe Vivo, criada em 2006, exerce a função de secretaria executiva da CBH-Pará - SF2, da CBH Velhas - SF5 e do Comitê Federal da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.

Os usos múltiplos da bacia hidrográfica do rio Pará preponderantes são: abastecimento doméstico, industrial, geração de energia elétrica, irrigação, dessedentação de animais, pesca, piscicultura e recreação de contato primário (FEAM, 2013).

Segundo o Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – PDBHR – Pará (2006), recomenda para a sub-bacia do Rio São João a classe 2. Para que essa classe seja atendida, serão necessárias implantações de diversas medidas mitigadoras/ações e mesmo assim, existem fortes indícios de que a classe está longe de ser alcançada. Entre os parâmetros violados no monitoramento de qualidade da sub-bacia do Rio São João descritos no PDBHR – Pará (2006), destacam-se:

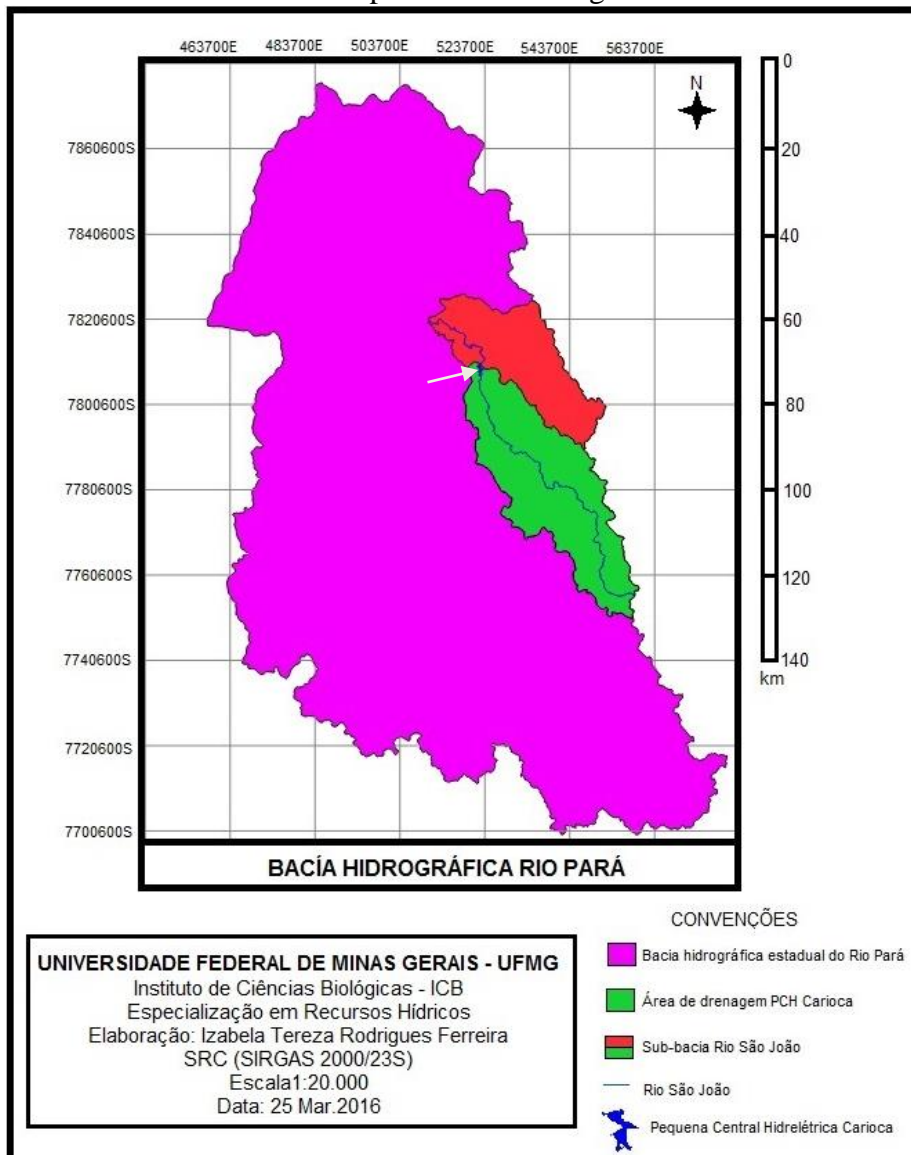
“(…)coliformes termotolerantes; coliformes totais; fósforo total; óleos e graxas; DBO; nitrogênio amoniacal; surfactante; sulfetos; cobre; cianetos; fósforo total; ferro; fenóis; turbidez; cor. Estas violações indicam poluição a partir de: esgoto sanitário; Usina Hidrelétrica de Itaúna; despejos de indústrias metalúrgicas, especialmente de produção de ferro-gusa, que se constituem em fonte potencial de geração de fenóis; utilização de defensivos agrícolas; despejos das atividades industriais da cidade de Itaúna, especialmente as têxteis e alimentícias; despejos de atividades industriais e pecuárias do Município de Itaúna, suinocultura; resíduos sólidos urbanos; expansão urbana; atividades minerárias; assoreamento; nascentes sem proteção; lançamentos de esgotos domésticos e os despejos industriais e pecuários advindos do Município de Itaúna; lançamento do esgoto de Igaratinga e Onça do Pitangui, através do Ribeirão Paciência; em Igaratinga existem cerâmicas, que fazem extração de areia e argila e extrativismo; atividades de avicultura e suinocultura de grande porte; utilização de defensivos agrícolas; é possível que o elevado teor de níquel seja proveniente do Ribeirão Paciência; é possível que o cobre seja proveniente de efluentes e resíduos de indústrias do ramo têxtil instaladas nos municípios de Itaúna e Pará de Minas; ferro é um constituinte típico do solo da região (PDBHR-PARÁ, 2006).

4.2 Caracterização, coleta de dados e discussões

Localizada entres os municípios de Pará de Minas – MG e Conceição do Pará – MG, a barragem do reservatório da PCH do Carioca possui as seguintes coordenadas geográficas: Datum SIRGAS 2000, latitude S 19° 48' 23,64" e longitude W 44° 47' 07,19" e uma cota de 682 metros de altitude em relação ao nível do mar.

A bacia hidrográfica federal é a do Rio São Francisco, a bacia estadual é a do Rio Pará e a sub-bacia a montante da PCH do Carioca é a do Rio São João. A seguir (ver **FIGURA 06**) mapa da bacia hidrográfica do Rio Pará representada na cor roxa e a sub-bacia do Rio São João nas cores verde e vermelha, sendo que a cor verde representa a área de drenagem a montante da PCH do Carioca e cor a vermelha a área de drenagem a jusante até quando o Rio São João deságua no Rio Pará.

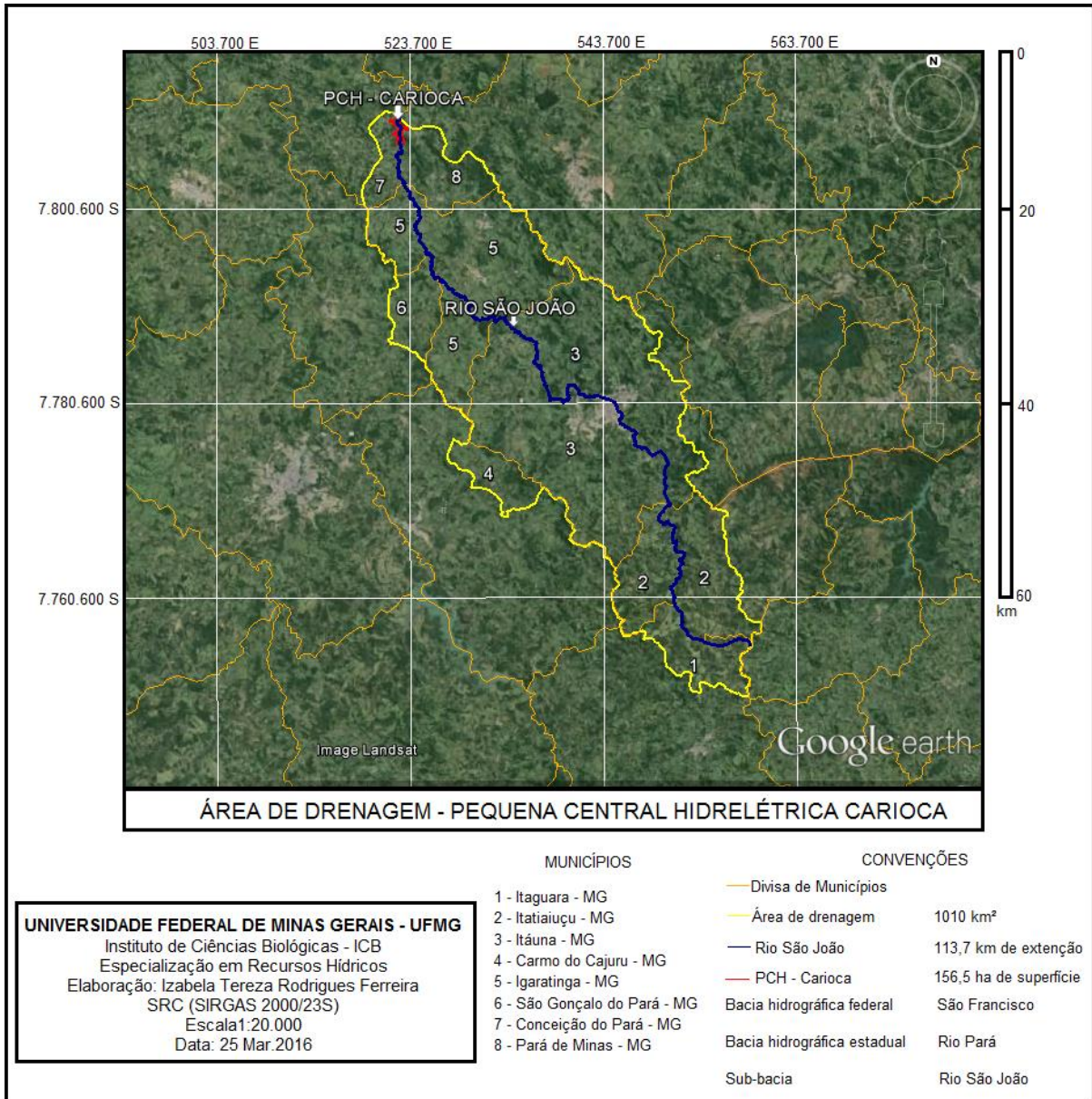
FIGURA 06 - Mapa da bacia hidrográfica do Rio Pará.



Fonte: ZEE – Zoneamento Ecológico e Econômico (2016), adaptado pela autora.

Na **FIGURA 07**, podemos observar a área de drenagem a montante da PCH do Carioca. O primeiro município é Itaguara, onde está localizada a nascente do Rio São João. Os demais municípios pertencentes à área de drenagem do estudo em questão são: Itatiaiuçu - MG; Itaúna - MG; Carmo Cajuru - MG; Igaratinga - MG; São Gonçalo do Pará – MG; Conceição do Pará – MG e Pará de Minas - MG.

FIGURA 07 - Vista de satélite para os municípios da área de drenagem PCH do Carioca.



Fonte: ZEE e Google earth (2016), adaptado pela autora.

De acordo com IBGE e prefeituras dos municípios citados acima, apresentamos a seguir no **QUADRO 05** a caracterização simplificada dos municípios contribuintes e localizados na área de drenagem a montante da PCH do Carioca.

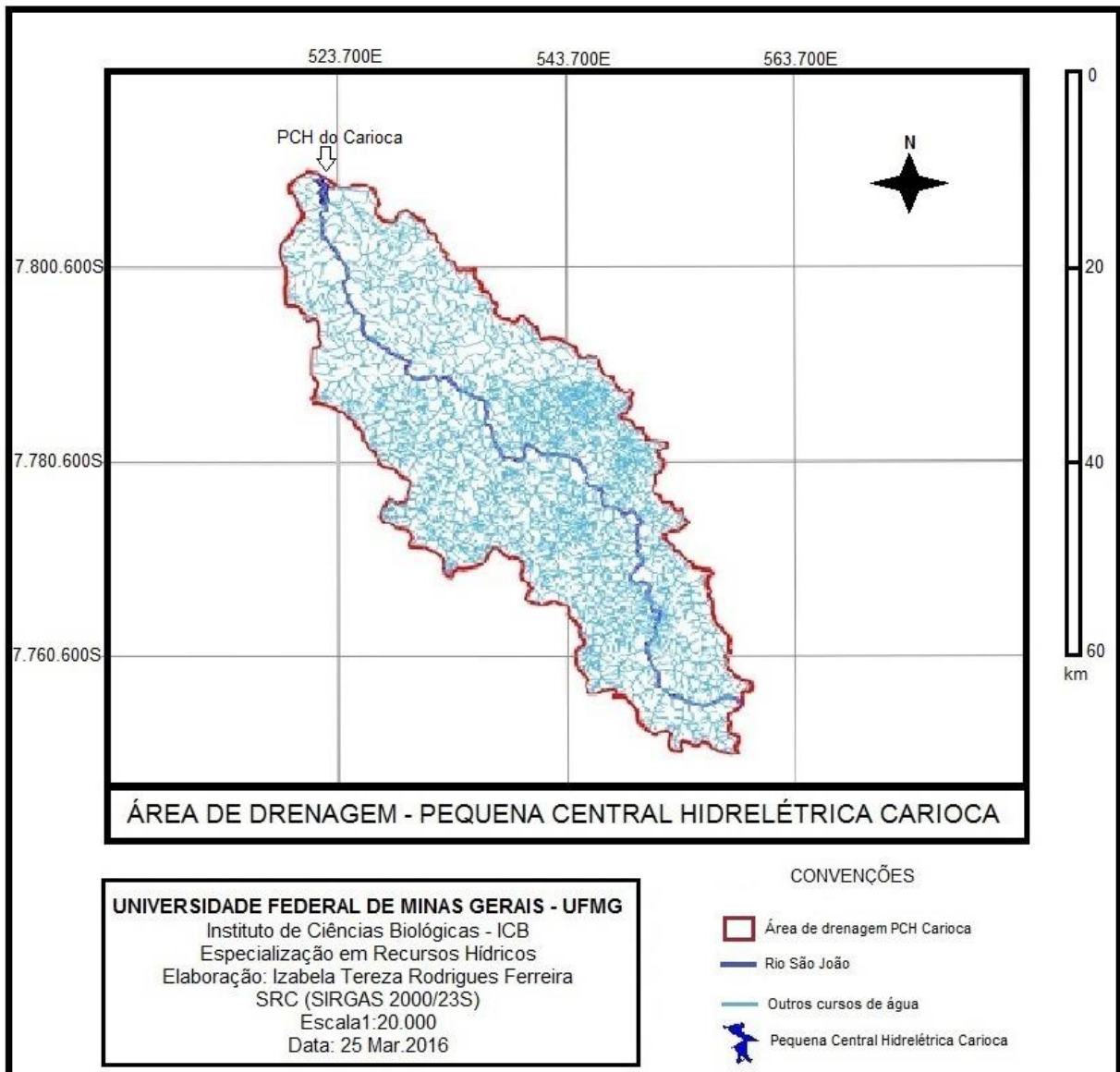
QUADRO 05 - Caracterização simplificada dos municípios a montante da PCH do Carioca – área de drenagem.

	ITAGUARA	ITATIAUÇU	ITAÚNA	CARMO DO CAJURU	IGARATINGA	SÃO GONÇALO DO PARÁ	CONCEIÇÃO DO PARÁ	PARÁ DE MINAS
Fundação	1944	1963	1939	1949	1963	1949	1963	1848
Estado	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais
Mesorregião	Metropolitana	Metropolitana	Oeste de Minas	Oeste de Minas	Oeste de Minas	Oeste de Minas	Oeste de Minas	Metropolitana
População 2010	12.372 hab.	9.928 hab.	85.463 hab.	20.012 hab.	9.264 hab.	10.398 hab.	5.158 hab.	84.215 hab.
Área territorial	410,468 km ²	295,145 km ²	495,769 km ²	455,808 km ²	218,343 km ²	265,730 km ²	250,331 km ²	551,247 km ²
Densidade demográfica	30,14 hab/km ²	33,64 hab/km ²	172,38 hab/km ²	43,90 hab/km ²	42,43 hab/km ²	39,13 hab/km ²	20,6 hab/km ²	152,77 hab/km ²
IDHM 2010	0,691	0,677	0,758	0,710	0,651	0,689	0,700	0,725
Bioma	Cerrado e Mata Atlântica	Mata Atlântica	Cerrado e Mata Atlântica	Cerrado e Mata Atlântica	Cerrado e Mata Atlântica	Cerrado	Cerrado e Mata Atlântica	Cerrado e Mata Atlântica
Temperatura média anual	20 °C	20,5 °C	21,8 °C	21,4 °C	21,3 °C	22 °C	23°C	20 °C
Distância até Belo Horizonte	98,4 km	75,2 km	80,8 km	115 km	99,2 km	121 km	136 km	83,6 km
PIB Serviços	89.263	378.488	1.004.452	107.377	48.665	40.471	33.895	965.665
PIB Indústria	23.200	1.188.257	770.947	76.935	13.626	51.743	69.428	585.379
PIB Agropecuária	13.133	25.765	27.560	25.562	31.983	11.177	10.953	87.271
Destaque economia	Agropecuária, agroindústria, fundição de ferro-gusa e extração de areia e argila.	Mineração de ferro-gusa e hortifrutigranjeiro	Mineração, siderurgia, usinagem, têxtil e curtidora.	Fábrica de móveis	Agropecuária, mineração areia e argila, cerâmicas de barro e indústria têxtil.	Calçadista, têxtil, curtidora, indústria de doces e laticínios, cerâmicas, siderurgias e agropecuária.	Agropecuária, serviços e mineração de ouro.	Hortifrutigranjeiro, agroindústria, mineração, siderurgia e têxtil.
Altitude máxima	1.200 m	1.334 m	1.191 m	1345 m	1398 m	970 m	1337 m	1196 m
Altitude mínima	860 m	993 m	857 m	747 m	785	736 m	639 m	772 m
Índice médio pluviométrico anual	1.382 mm	1.480 mm	1.419 mm	1.345 mm	1398 mm	1500 mm	1.400 mm	1.465 mm
Concessionária água e esgoto	SAAE	COPASA	SAAE	SAAE	COPASA	COPASA	COPASA	ÁGUAS DE PARÁ DE MINAS
ETE	Em construção	Não	Em construção	Construção paralisada	Não	Não	Não	Sim

Fonte: IBGE (2016); climate.org; prefeitura Itaguara, Itatiaçu, Itaúna, Carmo do Cajuru, Igaratinga, São Gonçalo do Pará, Conceição do Pará e Pará de Minas.

Os municípios a montante da PCH do Carioca possuem diferentes seguimentos econômicos. Nas atividades agrossilviopastoris destacam-se: hortifrutigranjeira, silvicultura, avicultura, suinocultura e bovinocultura de leite e corte. Na mineração, destaca-se: extração mineral de areia e argila para cerâmicas regionais. No ramo industrial destacam-se: siderurgia, fundição, curtidora e têxtil. Os principais centros populacionais são os municípios de Itaúna e Igaratinga, dentre outros pontos com menor densidade demográfica. A **FIGURA 08** apresenta todos os cursos de água contribuintes da área de drenagem da PCH do Carioca. Além da contribuição hídrica, todos os sedimentos e poluentes de origem natural ou decorrente do lançamento de efluentes sem tratamento das atividades antrópicas descritas acima são drenados para o curso de água principal, o Rio São João.

FIGURA 08 - Cursos de água contribuintes do rio São João a montante da PCH do Carioca.



Fonte: ZEE (2016), adaptado pela autora.

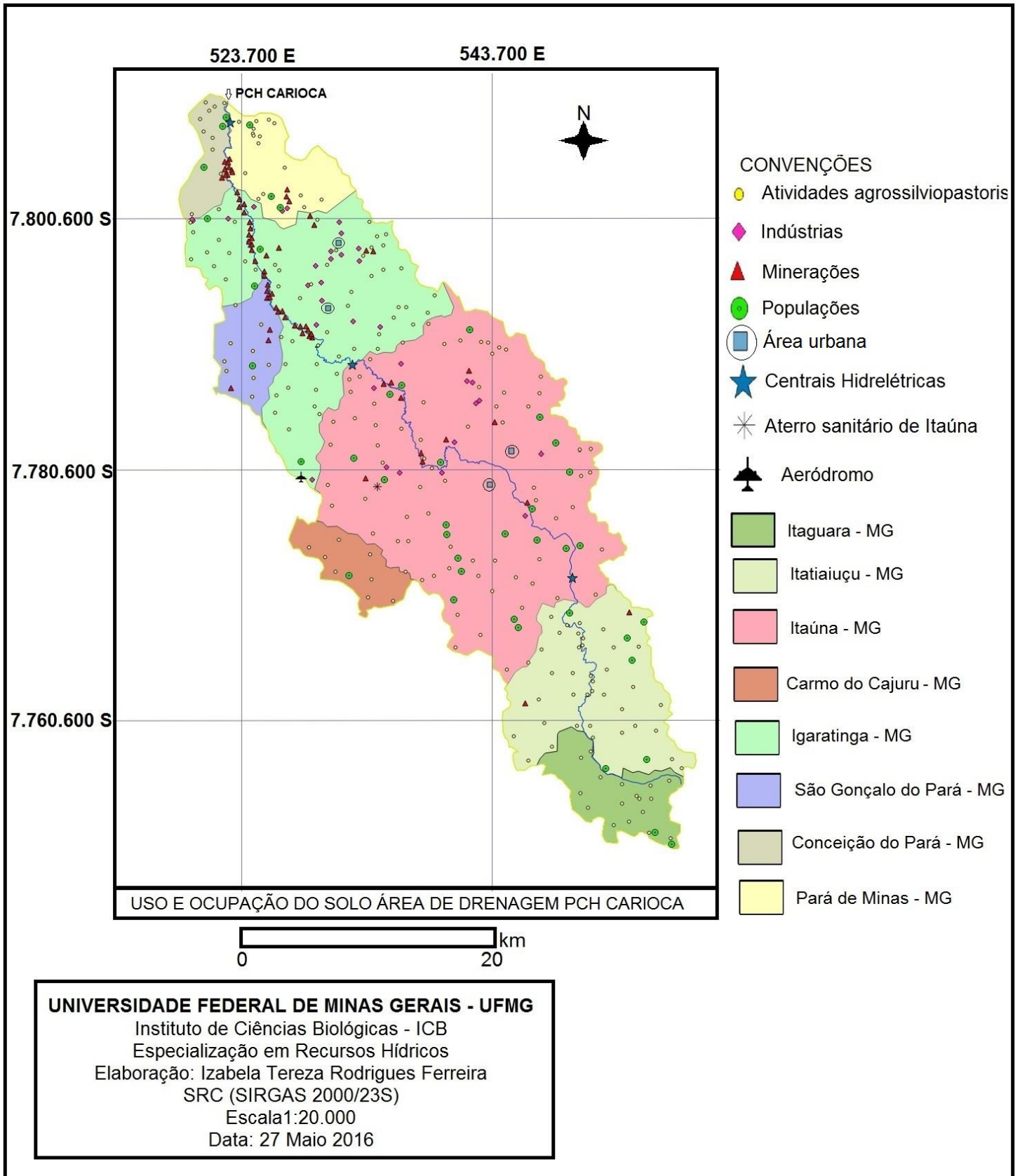
O nível de eutrofização de um reservatório está diretamente associado à forma de uso e ocupação do solo predominante na área de drenagem da bacia hidrográfica. Isto, tendo em vista que em um ambiente natural, sem interferência antrópica, são reduzidos: o aporte de nutrientes (fósforo e nitrogênio) ao corpo d'água; assoreamento e proliferação de macrófitas aquáticas, estando este ambiente em estado equilíbrio ecológico.

A retirada da vegetação nativa da bacia para ocupação das atividades **agrossilviopastoris** como: agricultura, bovinocultura, avicultura, suinocultura e monoculturas como de eucalipto, aceleram o processo de deterioração de um corpo receptor. Entretanto é importante salientar que as ações antrópicas na área de drenagem da PCH do Carioca, em sua maioria, já estão consolidadas há vários anos, sendo que nas áreas rurais estão caracterizadas principalmente por pastagens; agricultura; galpões de suinocultura e avicultura e; silvicultura, remanescendo apenas alguns fragmentos de vegetação nativa e matas ciliares em cada propriedade. Essas atividades são muito importantes para o desenvolvimento econômico regional, mas também provocam impactos negativos, sendo necessária principalmente a aplicação de:

- a) medidas de controle para redução/tratamento eficiente dos efluentes oriundos dessas atividades e reaproveitamento energético quando for possível e viável economicamente;
- b) impermeabilizar o solo das lagoas de tratamento dos efluentes da suinocultura;
- c) acondicionar e destinar os resíduos sólidos de maneira ambientalmente correta, de acordo com as características intrínsecas de cada material e normas vigentes;
- d) efetuar a compostagem dos resíduos orgânicos provenientes destas atividades;
- e) uso adequado de fertilizantes agrícolas e medicamentos para os animais;
- f) aplicar tempo de vazio sanitário nas plantações e galpões granjeiros;
- g) uso racional dos recursos hídricos;
- h) adotar lotação de animais compatível com a capacidade de suporte da pastagem;
- i) regularizar ambientalmente perante aos órgãos competentes;
- j) preservar as áreas de preservação permanentes e remanescentes de vegetação nativa em quantidade igual ou superior exigida pela lei nº 20.922, 16 de out. de 2013;
- k) instalação do sistema de fossa-séptica para os efluentes domésticos, composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro (populações rurais ou áreas isoladas).

Como se pode observar na **FIGURA 09**, nas áreas rurais, a atividade preponderante de contribuição da área de drenagem da PCH do Carioca é proveniente das atividades **agrossilviopastoris**.

FIGURA 09 - Uso e ocupação do solo da área de drenagem da PCH do Carioca.



Fonte: Google earth (2016), adaptado pela autora.

Segundo a **FIGURA 09**, a **extração mineral de areia e argila** também possui destaque de contribuição para a área de drenagem da PCH do Carioca. Nota-se, que os pontos de extração em cavas aluvionares e no leito do Rio São João estão mais adensados a partir do município de Igaratinga, seguindo pelos os municípios de São Gonçalo do Pará, Pará de Minas e Conceição do Pará. A extração de argila é utilizada para a fabricação de tijolos nas diversas cerâmicas existentes nestas regiões e a areia é destinada para a construção civil.

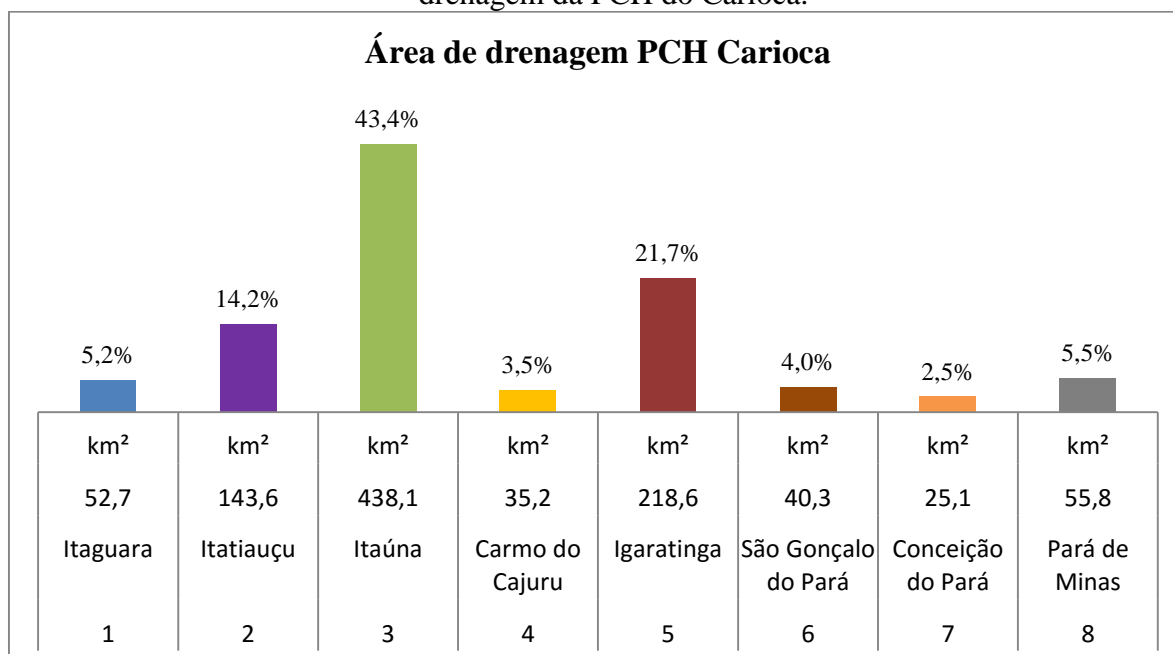
A extração de areia e argila acarreta impactos significativos ao corpo receptor, isto, devido à lixiviação de poluentes/sedimentos oriundos do revolvimento do fundo dos leitos dos rios e das cavas aluvionares e também devido ao derramamento de óleos e graxas dos maquinários do processo. Em consulta ao site do SIAM, verificou-se que nestas regiões predominam empreendimentos com o potencial poluidor/degradador: M e porte: P, sendo assim enquadrados em classe I de acordo com a DN nº 74 do COPAM. Esta classe não exige que o empreendedor apresente ao órgão ambiental medidas de controle e ações mitigadoras de seus impactos, sendo passível apenas de um simples processo de AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento. Entretanto, é necessário apresentar junto ao processo de AAF um responsável técnico, entende-se que este irá realizar monitoramentos e irá apresentar ao empreendedor ações de mitigação a serem aplicadas. Alguns exemplos dessas ações são:

- a) decantação de sólidos em caixa de sedimentação e bacia de decantação;
- b) devolução da água ao rio com no mínimo dois metros da margem;
- c) manutenção periódica dos equipamentos e máquinas;
- d) acondicionar e destinar os resíduos sólidos de maneira ambientalmente correta, de acordo com as características intrínsecas de cada material e normas vigentes;
- e) uso racional dos recursos hídricos;
- f) regularizar perante aos órgãos competentes;
- g) preservar as áreas de preservação permanentes e remanescentes de vegetação nativa em quantidade igual ou superior a exigida pela lei nº 20.922, de 16 de out. de 2013;
- h) recuperar as áreas degradadas no final da intervenção e aplicar plano para recuperação da flora.

Em complementação da **FIGURA 09**, o **GRÁFICO 02** representa a porcentagem de contribuição de sedimentos e poluentes em relação à área de drenagem da PCH do Carioca. Percebe-se que em relação à área de ocupação, os municípios de Itaúna e Igaratinga são os principais contribuintes do Rio São João. Outro ponto a salientar, é que estes são os únicos

que possuem o perímetro urbano totalmente localizado dentro da área de drenagem do presente estudo.

GRÁFICO 02 - Porcentagem de contribuição dos municípios em relação à área de drenagem da PCH do Carioca.



Fonte: ZEE (2016), adaptado pela autora.

Ainda segundo a **FIGURA 09**, as **indústrias** localizadas na área de drenagem estão localizadas próximas ou inseridas nas **áreas urbanas** dos municípios de Itaúna e Igaratinga. Juntos, estes municípios possuem indústrias de diferentes tipologias, uma única indústria pode gerar diversos tipos de efluentes que demandam tratamentos específicos de acordo com suas características intrínsecas. Para prevenir que o lançamento de poluentes possa causar desequilíbrio ao meio ambiente, a concessionária de água e esgoto ou o município deverá exigir que as indústrias ou fontes de geração de efluentes não domésticos possuam ETE's próprias e com eficiência de acordo com a legislação vigente, DN COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de Maio de 2008, para assim então, poder lançar seus efluentes na rede pública coletora de esgotos.

De acordo com Von Sperling, M, 1996, o assoreamento oriundo dos sedimentos carregados em áreas urbanas impermeabilizadas agrava a situação da proliferação das macrófitas em reservatórios. Outro aspecto importante é que a drenagem urbana transporta uma carga muito maior de nutrientes que os demais tipos de ocupação da bacia. Entretanto, o maior fator de deterioração dos cursos de água está associado aos efluentes urbanos. Estes contêm nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos

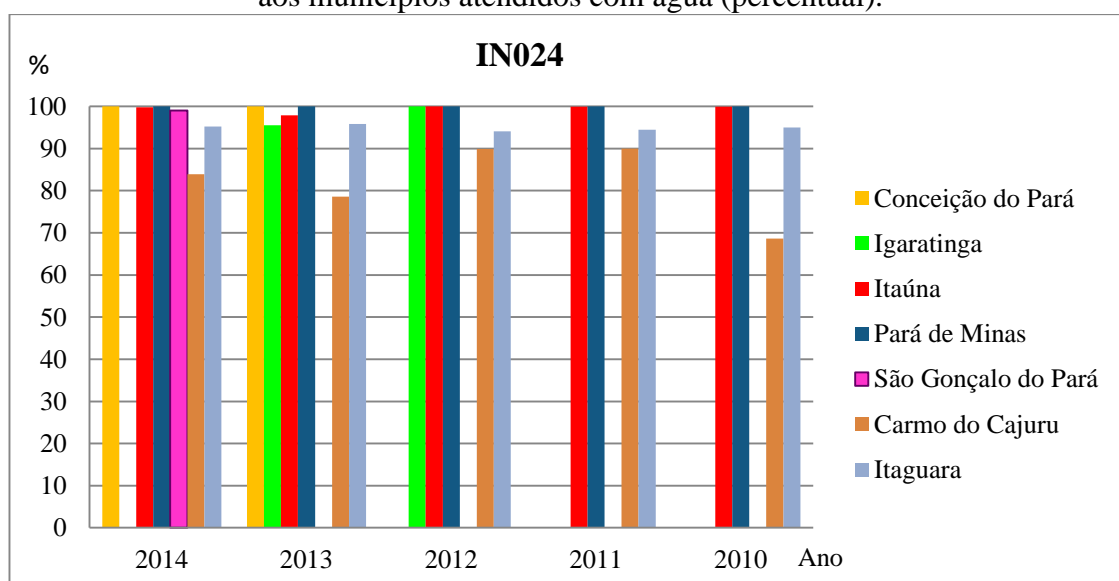
detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. Como já foi dito neste estudo, N e P provocam elevação das populações de algas e outras plantas aquáticas.

As concessionárias e/ou município são responsáveis pela operação da captação, tratamento e distribuição de água em: quantidade atendendo o consumo doméstico, comercial e industrial; com continuidade e em qualidade atendendo ao padrão de potabilidade prevista em lei. A coleta e o tratamento dos esgotos podem ser realizados de diferentes maneiras e com diferentes graus de eficiência. Entretanto, em muitos municípios predomina ainda o despejo dos efluentes sanitários diretamente nos rios ou com tratamento parcial dos efluentes coletados. Por esse motivo, em função das características dos sistemas de coleta e tratamento que utilizam as concessionárias e/ou município, estes calculam suas tarifas de esgoto com o percentual das tarifas cobradas pelo consumo de água.

Foram levantados os indicadores de tratamento de esgoto de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS - Série Histórica para alguns diagnósticos. As informações do SNIS são coletadas anualmente e provêm de prestadores de serviços ou órgãos municipais encarregados da gestão dos serviços, sendo à base de dados totalmente pública e disponibilizada gratuitamente. Para que um município tenha acesso aos recursos financeiros do governo federal para obras de saneamento básico, pelo menos um prestador de serviços tem que ter respondido ao programa de coleta de informações sobre água e esgoto.

A seguir, o **GRAFICO 03** apresenta o indicador referente aos anos de 2010 a 2014 para o atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água.

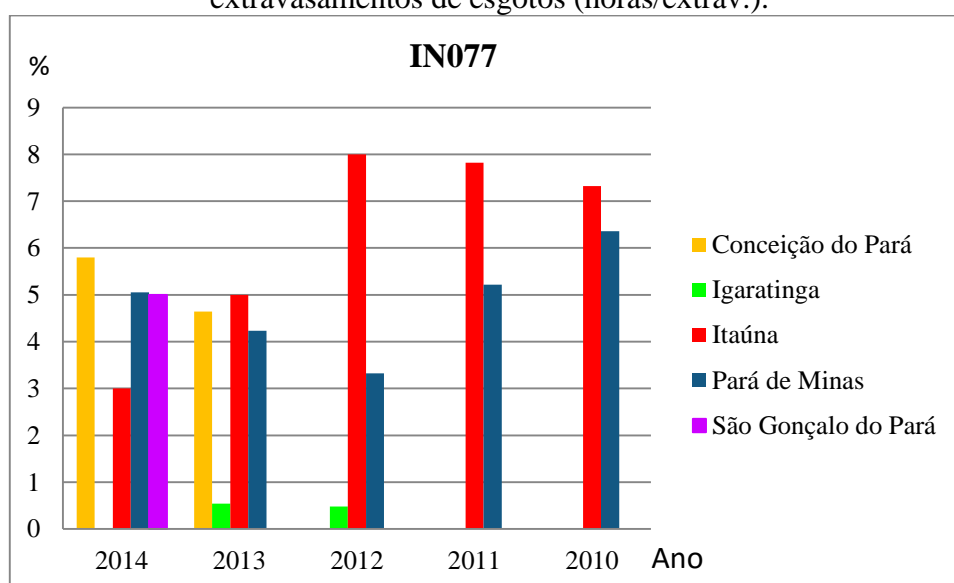
GRÁFICO 03 - IN024_AE - Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com água (percentual).



Fonte: SNIS (2016), adaptado pela autora.

De acordo com o **GRÁFICO 03**, dos oito municípios integrantes da área de drenagem da PCH do Carioca: Itatiaiuçu não enviou dados; Conceição do Pará enviou apenas os dados de 2013 e 2014; Igaratinga enviou apenas 2012 e 2013; São Gonçalo do Pará enviou apenas 2014 e os demais municípios enviaram os dados de 2010 a 2014. Neste gráfico podemos observar que Itaguara e Carmo do Cajuru possuem menor porcentagem para atendimento urbano de esgoto e em 2013, Igaratinga e Itaúna diminuíram o atendimento em comparação com o ano de 2012.

GRÁFICO 04 - IN077_AE - Duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos (horas/extrav.).

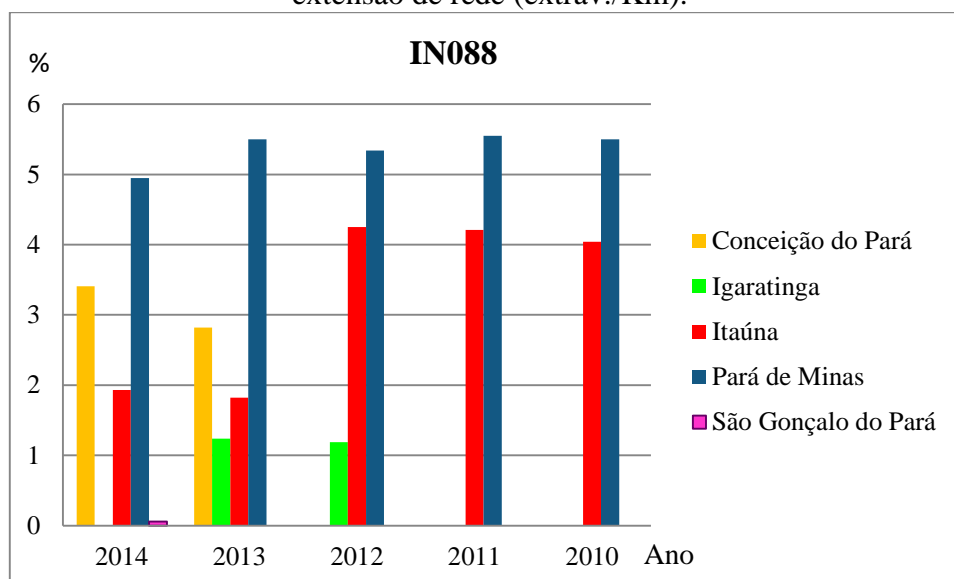


Fonte: SNIS (2016), adaptado pela autora.

O **GRÁFICO 04** apresenta a duração média dos reparos de extravasamentos de esgotos (horas/extrav.). Dos oito municípios, apenas cinco enviaram dados para o período de 2010 a 2014, sendo que apenas Pará de Minas e Itaúna enviaram dados para todos os anos. Neste gráfico podemos observar que o município de Itaúna apresenta maior porcentagem em tempo de reparos para extravasamentos de esgoto, seguido por Pará de Minas, Conceição do Pará, São Gonçalo do Pará e Igaratinga. É importante salientar que os municípios de Itaúna e Pará de Minas possuem maior densidade populacional.

O **GRÁFICO 05** demonstra extravasamentos de esgotos por extensão de rede (extrav./Km) dos anos de 2010 a 2014. Itaúna e Pará de Minas enviaram os dados para todos os anos, São Gonçalo enviou os dados apenas em 2014, Igaratinga apenas em 2012 e 2013, Conceição do Pará apenas 2013 e 2014, os demais municípios não enviaram nenhum dado. Novamente, Pará de Minas e Igaratinga apresentam maior porcentagem em relação extravasamento de esgotos.

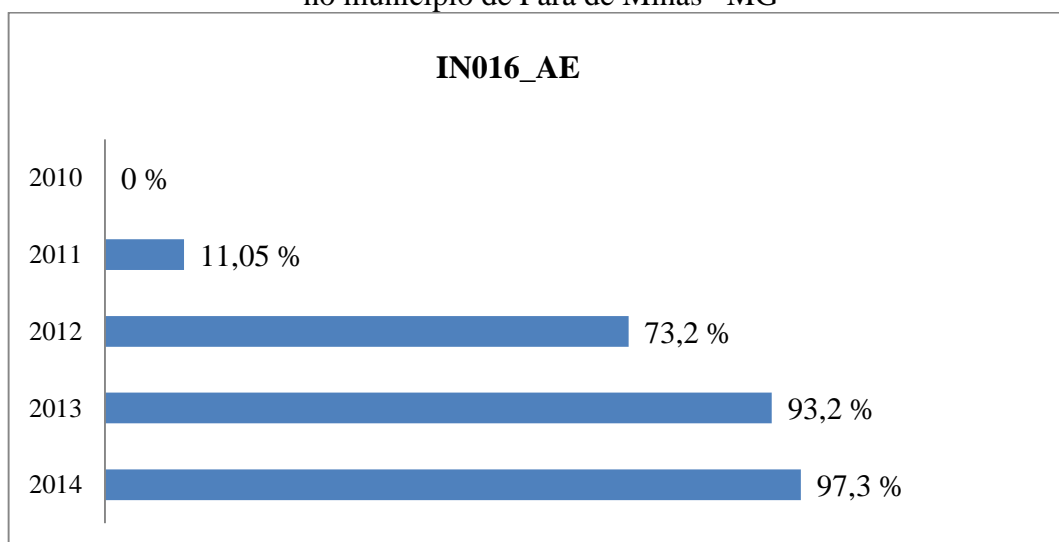
GRÁFICO 05 - IN082_AE - Extravasamentos de esgotos por extensão de rede (extrav./Km).



Fonte: SNIS (2016), adaptado pela autora.

Dos oito municípios integrantes da área de drenagem da PCH do Carioca, o único que possui indicadores nos anos de 2010 a 2014 para tratamento de esgoto é o Município de Pará de Minas – MG. É importante salientar que o perímetro urbano do município de Pará de Minas que contribui para a área de drenagem deste estudo está presente apenas nos distritos Torneiros e Carioca.

GRÁFICO 06 - IN016_AE - Índice de tratamento de esgoto (percentual) no município de Pará de Minas –MG

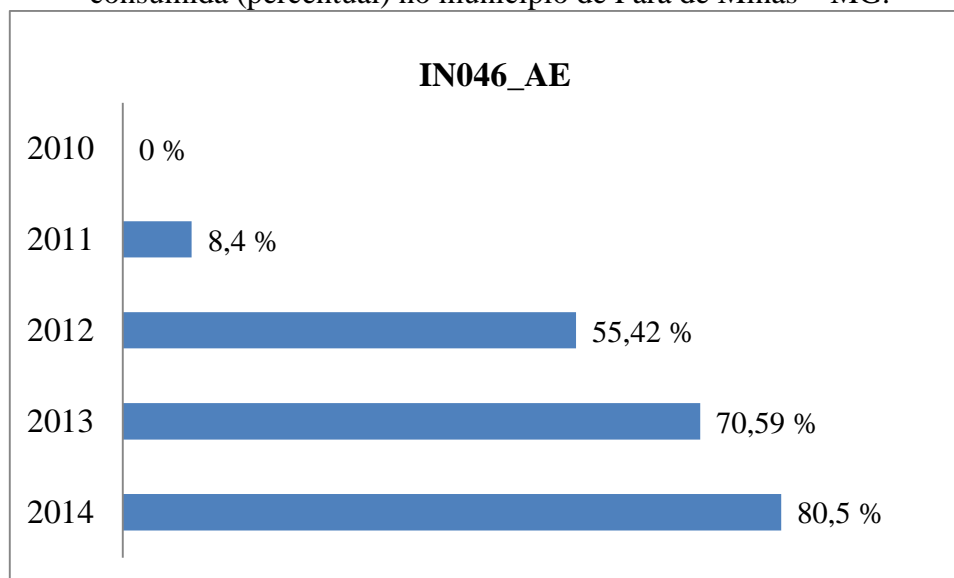


Fonte: SNIS (2016), adaptado pela autora.

De acordo com o **GRÁFICO 06**, o índice de tratamento de esgoto no município de Pará de Minas possui grande oscilação. No ano de 2010 ainda não existia a ETE e no de 2011 foi considerado apenas 11,05 %. Tendo em vista o início operação da ETE nos anos de 2012,

2013 e 2014 a porcentagem foi de 73,2 %, 93,2% e 97,3% respectivamente. Já o **GRAFICO 07**, apresenta índice de esgoto tratado referido à água consumida no município de Pará de Minas – MG, sendo 2010 com 0%, 2011 com 8,4%, 2012 com 55,42 %, 2013 com 70,59 % e 2014 com 80,5%.

GRÁFICO 07 - IN046_AE - Índice de esgoto tratado referido à água consumida (percentual) no município de Pará de Minas – MG.



Fonte: SNIS (2016), adaptado pela autora.

O Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Pará, elaborado pela FEAM, 2013, realizou uma avaliação da carga orgânica em kgDBO/dia gerada, removida e lançada no interior da BHRP, ver **QUADRO 06** com os dados avaliados dos oito municípios integrantes da PCH do Carioca.

QUADRO 06 - Avaliação da carga orgânica gerada, removida e lançada no interior da BHRPA.

Municípios	Carga Poluidora gerada na bacia (kgDBO/d)	Carga poluidora removida na bacia (kgDBO/d)	Carga poluidora lançada na bacia (kgDBO/d)	Percentual de remoção (%)
Itaguara	514,4	0	514,4	0
Itatiaiuçu	-	0	0	0
Itaúna	4.344,4	15,8	4382,6	0,36
Carmo do Cajuro	936,4	0	936,4	0
Igaratinga	414,6	13,4	401,1	3
São Gonçalo do Pará	429,8	0	429,8	0
Conceição do Pará	108,8	0	108,8	0
Pará de Minas	4.138,0	2.822,1	1.315,8	68

Fonte: FEAM (2013), adaptado pela autora.

O **QUADRO 06** apresentou que o município de Pará de Minas possui melhor tratamento com objetivo de remoção de matéria orgânica. Entretanto, como já foi demonstrado anteriormente, os principais contribuintes urbanos da área de drenagem da PCH do Carioca são os municípios de Itaúna e Igaratinga. Foi observado também que estes praticamente não realizam tratamento dos efluentes domésticos.

A DN COPAM nº 96/2006, que teve alguns prazos prorrogados pela DN nº 128/2008, convoca os municípios para o licenciamento ambiental de sistema de tratamento de esgotos. É considerado que a maioria dos municípios em MG lança os esgotos sanitários "in natura" nos corpos de água, o que causa degradação da qualidade das águas, prejudica os usos múltiplos à jusante, possibilita o surgimento de doenças de veiculação hídrica, geração de maus odores e proliferação de macrófitas aquáticas.

Em consulta ao site do SIAM, com o código: E-03-06-9 - tratamento de esgotos sanitários, de acordo com a DN nº 74/2004 do COPAM, os municípios:

- a) Itaguara: possui uma AAF válida até 27/06/2018 em nome do SAAE, com vazão média prevista de 26,27 l/s;
- b) Itatiaiuçu: não possui processo;
- c) Itaúna: possui quatro AAF's válidas até 16/10/2019, em nome do SAAE, ETE 1, 2, 3 e 4 - córrego do soldado, com vazão média prevista de 5 l/s para cada AAF;
- d) Carmo do Cajuru: possui uma AAF vencida, com vazão média de 61,91 l/s;
- e) Igaratinga: possui uma AAF válida até 04/10/2018, em nome da Prefeitura Municipal de Igaratinga, com vazão média prevista de 0,445l/s;
- f) São Gonçalo do Pará: não possui processo;
- g) Conceição do Pará: não possui processo;
- h) Para de Minas: possui uma LOC, classe 3, válida até 26/07/2018, em nome da COPASA, com vazão média prevista de 240 l/s.

Pelos dados descritos neste estudo sobre tratamento de efluentes domésticos, é notório que há muito que fazer e investir, tanto por parte das prefeituras, como por parte das concessionárias de água e esgoto.

A capacidade de autodepuração dos corpos hídricos é fator relevante para outros estudos sobre a definição de prioridades na implantação das ETE's. Como ações emergenciais para a área de drenagem da PCH do Carioca, é preciso melhorar a destinação dos resíduos sólidos, ampliar as redes coletoras de esgoto e efetivar as ETE's , tanto domésticos como industriais, nas áreas rurais e nas urbanas.

4.3 Breve histórico PCH Carioca

Em operação desde 1969, a PCH do Carioca (Lago Azul) foi eleita pela população do município de Pará de Minas em Setembro de 2007 como uma das sete maravilhas desta cidade.

Anteriormente aos problemas ocasionados pela proliferação das macrófitas aquáticas já descritas neste estudo, além da geração de energia, o reservatório da PCH do Carioca, também chamada de “Lago Azul”, tinha como outros usos: turismo, habitação, pesca, aquicultura, recreação, lazer, agricultura e dessedentação de animais.

Segundo relato de Júlio Maria Guimarães Ferreira, morador antigo e proprietário de algumas chácaras próximas à represa, a proliferação descontrolada das macrófitas aquáticas na PCH do Carioca é um fenômeno recente, cerca de oito anos e foi agravada devido ao crescimento do município de Itaúna e a falta de tratamento dos efluentes a montante. Ele conta que adquiriu um barco com capacidade para 35 pessoas para promoção de turismo na região, entretanto o barco ficou encalhado entre os “aguapés”. No final do ano de 2011, após uma grande enchente, uma ponte do povoado de Pará de Minas, Carioca, localizada a jusante do reservatório foi destruída devido a grande massa de aguapés escoada. Após este ano, o reservatório ficou praticamente sem macrófitas, entretanto, aos poucos elas voltaram a proliferar e a lâmina de água foi desaparecendo cada dia mais.¹

Com a degradação da qualidade da água e diversos prejuízos aos usos múltiplos ocasionados pela proliferação descontrolada das macrófitas aquáticas, vários encontros já foram realizados em torno do controle da poluição do Rio São João para levantamento de propostas e ações necessárias para revitalização da PCH do Carioca.

Em 11 de Junho de 2014 várias autoridades, a Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da ALMG, além de ambientalistas e moradores da comunidade se reuniram na Escola Estadual Cândida Alvarenga, povoado do Carioca e foram até a represa para visualização do reservatório tomado pelos aguapés, com quase nenhuma vista para a lâmina de água. A expectativa do encontro foi identificar a realidade e em seguida solicitar providências aos órgãos competentes, visando à proteção, recuperação e conservação desse local.²

Os debates continuaram, em 2015, o vereador do município de Conceição do Pará, Wanderlei Oliveira Almeida, mencionou que a poluição, o assoreamento e a proliferação dos “aguapés” estão degradando a PCH do Carioca, um dos principais pontos turísticos da região.

¹[http:// http://jcnovicias.com.br](http://http://jcnovicias.com.br)

² <http://www.radiostilo.com/>

Neste mesmo ano, o vereador Geovane Correia e o secretário de meio ambiente da prefeitura de Pará de Minas, Ramon Diniz de Faria, entregaram um relatório sobre a PCH do Carioca ao Governo do Estado, com intuito de buscar auxílio na revitalização do reservatório.¹

No dia 11 de Agosto de 2015, foi realizada uma Audiência Pública onde participaram os prefeitos de Pará de Minas, Antônio Júlio de Faria; de Itaúna, Osmando Pereira da Silva e de Conceição do Pará, Procópio Celso de Freitas; além dos deputados estaduais Cássio Soares, presidente da Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável da ALMG; o deputado Inácio Franco; o presidente do Conselho Municipal do Meio Ambiente – CODEMA de Pará de Minas, José Hermano de Oliveira Franco; os vereadores de Pará de Minas; o biólogo e professor da UFMG, Ricardo Mota Pinto Coelho; dentre outros envolvidos como a população local.

Nesta audiência o prefeito de Pará de Minas, Antônio Júlio, afirmou que tem um projeto para garantir a despoluição dos cursos d'água em todo o município e irá empenhar para diminuir a contribuição da poluição oriunda dos distritos de Torneiros e Carioca.²

O prefeito de Itaúna, Osmando Pereira afirmou que as obras da ETE devem ser concluídas até Setembro de 2016. ² Atualmente o município lança quase 100% dos efluentes domésticos “in-natura” no Rio São João, sendo município, um grande responsável pela degradação da área de drenagem da PCH Carioca.

Entretanto, também houve uma cobrança sobre fiscalização e educação ambiental para com outras formas de poluição, como os resíduos industriais e atividades agrossilviopastoris existentes ao longo do rio. “Nós estamos passando por uma mudança radical na cultura de como lidar com a água e precisamos também de uma mudança radical na fiscalização”, afirmou o deputado Cássio Soares.²

O presidente do CODEMA de Pará de Minas, José Hermano de Oliveira Franco, “O problema não é o Lago Azul. O problema é que temos um rio doente, o São João”, disse ainda que a culpa da poluição do reservatório não é apenas do município de Itaúna, mas também dos empreendimentos de extração de areia/argila e do despejo fora dos padrões de lançamento dos efluentes agrossilviopastoris e industriais. ²

Moradores declaram que o nível de degradação está tão avançado que os “aguapés” começam a perder lugar para a braquiária, o capim avança nas partes mais assoreadas do reservatório. “O Lago Azul não existe mais, está totalmente tomado por aguapés. Mas enquanto não tratar o esgoto, não adianta retirar os aguapés”, afirmou o deputado Inácio Franco em Agosto de 2015.²

¹[http:// http://jcnoticias.com.br](http://http://jcnoticias.com.br)

² <http://www.saeitauna.com.br/>

Alguns estudantes, vereadores, biólogos e outros colaboradores criaram o projeto “Fênix” com o objetivo de revitalizar a PCH do Carioca eliminando os aguapés utilizando a Carpa capim - *Ctenopharyngodon idella*. Entretanto o projeto foi paralisado devido à abertura das comportas em Setembro de 2015 por parte da empresa Santanense. Com apenas o Rio São João escoando ao centro do reservatório e demais áreas secas, as macrófitas morreram e foram substituídas naturalmente pelas às braquiárias.¹

Em Janeiro de 2016 a Santanense voltou a represar a água e após as precipitações recebidas neste período na área de drenagem, o reservatório voltou ao seu nível de água normal. Inicialmente os moradores da região imaginaram que o problema com as macrófitas estivesse chegando ao fim, uma vez que há muito tempo a lâmina de água não era visualizada. Entretanto aos poucos as brachiarias, que antes forravam o solo do reservatório seco, desprenderam e flutuaram sobre a lâmina de água deste.

Atualmente, Maio de 2016, a paisagem do reservatório é composta por: um considerável volume de água; diversas massas de braquiárias; algumas espécies de peixes retornaram ao lago; o turismo lentamente está sendo restabelecido; e início da proliferação das macrófitas aquáticas (alguns braços do reservatório já foram tomados por elas), ver relatório fotográfico deste estudo.

Para conhecimento sobre a taxa de assoreamento e a perda de volume estimado do reservatório será necessário realizar um estudo de batimetria. É importante salientar que o reservatório passou por diversos processos de sedimentação, acúmulo de matéria orgânica e decomposição desta, sendo necessário também à realização de análise físico-química, biológica e avaliação dos contaminantes presentes na água.

Para o biólogo e professor da UFMG, Ricardo Mota Pinto Coelho, a solução para acabar com os problemas da PCH do Carioca, está na despoluição do Rio São João. A revitalização da sub-bacia do Rio São João deve ser feita em conjunto, com a participação do poder público, empresários e produtores rurais da região.²

¹ <http://total98fm.com.br/>

² [http:// http://jcnoticias.com.br](http://http://jcnoticias.com.br)

5 Considerações finais

As ações propostas preponderantes a serem implantadas em toda a área de drenagem da PCH do Carioca para controle sustentável da proliferação das macrófitas aquáticas são: busca pela redução do aporte de fósforo e nitrogênio (matéria orgânica); proteção das matas ciliares; mitigação dos impactos decorrentes das atividades da mineração; controle e manutenção da qualidade da água; métodos sustentáveis de uso ocupação do solo; recuperação das áreas degradadas e controle de lançamento de sedimentos. A gestão inteligente do tempo de residência da água do reservatório e proteção do ecossistema natural também são atitudes importantes.

Com o diagnóstico da área de drenagem da PCH do Carioca, podemos visualizar que os principais contribuintes antrópicos são: os municípios de Itaúna e Igaratinga que possuem seus perímetros urbanos totalmente inseridos a montante do reservatório e que até o momento praticamente não tratam seus efluentes domésticos e alguns casos nem os industriais; região com alta contribuição de poluentes oriundos das atividades agrossilviopastoris, industriais de diferentes tipologias e extração minerária de areia e argila. Foi verificado que o maior fator de deterioração da área de drenagem estudada foi associado aos efluentes urbanos. É notório que há muito que fazer e investir, tanto por parte das prefeituras, como por parte das concessionárias de água e esgoto.

Percebemos a importância do reservatório para região, nele, são desenvolvidos diferentes usos múltiplos e com a degradação da água, todos estão sendo prejudicados. Com a proliferação descontrolada das macrófitas aquáticas dos últimos anos o turismo no reservatório exauriu, a PCH parou de produzir energia, o reservatório perdeu área alagável para os sedimentos, aumentou os organismos indesejáveis e detrimento de outros importantes para este ecossistema, o estado trófico foi consideravelmente elevado, o oxigênio dissolvido diminuiu, os padrões de estratificação térmica e de absorção da energia solar foram alterados; e o pH da água diminuiu.

Além destes aspectos, a crise hídrica agravou ainda mais os problemas do reservatório, com o volume de água baixo, os usos preponderantes foram diretamente afetados como a dessedentação de animais e o consumo humano. É extremamente importante ter a consciência de que o ciclo hidrológico varia e não é previsível. Para compensar essas variações no ciclo hidrológico, é necessário administrar de maneira eficaz o recurso hídrico disponível.

Abordamos que não se deve retirar totalmente as macrófitas aquáticas. Em ambientes com teores adequados de nutrientes, estas plantas ajudam na reciclagem de nutrientes;

contribuem para alteração química da água, são fonte de biomassa de microalgas e base alimentar de seres herbívoros. Verificamos que existem diversos métodos para remoção parcial e controle da proliferação das macrófitas aquáticas. Entretanto se não houver investimentos na revitalização do Rio São João, estes métodos serão atitudes paliativas e pouco expressivas ao longo dos anos.

Para que essas medidas sejam implantadas será necessária à mobilização política e dos usuários; sistema de informações acessível e atualizado; planejar e estabelecer metas; investimentos diversos; estruturação técnica das prefeituras; agilidade nas análises dos processos ambientais junto a SUPRAM – ASF, educação, orientação, monitoramento e se preciso, fiscalização.

As ações emergenciais para a área de drenagem da PCH do Carioca são: dar destinação correta aos resíduos sólidos, ampliar as redes coletoras de esgoto e efetivar as ETE's, tanto para efluentes domésticos como industriais, nas áreas rurais e urbanas.

Portanto para aplicação das ações sustentáveis e estratégicas para controle da proliferação de macrófitas aquáticas no reservatório Carioca – MG descritas neste estudo, será imprescindível governança, integração e participação de todos como: prefeituras; produtores rurais; indústria e comércio; políticos; ministério público; CBH-Pará; AGB Peixe Vivo; ONG's; SUPRAM – ASF; polícia militar; escolas e sociedade, ou seja, todos “personagens” inseridos na área de drenagem em questão.

Referências

Agência Nacional das Águas – ANA. Encarte especial sobre a crise hídrica conjuntura recursos hídricos no Brasil. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos - SPR Brasília – DF, 31p. 2014.

Agência Nacional de Águas - ANA. O comitê de bacia hidrográfica: o que é e o que faz? (Cadernos de capacitação em recursos hídricos ; v.1), Agência Nacional de Águas. Brasília: 64p., 2011.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp?tipo=5&fase=3&UF=MG:MINAS%2520GERAIS>>. Acesso em: 24 Mar. 2014.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Guia do empreendedor de pequenas centrais hidrelétricas. Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília. 704 p., 2003.

Almeida, Wanderley. Acervo pessoal, fotos disponibilizadas. Minas Gerais. Conceição do Pará, 2014.

Ávila, Z.R. & Pitelli, R.A. Crescimento, esporulação e virulência do inóculo de *Cercospora piaropi*, agente de biocontrole do aguapé. Fitopatologia Brasileira, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília – DF, 4 p., 2004.

Bastos, R. K. X. Impactos da construção de centrais hidrelétricas relacionados com a água: pressupostos para a avaliação e proposição de medidas mitigadoras. I Simpósio Brasileiro de Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. São Paulo. p. 63-75.1998.

Brasil, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, 1996.

Brasil, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, Resolução n.º 583, de 22 de outubro de 2013. Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, 2013.

Brasil, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, Resolução n.º 673, de 04 de agosto de 2015. Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, 2015.

Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, Resolução n.º 357, de 17 de Mar. de 2005. Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, 2005.

Brasil, Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, Deliberação Normativa n.º 74, de 09 de Set. de 2004. Diário do Executivo – “Minas Gerais”. 2004.

Brasil, Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, Deliberação Normativa n.º n° 96, de 12 de Abr. de 2006. Diário do Executivo – “Minas Gerais”. 2006.

Brasil, Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM / Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais –CERH –MG, Deliberação Normativa Conjunta n° 01, de 05 de Maio de 2008. Diário do Executivo – “Minas Gerais”. 2008.

Brasil, Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, Deliberação Normativa n.º 128, de 27 de Nov. de 2008. Diário do Executivo – “Minas Gerais”. 2008.

Brasil, Constituição da República Federativa do Brasil de 05 de outubro de 1988. Constituição da República Federativa do Brasil, Brasília, 1988.

Brasil. Manejo de Macrófitas nos reservatórios da Light Energia, Ministério do Meio Ambiente, MMA Brasília - DF, 20 p., 2014.

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 112 p. 2014.

Brasil, Leis sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, Lei n° 20.922, de 16 de Out. de 2013. Diário do Executivo – “Minas Gerais”. 2013.

Brasil. Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. Lei n° 6.938, de 31 de Ago. de 1981. Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, 1981.

Brasil, Poder Executivo a promover a reestruturação das Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências. Lei n° 9.648, de 27 de Maio de 1998. Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, 1998.

Brasil, Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH. 9.433, de 08 de Jan. de 1997. Leis da República Federativa do Brasil, Brasília, 1997.

Brasil, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD e Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM. Resolução Conjunta n° 1768, de 30 de novembro de 2012. Diário do Executivo – “Minas Gerais”. 2012.

Buller, L. S. Modelagem Sistêmica Do Ciclo De Vida Do Aguapé No Pantanal e Análise do Uso Desta Biomassa Para a Produção de Bio-Óleo e Bio-Fertilizante. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual De Campinas, Faculdade De Engenharia De Alimentos. Campinas – SP, s.n, 2012.

Cezari, E.J, et all. Biologia da Conservação. Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC, Ilhéus, Bahia, 27 p., 2012

Comissão Internacional de Grandes Barragens - CIGB. As Barragens e a Água do Mundo. Um livro educativo que explica como as barragens ajudam a administrar a água do mundo. Núcleo Regional do Paraná do Comitê Brasileiro de Barragens – CBDB, tradução do livro original em inglês intitulado Dams & The World’s Water – An Educational Book that Explains how Dams Help to Manage the World’s Water, Paraná, 74p. 2008.

Climate.org. Disponível em: < <http://pt.climate-data.org/>>. Acesso em 15 de Maio de 2015.

Cruz, H. C. et al. Impactos Ambientais de Reservatórios e Perspectivas de Uso Múltiplo. Revista Brasileira de Energia, Itajubá, v. 4, n.º1. 7p. 1995.

Dobson, C.; Beck, G. G. Watersheds: a practical handbook for healthy water. Canadá: Friensens, Altona, Manitoba, 1999. apud TUNDISI, J.G. et alli. A bacia hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. Instituto Internacional de Ecologia, São Carlos - SP, p.160, 2008.

Esteves, Francisco de Assis. Fundamentos da Limnologia, Interciência, 2 ed., Rio de Janeiro, 226 p., 1998.

Ferreira, Júlio. Acervo pessoal, fotos disponibilizadas. Minas Gerais. Conceição do Pará, 2013.

Ferreira, Júlio. Acervo pessoal, fotos disponibilizadas. Minas Gerais. Conceição do Pará, 2016.

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. Plano para incremento do percentual de tratamento de esgotos sanitários na Bacia Hidrográfica do Rio Pará: sumário executivo / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM, 56 p. 2013.

Google earth. Disponível em <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 08 de Maio de 2016.

Henry-Silva, G. G., et alli. Valor nutritivo de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquicultura. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 8 p. 2002.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 14 de Maio de 2016.

JC Notícias, 2014. Lago azul. Disponível em: <<http://jcnoticias.com.br/postagem?id=155844&cat=206>> Acesso em: 14 de Maio de 2016.

JC Notícias, 2015. Audiência Pública volta a discutir a poluição do Lago Azul. Disponível em: <<http://jcnoticias.com.br/postagem?id=165484#ad-image-6>> . Acesso em: 29 de Maio de 2016.

JC Notícias, 2015. Limpeza do Lago Azul não será suficiente se Rio São João não for salvo. Disponível em: <<http://jcnoticias.com.br/postagem?id=165645>>. Acesso em: 14 de Maio de 2016.

Lis Ambiental. Disponível em: <<http://www.lisambiental.com.br/index.php/servicos/106-projeto-e-instalacao-logboom>>. Acesso em: 08 de Maio de 2016.

Marchi, S.R, et alii. Utilização de chama para controle de plantas daninhas emersas em ambiente aquático. Planta Daninha. Viçosa – MG, p.311-319. 2005.

Marinho, Rogério. Acervo pessoal, fotos disponibilizadas. Minas Gerais. Conceição do Pará, 2015.

Moura, M.A.M, Et Alli. Divulgação Técnica Manejo Integrado de Macrófitas Aquáticas. Matallo Instituto Biológico, Centro Experimental Central, Campinas, SP, 6 p. 2009.

Naime, Roberto. Monografia Impactos Socioambientais de Hidrelétricas e Reservatórios nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, Professor da Engenharia Industrial Química e da Gestão Ambiental – ICET – Feevale RS, Novo Hamburgo, p.1924 – 1937. 2012.

Panoramio, Google Maps. Disponível em: <<http://www.panoramio.com/>>. Acesso em 28 de Maio de 2016.

Pereira, Geovani. Acervo pessoal, fotos disponibilizadas. Minas Gerais. Conceição do Pará, 2015.

Pereira, Geovani. Acervo pessoal, fotos disponibilizadas. Minas Gerais. Conceição do Pará, 2016.

Pinto-Coelho, R.M.P, et al. Atlas da Qualidade de Água do Reservatório da Pampulha. Recóleo, Belo Horizonte, 45p. 2012.

Pinto-Coelho, R. M., P. & Havens, K.. Crise nas Águas: Educação, ciência, governança, juntas evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas. Recóleo Editora, 1 edição, Belo Horizonte (MG), ISBN: 978-85-61502-05-8; p.71-84, 2015.

Pinto-Coelho, R., M., P, et al. Ecology and human impact on Lakes and Reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies. SEGRAC, Belo Horizonte, 180 p. 1994.

Pinto-Coelho, R.M. & M.B. Greco. The contribution of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and zooplankton to the internal cycling of phosphorus in the eutrophic Pampulha Reservoir. *Hydrobiologia* 411:115-127. 1999.

Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará – ETAPA 9. Alto Rio São Francisco. Associação de Usuários da Bacia Hidrográfica do Rio Pará, Minas Gerais, 422 p. 2006.

Pompêo, Marcelo. Monitoramento e Manejo de macrófitas aquáticas. Instituto de Biociências, Departamento de Ecologia, Butantã, São Paulo, 19 p., 2008.

Prefeitura Municipal de Carmo do Cajuru. Disponível em: <<http://www.carmodocajuru.mg.gov.br/>> Acesso em: 15 de Maio de 2016.

Prefeitura Municipal de Conceição do Pará. Disponível em: <<http://www.conceicaodopara.mg.gov.br/site/>> Acesso em: 15 de Maio de 2016.

Prefeitura Municipal de Igaratinga. Disponível em: <<http://www.igaratinga.mg.gov.br/>> . Acesso em: 15 de Maio de 2016.

Prefeitura Municipal de Itaguara. Disponível em: < <http://www.itaguara.mg.gov.br/>>. Acesso em: 15 de Maio de 2016.

Prefeitura Municipal de Itaúna. Disponível em: < <http://www.itauna.mg.gov.br/site/> >. Acesso em: 15 de Maio de 2016.

Prefeitura Municipal de Itaúna. Clarice Barçante /ALMG, 2015. Esgoto de Itaúna pode deixar de ir para o Lago Azul em 2016. Disponível em: <<http://www.itauna.mg.gov.br/site/noticias/2015/08/13/esgoto-de-itauna-pode-deixar-de-ir-para-o-lago-azul-em-2016>>. Acesso em: 14 de Maio de 2016.

Prefeitura Municipal de Itatiaiuçu. Disponível em: <<http://www.itatiaiuçu.mg.gov.br/>>. Acesso em: 15 de Maio de 2016.

Prefeitura Municipal de Pará de Minas. Disponível em: <<http://www.parademinas.mg.gov.br/>>. Acesso em: 15 de Maio de 2016.

Prefeitura Municipal de São Gonçalo do Pará. Disponível em: <<http://www.saogoncalodopara.mg.gov.br/>>. Acesso em: 15 de Maio de 2016.

Radio Stilo FM, 2014. Poluição da represa do Carioca será debatida hoje por deputados na própria comunidade. Disponível em: <<http://www.radiostilo.com/noticias/regiao/poluicao-da-represa-do-carioca-sera-debatida-hoje-por-deputados-na-propria-comunidade>>. Acesso em: 05 de Junho de 2016.

Relatório e Plano de Controle Ambiental RCA – PCA PCH Carioca Companhia de Tecidos - SANTANENSE. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/siam/lc/2009/0067820090012009/0251352009.pdf>> . Acesso em 14 de Maio de 2016.

Rosa, A. H.; Fraceto, L. F.; Moschini-Carlos, V. Meio ambiente e sustentabilidade. Bookman, Porto Alegre - RS, 412p, 2012.

SAAE Itaúna. ETE - Estação de Tratamento de Esgoto. Disponível em: <<http://www.saeitauna.com.br/site/ete-estacao-de-tratamento-de-esgoto.html>>. Acesso em 29 de Maio de 2015,

Silva, Adilson Ferreira. Preferência Alimentar e eficiência da Carpa Capim (*Ctenopharyngodon Idella*) no Controle de Macrófitas Aquáticas Em Mesocosmos. Tese mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticaba – SP. 56 p., 2014.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS – Série Histórica. Disponível em: <<http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>> Acesso em 14 de Maio de 2016.

Souza, R.C.R, et alli. Estudos para Identificação, Localização e Quantificação das Causas da Proliferação de plantas Aquáticas, Principalmente Macrófitas, ao Longo da Calha do Rio Paraíba do Sul, Inclusive Braços Mortos, Reservatórios e Afluentes Relatório de Prognóstico. Agência da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul – AGEVAP, Resende/RJ, 56 p. 2012.

Sistema Integrado de Informação Ambiental – SIAM. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/processo_emprto_emprdor.jsp?pageheader=null&num_pt=&ano_pt=&nome_emprededor=&cpf_cnpj_emprdor=&num_fob=912321&ano_fob=2009&cod_atividades=&cod_outros_municipios=&nome_empredimento=&cpf_cnpj_emp=&tipoProcesso=&num_apefoutorga=&cod_empredimento=&ano_apefoutorga=>> Acesso em 14 de Maio de 2016.

Smith, V.H, et alli. Eutrophication: Impacts of Excess Nutrient Inputs on Freshwater, Marine, and Terrestrial Ecosystems. *Environmental Pollution*, v 100: p. 179-196. 1999, apud PINTO-COELHO, R.M.P, et al. *ATLAS da Qualidade de Água do Reservatório da Pampulha*. Recóleo, Belo Horizonte, 45p. 2012.

Thomaz, S.M. & BINI, L.M. *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, PR. 342p., 2003.

Total 98 FM. Morador de Carioca confirma cenário de tristeza no Lago Azul. Disponível em: <<http://total98fm.com.br/blog/morador-de-carioca-confirma-cenario-de-tristeza-no-lago-azul/>>. Acesso em 29 de Maio de 2016.

Tucci, Carlos E. M. *Água no Meio Urbano*, Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Livro *Água Doce*. Cap.14, 35 p., 1997.

Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/unidade-de-planejamento>>. Acesso em: 27 de Mar. de 2016.

Valitutto, R. S. *Acumulação De Poluentes Inorgânicos Por Macrófitas Aquáticas Nos Reservatórios de Santana e Vigário, Barra Do Piraí-RJ*. Tese mestrado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, s.n, 2004.

Vannote, R.L. et alli. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, Toronto, v.37, p.130-137,1980.

Von Sperling, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária – DESA, Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.

Ward, J.V; Stanford, J.A. The serial discontinuity concept in lotic ecosystems. *Ann Arbor Scien. Publ.*, Ann Arbor. Michigan, p.29-42, 1983.

ZEE – Zoneamento Ecológico e Econômico - MG. Disponível em: <<http://www.zee.mg.gov.br/>>. Acesso em: 25 de Mar. de 2016.

Apêndice A – Embasamento legal

Âmbito nacional	Data	Fundamento legal citado
Lei nº 6.938	31/08/1981	Art. 2. - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.
Lei nº 9.427	26/12/1996	Art. 2º A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL tem por finalidade regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal.
Lei nº 9.648	24/05/1998	"Art. 26. Depende de autorização da ANEEL: I - o aproveitamento de potencial hidráulico de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, destinado a produção independente ou autoprodução, mantidas as características de pequena central hidrelétrica;
Constituição Federal	05/10/1988	Art. 20. São bens da União: III – Os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais; VIII - os potenciais de energia hidráulica.
Constituição Federal	05/10/1988	Art. 21. Compete à União: XII - explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão: b) os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos.

Constituição Federal	05/10/1988	Art. 21. Compete à União: XIX - instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso.
Constituição Federal	05/10/1988	Art. 22. Compete privativamente à União legislar sobre: IV - águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão;
Constituição Federal	05/10/1988	Art. 23. É competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios: XI - registrar, acompanhar e fiscalizar as concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seus territórios;
Constituição Federal	05/10/1988	Art. 225. - Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Fonte: Lei nº 6.938 (1981); Lei nº 9.648 (1988); Lei nº 9.427 (1988) e Constituição Federal (1988).

Apêndice B - Relatório fotográfico

FOTO 01: Vista para Rio São João, município de Itatiaiuçu - MG.
Data: Nov. 2012.



Fonte: Panoramio, Google Maps (2016).

FOTO 02: Vista para reservatório Benfica (CEMIG), Itaúna – MG.
Data: Jan. 2016.



Fonte: Pereira (2016).

FOTO 03: Vista para Rio São João, município de Itaúna MG.
Data: Jul. 2008.



Fonte: Panoramio, Google Maps (2016).

FOTO 04: Vista para CGH dos Britos, Igaratinga – MG. Reservatório a montante da PCH Carioca, também de propriedade da “Santanense”. Data: Ago. 2010.



Fonte: Panoramio, Google Maps (2016).

FOTO 05: Vista para Rio São João próximo a PCH do Carioca.
Data: Mar. 2012.



Fonte: Panoramio, Google Maps (2016).

FOTO 06: Vista para a PCH do Carioca quando não havia incidência
de macrófitas aquáticas. Data: Jun. 2008.



Fonte: Panoramio, Google Maps (2016).

FOTO 07: Vista para reservatório tomado pelas macrófitas aquáticas.
Data: Jan. 2013.



Fonte: Ferreira (2013).

FOTO 08: Vista para encerramento das atividades de aquicultura devido
à falta de oxigênio dissolvido para os peixes. Data: Jan. 2013



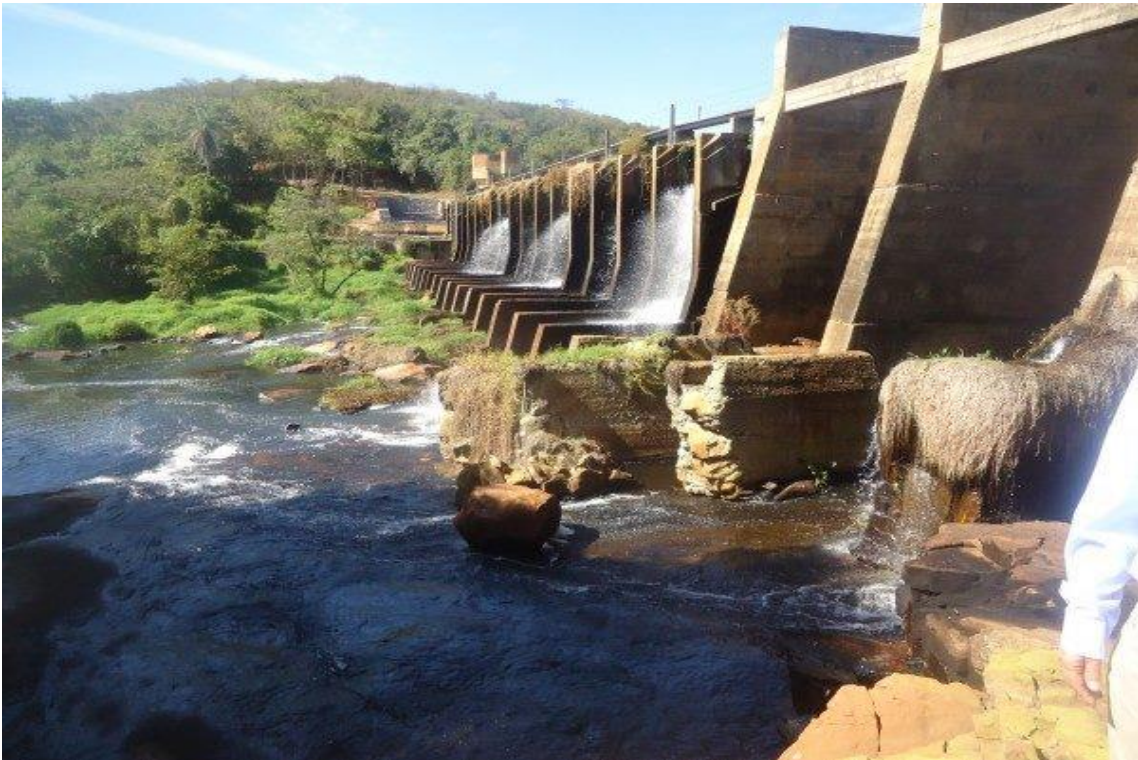
Fonte: Ferreira (2013).

FOTO 09: Vista para o reservatório tomado pelas macrófitas aquáticas.
Data: Mar. 2014



Fonte: Almeida (2014).

FOTO 10: Vista para barragem da PCH Carioca.
Data: Jul. 2015.



Fonte: Marinho (2015).

FOTO 11 - Audiência Pública realizada na Câmara Municipal de Pará De Minas para debate com as autoridade sobre a PCH do Carioca.
Data: Ago. 2015.



Fonte: JC Notícias (2015).

FOTO 12 - Vereadores de Pará de Minas, professor Dr. Ricardo M.P. Coelho e o presidente do CODEMA de Pará de Minas em Audiência Pública.
Data: Ago. 2015.



Fonte: JC Notícias (2015).

FOTO 13 - Vista para início do rebaixamento do nível de água do reservatório provocado pela crise hídrica e pela Santanense. Data: Set. 2015.



Fonte: Marinho (2015).

FOTO 14 - Com rebaixamento do nível de água, carro furtado em Belo Horizonte é localizado no reservatório da PCH do Carioca. Data: Set. 2015.



Fonte: Pereira (2015).

FOTO 15 - Vista para o reservatório totalmente esgotado, fim dos aguapés, o que deu início a proliferação da braquiária. Data: Nov. 2015.



Fonte: Pereira (2015).

FOTO 16 - Vista para o Rio São escondo ao centro da PCH do Carioca. Data: Nov. 2015.



Fonte: Pereira (2015).

FOTO 17 - Início das chuvas de 2016, a Santanense volta a represar água no reservatório. Data: Jan. 2016



Fonte: Pereira (2016).

FOTO 18 - Espelho de água da PCH do Carioca é novamente avistado. Data: Jan. 2016.



Fonte: Pereira (2016).

FOTO 19 - A braquiária despreendeu do fundo do reservatório e tomou conta da paisagem da extremidade a montante do reservatório



Fonte: Foto capturada no dia 26 de Maio de 2016 pela autora.

FOTO 20 - Nas margens do reservatório, já se inicia novamente a proliferação das *Eichhornia crassipes*.



Fonte: Foto capturada no dia 26 de Maio de 2016 pela autora.

FOTO 21 - Contraste barco de lazer abandonado, com o reservatório tomado por braquiária e macrófitas aquáticas.



Fonte: Foto capturada no dia 26 de Maio de 2016 pela autora.

FOTO 22 - Vista para massas de braquiárias flutuando no espelho de água do reservatório.



Fonte: Foto capturada no dia 26 de Maio de 2016 pela autora.

FOTO 23 - Vista para extremidade a jusante do reservatório, neste trecho, quase não braquiárias e macrófitas aquáticas.



Fonte: Foto capturada no dia 26 de Maio de 2016 pela autora.

FOTO 24 - Vista ampliada do surgimento da planta de *Eichhornia crassipes* presente nas margens do reservatório da PCH do Carioca.



Fonte: Foto capturada no dia 26 de Maio de 2016 pela autora.

FOTO 25 - Vista para plantas de *Eichhornia crassipes* brotando e plantas adultas.



Fonte: Foto capturada no dia 26 de Maio de 2016 pela autora.

FOTO 26 - Vista representativa da atual situação da PCH do Carioca, massas de braquiárias vivas e algumas morrendo devido falta de contato de suas raízes com o solo e o início de uma nova proliferação de macrófitas aquáticas no reservatório.



Fonte: Foto capturada no dia 26 de Maio de 2016 pela autora.

FOTO 27 - Vista para algumas espécies de peixes encontradas no reservatório após a recuperação do nível de água. Data: Maio 2016.



Fonte: Pereira (2016).

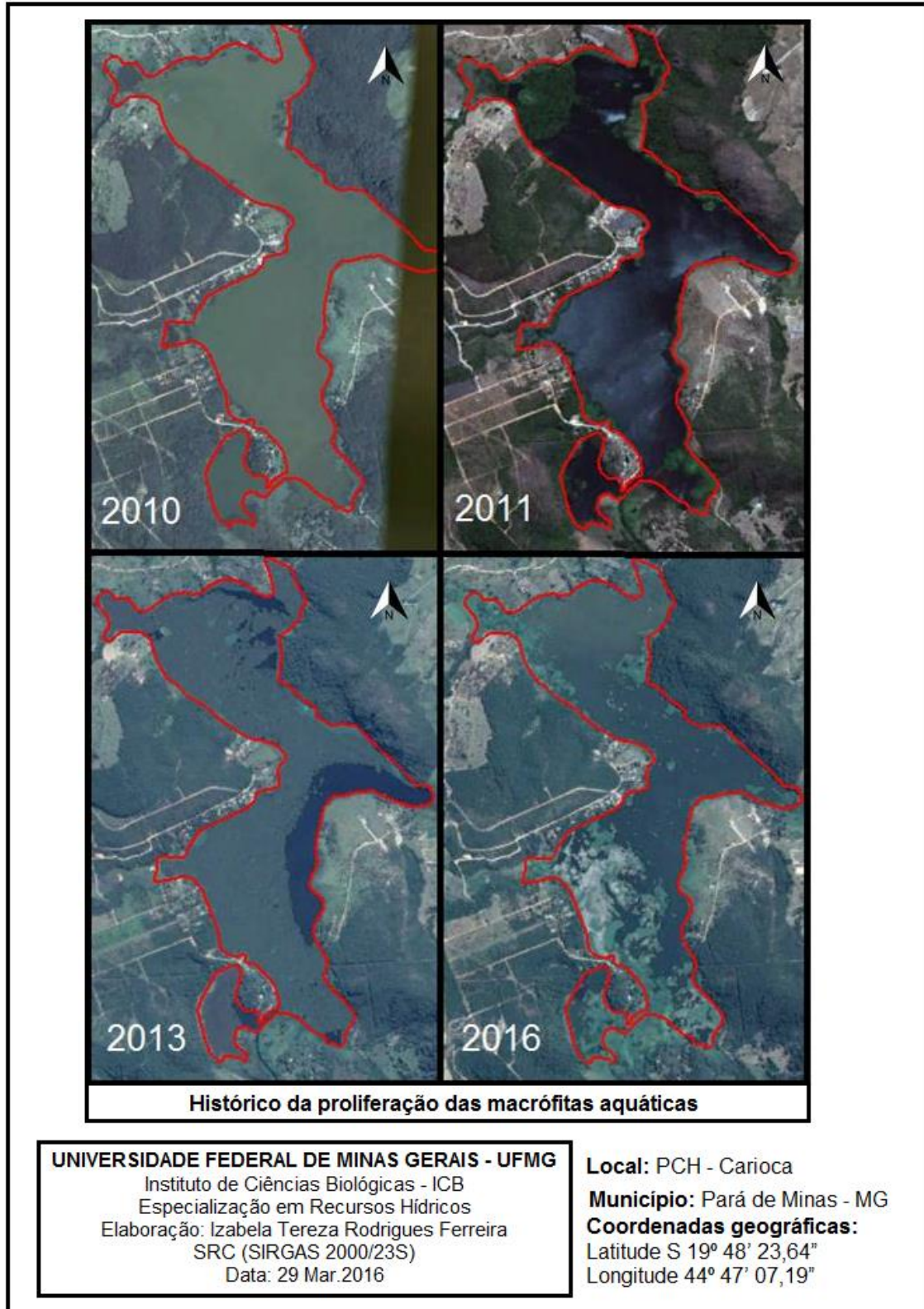
FOTO 28 - Vista para o retorno do lazer. Data: Julho 2016.



Fonte: Ferreira (2016).

Apêndice C – Imagens de satélite

FIGURA 01: Comparativo histórico 2010, 2011, 2013 e 2016 em relação à proliferação das macrófitas aquáticas na PCH do Carica – MG.



Fonte: Google earth (2016).

FIGURA 02: Vista para uso e ocupação do solo típico da região.
Extração mineral de areia e argila próxima ao Rio São João, Igaratinga - MG.



Fonte: Google earth (2016).

FIGURA 03: Vista para uso e ocupação do solo típico da região.
Atividades agrossilviopastoris próximas ao Rio São João, Igaratinga - MG.



Fonte: Google earth (2016).

FIGURA 04: Vista para uso e ocupação do solo típico da região.
Cerâmicas de tijolos, área de drenagem Rio São João, Igaratinga - MG.



Fonte: Google earth (2016).

FIGURA 05: Vista para uso e ocupação do solo típico da região.
Rio São João passando pelo município de Itaúna - MG.



Fonte: Google earth (2016).

FIGURA 06: Vista para uso e ocupação do solo típico da região.
Indústrias próximas ao Rio São João, Itaúna - MG.

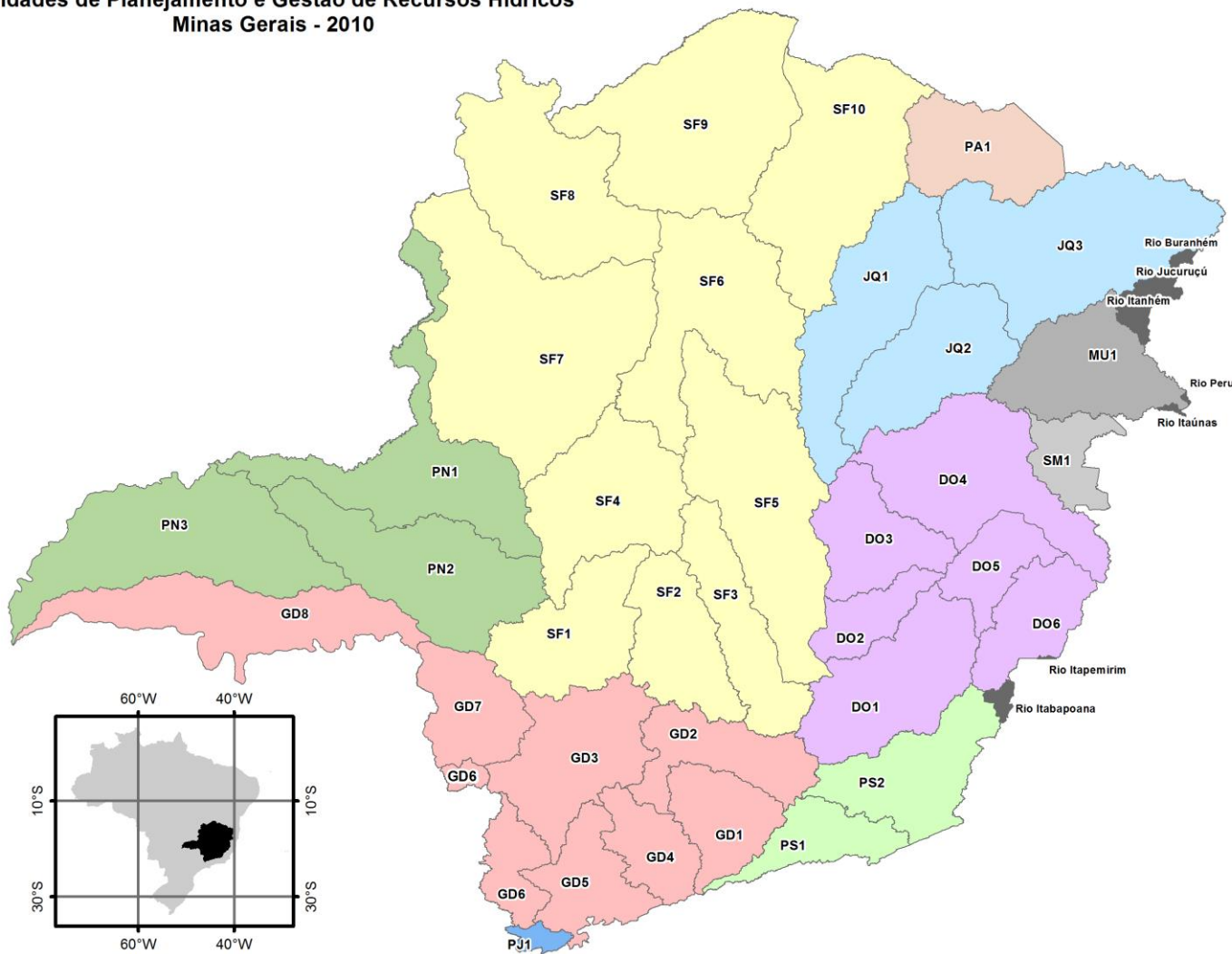


Fonte: Google earth (2016).

Anexo A – Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM definiu, de acordo com as diferentes características hidrográficas do estado de Minas Gerais, 36 Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos – UPGRH (VER MAPA A SEGUIR)

Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
Minas Gerais - 2010

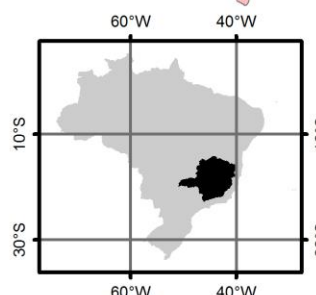


Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

- Bacia Hidrográfica do Rio Doce**
 - DO1 - Rio Piranga
 - DO2 - Rio Piracicaba
 - DO3 - Rio Santo Antônio
 - DO4 - Rio Suaçuí Grande
 - DO5 - Rio Caratinga
 - DO6 - Rio Manhuaçu
- Bacia Hidrográfica do Rio Grande**
 - GD1- Alto Rio Grande
 - GD2 - Rio das Mortes
 - GD3 - Entorno do Reservatório de Furnas
 - GD4 - Rio Verde
 - GD5 - Rio Sapucaí
 - GD6 - Afluentes Mineiros dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo
 - GD7 - Médio Rio Grande
 - GD8 - Baixo Rio Grande
- Bacia Hidrográfica do Rio Jequitinhonha**
 - JQ1 - Alto Rio Jequitinhonha
 - JQ2 - Rio Araçuaí
 - JQ3 - Médio e Baixo Rio Jequitinhonha
- Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**
 - PN1 - Alto Rio Paranaíba
 - PN2 - Rio Araguaari
 - PN3 - Baixo Rio Paranaíba
- Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul**
 - PS1 - Rios Preto e Paraibuna
 - PS2 - Rios Pomba e Muriaé
- Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**
 - PA1 - Rio Pardo
- Bacia Hidrográfica dos Rios Piracicaba e Jaguarí**
 - PJ1 - Rios Piracicaba e Jaguarí
- Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**
 - SF1 - Alto Rio São Francisco
 - SF2 - Rio Pará
 - SF3 - Rio Paraopeba
 - SF4 - Entorno da Represa de Três Marias
 - SF5 - Rio das Velhas
 - SF6 - Rios Jequitaiá e Pacuí
 - SF7 - Rio Paracatu
 - SF8 - Rio Uruçuia
 - SF9 - Rio Pandeiros
 - SF10 - Rio Verde Grande
- Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste**
 - MU1 - Rio Mucuri
 - SM1 - Rio São Mateus

Bacias hidrográficas que não constituem Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos - UPGRH

- Bacias Hidrográficas dos Rios do Leste**
 - Rio Alcobaça ou Itanhém
 - Rio Itaúnas
 - Rio Buranhém
 - Rio Jucuruçu
 - Rio Itabapoana
 - Rio Peruíbe
 - Rio Itapemirim



Sistema de Coordenadas Geográficas
Latitude/Longitude
SAD 69

Fonte:

- Bases Digitais Geominas, 1995
Diretoria de Monitoramento e Fiscalização Ambiental
Gerência de Monitoramento e Geoprocessamento
E-mail: geo.igam@meioambiente.mg.gov.br

0 70 140 280 Km



