

**ANÁLISE LIMNOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DO
NÍVEL TRÓFICO EM RESERVATÓRIO FORMADO NA
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA PCH EM RIO DO PEIXE/SC
COM ÊNFASE NO PARAMÊTRO FÓSFORO**

Osmar Rayis Santos

Orientadora: Prof. Dr. Catia Regina Silva de Carvalho Pinto

2012/2



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL**

**ANÁLISE LIMNOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL
TRÓFICO EM RESERVATÓRIO FORMADO NA IMPLEMEN-
TAÇÃO DE UMA PCH EM RIO DO PEIXE/SC COM ÊNFASE
NO PARÂMETRO FÓSFORO**

Osmar Rayis Santos

Trabalho apresentado como parte
dos requisitos para Conclusão do
Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental na Universi-
dade Federal de Santa Catarina

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2012**

Santos, Osmar Rayis

Análise Limnológica para Avaliação do Nível Trófico em Reservatório Formado na Implementação de Uma PCH em Rio do Peixe/SC com Ênfase no Parâmetro Fósforo

Osmar Rayis Santos-Florianópolis, 2012.

x, 76p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

1. Limnologia; 2. Qualidade de Água; 3. Nível Trófico.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

ANÁLISE LIMNOLÓGICA PARA AVALIAÇÃO DO NÍVEL
TRÓFICO EM RESERVATÓRIO FORMADO NA IMPLEMEN-
TAÇÃO DE UMA PCH EM RIO DO PEIXE/SC COM ÊNFASE
NO PARÂMETRO FÓSFORO

Osmar Rayis Santos

Trabalho submetido à Banca examinadora
como parte dos requisitos para Conclusão
do Curso de Graduação em Engenharia Sa-
nitária e Ambiental – TCC II

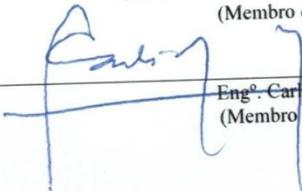
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Catia Regina Silva de Carvalho Pinto
(Orientadora)



Dr. José Julio Barrios Restrepo
(Membro da Banca)



Eng.º Carrito Duarte
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2012

AGRADECIMENTOS

A Deus ou o Universo que regem com suas decisões ou leis da física o tempo e suas diversas outras dimensões e que contribuíram para o surgimento da vida no planeta Terra e a oportunidade de eu estar aqui, neste momento.

Aos meus pais, pelo dom da vida, pelos valores ensinados e pelo suporte e força imensuráveis que demonstram a mim.

Aos meus irmãos, pela psicologia, pelo autismo, pela dislexia e pelo coração de ouro, que me dão companhia, exemplos, risadas e puxões de orelha.

Às minhas avós, que dão exemplo de vida e amor, pelos pratos tão bem feitos e histórias tão bem contadas.

À minha família, aos que não estão mais presentes, aos que estão distantes e aos que tenho a sorte e o prazer de ter contato.

À cidade de Florianópolis, pela acolhida calorosa, pela qualidade de vida e a incontestável magia.

À Socioambiental Consultores Associados LTDA e equipe, em especial, Ricardo Arcari e Carlito Duarte, pela oportunidade de estágio e ensinamentos profissionais que a vida acadêmica por si só não é capaz de prover e à CPFL Energia pelos dados cedidos na realização deste estudo.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pelas matérias, infraestrutura, professores e oportunidades que disponibiliza a seus alunos.

Aos meus amigos que participaram de um período único na minha vida e que espero continuem fazendo parte no futuro. Pelos graus na São Jorge e em muitos outros lugares, estudos, aulas, risadas, clavículas, rolês de bike, futebolis, campeonatos de verão e interclasses... Dentre muitos outros momentos e acontecimentos que seriam impossíveis de serem totalmente listados aqui.

A todos que direto ou indiretamente contribuíram para a minha formação.

...Muito Obrigado!

RESUMO

O presente trabalho busca avaliar preliminarmente a alteração da qualidade da água do futuro reservatório da PCH Salto Góes, localizada no Oeste do Estado de Santa Catarina, próxima a cidade de Tangará, em função do quantitativo de supressão de vegetação na área a ser inundada, além dos aportes naturais de nutrientes da bacia de contribuição. O estudo se baseia na aplicação de modelagem simplificada correlacionando a quantidade de fitomassa inundada, aporte de nutrientes da bacia e qualidade da água estimada no futuro reservatório. O potencial de eutrofização do futuro lago é avaliado com utilização de modelagem simplificada, fornecendo subsídios para elaborar prognósticos da qualidade da água para sobrevivência da ictiofauna e do florescimento de cianófitas ou macrófitas no trecho que virá a compor o reservatório do futuro barramento além de aspectos de saúde pública, navegação e paisagismo do reservatório. É um estudo que visa fornecer um panorama de cenários de qualidade da água em função de diferentes percentuais de supressão de vegetação e de contribuição das bacias de montante. De acordo com os resultados obtidos para a PCH, o percentual de remoção de biomassa não será preponderante na determinação da qualidade da água do futuro reservatório da PCH Salto Góes e sim os aportes de nutrientes e cargas orgânicas dos principais afluentes.

PALAVRAS-CHAVE: Limnologia; Qualidade de Água; Nível Trófico.

ABSTRACT

This study aims to evaluate preliminarily the change in the water quality of the future reservoir of “PCH Salto Góes”, located in the west of Santa Catarina State, near the city of Tangará, depending on the amount of vegetation removal in the area to be flooded, beyond the natural nutrient intakes basin contribution. The study is based on implementation of simplified modeling correlating the amount of flooded biomass, nutrient input from the watershed and estimated water quality in the future reservoir. The potential future lake eutrophication is assessed using simplified modeling, providing subsidies to develop forecasts of water quality for survival of fish populations and cyanobacteria or macrophyte blooms of the stretch that will compose the future reservoir dam besides aspects of public health, navigation and landscaping of the reservoir. It is a study which aims to provide an overview of water quality scenarios for different percentages of vegetation removal and contributing upstream watersheds. According to the results obtained for the PCH, the percentage of biomass removal will not be dominant in determining the future water quality of the reservoir “PCH Salto Góes” but the nutrient intakes and organic loads of the main tributaries will.

KEYWORDS: Limnology; Water quality; Trophic level.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE QUADROS.....	II
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	III
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Limnologia.....	5
3.2 Eutrofização.....	6
3.3 Nutrientes.....	8
3.4 Nível trófico.....	10
3.5 Cianobactérias e cianotoxinas.....	12
3.6 Macrófitas.....	14
3.7 Modelagem.....	15
3.8 Pequenas Centrais Hidrelétricas.....	17
3.9 Área de estudo.....	21
4 METODOLOGIA.....	25
4.1 Supressão da Vegetação.....	25
4.2 Série de Vazões Médias Mensais.....	27
4.3 Coleta Superficial e dados de Qualidade de Água.....	31
4.4 Estimativa de dados QA para meses sem coleta.....	33
4.5 Modelos utilizados.....	34
4.6 Fluxograma.....	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
6 CONCLUSÃO.....	53
7 RECOMENDAÇÕES.....	54
8 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
9 ANEXOS.....	60
10 APÊNDICES.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Sequência de degradação detectada nos países industrializados.	6
Figura 2 - Localização da área de estudo.	21
Figura 3 - Mapa fitogeográfico de Santa Catarina.	23
Figura 4 - Precipitação média mensal por sub-bacia e para a Bacia Rio do Peixe (1977-2004).....	24
Figura 5 - Vazões Médias Mensais – Eixo da PCH Salto Góes.	30
Figura 6 - Localização dos pontos de amostragem da PCH com destaque para pontos a serem analisados pelo presente trabalho.	32
Figura 7 - Relação entre as cargas de fósforo e as zonas tróficas 37	37
Figura 8 - Distribuição probabilística de estado trófico para lagos tropicais baseada no fósforo total.	39
Figura 9 - Exemplo aplicação dos resultados relativos no gráfico de Probabilidades.	40
Figura 10 - Fluxograma das etapas e ideias do presente estudo.	41
Figura 11 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas - Sem Desmatamento (cenário D1).....	44
Figura 12 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas – 1,82 ha de vegetação remanescente (cenário D2).	45
Figura 13 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas – Remoção Total da Fitomassa (cenário D3).	45
Figura 14 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas – Pós-Incorporação da Fitomassa Total (Cenário D4).	45
Figura 15 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas - Vazões Médias - Cenários D1 a D4.	46
Figura 16 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas – Vazões Mínimas Cenários - D1 a D4.....	46

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Efeitos da Eutrofização.....	7
Quadro 2 - Classificação do Estado Trófico - Rios.....	12
Quadro 3 - Classificação do Estado Trófico – Reservatórios.	12
Quadro 4 - Principais modelos de eutrofização utilizados.....	16
Quadro 5 - Empreendimentos em Operação no Brasil.....	18
Quadro 6 - Tipos de empreendimentos de geração de energia em operação.....	19
Quadro 7 - Tipologias vegetais na PCH Salto Góes.	26
Quadro 8 - Densidade de vegetação rapidamente degradável - DV.....	26
Quadro 9 - Cenários de Simulação.....	27
Quadro 10 - Estações fluviométricas utilizadas.	27
Quadro 11 - Série de Vazões Médias Mensais da PCH Salto Góes (Área = 2660 km ²).....	29
Quadro 12 - Vazões Médias e Mínimas Mensais.....	30
Quadro 13 - Descrição dos pontos que foram realizadas as coletas.....	32
Quadro 14 - Valores de Fosfatos (µg/l) nas campanhas de monitoramento da qualidade da água da PCH Salto Góes.....	33
Quadro 15 - Valores de Fosfatos (µg/l) aportados mensalmente para a PCH Salto Góes	34
Quadro 16 - Valores aplicados e relativamente encontrados no gráfico exemplo.....	41
Quadro 17 - Dados Físicos para o modelo Vollenweider	42
Quadro 18 - Resumo das áreas das tipologias vegetais e peso da fitomassa rapidamente degradável para os cenários de simulação da qualidade da água.....	43
Quadro 19 - Cargas de fósforo em cada cenário.	43
Quadro 20 - Maior valor provável e segundo maior valor provável para os cenários D1 a D4 com vazões médias.	47
Quadro 21 - Maior valor provável e segundo maior valor provável para os cenários D1 a D4 com vazões mínimas.....	48
Quadro 22 - Estados tróficos pelo IET-CETESB para os cenários D1 a D4 com vazões médias.....	49
Quadro 23 - Estados tróficos pelo IET-CETESB para os cenários D1 a D4 com vazões mínimas	49
Quadro 24 -Resumo - Avaliação do Estado Trófico - Modelo de Vollenweider.....	51

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
D1 – Cenário 01
D2 – Cenário 02
D3 – Cenário 03
D4 – Cenário 04
DV – Densidade de Vegetação Rapidamente Degradável
FED – Floresta Estacional Decidual
FOD – Floresta Ombrófila Densa
FOM – Floresta Ombrófila Mista
FRD – Fitomassa Rapidamente Degradável
FT – Fitomassa Total
HIDROWEB – Sistema de Dados Hidrológicos
IET – Índice de Estado Trófico
kW – kilowatts
MLT – Média de Longo Termo
MO – Matéria Orgânica
MW – Megawatts
PCH – Pequena Central Hidrelétrica

1 INTRODUÇÃO

O setor da energia elétrica é essencial para o desenvolvimento e consolidação da infraestrutura de qualquer país. Neste contexto, existem diversas opções para atingir o potencial elétrico estimado, desde energias renováveis até as mais comumente encontradas, provenientes de combustível fóssil.

Em países da América Latina, como o nosso, o crescimento demográfico e a crescente urbanização, em que a grande maioria dos habitantes concentra-se em centros urbanos, provoca uma crescente demanda por água e energia, resultando na construção de reservatórios e na retirada de volumes maiores de água dos rios para o abastecimento público.

No âmbito de energia renovável e devido à sua abundante disponibilidade hídrica, o nosso país apresenta um grande investimento no uso da força das águas, sendo as PCH - Pequenas Centrais Hidrelétricas, uma opção bastante adotada por causa de suas instalações com menor requerimento de área inundada e conseqüente menor impacto ambiental.

A definição de impacto ambiental segundo a Resolução CO-NAMA nº 306 de 05 de julho de 2002 diz que *“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, diretas ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota e a qualidade”*. Apesar de um impacto ambiental reduzido, ainda assim, existem impactos associados a este tipo de instalação, dentre os quais pode-se ressaltar a deterioração da qualidade da água do corpo hídrico.

Um dos processos primários significativos para comprometer a qualidade ambiental em rios, lagos e reservatórios pode ser a eutrofização. Tal fenômeno pode interferir nos ciclos químicos dos sistemas hídricos prejudicando seus usos, incluindo aí a vida aquática e a balneabilidade de suas águas. Podendo ter como uma das conseqüências possíveis, o florescimento de cianobactérias e conseqüente produção de cianotoxinas.

Por meio de uma avaliação dos dados de qualidade de água, frente às taxas de aplicação de fosfatos como cargas naturais da bacia e dos cenários de desmatamento, em conjunto com a série mensal de vazões buscou-se estimar por modelagem matemática simplificada o potencial de eutrofização do futuro reservatório que será formado na implementação de uma PCH no Rio do Peixe, bacia do Rio Uruguai, aflu-

ente pela margem direita do rio Uruguai, drenando uma área de 2.660 km² próxima ao município de Tangará, estado de Santa Catarina.

O projeto da PCH tem uma potência instalada de 20 MW com 2 turbinas de tipo Kaplan, barragem do tipo enrocamento e adução por túnel. O reservatório possuirá uma área inundada de aproximadamente 0,2 km²(20 ha).

A inundaçãõ da área alagará uma área não natural do rio, que atualmente apresenta uma vegetação desenvolvida, o atual estudo também buscará por meio de um inventário florestal já realizado, estimar a produção de nutrientes com esse alagamento da fitomassa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Reconhecer e comparar o comportamento do reservatório formado na implementação de uma PCH em Rio do Peixe/SC com avaliação do estado trófico com base no parâmetro fósforo.

2.2 Objetivos específicos

- Relatar e identificar as características do reservatório para fundamentar a avaliação com apresentação dos parâmetros de Fósforo;
- Reconhecer e estimar o comportamento da incorporação da fitomassa alagada encontrada por Inventário Florestal em equivalência trófica na área de inundação do reservatório; e
- Avaliar as relações e médias históricas mensais das vazões hidrométricas na região do entorno da PCH.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Limnologia

A pesquisa limnológica inclui o trabalho analítico no campo com o do laboratório, cujos resultados são as sínteses limnológicas. Mesmo em estudos com objetivos limitados, ligações realísticas ao sistema como um todo podem ser estabelecidas. Tais estudos deveriam fazer parte do conhecimento da estrutura e da função de todo o sistema. A classificação de sistemas hídricos como lagos, rios e represas formadas em empreendimentos hidrelétricos por grau de trofia é uma das etapas básicas do desenvolvimento dessa ciência. (TUNDISI, 2008)

O estudo limnológico é basicamente, como em outras ciências, uma procura de princípios, que atuam em certos processos e mecanismos de funcionamento podem ser utilizados em previsões e comparações. O fato de possibilitar previsões e prognósticos também qualifica a limnologia como uma ciência importante do ponto de vista aplicado.

Essa ciência mostra-se essencial em um país como o Brasil, que possui extensas redes fluviais, por onde flui cerca de 257.790 m³/s de água passível de utilização, correspondendo a aproximadamente 18% do potencial hídrico do planeta (SETTI, 1998), além de possuir amplos aquíferos subterrâneos, com cerca de 112.000 km³ de volume de água (MOTA, 1997).

Nos últimos anos, tem sido cada vez maior a degradação dos ecossistemas de águas interiores, com base no aumento dos efluentes ou resíduos sólidos gerados devido ao aumento da população urbana e conseqüente ocupação das bacias, que contribuem inclusive com o desmatamento das matas ciliares, agravando ainda mais a saúde das águas.

Segundo Lamparelli (2004), o crescimento demográfico e o aumento de atividades potencialmente impactantes em todo o mundo também tornaram crescente a preocupação com relação à qualidade das águas. Os lançamentos de substâncias tóxicas, através de efluentes industriais e domésticos, ou resultantes da aplicação de pesticidas, podem afetar a qualidade do ambiente para os organismos aquáticos, ou mesmo a saúde humana, por meio do consumo de águas contaminadas.

Portanto, a contenção desses processos de deterioração, a correção e a prevenção das alterações nas águas interiores só podem ser feitas se uma sólida base de estudos limnológicos existirem.

3.2 Eutrofização

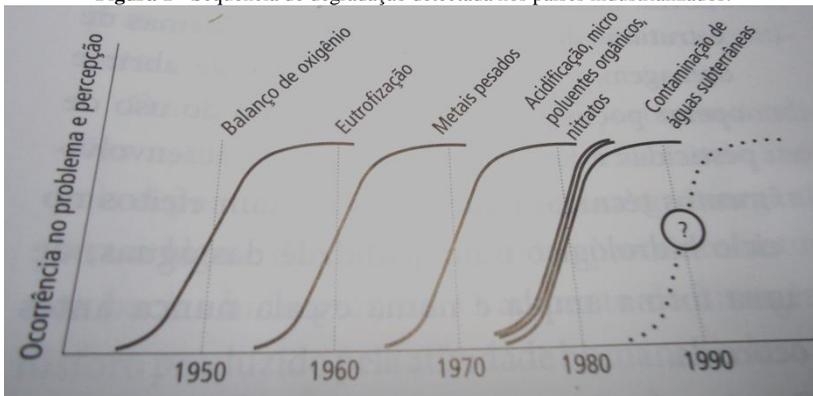
A eutrofização é um fenômeno que resulta na deterioração da qualidade da água e decréscimo da biodiversidade, consiste em uma aceleração do ciclo natural evidenciado pelo crescimento excessivo de plantas ou micro-organismos aquáticos por causa do excesso do aporte de nutrientes.

A eutrofização é um dos problemas ambientais de águas continentais mais difundidos; tratando-se basicamente como uma forma de enriquecimento artificial com dois tipos de nutrientes para as plantas, o fósforo e o nitrogênio. Uma consequência notável do enriquecimento do nível trófico de um lago ou reservatório é o aumento do crescimento de plantas flutuantes microscópicas e algas, podendo ocorrer formação de densa forragem de plantas aquáticas flutuantes, como aguapés (*Eichhornia*) e alface-d'água (*Pistia*).

De acordo com Smaha & Gobbi (2003) o excessivo crescimento de plantas ocorrido em rios, lagos, estuários e represas é decorrente da super-fertilização, e pode levar a sérios problemas de qualidade d'água. Esse fenômeno pode ocorrer naturalmente em escalas de meses a até milhares de anos, mas pode ser rapidamente acelerado pelo excesso de nutrientes lançados nos cursos d'água decorrentes das atividades humanas como lançamento de esgotos, atividades agrícolas, mudança no uso do solo, criação de reservatórios, entre outros.

O conhecimento prévio do estado de eutrofização mostra-se de grande importância também pelo fato de esse fenômeno ser uma dos primeiros efeitos notados na sequência de degradação ambiental causados pelos seres humanos conforme podemos observar na **figura 1**.

Figura 1 - Sequência de degradação detectada nos países industrializados.



Fonte: Straskraba e Tundisi (2000)

Sperling (2009) complementa o conceito de que a eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, em níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água. Sendo o principal fator de estímulo o nível excessivo de nutrientes no corpo d'água, principalmente nitrogênio e fósforo.

No **quadro 1** são apresentados os efeitos generalizados da eutrofização nos ecossistemas aquáticos.

Quadro 1 - Efeitos da Eutrofização.

- Anoxia (ausência de oxigênio dissolvido), que causa a morte de peixes e de invertebrados e também resulta na liberação de gases tóxicos com odores desagradáveis.
- Florescimento de algas e crescimento incontrolável de outras plantas aquáticas.
- Produção de substâncias tóxicas por algumas espécies de cianobactérias.
- Altas concentrações de matéria orgânica, as quais, se tratadas com cloro, podem criar compostos carcinogênicos.
- Deterioração do valor recreativo de um lago ou de um reservatório devido à diminuição da transparência da água.
- Acesso restrito à pesca e às atividades recreativas devido ao acúmulo de plantas aquáticas.
- Menor número de espécies de plantas e animais (biodiversidade)
- Alterações na composição de espécies daquelas mais importante para as menos importantes (em termos econômicos e valor protéico).
- Depleção de oxigênio, nas camadas mais profundas, durante o outono em lagos e reservatórios de regiões temperadas.
- Diminuição da produção de peixes causada por depleção de oxigênio na coluna d'água.

Fonte: Instituto Internacional de Ecologia (2000).

Segundo Tundisi (2008), a taxa e o tempo de progressão da eutrofização em um lago (reservatório) dependem, fundamentalmente, dos seguintes fatores, considerando-se uma carga constante de nutrientes: estado trófico inicial do lago, profundidade média, morfometria e o tempo de residência. Para o presente estudo, o estado trófico inicial e a morfometria não convêm, devido ao fato do reservatório ainda não existir. Portanto, as análises da profundidade média e do tempo de residência merecem um maior destaque.

Ainda segundo o mesmo autor, o fator da profundidade média é importante porque pode aumentar ou diminuir a diluição de nutrientes e, conseqüentemente, a concentração por volume ou área. Uma diminuição da profundidade média significa uma zona eufótica mais próxima dos sedimentos, estando estes mais próximos à superfície do lago e aumentando a degradação dos nutrientes.

Ele ainda complementa sobre o tempo de residência, que à medida que se aumenta tal tempo, maior é a disponibilidade para o uso de nutrientes. Se o tempo de residência é muito curto, a tendência para o acúmulo de fitoplâncton é menor e há perda de células ou colônias. Ou seja, quanto maior o tempo de residência, maior a chance de ocorrer a eutrofização.

3.3 Nutrientes

Os nutrientes são compostos de nitrogênio e/ou fósforo que podem ser provenientes das descargas industriais, agrícolas, domésticas, drenagens urbanas e de superfícies pavimentadas etc. Segundo Smaha & Gobbi (2003) o problema da eutrofização está diretamente relacionado com os nutrientes inorgânicos, os quais servem de alimento e são incorporados pela biomassa.

Entre os principais macro nutrientes necessários para o desenvolvimento celular estão o carbono, o nitrogênio e o fósforo. Para o processo de eutrofização, faz-se necessário identificar o nutriente que está controlando o crescimento das plantas. A análise deste nutriente limitante é geralmente feita para o nitrogênio e para o fósforo. Tundisi (2008) complementa que fósforo e nitrogênio são os principais elementos na eutrofização de lagos e reservatórios tropicais, temperados e subárticos, mas os limiares e limites diferem.

Segundo Sperling (2009) nutriente limitante é aquele que, sendo essencial para uma determinada população, limita seu crescimento. De acordo com a lei de Liebig, um nutriente limitante é aquele cuja concentração é a mais próxima da mínima relativa à demanda do organismo. Em baixas concentrações do nutriente limitante, o crescimento populacional é baixo. Com a elevação da concentração do nutriente limitante, o crescimento populacional também aumenta.

Ainda sobre o conceito de nutriente limitante, Salas e Martino (2001) complementam que ele é baseado na premissa de estequiometria celular das plantas aquáticas, onde o nutriente que irá controlar a máxima quantidade de biomassa vegetal é o nutriente que será exaurido pri-

meiramente, ou seja, aquele que atinge um valor mínimo antes dos outros.

a) Justificativa Parâmetro Fósforo:

O fósforo é um elemento abundante, porém nunca é encontrado em estado livre na natureza. Ele ocorre principalmente sob a forma de fosfatos, PO_4^{3-} , PO_4^{2-} , H_2PO_4^- , ligados a um cátion em compostos inorgânicos insolúveis como, fosfato de cálcio simples $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, fosfato de alumínio AlPO_4 , fosfato férrico FePO_4 , e o fosfato misto, $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, denominado apatita, ou como componente de moléculas orgânicas (SAWYER et al., 1994).

Odum (1998) afirma que de todos os elementos presentes nos organismos vivos é provável que o fósforo seja o mais importante em termos ecológicos, porque a proporção entre o fósforo e outros elementos nos organismos tende a ser consideravelmente maior do que a proporção nas fontes primárias dos elementos biológicos. Portanto, é mais provável que uma deficiência de fósforo limite a produtividade de uma região da superfície terrestre do que uma deficiência de outro material.

Ainda segundo Lamparelli (2004) a importância da avaliação do fósforo presente em ecossistemas aquáticos para a estimativa da produtividade primária é indiscutível, uma vez que ele é na maioria dos ambientes o fator limitante para este processo. Ou seja, o fósforo disponível será um dos fatores mais importantes no fenômeno da eutrofização, atuando na regulação da produtividade do sistema e também de todas as consequências deste processo, como deterioração da qualidade da água, floração de algas, dentre outros.

Neste contexto, de acordo com Salas e Martino (1991), a maioria dos lagos tropicais da América Latina possui como nutrientes limitantes para a floração de algas, o fósforo. O nitrogênio, mesmo com o controle do seu aporte externo, não teria a sua concentração reduzida com a diminuição da carga afluyente, pois existem algas com capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico.

Por estas razões, para a avaliação de eutrofização do corpo hídrico, é fundamental a análise das concentrações de fósforo que serão aplicadas ao mesmo.

3.4 Nível trófico

A quantificação do estado trófico por meio de vários índices permite agrupar lagos em categorias que funcionam como referências e permitem acompanhar as alterações quantitativas sofridas pelos lagos e reservatório, em virtude das cargas de nutrientes. É evidente que as características dinâmicas dos lagos e sua individualidade produzem alguns desvios nessa generalização, a qual é importante principalmente do ponto de vista da aplicação, como, por exemplo, na recuperação dos lagos e prevenção da eutrofização.

O estado trófico não é uma quantificação apenas da concentração de nutrientes nos lagos, mas envolve a determinação de outros parâmetros que levam a elaboração de um índice de estado trófico, a partir de uma matriz de vários indicadores, tais como biomassa do fitoplâncton, zooplâncton e bacterioplâncton; concentração de oxigênio no hipolímnio; transparência e concentração de fósforo total na água (TUNDISI, 2008).

Sperling (2009) diz que para poder caracterizar o estágio de eutrofização em que se encontra um corpo d'água e possibilitar a tomada de medidas preventivas e/ou corretivas pertinentes, é interessante a adoção de um sistema classificatório. Usualmente têm-se os seguintes níveis de trofia: oligotrófico (lagos claros e com baixa produtividade), mesotrófico (lagos com produtividade intermediária) e eutrófico (lagos com elevada produtividade, em comparação com o nível natural básico).

O nível de trofia no sistema analisado pode ser de acordo com sua concentração de nutrientes e potencialidade para eutrofização. Podendo ocorrer, segundo William (2011), em lagos, represas e rios sendo classificados de acordo com a extensão de sua eutrofização, em quatro classes principais: oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos. Baseia-se nas concentrações de fósforo, nitrogênio e clorofila a (o pigmento responsável pela fotossíntese das algas).

Entre os principais métodos propostos para medir o índice de estado trófico, o de Carlson (1977) tem sido o mais usado. Utilizando dados de uma série de lagos, esse autor relacionou fósforo total, clorofila a e transparência do disco de Secchi na base do \log_2 . No entanto, esse índice foi obtido em regiões temperadas.

Segundo Tundisi (2008) os índices de estado tróficos definidos para regiões tropicais podem diferir em ordem de magnitude daqueles obtidos para regiões temperadas. A individualidade dos lagos nas respostas à eutrofização e à concentração química inicial – que depende das

características geoquímicas regionais – é importante também quando se compara o processo da eutrofização, sua quantificação e seus efeitos em lagos e reservatórios de regiões temperadas e tropicais.

Ainda no mérito da classificação do nível trófico, a CETESB tem um índice chamado de Índice do Estado Trófico – IET utilizado em reservatórios e rios de São Paulo que tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas.

Das três variáveis citadas para o cálculo do Índice do Estado Trófico, foram aplicadas apenas duas: clorofila a e fósforo total, uma vez que os valores de transparência muitas vezes não são representativos do estado de trofia, pois esta pode ser afetada pela elevada turbidez decorrente de material mineral em suspensão e não apenas pela densidade de organismos planctônicos, além de muitas vezes não se dispor desses dados.

Nesse índice, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila a, IET (CL), por sua vez, deve ser considerada como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas que tem lugar em suas águas.

O Índice do Estado Trófico apresentado é composto pelo Índice do Estado Trófico para o fósforo – IET (PT) e o Índice do Estado Trófico para a clorofila a – IET (CL), modificados por Lamparelli (2004), sendo estabelecidos para ambientes lóticos, segundo as equações:

Rios:

$$\begin{aligned} \text{IET (CL)} &= 10x (6 - ((-0,7 - 0,6x(\ln \text{CL}))/\ln 2)) - 20 \\ \text{IET (PT)} &= 10x (6 - ((0,42 - 0,36x(\ln \text{PT}))/\ln 2)) - 20 \end{aligned}$$

Reservatórios:

$$\begin{aligned} \text{IET (CL)} &= 10x (6 - ((0,92 - 0,34x(\ln \text{CL}))/\ln 2)) \\ \text{IET (PT)} &= 10x (6 - ((1,77 - 0,42x(\ln \text{PT}))/\ln 2)) \end{aligned}$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em $\mu\text{g.L}^{-1}$;

In: logaritmo natural.

Nos meses em que estejam disponíveis dados de ambas variáveis, o resultado apresentado nas tabelas do IET é a média aritmética simples dos índices relativos ao fósforo total e a clorofila a. Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para rios e reservatórios estão descritos nos **quadros 2 e 3** a seguir:

Quadro 2 - Classificação do Estado Trófico - Rios.

Classe	IET	Fósforo ($\mu\text{g/L}$)	Clorofila ($\mu\text{g/L}$)
Ultraoligotrófico	< 47	≤ 13	$\leq 0,74$
Oligotrófico	47 - 52	$13 < P \leq 35$	$0,74 < CL \leq 1,31$
Mesotrófico	52 - 59	$35 < P \leq 137$	$1,31 < CL \leq 2,96$
Eutrófico	59 - 63	$137 < P \leq 296$	$2,96 < CL \leq 4,70$
Supereutrófico	63 - 67	$296 < P \leq 640$	$4,70 < CL \leq 7,46$
Hipereutrófico	> 67	$640 < P$	$7,46 < CL$

Fonte: CETESB (2000).

Quadro 3 - Classificação do Estado Trófico – Reservatórios.

Classe	IET	Fósforo ($\mu\text{g/L}$)	Clorofila ($\mu\text{g/L}$)
Ultraoligotrófico	< 47	< 8	< 1,17
Oligotrófico	47 - 52	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	52 - 59	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	59 - 63	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	63 - 67	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	> 67	$233 < P$	$69,05 < CL$

Fonte: CETESB (2000).

3.5 Cianobactérias e cianotoxinas

Frequentes florescimentos de cianobactérias são uma das consequências mais importantes da eutrofização. Muitos florescimentos não têm outras consequências, a não ser desencadear um processo muito rápido de aumento da matéria orgânica particulada viva, que se decompõe rapidamente após o início da degradação do florescimento (TUNDISI, 2008). Mas em outros casos, podem ocorrer efeitos de graves

consequências para a biota aquática e a saúde humana, que provém da produção de diferentes tipos de toxinas.

Cianobactérias também são conhecidas como algas verde-azuis (cianofíceas) devido à combinação de características comuns às bactérias e algas; são procarióticas fotossintéticas. A maioria das cianobactérias é fotoautotrófica aeróbia, ou seja, precisa de água, dióxido de carbono, substâncias inorgânicas e luz para a sua sobrevivência (TEIXEIRA, 2002).

Raven (2001) afirma que esses micro-organismos merecem ênfase especial por possuírem grande importância ecológica no ciclo do carbono e do nitrogênio e pela capacidade de viverem em uma ampla variedade de ambiente, crescendo desde em águas de fontes termais até em lagos gelados da Antártica. Sant'Anna (2006) também comenta sobre essas variedades de habitat das cianobactérias e complementa que podem ser terrestres, marinhas e de lugares desérticos.

As cianobactérias possuem algumas estratégias para a sobrevivência. Habitam as camadas superficiais da água e contêm estruturas brilhantes de formas irregulares, chamadas de vesículas gasosas, com capacidade de regular a flutuabilidade desses organismos. Quando se tornam incapazes de regular adequadamente suas vesículas de gás, por exemplo, em virtude da variação extrema de temperatura e suprimento de oxigênio, elas podem aflorar massas visíveis denominadas floração. Algumas cianobactérias que formam floração secretam substâncias tóxicas para micro-organismos, causando grandes números de mortes (RAVEN, 2001).

Vários gêneros e espécies de cianobactérias que formam florações produzem toxinas, conhecidas como cianotoxinas, constituem uma grande fonte de produtos naturais tóxicos produzidos por esses micro-organismos (CARMICHAEL, 1992). Ainda, segundo a autora, a crescente eutrofização dos ambientes aquáticos tem sido produzida por atividades humanas. Essas toxinas podem causar inúmeros problemas à saúde humana e mesmo a morte de seres humanos e animais, quando ingeridas ou em contato (CARMICHAEL, 1992) e (CHORUS & BARTHAM, 1999). A exposição à cianobactérias pode resultar em morbidez e mortalidade.

As principais consequências das toxinas são irritação na pele, respostas alérgicas, irritação das mucosas, paralisia de músculos respiratórios, diarreia, dano ao fígado e rins. Evidências epidemiológicas do aumento do câncer no fígado e no reto mostraram associações com o

consumo de cianobactérias em águas contaminadas (ZALEWSKI et al, 2004)

Deberdt (2004) comenta que as florações de cianobactérias causam impactos sociais, econômicos e ambientais. Sua biomassa contribui na geração de problemas estéticos e na alteração da coloração e sabor da água, formando camadas verdes na superfície do corpo hídrico. A autora afirma que as florações de cianobactérias tóxicas comprometem a disponibilidade hídrica para os usos mais nobres, como abastecimento público, necessidades animais, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, aquicultura e pesca.

3.6 Macrófitas

Plantas aquáticas que absorvem nutrientes e podem vir a crescer em excesso, comprometendo a qualidade da água. Sendo especificadas de acordo com Sperling (2009) como plantas aquáticas que podem ser classificadas dentro das seguintes duas categorias amplas: 1) plantas que se movem livremente com a água (plantas aquáticas planctônicas): incluem o fitoplâncton microscópico, plantas flutuantes e certos tipos de organismo, como cianobactérias, que podem flutuar na superfície e se mover com a corrente superficial; 2) plantas fixas (aderidas ou enraizadas): incluem as plantas aquáticas enraizadas de diversos tamanhos e os organismos microscópicos aderidos (algas bênticas) dentro dos conceitos de Thomann & Mueller (1987).

As macrófitas aquáticas, principalmente as enraizadas, conseguem assimilar os nutrientes presentes nos sedimentos. Porém a sua presença não indica que haverá uma redução dos nutrientes na coluna de água, pois durante a decomposição ou mediante a excreção de compostos orgânicos ela pode liberá-los para a coluna de água novamente.

Desta forma, o nutriente que ficaria preso, através do efeito de bombeamento do sedimento para a coluna de água, por intermédio da macrófita aquática, rapidamente retorna ao ecossistema aquático. Podem crescer, em condições ótimas de luz e nutrientes, com potencialidade de cobrir boa parte do espelho de água causando inúmeros problemas ambientais e na qualidade da água como: prejuízos ao abastecimento de água, à navegação, aos usos múltiplos dos reservatórios, entre outros. (PÔMPEO, 2012)

3.7 Modelagem

A modelagem seria um método para simular o comportamento do mundo físico real por meio de fórmulas e premissas teóricas, que de acordo com parâmetros e coeficientes estimados ou medidos, podem estimar cenários ou comportamentos de determinados processos. Cristofoletti (1999) afirma que a modelagem envolve um conjunto de técnicas com a finalidade de simplificar a complexidade do mundo. Este conjunto de técnicas é teórico e compõem uma abstração da realidade a qual ajusta e orienta para experiências empíricas.

Barbosa (2004) diz que modelagem está associada à problematização e investigação. O primeiro refere-se ao ato de criar perguntas e/ou problemas enquanto que o segundo, à busca, seleção, organização e manipulação de informações e reflexão sobre elas. Ambas as atividades não são separadas, mas articuladas no processo de envolvimento dos alunos para abordar a atividade proposta. Nela, podem-se levantar questões e realizar investigações que atingem o âmbito do conhecimento reflexivo.

A eutrofização tem atingido muitos lagos, rios e estuários em todas as regiões do planeta. A modelagem do processo de eutrofização é, portanto, muito importante como mecanismo para resolução desse problema (recuperação do lago, represa ou rio, minimização dos efeitos). A definição do processo para fins de introdução do modelo implica a identificação dos contornos dos sistemas, escalas de tempo e subsistemas. A definição das escalas espaciais e temporais e dos subsistemas depende, evidentemente, de um conhecimento limnológico e ecológico aprofundado do sistema (TUNDISI, 2008). Este mesmo autor comenta ainda que nos últimos anos, desenvolveu-se um grande número de modelos de eutrofização. O **quadro 4** apresenta os principais modelos, com algumas de suas características mais importantes.

Quadro 4 - Principais modelos de eutrofização utilizados.

Tipo de modelo	Número de variáveis	Nutriente considerado	Segmentos	Dimensão (D) ou Camadas (L)	CS ou NC	Estudos de caso na literatura
Vollenweider	1	P (N)	1	1L	CS	muitos
Imboden	2	P	1	2L, 1D	CS	3
Onelia	2	P	1	1L	CS	1
Larsen	3	P	1	1L	CS	1
Lorenzen	2	P	1	1L	CS	1
Patten	33	P, N, C	1	1L	CS	2
Ditoro	7	P, N	7	1L	CS	1
Canale	25	P, N, Si	1	2L, 1D	CS	1
Jorgensen	17	P, N, C	1	1 - 2L	NC	3
Cleaner	40		muitos	muitas	CS	muitos

*P – Fósforo total; N – Nitrogênio Total; C – Carbono Total; Si - Sílica “reativa”; CS – Constante; NC – Ciclo de nutrientes independentes. Fonte: Modificado de Tundisi (2008).

a) Estimativa de carga

A carga seria um parâmetro que leva em conta a relação entre vazão e concentração para quantificar os nutrientes lançados no corpo hídrico. Podendo ser composto por dois tipos: Carga externa: carga de nutrientes que atinge o lago a partir da bacia hidrográfica, ou seja, a partir de esgotos ou de água de drenagem agrícola. Carga interna: nutrientes que são liberados a partir do lago ou represa, por exemplo, liberação de nutrientes a partir da água intersticial e também de substância tóxicas.

A Resolução CONAMA 357/05 apresenta o conceito carga poluidora como “*quantidade de determinado poluente transportado ou lançado em um corpo de água receptor, expressa em unidade de massa por tempo;*”.

Sperling (2009) complementa que a carga pode ser expressa em termos de massa por unidade de tempo, podendo ser calculada por um dos seguintes métodos, dependendo do tipo de problema de análise, da origem do poluente e dos dados disponíveis:

- carga = concentração x vazão
- carga = contribuição per capita x população
- carga = contribuição por unidade produzida x produção
- carga = contribuição por unidade de área x área.

3.8 Pequenas Centrais Hidrelétricas

O Brasil é um país notavelmente extenso, com uma disponibilidade hídrica abundante, dentre as maiores do mundo. A água para a geração de energia, além de ter um custo baixo, é considerada uma matriz energética renovável devido ao ciclo hidrológico natural, deixando a sua escolha ainda mais atraente. Seu uso ocorre por meio das usinas hidrelétricas, que são responsáveis pela geração de aproximadamente de 65% da eletricidade do país, em capacidade instalada (kW) (ANEEL, 2012).

O país usa energia hidrelétrica desde o final do século 19, as décadas passadas marcaram maior investimento na construção de grandes usinas, fato percebido, por exemplo, com a construção da maior hidrelétrica do mundo em geração de energia, a Usina de Itaipu, inaugurada em 1984.

Uma usina hidrelétrica é um empreendimento arquitetônico, de obras e de equipamentos, que tem por finalidade produzir energia elétrica através do aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio. Resumidamente, a energia hidráulica é convertida em energia mecânica por meio de uma turbina hidráulica, que por sua vez é convertida em energia elétrica por meio de um gerador, sendo a energia elétrica transmitida para uma ou mais linhas de transmissão que é interligada à rede de distribuição.

Quadro 5 - Empreendimentos em Operação no Brasil.

Empreendimentos em Operação							
Tipo		Capacidade Instalada		%	Total		%
		N.º de Usinas	(kW)		N.º de Usinas	(kW)	
Hidro		1.039	84.150.964	65,29	1.039	84.150.964	65,29
Gás	Natural	105	11.415.493	8,86	145	13.158.456	10,21
	Processo	40	1.742.963	1,35			
Petróleo	Óleo Diesel	964	3.421.064	2,65	998	7.346.575	5,7
	Óleo Residual	34	3.925.511	3,05			
Biomassa	Bagaço de Cana	359	8.125.584	6,3	446	9.855.173	7,65
	Licor Negro	14	1.235.643	0,96			
	Madeira	45	379.235	0,29			
	Biogás	19	78.278	0,06			
	Casca de Arroz	9	36.433	0,03			
Nuclear		2	2.007.000	1,56	2	2.007.000	1,56
Carvão Mineral	Carvão Mineral	11	2.304.191	1,79	11	2.304.191	1,79
Eólica		84	1.886.382	1,46	84	1.886.382	1,46
Importação	Paraguai		5.650.000	5,46		8.170.000	6,34
	Argentina		2.250.000	2,17			
	Venezuela		200.000	0,19			
	Uruguai		70.000	0,07			
Total		2.738	128.890.669	100	2.738	128.890.669	100

Fonte: ANEEL (2012).

Em meados da década de 90, com a criação da Lei 9427/96, que instituiu a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) como órgão disciplinador do regime de concessões de serviços públicos de energia elétrica, ocorreu certa reestruturação do setor elétrico brasileiro.

Foi quando as Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs começaram a surgir e tornaram-se um excelente atrativo, pois o Governo Federal proporcionou uma série de incentivos regulatórios para a implantação de empreendimentos desta natureza no país, como descontos na tarifa do uso do sistema de transmissão ou distribuição, garantia de compra da energia elétrica por 20 anos e possibilidade de sua utilização para o atendimento de mercados livres de energia, como indústrias e shoppings que representam 20% do mercado brasileiro.

O número de PCHs segue crescendo nos últimos anos no nosso país. Como pode-se observar no **quadro 6**, atualmente temos 436 PCHs em operação, responsáveis por uma potência de 4.305.297 kW (3,52% do total). Ainda, segundo ANEEL (2012), serão adicionadas 173 PCHs nos próximos anos (47 em construção e 126 outorgadas que ainda não iniciaram sua construção), sendo estas responsáveis pelo aumento de 2.324.405 kW da potência provenientes das PCHs no Brasil.

Quadro 6 - Tipos de empreendimentos de geração de energia em operação.

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
Central Geradora Hidrelétrica	400	239.247	237.617	0,2
Central Geradora Eolielétrica	85	1.888.378	1.888.382	1,56
Pequena Central Hidrelétrica	436	4.305.297	4.254.098	3,52
Usina Fotovoltaica	11	11.578	7.578	0,01
Usina Hidrelétrica de Energia	204	82.486.844	79.835.689	65,98
Usina Termoeétrica	1.608	34.680.315	32.769.856	27,08
Usina Termonuclear	2	1.990.000	2.007.000	1,66
Total	2.746	125.601.659	121.000.220	100

* Os valores de porcentagem são referentes a Potência Fiscalizada. A Potência Outorgada é igual a considerada no Ato de Outorga. A Potência Fiscalizada é igual a considerada a partir da operação comercial da primeira unidade geradora. Fonte: ANEEL (2012).

Elas apresentam uma série de vantagens em relação às grandes barragens, como menor área de influência no impacto ambiental, pois contam com uma área alagada menor, sucessivamente menor custo para implantação, possibilitando a inclusão de pequenos e médios empreendedores no processo e menor prazo para maturação, levando cerca de dois anos para ser efetivamente implantada.

De acordo com a Resolução nº394 de 1998 da ANEEL, os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, com área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 km², serão considerados como aproveitamentos com características de pequenas centrais hidrelétricas.

Em 2003, com a Resolução nº625 da ANEEL, foram complementadas algumas definições, reservando a área máxima do reservatório a 13,0 km² e também incluindo como critério de atendimento a seguinte inequação:

$$A \leq \frac{14,3 \times P}{H_b}$$

Sendo:

A = Área do reservatório (km²)

P = Potência elétrica instalada (MW)

H_b = Queda bruta em (m)

Conforme já evidenciado, as centrais hidrelétricas geram, como todo empreendimento energético, alguns tipos de impactos ambientais como o alagamento das áreas vizinhas, aumento no nível dos rios, em algumas vezes pode mudar o curso do rio represado, podendo, prejudicar a fauna e a flora da região. Todavia, é ainda um tipo de energia mais barata do que outras como a energia nuclear e menos agressiva ambientalmente do que a do petróleo ou a do carvão, por exemplo.

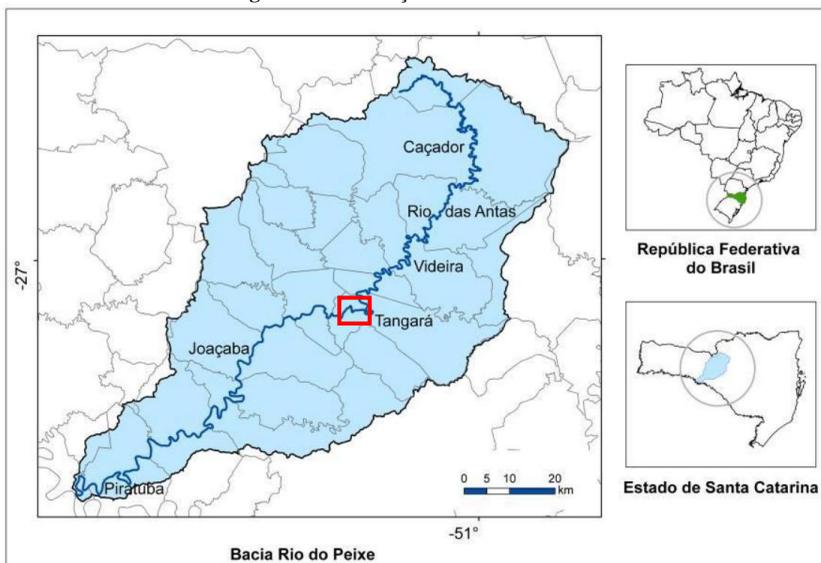
3.9 Área de estudo

3.9.1 Físico

O reservatório que será formado na implementação de uma PCH encontra-se no Rio do Peixe, bacia do Rio Uruguai, afluente pela margem direita do rio Uruguai, drenando uma área de 2.660 km² próxima ao município de Tangará, Estado de Santa Catarina, cujas coordenadas geográficas são: 27° 06' 16" de latitude Oeste e 51° 17' 10" de longitude Sul.

O Rio do Peixe tem sua nascente localizada no município de Calmon a uma altitude de 1.250 m. A foz, após um percurso de 299 km, encontra-se à altitude de 387 m, em Alto Bela Vista, contribuindo ainda para o reservatório de acumulação de água formado para a geração de energia da hidrelétrica de Itá no Rio Uruguai. As coordenadas geográficas que delimitam a bacia estão compreendidas entre os paralelos S 26°36'24" e 27°29'19" e os meridianos W 50°48'04" e 51°53'57". (LINDNER, 2007).

Figura 2 - Localização da área de estudo.



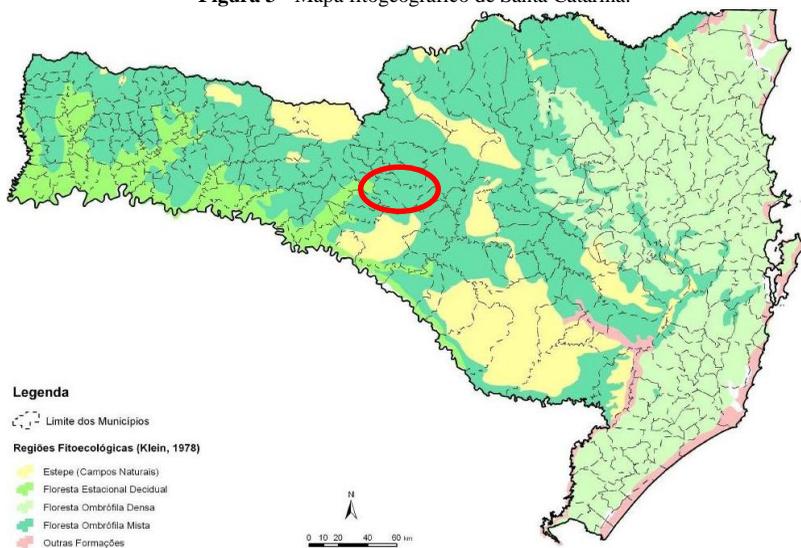
Fonte: Lindner (2007).

3.9.2 Vegetação

Segundo Klein (1978), cerca de dois terços da superfície do estado de Santa Catarina constituem planaltos, onde as altitudes médias giram em torno de 1000 m acima do nível do mar. Grande parte deste planalto originalmente era coberta pela Floresta Ombrófila Mista. Segundo ETS (2008) a vegetação presente no local nos entornos das instalações é a Floresta Ombrófila Mista (FOM), incluindo elementos florestais de Floresta Estacional Decidual (FED). Tal condição pode ocorrer pelo fato da área do empreendimento situar-se nas proximidades do rio do Peixe, o qual compõe a Bacia do rio Uruguai, com cota altimétrica em torno de 700m em relação ao nível do mar. O Domínio da Floresta Atlântica é um complexo de ecossistemas de grande importância, pois abriga uma parcela significativa da diversidade biológica do Brasil e do mundo (ETS apud STEHMANN et al. 2009). Estes ecossistemas incluem as faixas litorâneas do Atlântico, com seus manguezais e restingas, florestas de baixada e de encosta da Serra do Mar, florestas interioranas, as matas de araucárias e os campos de altitude (ETS apud CAMPANILI; PROCHNOW, 2006).

A Floresta Atlântica estende-se ao longo da costa atlântica brasileira, abrangendo total ou parcialmente 17 estados, desde o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte (ETS apud SCHÄFFER; PROCHNOW, 2002). O estado de Santa Catarina possui uma extensão territorial de 95.985 km², dos quais 85%, ou 81.587 km², estavam originalmente cobertos pela Floresta Atlântica (ETS apud CAMPANILI; PROCHNOW, 2006). De acordo com o Mapa Fitogeográfico (figura abaixo), a cobertura florestal do estado está subdividida nas formações: Campos Naturais, Floresta Estacional Decidual (FED), a Floresta Ombrófila Mista (FOM) e a Floresta Ombrófila Densa (FOD), além de pequenos trechos com outras formações (ETS apud KLEIN, 1978).

Figura 3 - Mapa fitogeográfico de Santa Catarina.



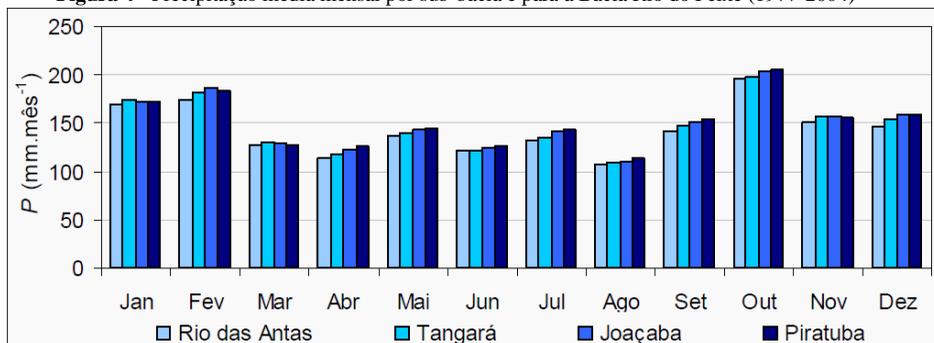
*Em destaque o município de Tangará, mostrando predomínio de FOM. Fonte: ETS (2008) apud Klein (1978).

3.9.3 CLIMA

Conforme classificação de Koeppen (1948), na Bacia Rio do Peixe, são encontrados os tipos climáticos “Cfb” em seu alto e médio curso e “Cfa” em seu baixo curso. O tipo “Cfa” indica clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações com verão quente, o tipo “Cfb” corresponde a um clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações com verão moderadamente quente (SANTA CATARINA, 2003).

Lindner (2007) realizou um estudo onde foram analisadas as precipitações na bacia do Rio do Peixe. Na **figura 4**, é apresentada a precipitação mensal por sub-bacia e Bacia Rio do Peixe. Há um comportamento homogêneo da incidência de precipitação nas sub-bacias, salientando-se que os valores médios foram obtidos com diferentes números de estações por sub-bacia. Em todas as sub-bacias, o mês menos chuvoso foi agosto, e outubro o mais chuvoso.

Figura 4 - Precipitação média mensal por sub-bacia e para a Bacia Rio do Peixe (1977-2004)



Fonte: Lindner (2007).

Depois de outubro, o segundo maior pico de precipitação ocorre no mês de fevereiro. O trimestre mais chuvoso é de outubro a dezembro e o trimestre mais seco de junho a agosto.

3.9.4 Resumo das Características Básicas do Reservatório da PCH Salto Góes

Os dados básicos do reservatório a ser formado pela implantação da PCH Salto Góes foram obtidos pela Ficha Resumo do Projeto Básico – ANEEL, apresentada no Projeto Básico Consolidado realizado por MEK (2011). A ficha completa pode ser consultada no Anexo 1

O projeto da PCH tem uma potência instalada de 20 MW com 2 turbinas de tipo Kaplan, barragem do tipo enrocamento e adução por túnel. O reservatório possuirá uma área inundada de aproximadamente 0,2 km²(20 há). (MEK, 2011). O mês provável de enchimento do reservatório é o de novembro.

- Cota máxima normal: 600,20 m.
- Área do reservatório na cota máxima normal: 0,1983 km²
- Volume na cota máxima normal: 0,48 x 10⁶ m³
- Tempo de residência para vazão média: 1,93 horas
- Tempo de residência para vazão mínima: 2,90 horas

4 METODOLOGIA

O presente estudo visa conhecer o potencial de eutrofização do futuro reservatório com utilização de modelagem simplificada, fornecendo subsídios para elaborar prognósticos da qualidade da água no trecho de vazão reduzida localizada a jusante do futuro barramento. Para tal modelagem simplificada, são utilizados dados obtidos em três estudos distintos, sendo apresentados aqui apenas os dados e resultados que servirão de entrada para o desenvolvimento da modelagem simplificada. Desta forma, cada tema (Dados de qualidade de água, Inventário Florestal e Série de Vazões) é apresentado de forma resumida nos itens a seguir.

4.1 Supressão da Vegetação - Estimativa de carga por fitomassa alagada

ETS (2008) realizou a caracterização dos diferentes estágios sucessionais de regeneração da vegetação secundária da Floresta Ombrófila Mista na região a ser inundada, utilizando as terminologias dadas pela Resolução CONAMA N° 04/1994, referentes aos estágios inicial, médio e avançado, identificados com base na análise da estrutura vegetacional e da composição florística. Para auxiliar na designação de espécies nativas e exóticas do Brasil, utilizou-se a Lista de Espécies da Flora do Brasil, onde constam a origem e endemismo das espécies. Com base nessa caracterização busca-se estimar a carga de fósforo produzida pelo alagamento e consequente degradação do volume da biomassa vegetal (folhas e troncos).

As tipologias de vegetação, bem como as áreas correspondentes à cada tipologia foram adotadas com base no Inventário Fitossociológico realizado pela ETS em 2008. A área total de tipologias vegetais no reservatório é de 5,99 há e o restante (13,84 há) representa a própria calha do rio, resultando assim em 19,83 há. O **quadro 7** resume a cobertura vegetal (tipologias vegetais) da área da PCH Salto Góes.

Quadro 7 - Tipologias vegetais na PCH Salto Góes.

Tipologia	Área (km ²)	%
Veg. Secundária em Estágio Inicial de Regeneração	1,96	9,88
Veg. Secundária em Estágio de Regeneração Médio/Avançado	3,47	17,50
Reflorestamento	0,56	2,82
Água (Calha rio)	13,84	69,79
Total	19,83	100

Fonte: ETS (2008).

De acordo com a vegetação presente e seu volume na área a ser inundada, é possível obter uma estimativa de carga pela degradação da biomassa vegetal (folhas, troncos e raízes) por metodologia utilizada por Hespanhol (1984). Tal metodologia simplificada considera a tipologia vegetal existente, tal qual obtida por inventário florestal realizado, e utiliza uma densidade de vegetação (DV) relativa sendo estequiometricamente computada sua relação de fitomassa vegetal como matéria orgânica para uma concentração de fósforo. O valor adotado corresponde a 0,088 % de peso para este elemento.

Para possível aplicação da estimativa da fitomassa média total e suas respectivas densidades de vegetação, a lista das espécies relacionadas no inventário florestal, conformes seus respectivos estágios sucessionais, foi dividida em três grupos de vegetação principalmente encontrados, sendo eles o de vegetação secundária em estágio inicial de regeneração, o de vegetação secundária em estágio de regeneração média/avançado e o de reflorestamento, conforme podemos ver no **quadro 8**:

Quadro 8 - Densidade de vegetação rapidamente degradável - DV.

Classes	Fitomassa Média Total	Relação FRD/FT*	DV
	(Kg/m ²)	(%)	kg/m ²
Veg. Secundária em Estágio Inicial de Regeneração	0,45	10,64	0,05
Veg. Secundária em Estágio de Regeneração Médio/Avançado	7,09	10,36	0,73
Reflorestamento	11,36	10,23	1,16

(*) Relação entre Fitomassa Rapidamente Degradável (FRD) e Fitomassa Total (FT).

Para a aplicação da modelagem matemática da qualidade da água do futuro reservatório da PCH Salto Góes foram compostos 04 cenários de simulação considerando-se parcelas distintas de desmatamento, sendo que o cenário D1 representaria uma área com a vegetação natural, sem desmatamento algum, o cenário D2 representaria a principal condição de vegetação remanescente atual, ou seja, com desmatamento de 4,17 há já ocorrido, o Cenário D3 representaria a área completamente

desmatada, considerando uma possível remoção mecânica da atual vegetação remanescente e o cenário D4, representaria o reservatório já formado, com a incorporação total da fitomassa inundada, ou seja, sem adição de carga, pois esta já teria sido decomposta. O cenário D4 representa de certa forma o futuro estágio de eutrofização após o enchimento do reservatório. Assim temos:

Quadro 9 - Cenários de Simulação.

Cenário	Área desmatada (ha)	Área de vegetação inundada (ha)
D1	-	5,99
D2	4,17	1,82
D3	5,99	-
D4	Incorporação Total da Fitomassa	

4.2 Série de Vazões Médias Mensais

Nas proximidades do local da barragem existem dois postos fluviométricos: o posto Tangará, a montante, drenando uma área de 1.995 km² e apresentando registros desde março de 1976, e o posto Joaçaba I, a jusante, drenando uma área de 3.784 km² e apresentando registros desde dezembro de 1985. Ambos os postos possuem registros atualizados no HIDROWEB (Banco de Dados Hidrológicos da ANA – Agência Nacional de Águas).

Quadro 10 - Estações fluviométricas utilizadas.

Nome da Estação	Código	Curso d'Água	Responsável	Área (km ²)
Tangara	72810000	Rio do Peixe	ANA	1995
Joaçaba I	72849000	Rio do Peixe	ANA	3784

A série de vazões médias mensais no local da PCH foi revisada e atualizada até dezembro de 2008 (MEK, 2011), compreendida entre os anos de 1977 a 2008, resultando em uma vazão média de longo termo de 69,2m³/s, ligeiramente superior à encontrada na ocasião do projeto básico, 60,9 m³/s. A série de vazões médias mensais foi obtida por interpo-

lação linear entre as séries elaboradas para os postos de Tangará e Joaçaba I (HIDROWEB), a partir da seguinte equação de transferência:

$$Q_{PCH} = Q_{TAN} + \frac{(A_{PCH} - A_{TAN})}{(A_{JOA} - A_{TAN})} \cdot (Q_{JOA} - Q_{TAN})$$

Onde, A e Q representam, respectivamente, as áreas de drenagens e as vazões médias mensais e os sub-índices PCH, TAN e JOA correspondem aos locais de implantação da PCH do empreendimento e localização dos postos fluviométricos Tangará e Joaçaba I, respectivamente.

O **quadro 11** apresenta a série de vazões médias mensais do rio do Peixe no local da PCH Salto Góes, definida com base na metodologia apresentada, compreendida entre os anos de 1977 a 2008. Na parte inferior, deste mesmo quadro, são apresentadas algumas estatísticas mensais da série. A vazão média de longo termo (MLT) calculada foi igual a 69,2 m³/s.

Quadro 11 - Série de Vazões Médias Mensais da PCH Salto Góes (Área = 2660 km²).

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Min.	Média	Máx.
1977	40,7	82,3	94,6	43,5	12,8	24,0	32,3	92,8	45,7	126,5	99,6	36,6	12,8	60,9	126,5
1978	20,7	16,9	33,8	8,1	4,7	7,2	53,7	30,2	51,6	19,1	44,8	32,3	4,7	26,9	53,7
1979	8,3	5,9	19,5	29,0	198,1	41,8	37,2	34,4	36,6	247,8	138,4	102,6	5,9	75,0	247,8
1980	24,2	27,8	86,3	16,0	34,8	23,6	87,2	160,0	93,2	51,1	43,4	95,6	16,0	61,9	160,0
1981	51,3	104,4	10,8	13,9	10,2	17,3	9,0	11,6	29,0	28,6	37,7	31,4	9,0	29,6	104,4
1982	10,1	52,7	20,7	8,5	18,6	90,2	165,4	92,5	32,6	139,5	288,6	75,0	8,5	82,9	288,6
1983	58,8	92,5	171,5	66,9	189,5	174,8	709,9	39,9	173,3	59,2	63,9	34,5	34,5	152,9	709,9
1984	25,4	27,9	44,9	39,9	51,0	108,8	45,8	248,6	72,1	63,1	81,0	51,7	25,4	71,7	248,6
1985	25,9	104,4	26,6	29,4	20,1	11,7	19,1	9,8	26,7	27,6	64,3	8,6	8,6	31,2	104,4
1986	19,3	66,2	29,5	81,6	54,5	47,5	16,0	27,4	57,7	72,9	82,7	53,3	16,0	50,7	82,7
1987	91,3	87,9	17,3	20,2	229,4	70,4	50,0	52,0	22,5	106,1	24,6	15,7	15,7	65,6	229,4
1988	28,1	33,1	23,5	38,9	234,2	110,2	29,9	11,8	20,2	56,3	21,3	22,9	11,8	52,5	234,2
1989	79,0	108,9	37,3	34,5	71,4	19,5	41,6	41,9	171,6	94,0	34,2	13,7	13,7	62,3	171,6
1990	103,9	48,7	66,3	98,0	108,8	293,1	97,6	150,4	109,6	147,4	118,8	50,5	48,7	116,1	293,1
1991	23,2	24,8	12,2	18,4	14,4	89,0	69,2	82,1	15,4	55,7	38,1	35,6	12,2	39,8	89,0
1992	26,8	38,2	53,1	27,1	226,5	118,3	206,4	50,5	92,1	46,2	47,6	39,8	26,8	81,0	226,5
1993	44,3	71,0	43,7	29,3	88,1	68,8	61,2	31,2	130,1	169,0	39,6	39,3	29,3	68,0	169,0
1994	13,9	128,1	30,0	62,6	88,8	136,3	151,3	36,1	24,7	95,9	142,3	60,9	13,9	80,9	151,3
1995	195,5	98,0	49,7	25,1	11,0	30,9	34,7	15,3	89,0	106,7	30,0	21,7	11,0	59,0	195,5
1996	73,9	110,2	92,8	59,9	12,5	52,0	104,2	88,8	111,2	137,3	64,2	73,5	12,5	81,7	137,3
1997	60,8	170,3	37,1	12,1	15,6	91,6	116,8	138,3	41,0	312,1	302,4	54,9	12,1	112,8	312,1
1998	145,4	201,0	165,1	267,7	94,0	32,2	87,5	231,8	196,3	125,8	24,8	26,3	24,8	133,2	267,7
1999	42,5	54,8	17,8	39,0	13,8	49,2	142,8	16,5	24,0	131,3	19,0	12,6	12,6	46,9	142,8
2000	27,4	48,1	66,8	51,3	41,7	36,8	77,9	50,4	242,1	203,9	43,0	80,8	27,4	80,9	242,1
2001	87,4	198,3	55,3	61,7	93,9	72,4	87,2	35,6	59,8	171,5	67,6	49,1	35,6	86,7	198,3
2002	21,9	18,1	23,1	20,2	45,5	43,8	23,7	83,5	96,9	152,7	141,3	126,7	18,1	66,4	152,7
2003	39,3	33,5	81,3	24,6	14,4	32,8	24,7	10,9	8,5	20,5	53,6	137,1	8,5	40,1	137,1
2004	49,6	22,5	11,6	17,8	50,4	36,4	111,8	20,9	48,3	134,2	99,2	36,8	11,6	53,3	134,2
2005	30,0	10,3	7,2	58,1	117,4	119,8	33,1	27,2	192,9	218,4	70,5	20,5	7,2	75,4	218,4
2006	17,3	20,8	52,8	22,7	8,0	7,0	8,8	31,6	29,8	27,0	49,7	48,9	7,0	27,0	52,8
2007	37,4	38,3	51,3	96,0	189,5	30,6	84,5	26,7	67,5	112,1	150,1	56,7	26,7	78,4	189,5
2008	44,2	22,8	16,4	48,2	41,7	67,3	30,8	38,0	76,5	170,0	157,9	25,1	16,4	61,6	170,0
Mínima	8,3	5,9	7,2	8,1	4,7	7,0	8,8	9,8	8,5	19,1	19,0	8,6	4,7		
Média	49,0	67,8	48,4	45,9	75,2	67,4	89,1	63,1	77,8	113,4	83,9	49,1		69,2	
Máxima	195,5	201,0	171,5	267,7	234,2	293,1	709,9	248,6	242,1	312,1	302,4	137,1			709,9
Específica	18,4	25,5	18,2	17,3	28,3	25,3	33,5	23,7	29,2	42,6	31,5	18,5	17,3	26,0	42,6

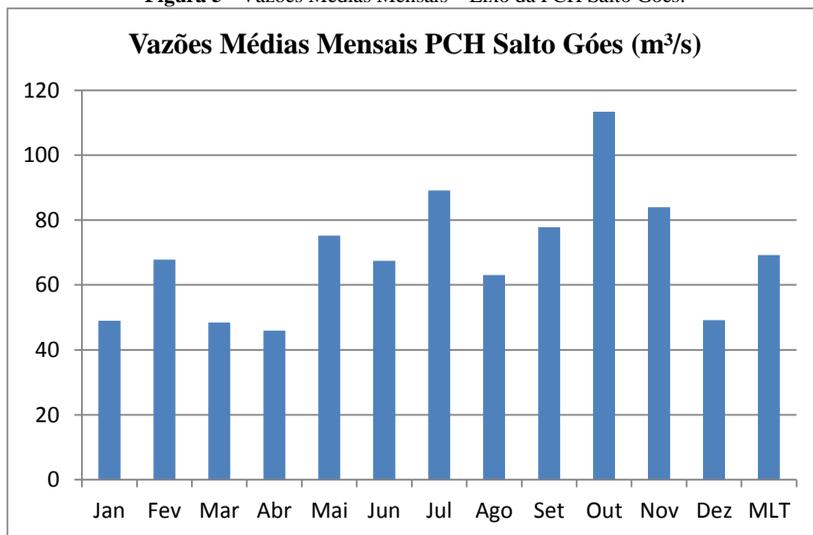
Fonte: MEK (2011).

Na **figura 5** temos a representação das vazões médias mensais e no **quadro 12** o resumo com as vazões médias e MLT, além das vazões mínimas. O regime hidrológico caracteriza condições bem distribuídas, sem período de estiagem e com o trimestre de maiores vazões ocorrem entre setembro e novembro.

Quadro 12 - Vazões Médias e Mínimas Mensais.

Meses	Vazões Médias	Vazões Mínimas
	m ³ /s	m ³ /s
Jan	49	8,3
Fev	67,8	5,9
Mar	48,4	7,2
Abr	45,9	8,1
Mai	75,2	4,7
Jun	67,4	7
Jul	89,1	8,8
Ago	63,1	9,8
Set	77,8	8,5
Out	113,4	19,1
Nov	83,9	19
Dez	49,1	8,6
MLT	69,20	-

Figura 5 - Vazões Médias Mensais – Eixo da PCH Salto Góes.



4.3 Coleta Superficial e dados de Qualidade de Água

As coletas foram superficiais simples e preservadas quimicamente, de acordo com a NBR 9898, de junho/87. Também foi utilizada a Resolução CONAMA No. 357/05 como referência padrão para os trabalhos realizados, associada ao guia de coleta e preservação de amostras de água da CETESB (1987), tendo-se as metodologias descritas abaixo. Durante as campanhas foram utilizados equipamentos normatizados e calibrados, além de técnicos habilitados e devidamente treinados. Todas as amostras foram identificadas em boletins registrando hora e condições de coleta (Socioambiental, 2012).

Basicamente, a metodologia utilizada durante a coleta realizada foi a seguinte:

- a) Determinação da temperatura do ar, através de um termômetro digital;
- b) Determinação da profundidade do ponto e das profundidades de coleta;
- c) Determinação da temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido (mg/l e %) e da condutividade, através de sondas portáteis;
- d) Coleta de amostras para análises laboratoriais: Físico-químicas e bacteriológicas;
- e) Coleta de amostras para análise das comunidades biológicas;
- f) Armazenamento e acondicionamento adequado das amostras;
- g) Levantamento fotográfico.

O **quadro 13** apresenta a descrição dos pontos amostrados e a **figura 6** à localização destes, com destaque para os pontos SG01 e SG03 que serão utilizados como dados de entrada da modelagem referentes ao aporte de fósforo provenientes do principal tributário. Foram adotados os valores médios referentes aos pontos de montante do reservatório (SG03) e próximo ao eixo do reservatório (SG01).

Quadro 13 - Descrição dos pontos que foram realizadas as coletas.

<i>Pontos de Coleta</i>	<i>Descrição</i>
SG01	No rio do Peixe, à montante do futuro reservatório
SG02	No rio Cerro Azul
SG03	No rio do Peixe, próximo a futura barragem
SG04	No rio do Peixe, à jusante do futuro reservatório, no trecho de vazão reduzida
SG05	No rio do Peixe, à jusante da futura Casa de Força

Fonte: Socioambiental (2012).

Figura 6 - Localização dos pontos de amostragem da PCH com destaque para pontos a serem analisados pelo presente trabalho.



Fonte: Socioambiental (2012).

No **quadro 14** são apresentados apenas os resultados mais relevantes na análise da eutrofização. Ressaltando que para o presente estudo, apenas o parâmetro fósforo foi utilizado na modelagem e na análise dos resultados. No **anexo 3** são apresentados todos os parâmetros analisados nas coletas realizadas.

Quadro 14 - Valores de Fosfatos ($\mu\text{g/l}$) nas campanhas de monitoramento da qualidade da água da PCH Salto Góes

Ponto	Campanhas					
	jun/10	out/10	jan/11	abr/11	set/11	mar/12
SG01	nd	94	41	25	62	42
SG03	123	59	47	47	80	64
Média	66	76,5	44	36	71	53

4.4 Estimativa de dados QA para meses sem coleta

Para os dados de aporte de fósforo provenientes do principal tributário serão adotados os valores médios referentes aos pontos de montante do reservatório e próximo ao eixo do reservatório. Os valores medidos nas campanhas de monitoramento foram agrupados conforme a sazonalidade (verão, outono, inverno e primavera) e obtiveram-se médias sazonais para os valores medidos utilizando-se como estimativa para os meses sem medição. Serão analisados os dados medidos de fósforo total para as campanhas realizadas entre os dois pontos (SG01 e SG03), além da média apurada. Obtendo-se os resultados médios adotados para cada estação e os respectivos dados estimados a partir das médias sazonais.

Como podemos notar têm-se na bacia de contribuição direta da PCH cargas afluentes de Fosfatos significativas, sendo, também, a vegetação inundada uma carga significativa a afetar a qualidade da água, durante o enchimento e nas primeiras semanas após o enchimento do mesmo. Em média teríamos o dobro da carga afluentes de fosfatos ao considerar toda a vegetação a ser inundada.

No **quadro 15** temos os resultados médios adotados para cada estação e os respectivos dados estimados a partir das médias sazonais.

Quadro 15 - Valores de Fosfatos ($\mu\text{g/l}$) aportados mensalmente para a PCH Salto Góes

Mês	PT afluyente ($\mu\text{g/l}$)		Estação
	Medido	Estimado	
Janeiro	44	-	verão
Fevereiro	-	44	verão
Março	53	-	outono
Abril	36	-	outono
Maiο	-	44,5	outono
Junho	-	66	inverno
Julho	66	-	inverno
Agosto	-	66	inverno
Setembro	71	-	primavera
Outubro	76,5	-	primavera
Novembro	-	73,7	primavera
Dezembro	-	44	verão

4.5 Modelos utilizados

Com base nos dados de entrada obtidos pela avaliação e análise da fitomassa alagada obtida pelo inventário florestal mais os resultados das análises das coletas de água realizados (inclusas estimativas para os meses sem coleta), será possível realizar com auxílio da ferramenta Excel os cálculos e desenvolvimento dos modelos matemáticos simplificados apresentados a seguir.

a) Modelo de Vollenweider modificado por Toledo Jr.

Vollenweider (1968) desenvolveu um modelo para variação da concentração dos nutrientes nos lagos em relação ao tempo. A carga resultante de fósforo total, bem como o volume do reservatório, a vazão afluyente e o tempo de residência são utilizados no modelo para a determinação do estado trófico do reservatório. A eutrofização dos corpos d'água depende essencialmente das suas cargas de nutrientes. A utilização de um nutriente por um organismo obedece a "Lei do Mínimo" introduzida por Liebig. Esta lei estabelece que o desenvolvimento de um organismo seja limitado com a quantidade de nutrientes disponíveis. Como os organismos dependem de uma série de nutrientes dosados em

quantidades diferentes, pode-se determinar o nutriente limitante ao seu crescimento. Em relação ao fitoplâncton, estudos realizados indicam que a fotossíntese processa-se com assimilação do nitrogênio e fósforo numa razão de massas (N : P) de aproximadamente 7,2 : 1, até que um desses nutrientes seja totalmente consumido. Esse conceito aplicado em reservatórios mostrou que em geral o fósforo é o nutriente limitante, e por esta razão os cálculos desenvolvidos neste trabalho se relacionarão com o ortofosfato (PO₄).

O modelo de Vollenweider assume que a concentração de fósforo no lago é resultado da carga de fósforo lançado no reservatório (MEN) menos as perdas por sedimentação (MSED) e pela retirada de água (MSAI). O balanço de massa do fósforo aplicado a certo volume V do reservatório é dado por:

$$V \frac{dP_L}{dt} = M_{EN} - M_{SAI} - M_{SED}$$

Ou ainda

$$V \frac{dP_L}{dt} = \sum Q_i \cdot P_i - V \cdot K_s \cdot P_L - V \cdot K_a \cdot P_L$$

Onde:

MEN : massa de fósforo total introduzida no lago;

MSED: massa de fósforo absorvido pelo meio e sedimentada no fundo;

MSAI : massa de fósforo carregado para fora do reservatório;

PL : concentração de fósforo no lago (mg/l);

Q_i : vazão do contribuinte i (m³/ano);

P_i : concentração de fósforo do contribuinte i (mg/l);

K_s : taxa de sedimentação do fósforo (ano⁻¹);

V : volume do reservatório (m³);

K_a : taxa de fluxo hidráulico (ano⁻¹).

$$K_a = \frac{Q}{V} = \frac{1}{t_w}$$

t_w : tempo de residência.

São admitidas as hipóteses que se seguem:

- regime permanente para ciclo do fósforo;
- mistura completa a volume constante;
- concentração de fósforo no efluente igual à concentração no reservatório;
- taxa de sedimentação do fósforo proporcional à concentração no reservatório.

A solução da equação anterior, sujeita à condição inicial $PL=P_{to}$, em $t = t_o$, é:

$$P_L = P_{to} \cdot e^{-[(K_a + K_s) \cdot (t - t_o)]} + \frac{l(P)}{K_a + K_s} \cdot \left[1 - e^{-[(K_a + K_s) \cdot (t - t_o)]} \right]$$

onde:

$$l(P) = Q_i \cdot P_i \dots\dots\dots \text{Carga de fósforo (mg/l/ano);}$$

$$P_{to} \dots\dots\dots \text{Carga de fósforo inicial.}$$

No presente estudo é empregado o modelo analítico de Vollenweider, com adaptações introduzidas por Toledo Jr. (1983). Esta versão modificada do modelo baseia-se em observações realizadas no reservatório de Barra Bonita, cujos produtos são equações empíricas que aferem com maior precisão o balanço da massa de fósforo absorvido pelo meio e sua sedimentação no fundo, além de adequá-la melhor com as condições de estudo deste trabalho.

Assim, para o modelo de Vollenweider modificado, têm-se as seguintes equações:

$$L_p(\text{PO}_4) = 0,0273 \cdot q_s \cdot (1 + \sqrt{3 \cdot t_w})$$

$$L_e(\text{PO}_4) = 0,0513 \cdot q_s \cdot (1 + \sqrt{3 \cdot t_w})$$

$$L(\text{PO}_4) = q_s \cdot |\text{PO}_4|_{AF}$$

onde:

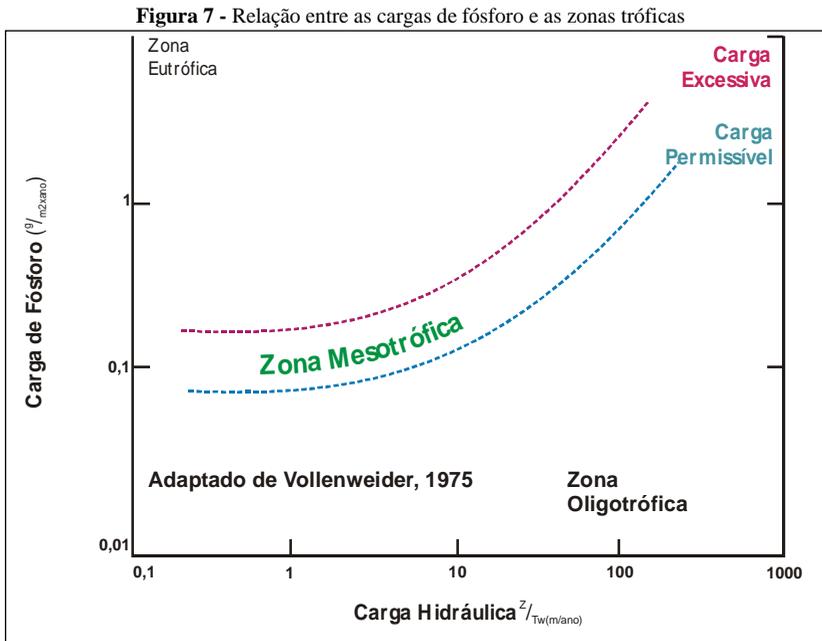
- $L_p(\text{PO}_4)$: carga permissível de ortofosfato ($\text{g/m}^2 \text{ ano}$);
 $L_e(\text{PO}_4)$: carga limite de ortofosfato ($\text{g/m}^2 \text{ ano}$);
 q_s : carga hidráulica (m/ano);

z : profundidade média (m);
 tw : tempo de residência hidráulico (ano);
 $L(\text{PO}_4)$: carga de ortofosfato estimada no reservatório ($\text{g}/\text{m}^2 \text{ ano}$);
 $|\text{PO}_4|_{\text{AF}}$: concentração de ortofosfato afluente.

Dessa forma, conhecida a carga de fósforo total $L(\text{P})$ de um lago, pode-se inferir seu estado trófico comparando-se as cargas críticas, $L_p(\text{P})$ e $L_e(\text{P})$, de modo que:

$L(\text{P}) \leq L_p(\text{P})$ Indica estado oligotrófico;
 $L_p(\text{P}) < L(\text{P}) < L_e(\text{P})$ Indica estado mesotrófico;
 $L(\text{P}) \geq L_e(\text{P})$ Indica estado eutrófico.

A **figura 7** mostra a relação entre as cargas de fósforo e as zonas tróficas.



Fonte: Toledo Jr. *apud* Vollenweider (1975).

b) Modelo da Curva Probabilística – Salas e Martino

A curva de distribuição probabilística de estado trófico, assim como os modelos simplificados, foi desenvolvida inicialmente para lagos e reservatórios temperados. Só em 1990, em um Programa Regional do Centro Pan-Americano para Engenharia Sanitária e Ciências Ambientais (CEPIS), foi adaptada para reservatórios tropicais (SALAS E MARTINO, 1991).

Na classificação dos estados tróficos foram considerados aspectos estéticos, florações de algas, presença de macrófitas, além de dados de fósforo total. Para o desenvolvimento da curva, foi assumida a distribuição normal para o logaritmo dos dados de fósforo, sendo aplicada a seguinte equação:

$$Y = \frac{1}{\sigma_S \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} (X - \mu)^2 / \sigma_S^2}$$

Onde,

Y = log da distribuição normal de probabilidade;

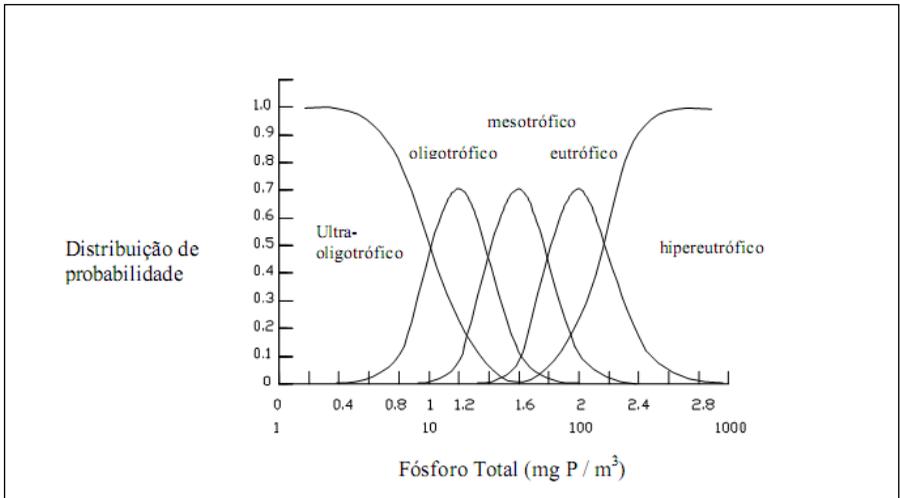
σ_S = desvio padrão (SD);

m = média;

X = parâmetro (log do fósforo total, P).

Então, o resultado da aplicação da fórmula de Baye's, Blank (1980), citados por Salas e Martino (1991), para cada uma das categorias logarítmicas da distribuição normal, foi a curva de distribuição probabilística (**Figura 8**).

Figura 8 - Distribuição probabilística de estado trófico para lagos tropicais baseada no fósforo total.



Fonte: Salas e Martino (1991).

Para a aplicação desta Curva de Distribuição, utiliza-se o logaritmo da concentração de fósforo total em mg P / m³, que permite a obtenção da probabilidade de ocorrência de um determinado estado trófico.

Como modelo matemático para a determinação da curva de probabilidade foi utilizada a equação de Salas e Martino (1991), que estima o teor de fósforo total. Este modelo é bastante indicado uma vez que foi adaptado para avaliações em lagos tropicais.

$$P_{\lambda} = \frac{L(P)}{Z} \cdot \frac{T_w^{3/4}}{3}$$

Onde:

P_{λ} = concentração de fósforo total no reservatório (mg/l);

$L(P)$ = taxa de carga de fósforo total superficial ($g \cdot m^{-2} \cdot ano^{-1}$);

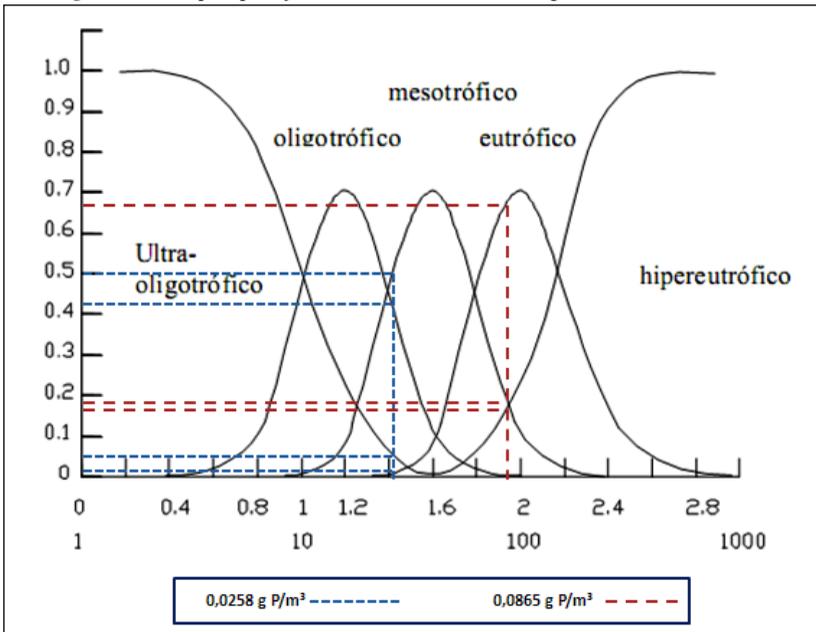
T_w = tempo de detenção (ano);

Z = profundidade média.

Para a obtenção da concentração de fósforo total estimada no reservatório ($P\lambda$) utilizou-se o valor $L(PO_4)$ calculado com o modelo de Vollenweider, enquanto as outras variáveis foram às mesmas. Com isso, aplicou-se o logaritmo em ($P\lambda$) para a comparação e análise dos valores encontrados no eixo das abscissas da curva distribuição probabilística do estado trófico desenvolvidos por Salas e Martino (1991). O eixo das coordenadas indica a % da probabilidade do estado trófico a ser encontrado.

Um exemplo dessa utilização está demonstrado na **figura 9**, com valores aleatórios para exemplificação, sendo obtido $P\lambda$ de 0,0258 e 0,0865 (g/m^3) os valores respectivamente em $\log(\text{corrigido de } g/m^3 \text{ para } mg/m^3)$ de 1,41 e 1,94. O **quadro 16** apresenta o exemplo com os valores aplicados e os resultados relativos encontrados pelo gráfico.

Figura 9 - Exemplo aplicação dos resultados relativos no gráfico de Probabilidades.



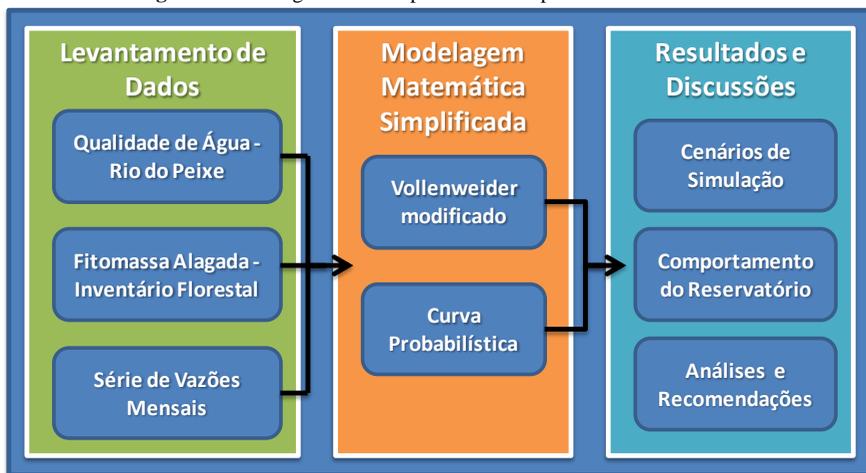
Assim:

Quadro 16 - Valores aplicados e relativamente encontrados no gráfico exemplo.

Log (P)	Maior Probabilidade	2ª. Maior Probabilidade	Menor Probabilidade
1,41	Mesotrófico (50%)	Oligotrófico (42,5%)	Eutrófico (1%)
1,94	Eutrófico (66%)	Mesotrófico (18%)	Hipereutrófico (16%)

4.6 Fluxograma

Figura 10 - Fluxograma das etapas e ideias do presente estudo.



Fonte: O Autor.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com os dados do monitoramento limnológico, as águas oriundas do rio do Peixe, que representam o principal afluente ao reservatório da PCH Salto Góes, apresentam de maneira geral boa qualidade da água durante boa parte do ano. O que se percebeu durante o monitoramento da qualidade da água em 06 campanhas foi que durante o período de maior pluviosidade temos maiores aportes de nutrientes e de carga orgânica.

A partir dos dados coletados prepararam-se os dados físicos para simulação conforme os dados de vazões mensais e de aporte de ortofosfato, a partir da contribuição da bacia e da vegetação. Foram simulados os estados tróficos do reservatório para todos os meses do ano com o objetivo de ter-se um panorama geral ao longo do ano. Além das simulações para os 12 meses do ano, foram simuladas também as condições tróficas para a vazão média de longo termo (QMLT) e vazões mínimas e média das vazões mínimas.

Os dados físicos para o modelo são resumidos no **quadro 17**.

Quadro 17 - Dados Físicos para o modelo Vollenweider

Meses	Q Média	Área	Volume	z	tw	tw	qs
	m ³ /s	10 ³ m ²	10 ³ m ³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)
Jan	49,0	200	480	2,40	9796	0,00031	7726,3
Fev	67,8	200	480	2,40	7080	0,00022	10690,7
Mar	48,4	200	480	2,40	9917	0,00031	7631,7
Abr	45,9	200	480	2,40	10458	0,00033	7237,5
Mai	75,2	200	480	2,40	6383	0,00020	11857,5
Jun	67,4	200	480	2,40	7122	0,00023	10627,6
Jul	89,1	200	480	2,40	5387	0,00017	14049,3
Ago	63,1	200	480	2,40	7607	0,00024	9949,6
Set	77,8	200	480	2,40	6170	0,00020	12267,5
Out	113,4	200	480	2,40	4233	0,00013	17880,9
Nov	83,9	200	480	2,40	5721	0,00018	13229,4
Dez	49,1	200	480	2,40	9776	0,00031	7742,1
MLT	69,2	200	480	2,40	6936	0,00022	10911,5

Onde:

$z = V/A$: profundidade média (m);

$tw = V/Q$: tempo de residência hidráulico (ano);

$qs = z/tw$: carga hidráulica (m/ano);

A densidade de vegetação inundada foi computada a partir das tipologias existentes, adotando-se os valores do quadro a seguir para a fitomassa rapidamente degradável. Para a relação estequiométrica de fósforo na matéria orgânica adotou-se o valor de 0,088 % de peso para este elemento de acordo com Hespanhol (1984).

Os dados de vegetação rapidamente degradável foram estimados levando-se em consideração os cenários de desmatamento a ser comparado o estado trófico. O cenário D4 representa a contribuição das cargas advindas das vazões afluentes ao reservatório.

Quadro 18 - Resumo das áreas das tipologias vegetais e peso da fitomassa rapidamente degradável para os cenários de simulação da qualidade da água.

Classes	Áreas - Cenários (ha)			Peso de Fitomassa Rapidamente degradável - Cenários (t)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Veg. Secundária em Estágio Inicial de Regeneração	1,96	0,00	0,00	0,98	-	-
Veg. Secundária em Estágio de Regeneração Médio/Avançado	3,47	1,82	0,00	25,33	13,29	-
Reflorestamento	0,56	0,00	0,00	6,50	-	-
Área Desmatada	-	4,17	5,99	-	0,83	1,20
Total	5,99	5,99	5,99	32,81	14,12	1,20
Densidade média de Fitomassa Rapidamente Degradável (Kg/m²)				0,55	0,24	0,02

A partir destes dados chega-se à carga de fósforo máxima (cenário D1) a ser inundada num equivalente a 29 kg ($0,55 * 5,99 * 10^4 * 0,00088$). Dividindo esta massa pelo volume do reservatório chega-se à uma concentração média de ortofosfato igual a 0,06 mg/l, valor este classificado como relativamente elevado. Para os cenários de desmatamento D2 e D3 tem-se uma concentração média de fosfatos de 0,026 e 0,002 mg/l. O **quadro 19** apresenta o resumo para os 3 cenários e cargas de fósforo(em µg/l) a serem adicionadas na modelagem.

Quadro 19 - Cargas de fósforo em cada cenário.

Concentração de P acrescida no reservatório pela Vegetação	D1	D2	D3
DV médio	0,55	0,24	0,02
Relação P na M.O.	0,00088	0,00088	0,00088
P (µg/l)	60	26	2

Além das condições de remoção de fitomassa foi avaliada a condição do estado trófico após a incorporação de toda a fitomassa, ou seja, após 01 semana do enchimento final.

A condição de remoção de 100% da fitomassa deve ser entendida como a remoção de praticamente toda a vegetação na área do reservatório, uma vez que teremos uma parcela de rebrota que foi computada na densidade de vegetação rapidamente degradável e, portanto serão incorporadas na massa líquida.

No **apêndice 1** são apresentados as planilhas para obtenção dos resultados das simulações efetuadas para a qualidade da água da PCH Salto Góes a partir das 04 situações de remoção de fitomassa rapidamente degradável, além da condição de pós-enchimento.

Nas **figuras 11 a 14** são apresentadas as relações entre as cargas de fósforo e zonas tróficas do reservatório para as condições sem desmatamento, com 100% de remoção da fitomassa e pós-incorporação da fitomassa. As cargas deste reservatório ($L(PO_4)$) são confrontadas com a carga permitível (L_p) e excessiva (L_e).

Para os resultados obtidos têm-se as principais variáveis calculadas e que fornecerão o estado trófico para cada mês simulado:

- $L(PO_4)$: carga de ortofosfato estimada no lago (g/m^2 ano);
- $L_p(PO_4)$: carga permitível de ortofosfato (g/m^2 ano);
- $L_e(PO_4)$: carga limite de ortofosfato (g/m^2 ano)

Figura 11 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas - Sem Desmatamento (cenário D1).

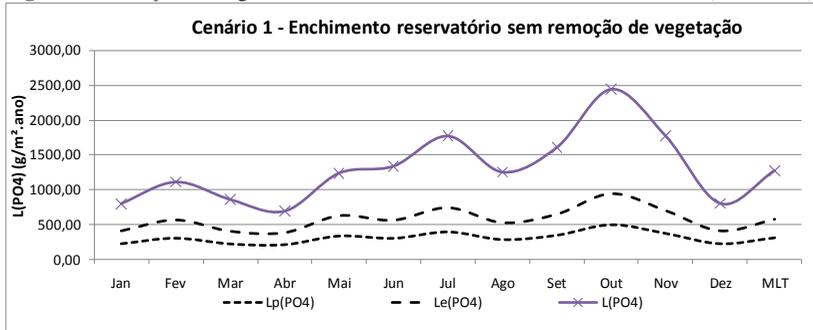


Figura 12 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas – 1,82 ha de vegetação remanescente (cenário D2).

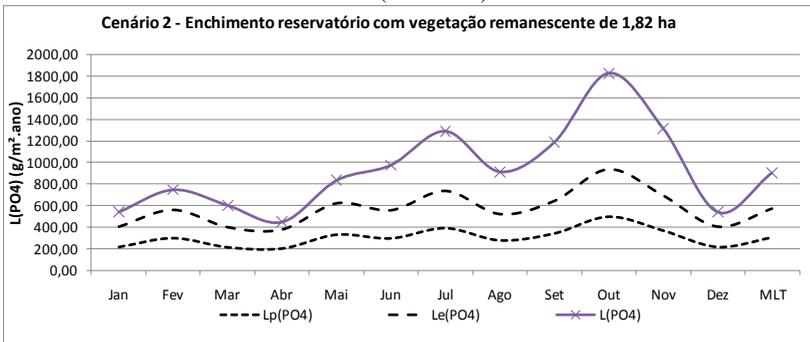


Figura 13 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas – Remoção Total da Fitomassa (cenário D3).

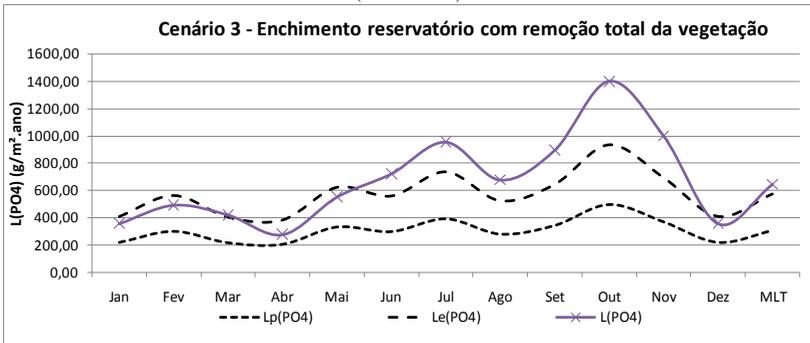
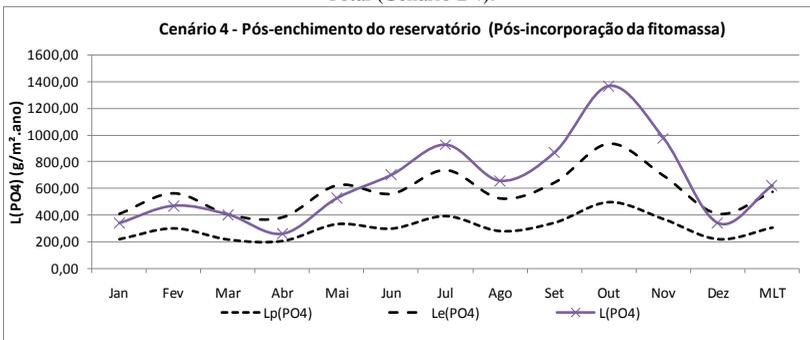


Figura 14 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas – Pós-Incorporação da Fitomassa Total (Cenário D4).



As **figuras 15 e 16** apresentam uma síntese dos resultados com vazões médias e mínimas:

Figura 15 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas - Vazões Médias - Cenários D1 a D4.

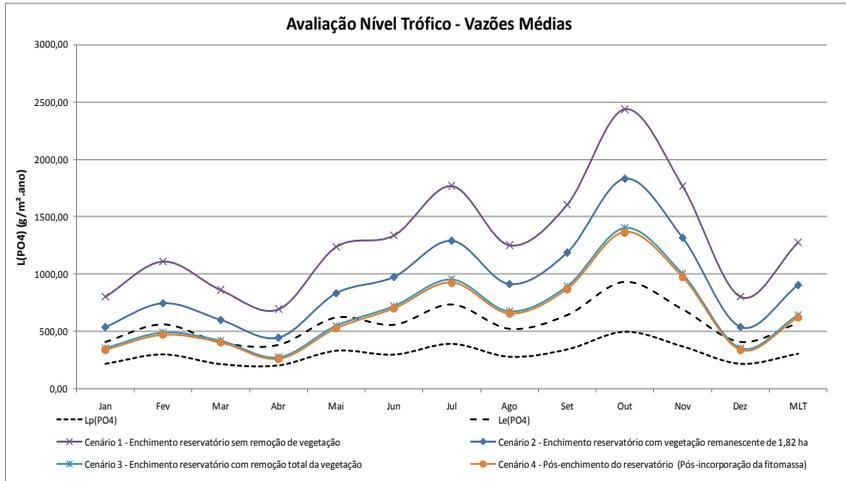
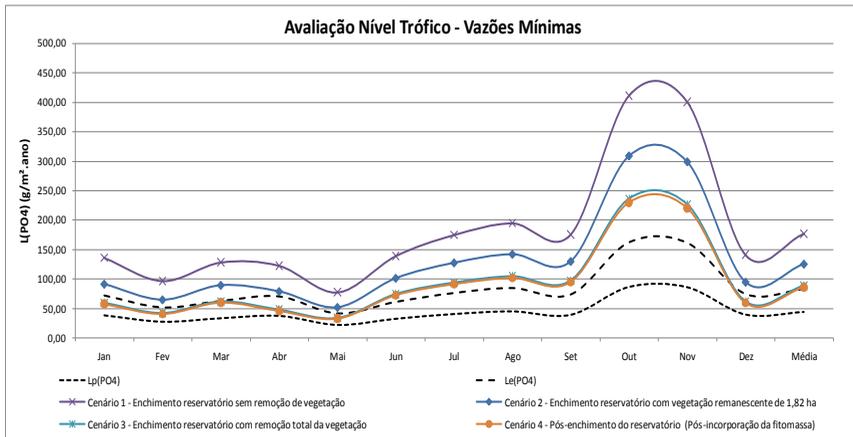


Figura 16 - Relação de cargas de Fósforo e Zonas Tróficas – Vazões Mínimas Cenários - D1 a D4.



Os dados físicos utilizados para entrada no modelo de probabilidade são os mesmos, tempo de detenção (t_w), em anos e profundidade média (z), em metros, utilizados no modelo de Vollenweider. A carga de entrada fica sendo a obtida na primeira modelagem também, sendo re-

presentada por $L(PO_4)$, em g/m^3 .ano. Assim é obtido o valor de Fósforo total estimado em g/m^3 e calculado o log de P para entrada no gráfico das probabilidades. A planilha completa com os dados de entrada e valores obtidos pode ser visualizada no **apêndice 2**.

Para o caso da análise das probabilidades, de acordo com a metodologia apresentada, é apresentado o maior valor provável e o segundo maior valor provável encontrado de acordo com este método para os cenários simulados e com as vazões médias e mínimas nos **quadros 20 e 21**.

Quadro 20 - Maior valor provável e segundo maior valor provável para os cenários D1 a D4 com vazões médias.

Q médias	Cenário D1				Cenário D2			
	Meses	Maior Prob.	%	2º Maior Prob.	%	Maior Prob.	%	2º Maior Prob.
Jan	Hipereutrófico	85	Eutrófico	15	Hipereutrófico	59,5	Eutrófico	39
Fev	Hipereutrófico	87	Eutrófico	13	Hipereutrófico	64	Eutrófico	35
Mar	Hipereutrófico	87	Eutrófico	13	Hipereutrófico	68,5	Eutrófico	31
Abr	Hipereutrófico	77	Eutrófico	22,5	Hipereutrófico	50,5	Eutrófico	47,5
Mai	Hipereutrófico	88	Eutrófico	12	Hipereutrófico	66,5	Eutrófico	33
Jun	Hipereutrófico	92,5	Eutrófico	7,5	Hipereutrófico	83	Eutrófico	17
Jul	Hipereutrófico	93,5	Eutrófico	6,5	Hipereutrófico	86	Eutrófico	14
Ago	Hipereutrófico	92,5	Eutrófico	7,5	Hipereutrófico	80,5	Eutrófico	19,5
Set	Hipereutrófico	93,5	Eutrófico	6,5	Hipereutrófico	86,5	Eutrófico	13,5
Out	Hipereutrófico	96	Eutrófico	4	Hipereutrófico	90,5	Eutrófico	9,5
Nov	Hipereutrófico	94	Eutrófico	6	Hipereutrófico	87,5	Eutrófico	12,5
Dez	Hipereutrófico	85	Eutrófico	15	Hipereutrófico	60,5	Eutrófico	38
MLT	Hipereutrófico	91,5	Eutrófico	8,5	Hipereutrófico	76,5	Eutrófico	23
Q médias	Cenário D3				Cenário D4			
	Meses	Maior Prob.	%	2º Maior Prob.	%	Maior Prob.	%	2º Maior Prob.
Jan	Eutrófico	66,5	Hipereutrófico	27,5	Eutrófico	66,5	Hipereutrófico	26
Fev	Eutrófico	60	Hipereutrófico	35	Eutrófico	62	Hipereutrófico	32
Mar	Eutrófico	54,5	Hipereutrófico	41,5	Eutrófico	56	Hipereutrófico	39,5
Abr	Eutrófico	67	Hipereutrófico	19	Eutrófico	66	Hipereutrófico	17,5
Mai	Eutrófico	59,5	Hipereutrófico	36	Eutrófico	60,5	Hipereutrófico	34
Jun	Hipereutrófico	62,5	Eutrófico	36,5	Hipereutrófico	60,5	Eutrófico	38
Jul	Hipereutrófico	68,5	Eutrófico	31	Hipereutrófico	64	Eutrófico	35
Ago	Hipereutrófico	62	Eutrófico	37	Hipereutrófico	60,5	Eutrófico	38
Set	Hipereutrófico	69,5	Eutrófico	30	Hipereutrófico	68,5	Eutrófico	31
Out	Hipereutrófico	80,5	Eutrófico	19,5	Hipereutrófico	77	Eutrófico	22,5
Nov	Hipereutrófico	74,5	Eutrófico	25	Hipereutrófico	72,5	Eutrófico	27
Dez	Eutrófico	66,5	Hipereutrófico	27,5	Eutrófico	66,5	Hipereutrófico	26
MLT	Hipereutrófico	56	Eutrófico	42	Hipereutrófico	50,5	Eutrófico	47,5

Quadro 21 - Maior valor provável e segundo maior valor provável para os cenários D1 a D4 com vazões mínimas.

Q mínimas	Cenário D1				Cenário D2			
	Maior Prob.	%	2º Maior Prob.	%	Maior Prob.	%	2º Maior Prob.	%
Jan	Hipereutrófico	57,5	Eutrófico	41	Eutrófico	65,5	Hipereutrófico	27
Fev	Hipereutrófico	50,5	Eutrófico	47,5	Eutrófico	69	Hipereutrófico	23
Mar	Hipereutrófico	59,5	Eutrófico	39	Eutrófico	60,5	Hipereutrófico	34
Abr	Hipereutrófico	50,5	Eutrófico	47,5	Eutrófico	69	Hipereutrófico	21
Mai	Eutrófico	50,5	Hipereutrófico	46	Eutrófico	68,5	Hipereutrófico	20,5
Jun	Hipereutrófico	66,5	Eutrófico	33	Eutrófico	52,5	Hipereutrófico	44
Jul	Hipereutrófico	69,5	Eutrófico	30	Hipereutrófico	50	Eutrófico	48
Ago	Hipereutrófico	72,5	Eutrófico	27	Hipereutrófico	50,5	Eutrófico	47,5
Set	Hipereutrófico	72,5	Eutrófico	27	Hipereutrófico	51,5	Eutrófico	46,5
Out	Hipereutrófico	86	Eutrófico	14	Hipereutrófico	69,5	Eutrófico	30
Nov	Hipereutrófico	85	Eutrófico	15	Hipereutrófico	68,5	Eutrófico	31
Dez	Hipereutrófico	58,5	Eutrófico	40	Eutrófico	66,5	Hipereutrófico	27,5
Média Mín.	Hipereutrófico	66,5	Eutrófico	33	Eutrófico	54,5	Hipereutrófico	41,5
Q mínimas	Cenário D3				Cenário D4			
	Maior Prob.	%	2º Maior Prob.	%	Maior Prob.	%	2º Maior Prob.	%
Jan	Eutrófico	57,5	Mesotrófico	31	Eutrófico	55	Mesotrófico	34
Fev	Eutrófico	52,5	Mesotrófico	37,5	Eutrófico	47	Mesotrófico	43,5
Mar	Eutrófico	65,5	Mesotrófico	18,5	Eutrófico	64,8	Mesotrófico	21
Abr	Mesotrófico	49,5	Eutrófico	42,5	Mesotrófico	54	Eutrófico	37,5
Mai	Eutrófico	47	Mesotrófico	43,5	Mesotrófico	48	Eutrófico	43,5
Jun	Eutrófico	69	Hipereutrófico	23	Eutrófico	70	Hipereutrófico	21,5
Jul	Eutrófico	65,5	Hipereutrófico	27	Eutrófico	69	Hipereutrófico	23,5
Ago	Eutrófico	65,5	Hipereutrófico	27,5	Eutrófico	66,5	Hipereutrófico	26
Set	Eutrófico	64	Hipereutrófico	30	Eutrófico	66,5	Hipereutrófico	27,5
Out	Hipereutrófico	50,5	Eutrófico	47,5	Hipereutrófico	50	Eutrófico	48
Nov	Hipereutrófico	50	Eutrófico	48	Eutrófico	50,5	Hipereutrófico	46
Dez	Eutrófico	57,5	Mesotrófico	31	Eutrófico	55	Mesotrófico	34
Média Mín.	Eutrófico	68,5	Hipereutrófico	20,5	Eutrófico	68	Hipereutrófico	19,5

Com a modelagem das probabilidades, foi obtida uma concentração de fósforo total estimada para o futuro reservatório, assim, para uma análise simples dos resultados com aplicação de um órgão ambiental, aplicou-se o IET de Carlson-Lamparelli da CETESB.

Apenas como aprofundamento das estimativas, uma vez que a fórmula utilizada foi a para reservatórios e os valores estimados foram provenientes de coletas de água anteriores ao enchimento, ou seja, com estado do corpo hídrico sendo lótico, além de serem resultados de uma modelagem matemática. Tais resultados apresentaram relativos valores de ambiente fortemente eutrofizados, para praticamente todos os cenários realizados, tanto para vazões médias quanto mínimas. O resumo dos

resultados encontrados pode ser visualizado nos **quadros 22 e 23** a seguir. No **apêndice 3** é possível visualizar todas as planilhas de cálculo.

Quadro 22 - Estados tróficos pelo IET-CETESB para os cenários D1 a D4 com vazões médias.

Q Médias	Estado Trófico			
Meses	D1	D2	D3	D4
Jan	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico
Fev	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Mar	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Abr	Hipereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Mai	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Jun	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Jul	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Ago	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Set	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Out	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Hipereutrófico
Nov	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico
Dez	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico
MLT	Hipereutrófico	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico

Quadro 23 - Estados tróficos pelo IET-CETESB para os cenários D1 a D4 com vazões mínimas

Q Mínimas	Estado Trófico			
Meses	D1	D2	D3	D4
Jan	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Fev	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Mar	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Abr	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Mai	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Jun	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Jul	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico
Ago	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico
Set	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Out	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Nov	Hipereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico	Supereutrófico
Dez	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Média Mín.	Supereutrófico	Supereutrófico	Eutrófico	Eutrófico

De uma forma geral os resultados para as vazões afluentes médias e mínimas indicam que em todas as alternativas de remoção de fitomas-

sa rapidamente degradável levam a uma situação de um lago com condições eutróficas durante o período do enchimento e semanas imediatamente posteriores (mês de novembro).

Somente para condições de remoção de 100% da fitomassa e período pós-incorporação da fitomassa é que se tem uma alteração significativa na classificação trófica do reservatório principalmente para o mês de abril (**Quadro 24**). Para os meses de janeiro, fevereiro, e maio as cargas de fosfatos obtidas estão bem próximas à carga limite para classificação eutrófica, sendo considerada então classe “meso-eutrófico”.

Para a alternativa de enchimento nos meses de novembro tem-se classificação “eutrófica” mesmo para a condição de pós-incorporação de fitomassa. Para a condição de vazão média de longo termo (QMLT) é obtida a classificação “eutrófica”, próxima à carga limite da classe mesotrófica.

Para as vazões mínimas, as cargas de fosfatos aplicadas ao reservatório são menores que para as vazões médias implicando-se assim em condições tróficas mais baixas e tendendo aos limites de carga para estado mesotrófico. Semelhante às vazões médias, o período de outubro e novembro representa as maiores cargas de fosfatos afluentes ao reservatório e também maiores relações com a carga permitível para estado mesotrófico.

Comparativamente, em termos médios, para as simulações de Vollenweider temos que o cenário D1 (sem remoção de fitomassa) apresenta uma carga de fosfatos no reservatório em torno de 35% maior que o cenário D2 (1,82 ha de vegetação remanescente). Quando comparados à carga limite de fosfatos para a classe eutrófica tem-se que o cenário D1 está 122% acima, o cenário D2 está 57% acima e o cenário de pós-incorporação (condição de longo período) está 33% acima. Ou seja, todos os cenários em média estarão acima da carga limite para a classe eutrófica, entretanto o cenário D2 está bem próximo da condição média normal (pós-incorporação de fitomassa).

Quando analisado somente o período provável de enchimento (mês de novembro), o cenário D1 apresentou acréscimo de carga de fosfatos de 154% em relação ao limite eutrófico, o cenário D2 com 89% acima e o cenário de pós-incorporação de fitomassa 40% acima do limite. O cenário D2 (remanescente de 1,82 ha) reduziu em 65% a carga total de fitomassa em relação ao limite de carga da classe eutrófica e tem um acréscimo de 49% em relação ao cenário de pós-incorporação. Contudo, o período de ocorrência deste acréscimo será bastante curto e de pouca significância uma vez que o tempo de enchimento será de

algumas horas e o período de incorporação da fitomassa rapidamente degradável de alguns dias e, portanto sendo imediatamente constituída a condição de pós-incorporação.

Como se pode observar o resultado das simulações é mais sensível à variante remoção de fitomassa do que ao período de enchimento para alternativas de remoção até 100%. Nos cenários com enchimento mais rápido ocorre uma incorporação mais rápida da biomassa, implicando num estado trófico mais avançado, embora com menor tempo de duração.

O quadro abaixo ilustra o estado trófico das alternativas simuladas durante o período de enchimento e semanas imediatamente posteriores, a partir de aproximações dos valores apresentados nos resultados de simulação.

Quadro 24 -Resumo - Avaliação do Estado Trófico - Modelo de Vollenweider.

Meses	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Jan	Eutrófico	Eutrófico	Meso-Eutrófico	Meso-Eutrófico
Fev	Eutrófico	Eutrófico	Meso-Eutrófico	Meso-Eutrófico
Mar	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Abr	Eutrófico	Eutrófico	Mesotrófico	Mesotrófico
Mai	Eutrófico	Eutrófico	Meso-Eutrófico	Meso-Eutrófico
Jun	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Jul	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Ago	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Set	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Out	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Nov	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico
Dez	Eutrófico	Eutrófico	Meso-Eutrófico	Meso-Eutrófico
Média	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico	Eutrófico

De acordo com o quadro anterior para a alternativa de enchimento em novembro, a situação “eutrófica” no reservatório é obtida em todos os cenários, inclusive para a condição de pós-incorporação. A relação $L(PO_4)/Le(PO_4)$ indicando o estado “eutrófico” é da ordem de 2,61 na alternativa sem remoção de fitomassa.

O reservatório da PCH Salto Góes tem um tempo de residência muito baixo (da ordem de horas), sendo assim, admite-se que após o enchimento suas águas serão rapidamente renovadas. Em virtude disto foi realizada a simulação para a condição de Pós-Incorporação da Fitomassa admitindo-se que as parcelas de compostos fosforados referentes à biomassa serão incorporadas totalmente durante a primeira semana posterior ao enchimento e que a concentração padrão afluentes serão

aquelas referentes às contribuições do principal afluente ao reservatório. Assim, se teria a situação referente à semana de pós-enchimento, para qualquer alternativa de remoção de fitomassa.

Este resultado mostra que imediatamente após o enchimento devemos ter uma qualidade da água com condições “eutróficas” no reservatório independente da remoção de fitomassa alagada, estando condicionada a qualidade da água afluente ao reservatório. Entretanto, já para a estação de verão (nos meses de dezembro-janeiro e fevereiro), as relações entre cargas de fósforo afluentes e limites de carga no reservatório são menores indicando condições tendendo à mesotrofia.

Contudo, as contribuições afluentes de fósforo pelas bacias de montante são bastante importantes no resultado do estado trófico do reservatório e conforme os modelos aplicados têm-se que, desconsiderando-se os aportes da biomassa a ser inundada, com concentrações médias entre 26 e 60 ug/l de ortofosfato, mesmo assim atingiríamos os limites “eutróficos”. Assim, após o enchimento (que será bastante rápido) ocorrerão condições regulares no reservatório, mas que responderão aos aportes de nutrientes e cargas orgânicas carregadas pelo processo de escoamento superficial na região.

6 CONCLUSÃO

A coleta dos dados foi realizada em estudos paralelos, sendo realizada nesse trabalho uma análise de tais dados com enfoque para o desenvolvimento de modelagem simplificada para obter prognósticos de níveis tróficos com metodologia conhecida, presentes nas bases bibliográficas consultadas. Diante dos resultados preliminares obtidos no reservatório da PCH Salto Góes podemos tecer as seguintes conclusões:

Após a fase de enchimento (que terá duração de horas) o percentual de remoção de biomassa vegetal não será preponderante na determinação da qualidade da água do futuro reservatório da PCH Salto Góes. A qualidade da água do futuro reservatório será condicionada pelos aportes de nutrientes das vazões naturais da bacia;

Com os resultados comparados entre as vazões médias e mínimas, pode-se observar uma melhora nos resultados das vazões mínimas, o que apesar de aumentar o tempo de detenção com vazões mais baixas, novamente é evidenciado o fato de a maior contribuição das cargas provenientes do fósforo ser da própria bacia, pois era esperado que ocorresse o contrário caso a fitomassa fosse o fator mais influenciador.

Não se observa diferença na qualidade da água (alteração do nível trófico) para o mês de enchimento em relação aos cenários de desmatamento e pós-incorporação de fitomassa. Como este reservatório possui reduzido tempo de residência, a incorporação da fitomassa rapidamente degradável seria bastante rápida e as principais alterações obtidas (sendo estas pequenas) ocorreriam durante o enchimento;

Aspectos de logística, saúde pública, navegabilidade, lazer, paisagismo, impactos ocasionados pela exploração, reprodução de ictiofauna, além do aproveitamento econômico, deverão nortear a supressão da vegetação a ser inundada;

Os impactos da qualidade da água decorrentes do alagamento de biomassa não deverão afetar a ictiofauna, uma vez que a qualidade da água do rio do Peixe tem-se mostrado relativamente boa e com um tempo de residência bastante reduzido o que contribui sensivelmente para estas condições;

O trecho de vazão reduzida à jusante do reservatório pode ter a sua qualidade afetada, principalmente esteticamente e durante o período de enchimento, através do carreamento de material em suspensão pela vazão sanitária a ser mantida no trecho. Entretanto, devido à condição do reduzido tempo de detenção no reservatório, teremos constante renovação de suas águas agindo positivamente sobre o trecho.

7 RECOMENDAÇÕES

Novos estudos envolvendo modelagem matemática da qualidade da água, com a consideração de outros fatores e/ou alternativas operacionais, podem ser elaborados para dar adequado subsídio às condições do enchimento do reservatório, além do monitoramento a ser realizado neste período e no início da operação. Este estudo dá início à utilização de modelagem de qualidade da água no gerenciamento ambiental da PCH Salto Góes, podendo ser utilizados na sequência modelos mais detalhados.

O processo decisório das alternativas de manejo para a operação da PCH deverá ser subsidiado pelos resultados dos monitoramentos e poderão ser validados através de modelos, que se tornarão mais confiáveis com sua utilização contínua, permitindo uma gestão que maximize soluções sob os aspectos técnicos, econômicos e ambientais.

8 REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **HIDROWEB**. Séries Históricas - estações pluviométricas e fluviométricas. 2012. Disponível em: <hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: mai. 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução N° 394, de 04 de Dezembro de 1998**. Estabelece os critérios para o enquadramento de empreendimentos hidrelétricos na condição de pequenas centrais hidrelétricas.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução N° 625, de 09 de Dezembro de 2003**. Dispõe sobre os critérios para o enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de Informação de Geração**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: dez. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987.

AZEVEDO, S. **Toxinas de cianobactérias: causas e conseqüências para a saúde pública**. Revista Virtual de Medicina, Brasil, n. 3, p. 2-15, jul./set. 1998.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 04/94, de 04 de maio de 1994**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 04/05/1994.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 306/02, de 05 de julho de 2002**. Estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 05/07/2002.

BRASIL. CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357/05, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17/03/2005.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, e disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências.

CARLSON, R. E. **A Tropic State Index for Lakes.** *Linol. Oceanogr.*, Milwaukee, EUA, v. 19, p. 767-773, 1977.

CARMICHAEL, W. W. **Cyanobacteria secondary metabolites: The cyanotoxins.** *Journal of Appl. Bacteriol.*, Victoria, Austrália, v. 72, p. 445-459, 1992.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo) (Org.). **IET – Índice do Estado Trófico.** São Paulo, 2000.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água,** São Paulo. 1987.

CHORUS, I. & BARTHAM, J. (Eds.). **Toxic Cyanobacteria in Water: a Guide to their Public Health Consequences, Monitoring and Management.** London/Nova York: WHO, E. & F.N. Spon, 1999.

DEBERDT, G. L. **Floração de cianobactérias e sua inserção na Legislação Brasileira.** São Paulo: [s.n.], 2004.

ETS - Estudos e Projetos Ltda. **Inventário Florestal e Levantamentos Florísticos e Faunísticos - LT 138kV Salto Góes – SE.** Tangará/SC. 2008.

HESPAHOL, I. **Impactos Ambientais por Reservatórios de Água: O Caso Particular da Vegetação Inundada** In: *Revista Politécnica*, N^o 183. Brasil. Janeiro/1984.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE ECOLOGIA (IIE). **Lagos e Reservatórios. Qualidade da Água: O Impacto da Eutrofização.** RiMa, São Paulo, Brasil, 2000. v.3.28p.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** 238p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2004.

LINDNER, E.A. **Estudo de eventos hidrológicos extremos na bacia do Rio do Peixe – SC com aplicação de índice de umidade desenvolvido a partir do Tank Model**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. 194 p. Florianópolis, 2007.

MEK - MEK Engenharia e Consultoria. **Projeto Básico da PCH Salto Góes**. Informe Técnico sobre alterações no Projeto Básico. Volume 1. 104p. Julho/2011.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 1ª Edição, ed.:ABES, Rio de Janeiro, 1997. 280p

ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

POMPÊO, M. L. M.. **As macrófitas aquáticas: Importância ecológica**. Disponível em: <<http://vivimarc.sites.uol.com.br/importancia.htm>>. Acesso em: 08 abr. 2012.

RAVEN, P. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

SALAS & MARTINO. **A Simplified Phosphorus Trophic State Model for Warm-Water Tropical Lakes**. Wat. Res, vol. 25, No. 3, pp 341-350, 1991.

SALAS, H.J.; MARTINO, P. **Metodologías simplificadas para evaluación de eutroficación em lagos cálidos tropicales**. Relatório CEPIS 60p. 2001.

SANT'ANNA, C. L. **Identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais**. Rio de Janeiro: Interciências, 2006.

SANTA CATARINA – Secretarias de Desenvolvimento Regional do Estado de Santa Catarina (SDR). **Caracterização Regional**. Instituto CEPA. Florianópolis, 2003. CD-ROM.

SAWYER, C.N., CARTY, P.L., PARKIN, G.F. **Chemistry for the Environmental Engineering**, 4. ed. McGraw-Hill Book Company, 1994. 658 p.

SETTI, A. A. **Diagnóstico sobre a situação dos mananciais de 20 municípios selecionados dos Estados do Acre, Pará, Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Goiás e Proposta de Estruturação do**

Programa de Preservação e Conservação de Mananciais. Relatório Técnico: PNMA, Contrato N° 96/9596, 1998. 383 p.

SMAHA, N. GOBBI, M. F. Implementação de Um Modelo para Simular a Eutrofização do Reservatório do Passaúna - Curitiba – PR. Brasil: **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Volume 8 n.3 Jul/Set 2003, p. 59-69.

SOCIOAMBIENTAL - Socioambiental Consultores Associados Ltda. **Relatórios do Programa de Monitoramento Limnológico e da Qualidade da Água das PCH Salto Góes.** Relatório Campanha 1 a 6. Para CPFL Renováveis / PCH Salto Góes. Florianópolis/SC – 2010 a 2012.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 3ª Edição. Universidade Federal de Minas Gerais (Belo Horizonte/MG): DESA - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2009. 7 v. (Vol 1).

STRASKRABA, M. TUNDISI, J. G. **Reservoir Ecosystem Functioning: Theory and Applications.** Leiden, Holanda. 2000. In: TUNDISI, J. G. TUNDISI, T. M. **Limnologia.** Oficina de Textos, 2008. 580p.

TEIXEIRA, M. **Previsão da capacidade de remoção de cianobactérias e cianotoxinas na ETA de Alcantarilha.** Associação Portuguesa de Saneamento Básico. Brasil, 2002.

THOMANN, R. V., MUELLER, J. A. (1987). **Principles of surface water quality modeling and control.** Harper International Edition. 644 p.

TOLEDO Jr., A.P. et alli **A Aplicação de Modelos Simplificados para a Avaliação do Processo da Eutrofização em Lagos e Reservatórios Tropicais.** In: XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, nov. 1983

TUNDISI, J. G. TUNDISI, T. M. **Limnologia.** Oficina de Textos, 2008. 580p.

VOLLENWEIDER, R.A. **Scientific Fundamentals of the Eutrophication of Lakes and Flowing Waters, with particular Reference to Nitrogen and Phosphorus as Factors in Eutrophication.** In: Technical Report DAS/CCI/6827, Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Paris, 250 pp., 1968

WILLIAM D. W. Instituto Internacional de Ecologia (Ed.). **Lagos e Reservatórios - Qualidade da Água: Impacto da Eutrofização**. 2. ed. Novo Hamburgo/RS: Universidade Feevale, 2011. 34 p. Vol. 3.

ZALEWSKI, M.; HARPER, D. M. & ROBARTS, R. D. **Ecohydrology from Theory to Action**. Proceedings of the International Conference, Wierzba, Poland, 18-21 May 2003. International Journal of Ecohydrology & Hydrobiology, Varsóvia, v. 4, n. 3, p. 229-355, 2004.

9 ANEXOS

9.1 Ficha-Resumo Técnica da PCH Salto Goés

		FICHA-RESUMO - ESTUDOS DE VIABILIDADE E PROJETO BÁSICO											
		VERSÃO OUTUBRO/2006											
NOME DA USINA:		PCH SALTO GÓES								DATA:	01/08/2011		
ETAPA:		PROJETO BÁSICO CONSOLIDADO								POT. (MW):	20		
NOME DO(S) INTERESSADO(S):		SPE SALTO GÓES ENERGIA SA											
CONTATO (resp. pelo empreendimento / e-mail):		DANIEL GALLO. E-mail daniel.gallo@ersbrasil.com.br						TEL.:	11-3039-7490		FAX:	11-3039-7444	
NOME DA(S) EMPRESA(S) PROJETISTA(S):		MEK ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA											
CONTATO (resp. técnico pelo estudo / e-mail):		MOHY KAMEL				TEL.:	21-35135000		FAX:	21-35135000			
1. LOCALIZAÇÃO													
RIO:	DO PEIXE		BACIA:	URUGUAI		SUB-BACIA:	72		DISTÂNCIA DA FOZ:	142 km			
MUNICÍPIO(S):	TANGARÁ		UF:	SC		MUNICÍPIO(S):	TANGARÁ		UF:	SC			
BARRAGEM)	TANGARÁ		UF:	SC		(C.DE FORÇA)	TANGARÁ		UF:	SC			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA BARRAGEM:													
LATITUDE:	27		graus	06		minutos	13		segundos	SUL (S) OU NORTE (N):		S	
LONGITUDE:	51		graus	16		minutos	56		segundos	OESTE (W)			
COORDENADAS GEOGRÁFICAS DA CASA DE FORÇA:													
LATITUDE:	27		graus	6		minutos	2		segundos	SUL (S) OU NORTE (N):		S	
LONGITUDE:	51		graus	17		minutos	42		segundos	OESTE (W)			
2. CARTOGRAFIA / TOPOGRAFIA													
PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA:	UTM				ZONA:	22 J		DATUM:	SAD 69		MC:		
CARTAS E PLANTAS TOPOGRÁFICAS:					DATA:	Diversas		ESCALA:	1:100000		FONTE:	DSG	
FOTOS AÉREAS:					DATA:	nov/07		ESCALA:	1:30000		FONTE:	TOPOCART	
RESTITUIÇÃO AEROFOTOGRAMÉTRICA:					ESCALA:	1:10000							
3. HIDROMETEOROLOGIA													
POSTOS FLUVIOMÉTRICOS DE REFERÊNCIA:													
TIPO:	FLUVIOMÉTRICO		CÓD.:	72.849.000		ENTIDADE:	ANA		NOME:	Joacaba I		RIO:	do Peixe
TIPO:	FLUVIOMÉTRICO		CÓD.:	72.980.000		ENTIDADE:	ANA		NOME:	Rio Uruguai		RIO:	do Peixe
TIPO:	FLUVIOMÉTRICO		CÓD.:	72.810.000		ENTIDADE:	ANA		NOME:	Tangará		RIO:	do Peixe
TIPO:			CÓD.:			ENTIDADE:			NOME:			RIO:	
TIPO:			CÓD.:			ENTIDADE:			NOME:			RIO:	
TIPO:			CÓD.:			ENTIDADE:			NOME:			RIO:	
TIPO:			CÓD.:			ENTIDADE:			NOME:			RIO:	
VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s) – PERÍODO: (DE 1977 A 2008)													
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
49,0	67,8	48,4	45,9	75,2	67,4	89,1	63,1	77,8	113,4	83,9	49,1		
PERMANÊNCIA DE VAZÕES MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s):													
5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	95 %	100 %		
175,2	138,4	95,4	72,1	54,2	42,91	32,4	24,41	17,36	10,50	8,05			
PRECIP. MÉDIA MENSAL (mm) – PERÍODO: (DE jan/1981 A dez/1990)													
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
169,2	152,1	129,3	100,4	113,1	123,8	104,2	122,9	145,8	155,6	123,5	137,2		
EVAPOR. MÉDIA MENSAL (mm) – PERÍODO:													
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ		
132,9	112,5	99,5	67,3	43,5	30,5	34,3	46,6	63,0	97,0	119,4	136,5		
PREC. MÉDIA ANUAL:													
					1522,58	mm	VAZÃO MLT – PERÍODO: (DE 1977 A 2008)					69,20	m ³ /s
EVAP. MÉDIA ANUAL:													
					983,02	mm	VAZÃO FIRME					NA	m ³ /s
EVAP. MÉDIA MENSAL:													
					81,92	mm	VAZÃO MÁX. REGISTRADA					709,9	m ³ /s
ÁREA DE DRENAGEM:													
					2.660	km	VAZÃO MÍN. REGISTRADA (MÉDIA MENSAL)					4,7	m ³ /s
4. RESERVATÓRIO													
CARACTERÍSTICAS GERAIS													
VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO:								84	anos	CRISTA DA BARRAGEM:		602,50	m
PERÍMETRO:								4,8	km	ALTURA DA BARRAGEM:		16	m
VOLUMES													
COMPRIMENTO:								2.000	m	No NA MÁX. NORMAL:		0,48	x10 ⁶ m ³
PROFUNDIDADE MÉDIA:								4,50	m	No NA MÍN. NORMAL:		0,36	x10 ⁶ m ³
PROFUNDIDADE MÁXIMA:								8,00	m	ÚTIL:		0,19	x10 ⁶ m ³
TEMPO DE FORMAÇÃO:								0,10	dias	ÁREAS (INCLUINDO CALHA DO RIO)			
TEMPO DE RESIDÊNCIA:								0,09	dias	NA MÁX. NORMAL:		0,20	km
NÍVEIS DE MONTANTE													
NA MÁX. NORMAL:								600,20	m	NA MÁX. MAXIMORUM:		0,21	km
NA MÁX. MAXIMORUM:								600,50	m	NA MÍN. NORMAL:		0,18	km
NA MÍN. NORMAL:								599,20	m	VIDA ÚTIL			
										VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (VOL. MÁX. OPERATIVO):		84	anos
										VIDA ÚTIL DO RESERVATÓRIO (VOL. ÚTIL):		NA	anos
NA NORMAL de JUSANTE:								570,60	m	VAZÃO SÓLIDA AFLUENTE		223.440	t / ano
NA MÁX. de JUSANTE:								587,60	m	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE SEDIMENTOS		NA	mg / l
NA MÍN. de JUSANTE:								569,42	m	PRODUÇÃO ESPECÍFICA DE SEDIMENTOS		84	t / km ² .ano

ÁREAS INUNDADAS POR MUNICÍPIO (em km²) - NO NA MÁX. MÁXIMORUM										
MUNICÍPIO (S)						UF	SUBTRAÍDA A CALHA DO RIO	NA CALHA DO RIO	TOTAL	
TANGARÁ						SC	0,25	0,13	0,38	
CURVAS										
PONTOS DAS CURVAS COTA x ÁREA x VOLUME DO RESERVATÓRIO						PONTOS DA CURVA CHAVE DO CANAL DE FUGA				
COTA (m)	ÁREA (km²)	VOL. (hm³)	COTA (m)	ÁREA (km²)	VOL. (hm³)	N.A. JUSANTE (m)	VAZÃO (m³/s)	N.A. JUSANTE (m)	VAZÃO (m³/s)	
594	0,04	0	599	0,17	0,36	575,5	1000			
595	0,07	0,04	600	0,19	0,49	578,5	2000			
596	0,11	0,09				581,0	3000			
597	0,12	0,17				583,5	4000			
598	0,14	0,26				585,0	5000			
POLINÔMICOS										
VOLUME x COTA (RESERVATÓRIO)						VAZÃO X N.A. JUSANTE (CANAL DE FUGA)				
COEFICIENTE	A0	A1	A2	A3	A4	COEFICIENTE				
VALOR	-13,876	18,509	594,21			A0	A1	A2	A3	A4
COTA X ÁREA (RESERVATÓRIO)						COEFICIENTE				
COEFICIENTE	A0	A1	A2	A3	A4	VALOR				
VALOR	82,901	20,383	593,68							
5. TURBINAS										
TIPO:	Kaplan "S"		VAZÃO NOMINAL UNITÁRIA:		42,85	m³/s				
NÚMERO DE UNIDADES:	2		- VAZÃO MÁXIMA TURBINADA:		85,3	m³/s				
POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL:	10,309		kW VAZÃO MÍNIMA TURBINADA:		12,52	m³/s				
ROTAÇÃO SÍNCRONA:	327		r.p.m. RENDIMENTO MÁXIMO:		93,5	%				
QUEDA DE REFERÊNCIA:	27,89		m PESO TOTAL POR UNIDADE:		NA	KN				
6. GERADORES										
NÚMERO DE UNIDADES:	2		- FATOR DE POTÊNCIA:		0,9	-				
POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL:	11,111		kVA RENDIMENTO MÁXIMO:		97	%				
TENSÃO NOMINAL:	13,8		kV PESO DO ROTOR:		NA	KN				
7. INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO DE INTERESSE RESTRITO À CENTRAL GERADORA (INDICATIVA)										
SUBESTAÇÃO ELEVATÓRIA - DADOS DO TRANSFORMADOR						TIPO (S.E. ou SECÇÃO L.T.):				
						SECÇÃO LT				
NÚMERO DE UNIDADES:	1		MUNICÍPIO:		HERVAL D'ESTE					
POTÊNCIA UNITÁRIA NOMINAL:	19,000 / 24,000		kVA UF:		SC					
TENSÃO ENR. PRIM.:	13,8		kV NOME:		-					
TENSÃO ENR. SEC.:	138		kV CONCESSIONÁRIA:		CELESC					
LINHA DE TRANSMISSÃO						SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA (QUANDO APLICÁVEL)				
MUNICÍPIO (S):	HERVAL D'ESTE					NÚMERO DE UNIDADES:				
UF (S):	SC					NA				
EXTENSÃO:	4,5					km TENSÃO ENR. PRIM.:				
TENSÃO:	138					kV TENSÃO ENR. SEC.:				
CIRCUITO (Simples ou Duplo):	Simples					SECÇÃO DE L.T. (QUANDO APLICÁVEL)				
PONTO DE CONEXÃO:						TENSÃO:				
						NA				
A CONSTRUIR ? (sim ou não):	Sim					CIRCUITO (Simples ou Duplo):				
						NA				
8. ESTUDOS ENERGÉTICOS										
QUEDA BRUTA:	29,60		m VAZÃO DE USOS CONSUMTIVOS:		-	m³/s				
PERDA HIDRÁULICA:	5,71		% ENERGIA GÉRA DA:		12,04	MW médios				
FATOR DE INDISP. FORÇADA:	2,009		- ENERGIA FIRME:		NA	MW médios				
FATOR DE INDISP. PROGRAMADA:	1,544		- PRODUTIBILIDADE MÉDIA (NA com 65 % V.U. armazenado)			MW / m³/s				
RENDIMENTO DO CONJ. TURBINA/GERADOR:	90,70		% PRODUTIBILIDADE MÁXIMA (NA máximo normal)			MW / m³/s				
VAZÃO REMANESCENTE:	1,84		m³/s PRODUTIBILIDADE MÍNIMA (NA mínimo normal)			MW / m³/s				
9. CUSTOS										
OBRAS CIVIS:	54,201		X 10³ R\$ SISTEMA DE TRANSMISSÃO ASSOCIADO:		7,675	X 10³ R\$				
EQUIPAMENTOS ELETROMECÂNICOS:	38,458		X 10³ R\$ CUSTO TOTAL C/ SIST. DE TRANS. ASSOCIADO:		119,613	X 10³ R\$				
MEIO AMBIENTE:	5,930		X 10³ R\$ JUROS ANUAIS:		10,91	%				
OUTROS CUSTOS:	0		X 10³ R\$ PERÍODO DE UTILIZAÇÃO DA USINA:		30	anos				
CUSTO DIRETO TOTAL:	98,590		X 10³ R\$ O & M:		NA	R\$/MWh				
CUSTOS INDIRETOS:	2,337		X 10³ R\$ CUSTO DA ENERGIA GERADA:		132,39	R\$/MWh				
CUSTO TOTAL S/ JDC:	100,927		X 10³ R\$ DATA DE REFERÊNCIA:			set/09				
CUSTO TOTAL C/ JDC:	111,938		X 10³ R\$ TAXA DE CÂMBIO:		2,30/1,00	R\$/US\$				

CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO (% DO CUSTO TOTAL S/ JDC)										
	ANO 1	ANO 2	ANO 3	ANO 4	ANO 5	ANO 6	ANO 7	ANO 8	ANO 9	ANO 10
USINA (%)	60	40	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
SIST. DE TRANS. ASSOC. (%)	-	85	15	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10. IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS										
POPULAÇÃO ATINGIDA (Nº HABITANTES):					FAMILIAS ATINGIDAS:					
URBANA:			0		URBANA:					0
RURAL:			80		RURAL:					20
TOTAL:			80		TOTAL:					20
RELOCAÇÃO DE ESTRADAS ? (sim ou não)					NÃO		EXTENSÃO:	0		km
RELOCAÇÃO DE PONTES ? (sim ou não)					NÃO		EXTENSÃO:	0		km
EMPREGOS GERADOS DURANTE A CONSTRUÇÃO:										
DIRETOS:					INDIRETOS:					
11. CRONOGRAMA - PRINCIPAIS FASES										
INÍCIO DAS OBRAS ATÉ O DESVIO DO RIO:		20		meses	PRAZO TOTAL DA OBRA (GERAÇÃO DA ÚLTIMA UNIDADE)		25		meses	
DESVIO DO RIO ATÉ O FECHAMENTO:		3		meses						
FECHAMENTO ATÉ GERAÇÃO DA 1ª UNIDADE:		1		meses	MARCO - MONTAGEM ELETROMECÂNICA (1ª UNIDADE):		21		meses	
PRAZO DE GERAÇÃO ENTRE UNIDADES:		1		meses	MARCO - OPERAÇÃO PRIMEIRA UNIDADE:		24		meses	
12. ASPECTOS CRÍTICOS DO EMPREENDIMENTO										
NÚCLEOS URBANOS ATINGIDOS ? (sim ou não)					Não					
ÁREAS INDUSTRIAIS ATINGIDAS ? (sim ou não)					Não					
ÁREAS INDÍGENAS ? (sim ou não)					Não					
ÁREAS DE QUILOMBOLAS ? (sim ou não)					Não					
UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA ? (sim ou não)					Não					
ÁREAS DE PESQUISA OU EXPLORAÇÃO MINERAL ? (sim ou não)					Não					
SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS ? (sim ou não)					Não					
CAVERNAS ? (sim ou não)					Não					
DISPONIBILIDADE HÍDRICA ? (sim ou não)					Não					
OUTROS ? (sim ou não)					Não					
13. DESCRIÇÃO SOBRE OS OUTROS USOS DA ÁGUA										
NAVEGAÇÃO (sim ou não)					Não		(especificar, quando for o caso)			
ABASTECIMENTO PÚBLICO (sim ou não)					Não		(especificar, quando for o caso)			
TURISMO LOCAL (sim ou não)					Não		(especificar, quando for o caso)			
LAZER (sim ou não)					Não		(especificar, quando for o caso)			
OUTROS (sim ou não)					Não		(especificar, quando for o caso)			
DADOS DE ARRANJO										
14. DESVIO										
TIPO:				VERTEDEIRO CONTROLADO			ESCAVAÇÃO COMUM:			m³
VAZÃO DE DESVIO:	(TR = 25 ANOS) - Pleno		2.602	m³/s	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:					m³
NÚMERO DE VÃOS:			7		ESCAVAÇÃO EM ROCHA:					m³
SEÇÃO:			455,00	m²	CONCRETO (CONVENCIONAL):					m³
COMPRIMENTO:			22,5	m	ENSECADEIRA:			17.800		m³
15. BARRAGEM										
TIPO DE ESTRUTURA / MATERIAL: (OD/OE)			Peso / concreto / enrocamento		CONCRETO CONVENCIONAL:		NA			m³
COMPRIMENTO TOTAL DA CRISTA:			20 / 105	m	CONCRETO MASSA:		5.462			m³
ENROCAMENTO:			27.800	m³	ESCAVAÇÃO COMUM:		NA			m³
ATERRO COMPACTADO:			8.150	m³	ESCAVAÇÃO EM ROCHA:		NA			m³
FILTROS E TRANSIÇÕES:			16.600	m³	VOLUME TOTAL:		NA			m³
16. DIQUES										
TIPO DE ESTRUTURA / MATERIAL:			NA		ATERRO COMPACTADO:		NA			m³
COMPRIMENTO TOTAL DA(S) CRISTA(S):			NA	m	FILTROS E TRANSIÇÕES:		NA			m³
ALTURA MÁXIMA:			NA	m	CONCRETO CONVENCIONAL:		NA			m³
COTA DA CRISTA:			NA	m	CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR:		NA			m³
ENROCAMENTO:			NA	m³	VOLUME TOTAL:		NA			m³
17. VERTEDEIRO										
TIPO:				CONTROLADO			CONCRETO (CONVENCIONAL):		10.603	m³
VAZÃO DE PROJETO:	(TR = 1.000 ANOS)		4.955	m³/s	COMPORTAS:					
COTA DA SOLEIRA:			588,2	m	TIPO:				ENSECADEIRA/SEGMENTO	
COMPRIMENTO TOTAL:			83	m	ACIONAMENTO:				SERVO MOTOR	
NÚMERO DE VÃOS:			7		- LARGURA:			9,0 / 9,0		m
LARGURA DO VÃO:			9	m	ALTURA:			12,35 / 13,85		m
ESCAVAÇÃO COMUM:			NA	m³	ESTRUTURA DE DISSIPACÃO DE ENERGIA:					
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:			72.847	m³	TIPO:				NA	
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA:			NA	m³						

18. CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO					
CANAL/TÚNEL DE ADUÇÃO:			CONCRETO:	2.000	m³
COMPRIMENTO:	1.189	m	COMPORTAS		
LARGURA / SEÇÃO:	7,5 / 50,21	m / m²	TIPO:	ENSECADEIRA	
ESCAVAÇÃO COMUM:	NA	m³	ACIONAMENTO:	VIGA PESCADORA	
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	NA	m³	LARGURA:	4,5	m
ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	62.174	m³	ALTURA:	6,5	m
CONCRETO:	1.338	m³	CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO		
CÂMARA DE CARGA:			DIÂMETRO INTERNO:	16,7	m
ÁREA SUPERFICIAL:	NA	m²	ALTURA:	28,5	m
SOBRELEVÇÃO MÁXIMA:	NA	m	CONDUTO/TÚNEL FORÇADO		
DEPLEÇÃO MÁXIMA:	NA	m	NÚMERO DE UNIDADES:	2	-
TOMADA D'ÁGUA:			DIÂMETRO INTERNO:	3,45	m
TIPO:	TORRE		COMPRIMENTO MÉDIO:	20,0	m
COMPRIMENTO TOTAL:	8,7	m	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	NA	m³
NÚMERO DE VÃOS:	1	-	ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	NA	m³
ESCAVAÇÃO COMUM:	NA	m³	CONCRETO:	916	m³
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	NA	m³	TRECHO BLINDADO:	NA	m
ESCAVAÇÃO EM ROCHA SUBTERRÂNEA:	NA	m³			
19. CASA DE FORÇA					
TIPO:	ABRIGADA		ESCAVAÇÃO COMUM:	9.890	m³
NÚMERO DE UNIDADES:	2	-	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	17.300	m³
LARGURA DOS BLOCOS:	21	m	ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA:	NA	m³
ALTURA DOS BLOCOS:	30	m	CONCRETO:	7.920	m³
COMPRIMENTO DOS BLOCOS:	29	m			
20. OBRAS ESPECIAIS					
TIPO:	NA		ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA:	NA	m³
ESCAVAÇÃO COMUM:	NA	m³	CONCRETO CONVENCIONAL:	NA	m³
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	NA	m³	CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR:	NA	m³
21. VOLUMES TOTAIS					
ESCAVAÇÃO COMUM:	88.647	m³	ENROCAMENTO:	27.800	m³
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A CÉU ABERTO:	165.200	m³	ATERRO COMPACTADO:	18.000	m³
ESCAVAÇÃO EM ROCHA A SUBTERRÂNEA:	60.319	m³	CONCRETO CONVENCIONAL:	32.221	m³
SOLO:	8.150	m³	CONCRETO COMPACTADO A ROLO - CCR:	NA	m³
22. OBSERVAÇÕES					
A curva chave não apresenta ajuste para equação polinomial.					
23. INSTRUÇÕES PARA PREENCHIMENTO DA FICHA-RESUMO					
1) A ficha deverá ser integralmente preenchida pelo interessado. Nos campos onde não se aplicar determinada informação, indicar "n/a";					
2) Durante o preenchimento deverão ser observadas as unidades estabelecidas em cada campo;					
3) As informações a serem inseridas deverão ser compatíveis com as constantes dos estudos de viabilidade e/ou projetos básicos (texto e desenhos) entregues a ANEEL;					
4) O valor de potência instalada da usina deverá atender a expressão: Potência Instalada = (nº de unidades) x (potência unitária nominal dos geradores em kVA) x (fator de potência);					
5) Não deverão ser inseridas ou excusadas linhas. Preencher apenas os campos preestabelecidos; e					
6) Todas as folhas da ficha resumo deverão ser assinadas e carimbadas pelo responsável técnico do estudo / projeto.					

9.2 Dados Estações Hidroweb

A) Série de Vazões Médias Mensais Estação Tangará (Área = 1995 km²)

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mín.	Média	Máx.
1976	-	-	27,7	18,3	66,4	71,2	44,1	96,7	46,7	54,5	59,9	36,1	18,3	52,0	96,7
1977	30,6	61,6	70,7	32,7	9,7	18,2	24,4	69,4	34,4	94,3	74,4	27,6	9,7	45,7	94,3
1978	15,7	12,9	25,5	6,2	3,6	5,5	40,3	22,8	38,8	14,5	33,7	24,4	3,6	20,3	40,3
1979	6,3	4,5	14,8	21,9	147,1	31,5	28,0	26,0	27,6	183,6	103,1	76,6	4,5	55,9	183,6
1980	18,3	21,0	64,6	12,2	26,2	17,9	65,3	119,0	69,6	38,4	32,6	71,5	12,2	46,4	119,0
1981	38,6	77,9	8,2	10,6	7,8	13,2	6,9	8,8	21,9	21,6	28,4	23,7	6,9	22,3	77,9
1982	7,7	39,6	15,7	6,5	14,1	67,5	123,0	69,2	24,6	103,9	213,5	56,2	6,5	61,8	213,5
1983	44,1	69,2	127,5	50,2	140,8	129,9	520,9	30,1	128,8	44,5	48,0	26,0	26,0	113,3	520,9
1984	19,2	21,1	33,8	30,1	38,3	81,2	34,5	184,2	54,0	47,4	60,7	38,8	19,2	53,6	184,2
1985	19,6	77,9	20,1	22,2	15,3	8,9	14,5	7,5	20,2	20,8	48,2	6,9	6,9	23,5	77,9
1986	16,0	54,8	23,3	62,3	42,7	37,2	13,3	18,1	37,1	55,7	66,0	44,0	13,3	39,2	66,0
1987	73,6	60,5	13,8	14,3	171,4	51,8	40,4	35,9	18,5	70,2	20,0	12,8	12,8	48,6	171,4
1988	22,9	29,6	20,9	29,0	176,8	84,8	24,9	10,1	16,4	48,9	18,3	19,0	10,1	41,8	176,8
1989	59,0	69,2	29,2	25,7	44,8	16,0	31,3	30,2	122,9	72,1	28,5	10,9	10,9	45,0	122,9
1990	75,5	32,8	50,5	73,0	83,5	216,8	72,9	69,1	77,4	105,8	83,8	39,4	32,8	81,7	216,8
1991	15,4	18,6	9,9	15,7	10,9	63,7	54,4	64,4	12,0	37,6	28,3	26,0	9,9	29,7	64,4
1992	20,0	27,1	33,9	15,6	167,5	88,3	153,2	38,0	68,9	34,7	37,4	31,0	15,6	59,6	167,5
1993	37,8	55,7	33,0	19,5	64,0	52,8	45,6	23,0	102,3	125,0	31,3	25,7	19,5	51,3	125,0
1994	10,0	103,0	24,7	47,0	68,7	102,0	112,2	27,9	17,7	65,2	104,7	45,4	10,0	60,7	112,2
1995	143,8	74,6	39,8	18,1	8,2	18,5	20,0	9,9	67,1	75,8	22,2	15,8	8,2	42,8	143,8
1996	58,9	78,7	75,8	48,6	9,7	38,5	78,7	65,7	76,8	107,1	50,4	54,0	9,7	61,9	107,1
1997	49,3	118,1	29,1	8,7	12,1	71,4	98,6	96,8	31,5	234,0	237,4	42,0	8,7	85,8	237,4
1998	121,1	122,3	130,9	199,5	68,6	25,5	67,0	174,0	137,5	96,7	19,7	22,7	19,7	98,8	199,5
1999	26,3	38,0	13,0	25,1	9,2	36,8	104,7	12,0	17,4	102,5	14,7	9,9	9,2	34,1	104,7
2000	24,4	38,1	55,9	36,7	34,5	27,5	59,3	38,3	168,4	152,2	35,3	66,7	24,4	61,4	168,4
2001	62,1	151,1	44,7	45,8	71,2	48,3	63,5	29,3	45,6	129,1	50,2	37,2	29,3	64,8	151,1
2002	15,4	13,0	18,0	12,3	32,4	28,8	16,5	57,7	68,0	107,6	105,8	100,1	12,3	48,0	107,6
2003	27,6	24,9	63,1	16,2	11,2	25,2	18,8	8,3	6,1	14,2	40,4	92,6	6,1	29,0	92,6
2004	36,6	18,3	9,1	12,4	38,7	30,3	81,8	16,4	32,3	97,7	78,9	32,2	9,1	40,4	97,7
2005	23,5	8,5	5,7	40,4	88,9	83,9	22,8	15,0	137,4	150,1	49,1	19,0	5,7	53,7	150,1
2006	15,7	17,8	46,1	18,8	6,4	5,6	7,0	23,8	24,6	21,4	34,3	35,8	5,6	21,4	46,1
2007	29,6	31,3	34,0	72,8	140,7	25,4	56,3	20,5	50,3	82,3	114,7	48,6	20,5	58,9	140,7
2008	33,7	19,2	13,9	36,6	33,6	45,2	24,1	27,3	60,2	120,4	118,9	22,3	13,9	46,3	120,4
2009	36,0	42,2	23,8	7,5	13,5	20,9	71,6	-	106,4	-	-	-	-	-	-
Mínima	15,4	8,5	5,7	7,5	6,4	5,6	7,0	8,3	6,1	14,2	14,7	9,9	5,6		
Média	30,1	36,6	29,8	29,5	43,6	34,4	47,8	24,9	65,2	97,7	64,2	46,4		45,8	
Máxima	62,1	151,1	63,1	72,8	140,7	83,9	104,7	57,7	168,4	152,2	118,9	100,1			168,4
Específica	15,1	18,3	14,9	14,8	21,9	17,2	24,0	12,5	32,7	49,0	32,2	23,3	12,5	17,2	49,0

Nota: Valores preenchidos por correlação com o posto Joaçaba I.

B) Série de Vazões Médias Mensais Estação Joaçaba I (Área = 3784 km²)

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Mín	Medi a	Mán.
1976	-	-	52,0	34,2	126,5	135,8	83,4	185,6	88,4	103,6	114,0	68,1	34,2	98,7	185,6
1977	57,6	117,3	134,9	61,6	17,9	33,9	45,7	132,3	64,8	180,9	142,1	51,9	17,9	86,8	180,9
1978	29,2	23,8	47,9	11,3	6,6	10,1	76,2	42,7	73,3	26,9	63,6	45,7	6,6	38,1	76,2
1979	11,6	8,2	27,5	41,0	284,3	59,3	52,7	48,7	51,8	356,4	198,1	146,4	8,2	107,2	356,4
1980	34,1	39,2	123,0	22,5	49,2	33,4	124,4	229,3	132,9	72,5	61,5	136,4	22,5	88,2	229,3
1981	72,9	149,0	15,1	19,5	14,3	24,4	12,7	16,2	41,0	40,5	53,4	44,3	12,7	41,9	149,0
1982	14,1	74,9	29,1	11,9	26,3	128,7	237,1	132,0	46,1	199,7	415,5	106,8	11,9	118,5	415,5
1983	83,6	132,0	245,9	95,2	272,0	250,6	1029,5	56,6	248,4	84,2	90,9	48,8	48,8	219,8	1029,5
1984	35,9	39,5	63,7	56,6	72,4	155,4	65,0	357,5	102,6	89,8	115,5	73,3	35,9	102,3	357,5
1985	36,6	149,0	37,5	41,6	28,4	16,4	26,8	13,7	37,7	38,9	91,5	11,4	11,4	44,1	149,0
1986	24,9	85,4	40,1	114,3	74,3	64,8	20,6	43,0	92,7	102,0	111,0	69,1	20,6	70,2	114,3
1987	121,3	134,3	23,1	30,0	327,6	101,9	66,3	79,4	29,3	166,6	32,3	20,6	20,6	94,4	327,6
1988	36,9	39,1	28,0	55,6	331,1	153,1	38,5	14,6	26,6	68,8	26,5	29,4	14,6	70,7	331,1
1989	113,0	175,9	50,9	49,4	116,4	25,5	59,1	61,5	253,9	131,2	43,9	18,4	18,4	91,6	253,9
1990	152,0	75,4	93,0	140,2	151,6	422,0	139,3	287,9	164,1	217,7	177,9	69,1	69,1	174,2	422,0
1991	36,3	35,4	16,0	23,0	20,2	131,8	94,3	112,1	21,2	86,3	54,7	51,8	16,0	56,9	131,8
1992	38,2	57,0	85,6	46,4	326,4	169,1	296,4	71,7	131,4	65,5	64,8	54,6	38,2	117,3	326,4
1993	55,5	96,9	62,0	46,0	128,7	95,8	87,5	45,2	177,0	243,6	53,6	62,4	45,2	96,2	243,6
1994	20,6	170,4	39,1	88,8	122,9	194,4	217,6	49,8	36,6	147,9	205,8	87,1	20,6	115,1	217,6
1995	283,0	137,5	66,4	37,0	15,8	51,7	59,6	24,6	126,0	159,0	43,3	31,7	15,8	86,3	283,0
1996	99,4	163,6	121,5	78,9	17,3	74,8	147,4	127,7	169,4	188,3	87,5	106,5	17,3	115,2	188,3
1997	80,2	258,4	50,6	17,8	21,4	125,9	147,4	208,5	57,2	444,1	412,4	76,6	17,8	158,4	444,1
1998	186,4	334,0	222,8	383,1	136,8	43,5	122,3	329,6	295,7	175,1	33,3	32,4	32,4	191,2	383,1
1999	69,8	83,1	26,0	62,6	21,5	70,1	207,3	24,1	35,1	180,0	26,1	17,1	17,1	68,6	207,3
2000	32,4	65,0	85,2	76,1	53,9	52,6	109,3	70,7	366,7	291,4	56,1	104,8	32,4	113,7	366,7
2001	130,2	278,2	73,3	88,6	132,2	113,2	127,2	46,3	83,7	243,3	97,1	69,3	46,3	123,5	278,2
2002	32,9	26,8	31,8	33,6	67,6	69,2	35,8	126,9	145,8	229,0	201,2	171,7	26,8	97,7	229,0
2003	58,9	48,1	111,9	38,7	19,7	45,8	34,7	15,4	12,6	31,2	75,8	212,3	12,6	58,7	212,3
2004	71,6	29,5	15,9	26,9	70,2	46,6	162,6	28,6	75,2	195,9	133,6	44,5	15,9	75,1	195,9
2005	40,9	13,4	9,7	87,9	165,6	180,6	50,6	47,7	286,6	333,8	106,6	22,8	9,7	112,2	333,8
2006	20,0	25,8	64,2	29,2	10,8	9,4	12,0	44,6	38,7	36,4	75,7	71,0	9,4	36,5	75,7
2007	50,4	50,0	80,6	135,2	272,0	39,4	132,1	37,3	96,6	162,6	209,9	70,4	37,3	111,4	272,0
2008	62,0	29,0	20,7	67,8	55,4	104,5	42,2	56,1	104,2	253,8	223,9	30,0	20,7	87,5	253,8
2009	74,8	62,8	36,3	11,1	21,0	35,6	156,8	-	277,6	-	-	-	-	-	-
Mínima	5,8	4,7	3,6	5,7	3,0	4,5	11,9	4,0	6,7	10,0	9,5	7,2	3,0	-	-
Média	62,1	86,2	61,1	56,6	82,3	90,9	103,6	99,4	124,1	142,6	93,1	61,2	-	88,6	-
Máxima	283,0	334,0	245,9	383,1	331,1	422,0	1029,5	439,6	371,1	444,1	415,5	212,3	-	-	1029,5
Específica	16,4	22,8	16,2	15,0	21,7	24,0	27,4	26,3	32,8	37,7	24,6	16,2	15,0	33,3	37,7

Nota: Valores preenchidos por correlação com o posto Tangará.

9.3 Dados Campanhas de Coleta da Sociambiental

Parâmetros	jul/10					out/10					jan/11				
	SG01	SG02	SG03	SG04	SG05	SG01	SG02	SG03	SG04	SG05	SG01	SG02	SG03	SG04	SG05
Temperatura Água (°C)	11,1	8,6	13,7	14,1	13,4	21,2	19,0	20,9	20,4	20,1	22,7	23,0	23,3	23,2	23,1
OD (mg/L)	11,2	11,6	9,8	10,0	10,7	6,9	8,1	7,2	8,9	9,3	7,1	6,9	7,2	7,8	7,7
OD (%)	93,1	93,8	90,1	89,1	92,7	90,3	97,3	86,5	100,1	104,9	91,3	90,9	93,3	101,4	99,6
pH	7,1	7,6	7,5	7,4	7,6	7,7	8,0	7,3	7,8	7,5	7,5	7,3	7,8	7,8	8,3
Condutividade(mS/cm)	84,8	72,1	88,1	87,8	91,4	151,4	129,8	152,2	155,4	160,3	173,8	173,7	97,2	104,8	113,0
Sólidos Dissolvidos Totais(mg/L)	67,0	85,0	143,0	75,0	78,0	89,0	57,0	67,0	62,0	78,0	55,0	95,0	47,0	33,0	90,0
Sólidos Totais(mg/L)	74,0	93,0	152,0	88,0	85,0	96,0	59,0	73,0	69,0	80,0	92,0	138,0	92,0	81,0	127,0
Sólidos Suspensos Totais(mg/L)	7,0	8,0	9,0	13,0	7,0	7,0	2,0	6,0	7,0	2,0	37,0	43,0	45,0	48,0	37,0
Fósforo Total(mg P/L)	n.d	n.d	123,0	n.d	n.d	94,0	36,0	59,0	73,0	73,0	41,0	38,0	47,0	58,0	47,0
N Kjeldahl Total (mg N/L)	0,271	0,425	0,347	0,145	0,309	0,569	0,297	0,669	0,276	0,696	0,373	0,366	0,437	0,422	0,362
Nitrato (mg N/L)	1,073	1,043	1,225	1,140	1,135	0,911	0,921	1,180	1,110	1,206	1,659	1,613	1,648	1,608	1,721
Nitrito (mg N/L)	0,014	0,014	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0,0001	n.d	0,008	0,009	0,013	0,013	0,013
Nitrogênio Amoniacal Total (mg N/L)	0,025	n.d	0,031	0,042	n.d	0,018	nd	0,039	0,049	nd	0,016	n.d	0,029	0,020	0,021
N Orgânico (mg N/L)	0,246	0,430	0,316	0,110	0,310	0,475	0,297	0,63	0,227	0,696	0,357	0,353	0,408	0,402	0,341
N Total (mg N/L)	1,358	1,482	1,572	1,285	1,444	1,480	1,218	1,849	1,386	1,902	2,040	1,988	2,098	2,043	2,096
Clorofila (mg/L)	n.d	n.d	1,07	n.d	2,14	n.d	n.d	1,07	n.d	2,14	2,14	n.d	n.d	1,07	0,53
DBO (mg O2/L)	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0
DQO (mg O2/L)	21,0	16,0	18,0	18,0	16,0	21,0	16,0	18,0	18,0	16,0	21,0	23,0	21,0	23,0	18,0
Coli. Totais(NMP/100 mL)	16000	3500	16000	16000	5400	16000	3500	16000	16000	5400	160000	92000	24000	54000	54000
E. coli (NMP/100 mL)	700	130	230	110	110	700	130	230	110	110	11000	13000	2300	1700	2300
Óleos e Graxas (mg/L)	n.d														
Turbidez (UNT)	7,6	8,9	7,2	4,7	4,4	7,6	8,9	7,2	4,7	4,4	104,0	68,6	56,7	61,8	107,0
Cor (mg Pt/L)	69,0	60,0	61,0	57,0	46,0	69,0	60,0	61,0	57,0	46,0	507,0	467,0	453,0	451,0	468,0
Cálcio (mg Ca/L)	9,19	7,83	10,4	9,46	9,38	9,19	7,83	10,4	9,46	9,38	5,25	6,48	4,95	5,48	5,06
Chumbo(mg Pb/L)	nd	nd	0,0017	nd	nd	nd	nd	0,0009	0,0006	0,0006	nd	nd	nd	nd	nd
Cobre Solúvel(mg Cu/L)	0,0023	0,0025	0,0015	0,0013	0,0013	0,0018	0,0011	0,0017	0,0015	0,0016	0,0019	0,0347	0,0057	0,0023	0,0021
Cromo(mg Cr/L)	0,0015	0,0064	0,0037	0,0024	0,0026	nd	nd	nd	nd	nd	0,0027	0,0036	0,0024	0,0032	0,0028
Ferro Total (mg Fe/L)	2,150	4,290	0,932	1,040	1,240	0,994	0,855	0,939	0,763	0,642	7,320	7,380	7,600	8,530	8,050
Ferro Solúvel(mg Fe/L)	0,404	0,525	0,172	0,082	0,114	0,093	0,297	0,100	0,095	0,093	1,000	1,240	0,816	1,170	1,050
Alumínio(mg Al/L)	1,250	3,460	0,468	0,513	0,623	0,546	0,427	0,529	0,404	0,322	4,310	5,010	4,560	5,540	4,490
Manganês(mg Mn/L)	0,030	0,040	0,022	0,024	0,028	0,037	0,016	0,051	0,035	0,025	0,151	0,148	0,145	0,163	0,146
Zinco(mg Zn/L)	0,030	0,030	0,026	0,020	0,030	0,033	0,035	0,039	0,030	0,030	0,007	0,011	0,009	0,010	0,009
Magnésio(mg Mg/L)	3,050	3,540	3,070	3,140	3,240	3,430	3,550	3,680	3,460	3,510	2,600	3,250	2,320	2,560	2,380
Potássio Total(mg K/L)	1,730	1,840	1,710	1,750	1,890	2,440	1,350	2,570	2,480	2,520	1,720	1,980	1,400	1,600	1,500

Parâmetros	abr/11					set/11					mar/12				
	SG01	SG02	SG03	SG04	SG05	SG01	SG02	SG03	SG04	SG05	SG01	SG02	SG03	SG04	SG05
Temperatura Água (°C)	19,4	18,1	21,0	20,9	20,6	16,2	16,1	17,1	17,1	16,2	26,1	25,1	26,0	24,6	24,2
OD (mg/L)	5,8	5,6	5,8	7,0	6,2	6,1	6,2	6,6	6,7	7,3	5,7	5,8	5,8	7,7	7,4
OD (%)	67,1	64,1	76,7	88,8	80,7	80,8	73,9	88,3	82,7	81,3	61,3	63,3	63,7	102,3	98,9
pH	7,5	7,7	7,2	7,1	7,5	8,1	8,1	7,9	7,6	7,8	7,8	7,9	7,6	7,5	7,4
Condutividade(mS/cm)	184,6	193,1	147,5	152,8	149,5	54,1	56,2	62,5	64,6	54,7	98,1	97,1	105,1	102,0	98,7
Sólidos Dissolvidos Totais(mg/L)	54,0	119,0	80,0	63,0	58,0	65,0	73,0	101,0	74,0	73,0	76,0	54,0	47,0	74,0	98,0
Sólidos Totais(mg/L)	3,0	2,0	11,0	9,0	9,0	16,0	14,0	4,0	3,0	10,0	79,0	54,0	58,0	89,0	111,0
Sólidos Suspensos Totais(mg/L)	57,0	121,0	91,0	72,0	67,0	81,0	87,0	105,0	77,0	83,0	3,0	11,0	11,0	14,0	13,0
Fósforo Total (mg P/L)	25,0	29,0	47,0	69,0	51,0	62,0	84,0	80,0	93,0	48,0	42,0	34,0	64,0	63,0	56,0
N Kjeldahl Total (mg N/L)	0,263	0,043	0,315	0,276	0,491	0,264	0,375	0,437	0,227	0,434	0,568	0,572	0,848	1,128	0,975
Nitrato (mg N/L)	1,450	1,418	1,513	1,502	1,486	1,214	1,157	1,181	1,301	1,007	0,995	1,076	0,788	0,794	0,909
Nitrito (mg N/L)	0,011	0,009	0,008	0,010	0,008	0,005	0,005	0,004	0,009	n.d	0,006	0,006	0,007	0,006	0,005
Nitrogênio Amoniacal Total (mg N/L)	n.d	0,033	0,025	n.d	n.d	0,136	0,129	0,068	0,056	0,053	0,045	n.d	0,024	0,210	0,037
N Orgânico (mg N/L)	0,253	0,010	0,290	0,263	0,491	0,128	0,246	0,369	0,171	0,381	0,523	0,572	0,824	0,918	0,938
N Total (mg N/L)	1,723	1,469	1,835	1,788	1,984	1,483	1,537	1,622	1,536	1,441	1,570	1,654	1,644	1,928	1,890
Clorofila (mg/L)	2,14	n.d	0,53	n.d	16,04	1,07	n.d	1,60	n.d	n.d	1,07	1,6	n.d	0,53	0,53
DBO (mg O2/L)	1,0	2,0	2,0	1,0	2,0	3,0	3,0	4,0	4,0	3,0	3	4	3	1	2
DQO (mg O2/L)	11,0	21,0	21,0	9,0	16,0	23,0	35,0	37,0	35,0	27,0	23	27	30	31	29
Coli. Totais(NMP/100 mL)	>16000	16000	>16000	>16000	>16000	>16000	>16000	>16000	>16000	>16000	16000	3500	16000	16000	9200
E. coli (NMP/100 mL)	330,0	78,0	330,0	170,0	110,0	9200,0	2800,0	3500,0	3500,0	5400,0	40	340	ausente	78	330
Óleos e Graxas (mg/L)	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Turbidez (UNT)	15,1	12,8	11,8	12,8	13,6	40,8	44,2	25,2	22	19,7	18,6	13,6	20,2	112	24,2
Cor (mg Pt/L)	91,0	73,0	79,0	86,0	84,0	274,0	262,0	120,0	106,0	105,0	100,0	61,0	112,0	135,0	140,0
Cálcio (mg Ca/L)	6,77	6,88	6,96	6,99	6,66	6,44	6,22	7,53	8,03	5,69	7,24	7,34	8,37	8,36	7,76
Chumbo(mg Pb/L)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Cobre Solúvel(mg Cu/L)	0,001	0,002	0,009	0,004	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,0019	0,0011	0,0021	0,0029	0,0021
Cromo(mg Cr/L)	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,0039	0,0024	0,0076	0,0075	0,0071
Ferro Total (mg Fe/L)	1,200	1,090	1,450	1,280	1,280	3,030	3,200	1,720	1,810	1,700	1,3300	0,8650	2,1100	2,0100	2,3300
Ferro Solúvel(mg Fe/L)	0,282	0,442	0,266	0,226	0,308	0,985	0,878	0,208	0,203	0,249	0,1940	0,1430	0,1880	0,2030	0,2590
Alumínio(mg Al/L)	0,719	0,800	0,776	0,718	0,615	1,970	2,290	1,010	1,120	0,936	0,5860	0,5180	1,4800	0,9830	1,1700
Manganês(mg Mn/L)	0,031	0,013	0,042	0,040	0,036	0,041	0,049	0,033	0,037	0,033	0,0410	0,0199	0,0546	0,0525	0,0542
Zinco(mg Zn/L)	0,036	0,035	0,032	0,038	0,036	0,007	0,012	0,008	0,005	nd	0,0255	0,0225	0,0218	0,0262	0,0237
Magnésio(mg Mg/L)	3,020	3,320	2,900	2,970	2,870	2,830	2,860	2,460	2,480	2,320	2,8800	3,4100	2,6700	2,6100	2,5900
Potássio Total(mg K/L)	1,510	1,270	1,480	1,610	1,530	1,330	1,310	1,370	1,350	1,320	1,7100	1,4500	1,9100	1,9100	1,8600

10 APÊNDICES

10.1 Planilhas de cálculo para Vollenweider

Cenário D1 - Enchimento reservatório sem remoção de vegetação

Meses	Q Média	Área	VOLUME	z	tw	tw	qs	Lp(PO ₄)	Le(PO ₄)	PO ₄ Veg.	PO ₄ Res	PO ₄ Total	L(PO ₄)	L(PO ₄)/Lp	L(PO ₄)/Le	Estado
	m³/s	10³ m²	10³ m³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)	(g/m².ano)	(g/m².ano)	(g/m²)	(g/m²)	(g/m²)	(g/m².ano)	(PO4)	(PO4)	
Jan	49,0	200	480	2,40	9796	0,00031	7726,3	217,37	408,46	0,060	0,044	0,104	803,54	3,70	1,97	Eutrófico
Fev	67,8	200	480	2,40	7080	0,00022	10690,7	299,43	562,67	0,060	0,044	0,104	1111,83	3,71	1,98	Eutrófico
Mar	48,4	200	480	2,40	9917	0,00031	7631,7	214,75	403,53	0,060	0,053	0,113	862,38	4,02	2,14	Eutrófico
Abr	45,9	200	480	2,40	10458	0,00033	7237,5	203,82	382,99	0,060	0,036	0,096	694,80	3,41	1,81	Eutrófico
Mai	75,2	200	480	2,40	6383	0,00020	11857,5	331,69	623,28	0,060	0,045	0,105	1239,11	3,74	1,99	Eutrófico
Jun	67,4	200	480	2,40	7122	0,00023	10627,6	297,69	559,39	0,060	0,066	0,126	1339,08	4,50	2,39	Eutrófico
Jul	89,1	200	480	2,40	5387	0,00017	14049,3	392,23	737,04	0,060	0,066	0,126	1770,21	4,51	2,40	Eutrófico
Ago	63,1	200	480	2,40	7607	0,00024	9949,6	278,93	524,15	0,060	0,066	0,126	1253,65	4,49	2,39	Eutrófico
Set	77,8	200	480	2,40	6170	0,00020	12267,5	343,02	644,57	0,060	0,071	0,131	1607,04	4,69	2,49	Eutrófico
Out	113,4	200	480	2,40	4233	0,00013	17880,9	497,94	935,70	0,060	0,077	0,137	2440,74	4,90	2,61	Eutrófico
Nov	83,9	200	480	2,40	5721	0,00018	13229,4	369,59	694,50	0,060	0,074	0,134	1768,76	4,79	2,55	Eutrófico
Dez	49,1	200	480	2,40	9776	0,00031	7742,1	217,80	409,28	0,060	0,044	0,104	805,18	3,70	1,97	Eutrófico
MLT	69,2	200	480	2,40	6936	0,00022	10911,5	305,53	574,14	0,060	0,057	0,117	1277,28	4,18	2,22	Eutrófico

Cenário D2 - Enchimento reservatório com vegetação remanescente de 1,82 ha

Teórico Meses	Q Média	Área	VOLUME	z	tw	tw	qs	Lp(PO ₄)	Le(PO ₄)	PO ₄ Veg.	PO ₄ Res	PO ₄ Total	L(PO ₄)	L(PO ₄)/Lp	L(PO ₄)/Le	Estado
	m³/s	10³ m²	10³ m³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)	(g/m².ano)	(g/m².ano)	(g/m²)	(g/m²)	(g/m²)	(g/m².ano)	(PO4)	(PO4)	
Jan	49,00	200	480	2,40	9796	0,00031	7726,32	217,37	408,46	0,026	0,044	0,070	540,84	2,49	1,32	Eutrófico
Fev	67,80	200	480	2,40	7080	0,00022	10690,70	299,43	562,67	0,026	0,044	0,070	748,35	2,50	1,33	Eutrófico
Mar	48,40	200	480	2,40	9917	0,00031	7631,71	214,75	403,53	0,026	0,053	0,079	602,91	2,81	1,49	Eutrófico
Abr	45,90	200	480	2,40	10458	0,00033	7237,51	203,82	382,99	0,026	0,036	0,062	448,73	2,20	1,17	Eutrófico
Mai	75,20	200	480	2,40	6383	0,00020	11857,54	331,69	623,28	0,026	0,045	0,071	835,96	2,52	1,34	Eutrófico
Jun	67,40	200	480	2,40	7122	0,00023	10627,63	297,69	559,39	0,026	0,066	0,092	977,74	3,28	1,75	Eutrófico
Jul	89,10	200	480	2,40	5387	0,00017	14049,29	392,23	737,04	0,026	0,066	0,092	1292,53	3,30	1,75	Eutrófico
Ago	63,10	200	480	2,40	7607	0,00024	9949,61	278,93	524,15	0,026	0,066	0,092	915,36	3,28	1,75	Eutrófico
Set	77,80	200	480	2,40	6170	0,00020	12267,50	343,02	644,57	0,026	0,071	0,097	1189,95	3,47	1,85	Eutrófico
Out	113,40	200	480	2,40	4233	0,00013	17880,91	497,94	935,70	0,026	0,077	0,103	1832,79	3,68	1,96	Eutrófico
Nov	83,90	200	480	2,40	5721	0,00018	13229,40	369,59	694,50	0,026	0,074	0,100	1318,97	3,57	1,90	Eutrófico
Dez	49,10	200	480	2,40	9776	0,00031	7742,09	217,80	409,28	0,026	0,044	0,070	541,95	2,49	1,32	Eutrófico
MLT	69,20	200	480	2,40	6936	0,00022	10911,46	305,53	574,14	0,026	0,057	0,083	906,29	2,97	1,58	Eutrófico

Cenário D3 - Enchimento reservatório com remoção total da vegetação

Teórico	Q Média	Área	Volume	z	tw	tw	qs	Lp(PO ₄)	Le(PO ₄)	PO ₄ Veg.	PO ₄ Res	PO ₄ Total	L(PO ₄)	L(PO ₄)/Lp	L(PO ₄)/Le	Estado
Meses	m ³ /s	10 ³ m ²	10 ³ m ³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)	(g/m ² .ano)	(g/m ² .ano)	(g/m ³)	(g/m ³)	(g/m ³)	(g/m ² .ano)	(PO4)	(PO4)	
Jan	49,00	200	480	2,40	9796	0,00031	7726,32	217,37	408,46	0,002	0,044	0,046	355,41	1,64	0,87	Meso-Eutrófico
Fev	67,80	200	480	2,40	7080	0,00022	10690,70	299,43	562,67	0,002	0,044	0,046	491,77	1,64	0,87	Meso-Eutrófico
Mar	48,40	200	480	2,40	9917	0,00031	7631,71	214,75	403,53	0,002	0,053	0,055	419,74	1,95	1,04	Eutrófico
Abr	45,90	200	480	2,40	10458	0,00033	7237,51	203,82	382,99	0,002	0,036	0,038	275,03	1,35	0,72	Mesotrófico
Mai	75,20	200	480	2,40	6383	0,00020	11857,54	331,69	623,28	0,002	0,045	0,047	551,38	1,66	0,88	Meso-Eutrófico
Jun	67,40	200	480	2,40	7122	0,00023	10627,63	297,69	559,39	0,002	0,066	0,068	722,68	2,43	1,29	Eutrófico
Jul	89,10	200	480	2,40	5387	0,00017	14049,29	392,23	737,04	0,002	0,066	0,068	955,35	2,44	1,30	Eutrófico
Ago	63,10	200	480	2,40	7607	0,00024	9949,61	278,93	524,15	0,002	0,066	0,068	676,57	2,43	1,29	Eutrófico
Set	77,80	200	480	2,40	6170	0,00020	12267,50	343,02	644,57	0,002	0,071	0,073	895,53	2,61	1,39	Eutrófico
Out	113,40	200	480	2,40	4233	0,00013	17880,91	497,94	935,70	0,002	0,077	0,079	1403,65	2,82	1,50	Eutrófico
Nov	83,9	200	480	2,40	5721	0,00018	13229,4	369,59	694,50	0,002	0,074	0,076	1001,46	2,71	1,44	Eutrófico
Dez	49,10	200	480	2,40	9776	0,00031	7742,09	217,80	409,28	0,002	0,044	0,046	356,14	1,64	0,87	Meso-Eutrófico
MLT	69,20	200	480	2,40	6936	0,00022	10911,46	305,53	574,14	0,002	0,057	0,059	644,41	2,11	1,12	Eutrófico

Cenário D4 - Pós-enchimento do reservatório (Pós-incorporação da fitomassa)

Teórico	Q Média	Área	Volume	z	tw	tw	qs	Lp(PO ₄)	Le(PO ₄)	PO ₄ Veg.	PO ₄ Res	PO ₄ Total	L(PO ₄)	L(PO ₄)/Lp	L(PO ₄)/Le	Estado
Meses	m ³ /s	10 ³ m ²	10 ³ m ³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)	(g/m ² .ano)	(g/m ² .ano)	(g/m ³)	(g/m ³)	(g/m ³)	(g/m ² .ano)	(PO4)	(PO4)	
Jan	49,00	200	480	2,40	9796	0,00031	7726,32	217,37	408,46	0,000	0,044	0,044	339,96	1,56	0,83	Meso-Eutrófico
Fev	67,80	200	480	2,40	7080	0,00022	10690,70	299,43	562,67	0,000	0,044	0,044	470,39	1,57	0,84	Meso-Eutrófico
Mar	48,40	200	480	2,40	9917	0,00031	7631,71	214,75	403,53	0,000	0,053	0,053	404,48	1,88	1,00	Eutrófico
Abr	45,90	200	480	2,40	10458	0,00033	7237,51	203,82	382,99	0,000	0,036	0,036	260,55	1,28	0,68	Mesotrófico
Mai	75,20	200	480	2,40	6383	0,00020	11857,54	331,69	623,28	0,000	0,045	0,045	527,66	1,59	0,85	Meso-Eutrófico
Jun	67,40	200	480	2,40	7122	0,00023	10627,63	297,69	559,39	0,000	0,066	0,066	701,42	2,36	1,25	Eutrófico
Jul	89,10	200	480	2,40	5387	0,00017	14049,29	392,23	737,04	0,000	0,066	0,066	927,25	2,36	1,26	Eutrófico
Ago	63,10	200	480	2,40	7607	0,00024	9949,61	278,93	524,15	0,000	0,066	0,066	656,67	2,35	1,25	Eutrófico
Set	77,80	200	480	2,40	6170	0,00020	12267,50	343,02	644,57	0,000	0,071	0,071	870,99	2,54	1,35	Eutrófico
Out	113,40	200	480	2,40	4233	0,00013	17880,91	497,94	935,70	0,000	0,077	0,077	1367,89	2,75	1,46	Eutrófico
Nov	83,9	200	480	2,40	5721	0,00018	13229,4	369,59	694,50	0,000	0,074	0,074	975,00	2,64	1,40	Eutrófico
Dez	49,10	200	480	2,40	9776	0,00031	7742,09	217,80	409,28	0,000	0,044	0,044	340,65	1,56	0,83	Meso-Eutrófico
MLT	69,20	200	480	2,40	6936	0,00022	10911,46	305,53	574,14	0,000	0,057	0,057	622,59	2,04	1,08	Eutrófico

Cenário D1 - Enchimento reservatório com vegetação 100% (vegetação intacta) - Vazões Mínimas

Teórico	Q Média	Área	Volume	z	tw	tw	qs	Lp(PO ₄)	Le(PO ₄)	PO ₄ Veg.	PO ₄ Res	PO ₄ Total	L(PO ₄)	L(PO ₄)/Lp	L(PO ₄)/Le	Estado
Meses	m³/s	10³ m²	10³ m³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)	(g/m².ano)	(g/m².ano)	(g/m³)	(g/m³)	(g/m³)	(g/m².ano)	(PO4)	(PO4)	
Jan	8,30	200	480	2,40	57831	0,00183	1308,74	38,38	72,12	0,060	0,044	0,104	136,11	3,55	1,89	Eutrófico
Fev	5,90	200	480	2,40	81356	0,00258	930,31	27,63	51,92	0,060	0,044	0,104	96,75	3,50	1,86	Eutrófico
Mar	7,20	200	480	2,40	66667	0,00211	1135,30	33,46	62,88	0,060	0,053	0,113	128,29	3,83	2,04	Eutrófico
Abr	8,10	200	480	2,40	59259	0,00188	1277,21	37,49	70,44	0,060	0,036	0,096	122,61	3,27	1,74	Eutrófico
Mai	4,70	200	480	2,40	102128	0,00324	741,10	22,23	41,77	0,060	0,045	0,105	77,44	3,48	1,85	Eutrófico
Jun	7,00	200	480	2,40	68571	0,00217	1103,76	32,57	61,20	0,060	0,066	0,126	139,07	4,27	2,27	Eutrófico
Jul	8,80	200	480	2,40	54545	0,00173	1387,58	40,61	76,31	0,060	0,066	0,126	174,84	4,31	2,29	Eutrófico
Ago	9,80	200	480	2,40	48980	0,00155	1545,26	45,07	84,68	0,060	0,066	0,126	194,70	4,32	2,30	Eutrófico
Set	8,50	200	480	2,40	56471	0,00179	1340,28	39,27	73,80	0,060	0,071	0,131	175,58	4,47	2,38	Eutrófico
Out	19,10	200	480	2,40	25131	0,00080	3011,69	86,24	162,05	0,060	0,077	0,137	411,10	4,77	2,54	Eutrófico
Nov	19,00	200	480	2,40	25263	0,00080	2995,92	85,80	161,23	0,060	0,074	0,134	400,55	4,67	2,48	Eutrófico
Dez	8,60	200	480	2,40	55814	0,00177	1356,05	39,72	74,63	0,060	0,044	0,104	141,03	3,55	1,89	Eutrófico
Média Mín.	9,58	200	480	2,40	50087	0,00159	1511,10	44,10	82,87	0,060	0,057	0,117	176,89	4,01	2,13	Eutrófico

Cenário D2 - Enchimento reservatório com vegetação 30% (vegetação em 1,82ha intacta) - Vazões Mínimas

COS1	Q Média	Área	Volume	z	tw	tw	qs	Lp(PO ₄)	Le(PO ₄)	PO ₄ Veg.	PO ₄ Res	PO ₄ Total	L(PO ₄)	L(PO ₄)/Lp	L(PO ₄)/Le	Estado
Meses	m³/s	10³ m²	10³ m³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)	(g/m².ano)	(g/m².ano)	(g/m³)	(g/m³)	(g/m³)	(g/m².ano)	(PO4)	(PO4)	
Jan	8,30	200	480	2,40	57831	0,00183	1308,74	38,38	72,12	0,026	0,044	0,070	91,61	2,39	1,27	Eutrófico
Fev	5,90	200	480	2,40	81356	0,00258	930,31	27,63	51,92	0,026	0,044	0,070	65,12	2,36	1,25	Eutrófico
Mar	7,20	200	480	2,40	66667	0,00211	1135,30	33,46	62,88	0,026	0,053	0,079	89,69	2,68	1,43	Eutrófico
Abr	8,10	200	480	2,40	59259	0,00188	1277,21	37,49	70,44	0,026	0,036	0,062	79,19	2,11	1,12	Eutrófico
Mai	4,70	200	480	2,40	102128	0,00324	741,10	22,23	41,77	0,026	0,045	0,071	52,25	2,35	1,25	Eutrófico
Jun	7,00	200	480	2,40	68571	0,00217	1103,76	32,57	61,20	0,026	0,066	0,092	101,55	3,12	1,66	Eutrófico
Jul	8,80	200	480	2,40	54545	0,00173	1387,58	40,61	76,31	0,026	0,066	0,092	127,66	3,14	1,67	Eutrófico
Ago	9,80	200	480	2,40	48980	0,00155	1545,26	45,07	84,68	0,026	0,066	0,092	142,16	3,15	1,68	Eutrófico
Set	8,50	200	480	2,40	56471	0,00179	1340,28	39,27	73,80	0,026	0,071	0,097	130,01	3,31	1,76	Eutrófico
Out	19,10	200	480	2,40	25131	0,00080	3011,69	86,24	162,05	0,026	0,077	0,103	308,70	3,58	1,90	Eutrófico
Nov	19,00	200	480	2,40	25263	0,00080	2995,92	85,80	161,23	0,026	0,074	0,100	298,69	3,48	1,85	Eutrófico
Dez	8,60	200	480	2,40	55814	0,00177	1356,05	39,72	74,63	0,026	0,044	0,070	94,92	2,39	1,27	Eutrófico
Média Mín.	9,58	200	480	2,40	50087	0,00159	1511,10	44,10	82,87	0,026	0,057	0,083	125,51	2,85	1,51	Eutrófico

Cenário D3 - Enchimento reservatório com vegetação 0% (vegetação totalmente retirada) - Vazões Mínimas

Teórico	Q Média	Área	Volume	z	tw	tw	qs	Lp(PO ₄)	Le(PO ₄)	PO ₄ Veg.	PO ₄ Res	PO ₄ Total	L(PO ₄)	L(PO ₄)/Lp	L(PO ₄)/Le	Estado
Meses	m³/s	10³ m²	10³ m³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)	(g/m².ano)	(g/m².ano)	(g/m²)	(g/m²)	(g/m²)	(g/m².ano)	(PO4)	(PO4)	
Jan	8,30	200	480	2,40	57831	0,00183	1308,74	38,38	72,12	0,002	0,044	0,046	60,20	1,57	0,83	Mesotrófico
Fev	5,90	200	480	2,40	81356	0,00258	930,31	27,63	51,92	0,002	0,044	0,046	42,79	1,55	0,82	Mesotrófico
Mar	7,20	200	480	2,40	66667	0,00211	1135,30	33,46	62,88	0,002	0,053	0,055	62,44	1,87	0,99	Mesotrófico
Abr	8,10	200	480	2,40	59259	0,00188	1277,21	37,49	70,44	0,002	0,036	0,038	48,53	1,29	0,69	Mesotrófico
Mai	4,70	200	480	2,40	102128	0,00324	741,10	22,23	41,77	0,002	0,045	0,047	34,46	1,55	0,83	Mesotrófico
Jun	7,00	200	480	2,40	68571	0,00217	1103,76	32,57	61,20	0,002	0,066	0,068	75,06	2,30	1,23	Eutrófico
Jul	8,80	200	480	2,40	54545	0,00173	1387,58	40,61	76,31	0,002	0,066	0,068	94,36	2,32	1,24	Eutrófico
Ago	9,80	200	480	2,40	48980	0,00155	1545,26	45,07	84,68	0,002	0,066	0,068	105,08	2,33	1,24	Eutrófico
Set	8,50	200	480	2,40	56471	0,00179	1340,28	39,27	73,80	0,002	0,071	0,073	97,84	2,49	1,33	Eutrófico
Out	19,10	200	480	2,40	25131	0,00080	3011,69	86,24	162,05	0,002	0,077	0,079	236,42	2,74	1,46	Eutrófico
Nov	19,00	200	480	2,40	25263	0,00080	2995,92	85,80	161,23	0,002	0,074	0,076	226,79	2,64	1,41	Eutrófico
Dez	8,60	200	480	2,40	55814	0,00177	1356,05	39,72	74,63	0,002	0,044	0,046	62,38	1,57	0,84	Mesotrófico
Média Mín.	9,58	200	480	2,40	50087	0,00159	1511,10	44,10	82,87	0,002	0,057	0,059	89,24	2,02	1,08	Eutrófico

Cenário D4 - Pós-enchimento do reservatório (Pós-incorporação da fitomassa) - Vazões Mínimas

C0S2A	Q Média	Área	Volume	z	tw	tw	qs	Lp(PO ₄)	Le(PO ₄)	PO ₄ Veg.	PO ₄ Res	PO ₄ Total	L(PO ₄)	L(PO ₄)/Lp	L(PO ₄)/Le	Estado
Meses	m³/s	10³ m²	10³ m³	(m)	(s)	(anos)	(m/ano)	(g/m².ano)	(g/m².ano)	(g/m²)	(g/m²)	(g/m²)	(g/m².ano)	(PO4)	(PO4)	
Jan	8,30	200	480	2,40	57831	0,00183	1308,74	38,38	72,12	0,000	0,044	0,044	57,58	1,50	0,80	Mesotrófico
Fev	5,90	200	480	2,40	81356	0,00258	930,31	27,63	51,92	0,000	0,044	0,044	40,93	1,48	0,79	Mesotrófico
Mar	7,20	200	480	2,40	66667	0,00211	1135,30	33,46	62,88	0,000	0,053	0,053	60,17	1,80	0,96	Mesotrófico
Abr	8,10	200	480	2,40	59259	0,00188	1277,21	37,49	70,44	0,000	0,036	0,036	45,98	1,23	0,65	Mesotrófico
Mai	4,70	200	480	2,40	102128	0,00324	741,10	22,23	41,77	0,000	0,045	0,045	32,98	1,48	0,79	Mesotrófico
Jun	7,00	200	480	2,40	68571	0,00217	1103,76	32,57	61,20	0,000	0,066	0,066	72,85	2,24	1,19	Eutrófico
Jul	8,80	200	480	2,40	54545	0,00173	1387,58	40,61	76,31	0,000	0,066	0,066	91,58	2,26	1,20	Eutrófico
Ago	9,80	200	480	2,40	48980	0,00155	1545,26	45,07	84,68	0,000	0,066	0,066	101,99	2,26	1,20	Eutrófico
Set	8,50	200	480	2,40	56471	0,00179	1340,28	39,27	73,80	0,000	0,071	0,071	95,16	2,42	1,29	Eutrófico
Out	19,10	200	480	2,40	25131	0,00080	3011,69	86,24	162,05	0,000	0,077	0,077	230,39	2,67	1,42	Eutrófico
Nov	19,00	200	480	2,40	25263	0,00080	2995,92	85,80	161,23	0,000	0,074	0,074	220,80	2,57	1,37	Eutrófico
Dez	8,60	200	480	2,40	55814	0,00177	1356,05	39,72	74,63	0,000	0,044	0,044	59,67	1,50	0,80	Mesotrófico
Média Mín.	9,58	200	480	2,40	50087	0,00159	1511,10	44,10	82,87	0,000	0,057	0,057	86,22	1,96	1,04	Eutrófico

10.2 Planilhas de cálculo modelo das probabilidades – Salas e Martino

D1	L(PO4)	tw	z	P	log P	Ultra Oligo	Oligo	Meso	Eutro	Hiper Eutro
Meses	(g/m ² .ano)	(anos)	(m)	g/m ³	mg/m ³	%	%	%	%	%
Jan	803,54	0,00031	2,40	0,2611	2,42	0	0	0	15	85
Fev	1111,83	0,00022	2,40	0,2832	2,45	0	0	0	13	87
Mar	862,38	0,00031	2,40	0,2829	2,45	0	0	0	13	87
Abr	694,80	0,00033	2,40	0,2371	2,37	0	0	0,5	22,5	77
Mai	1239,11	0,00020	2,40	0,2920	2,47	0	0	0	12	88
Jun	1339,08	0,00023	2,40	0,3426	2,53	0	0	0	7,5	92,5
Jul	1770,21	0,00017	2,40	0,3674	2,57	0	0	0	6,5	93,5
Ago	1253,65	0,00024	2,40	0,3370	2,53	0	0	0	7,5	92,5
Set	1607,04	0,00020	2,40	0,3692	2,57	0	0	0	6,5	93,5
Out	2440,74	0,00013	2,40	0,4227	2,63	0	0	0	4	96
Nov	1768,76	0,00018	2,40	0,3840	2,58	0	0	0	6	94
Dez	805,18	0,00031	2,40	0,2613	2,42	0	0	0	15	85
MLT	1277,28	0,00022	2,40	0,3204	2,51	0	0	0	8,5	91,5

D2	L(PO4)	tw	z	P	log P	Ultra Oligo	Oligo	Meso	Eutro	hiperEutro
Meses	(g/m ² .ano)	(anos)	(m)	g/m ³	mg/m ³	%	%	%	%	%
Jan	540,84	0,00031	2,40	0,1758	2,24	0	0	1,5	39	59,5
Fev	748,35	0,00022	2,40	0,1906	2,28	0	0	1	35	64
Mar	602,91	0,00031	2,40	0,1977	2,30	0	0	0,5	31	68,5
Abr	448,73	0,00033	2,40	0,1531	2,19	0	0	2	47,5	50,5
Mai	835,96	0,00020	2,40	0,1970	2,29	0	0	0,5	33	66,5
Jun	977,74	0,00023	2,40	0,2502	2,40	0	0	0	17	83
Jul	1292,53	0,00017	2,40	0,2682	2,43	0	0	0	14	86
Ago	915,36	0,00024	2,40	0,2461	2,39	0	0	0	19,5	80,5
Set	1189,95	0,00020	2,40	0,2734	2,44	0	0	0	13,5	86,5
Out	1832,79	0,00013	2,40	0,3174	2,50	0	0	0	9,5	90,5
Nov	1318,97	0,00018	2,40	0,2864	2,46	0	0	0	12,5	87,5
Dez	541,95	0,00031	2,40	0,1758	2,25	0	0	1,5	38	60,5
MLT	906,29	0,00022	2,40	0,2273	2,36	0	0	0,5	23	76,5

D3	L(PO4)	tw	z	P	log P	Ultra Oligo	Oligo	Meso	Eutro	hiperEutro
Meses	(g/m ² .ano)	(anos)	(m)	g/m ³	mg/m ³	%	%	%	%	%
Jan	355,41	0,00031	2,40	0,1155	2,06	0	0	6	66,5	27,5
Fev	491,77	0,00022	2,40	0,1253	2,10	0	0	5	60	35
Mar	419,74	0,00031	2,40	0,1377	2,14	0	0	4	54,5	41,5
Abr	275,03	0,00033	2,40	0,0939	1,97	0	0	14	67	19
Mai	551,38	0,00020	2,40	0,1300	2,11	0	0	4,5	59,5	36
Jun	722,68	0,00023	2,40	0,1849	2,27	0	0	1	36,5	62,5
Jul	955,35	0,00017	2,40	0,1983	2,30	0	0	0,5	31	68,5
Ago	676,57	0,00024	2,40	0,1819	2,26	0	0	1	37	62
Set	895,53	0,00020	2,40	0,2057	2,31	0	0	0,5	30	69,5
Out	1403,65	0,00013	2,40	0,2431	2,39	0	0	0	19,5	80,5
Nov	1001,46	0,00018	2,40	0,2174	2,34	0	0	0,5	25	74,5
Dez	356,14	0,00031	2,40	0,1156	2,06	0	0	6	66,5	27,5
MLT	644,41	0,00022	2,40	0,1617	2,21	0	0	2	42	56

D4	L(PO4)	tw	z	P	log P	Ultra Oligo	Oligo	Meso	Eutro	Hiper Eutro
Meses	(g/m ² .ano)	(anos)	(m)	g/m ³	mg/m ³	%	%	%	%	%
Jan	339,96	0,00031	2,40	0,1105	2,04	0	0	7,5	66,5	26
Fev	470,39	0,00022	2,40	0,1198	2,08	0	0	6	62	32
Mar	404,48	0,00031	2,40	0,1327	2,12	0	0	4,5	56	39,5
Abr	260,55	0,00033	2,40	0,0889	1,95	0	0	16,5	66	17,5
Mai	527,66	0,00020	2,40	0,1244	2,09	0	0	5,5	60,5	34
Jun	701,42	0,00023	2,40	0,1795	2,25	0	0	1,5	38	60,5
Jul	927,25	0,00017	2,40	0,1924	2,28	0	0	1	35	64
Ago	656,67	0,00024	2,40	0,1765	2,25	0	0	1,5	38	60,5
Set	870,99	0,00020	2,40	0,2001	2,30	0	0	0,5	31	68,5
Out	1367,89	0,00013	2,40	0,2369	2,37	0	0	0,5	22,5	77
Nov	975,00	0,00018	2,40	0,2117	2,33	0	0	0,5	27	72,5
Dez	340,65	0,00031	2,40	0,1105	2,04	0	0	7,5	66,5	26
MLT	622,59	0,00022	2,40	0,1562	2,19	0	0	2	47,5	50,5

D1mín	L(PO4)	tw	z	P	log P	Ultra Oligo	Oligo	Meso	Eutro	hiperEutro
Meses	(g/m ² .ano)	(anos)	(m)	g/m ³	mg/m ³	%	%	%	%	%
Jan	136,11	0,00183	2,40	0,1675	2,22	0	0	1,5	41	57,5
Fev	96,75	0,00258	2,40	0,1538	2,19	0	0	2	47,5	50,5
Mar	128,29	0,00211	2,40	0,1757	2,24	0	0	1,5	39	59,5
Abr	122,61	0,00188	2,40	0,1537	2,19	0	0	2	47,5	50,5
Mai	77,44	0,00324	2,40	0,1460	2,16	0	0	3,5	50,5	46
Jun	139,07	0,00217	2,40	0,1945	2,29	0	0	0,5	33	66,5
Jul	174,84	0,00173	2,40	0,2059	2,31	0	0	0,5	30	69,5
Ago	194,70	0,00155	2,40	0,2116	2,33	0	0	0,5	27	72,5
Set	175,58	0,00179	2,40	0,2123	2,33	0	0	0,5	27	72,5
Out	411,10	0,0008	2,40	0,2708	2,43	0	0	0	14	86
Nov	400,55	0,0008	2,40	0,2649	2,42	0	0	0	15	85
Dez	141,03	0,00177	2,40	0,1690	2,23	0	0	1,5	40	58,5
Média	176,89	0,00159	2,40	0,1955	2,29	0	0	0,5	33	66,5

D2mín	L(PO4)	tw	z	P	log P	Ultra Oligo	Oligo	Meso	Eutro	hiperEutro
Meses	(g/m ² .ano)	(anos)	(m)	g/m ³	mg/m ³	%	%	%	%	%
Jan	91,61	0,00183	2,40	0,1128	2,05	0	0	7,5	65,5	27
Fev	65,12	0,00258	2,40	0,1035	2,02	0	0	8	69	23
Mar	89,69	0,00211	2,40	0,1228	2,09	0	0	5,5	60,5	34
Abr	79,19	0,00188	2,40	0,0993	2,00	0	0	10	69	21
Mai	52,25	0,00324	2,40	0,0985	1,99	0	0	11	68,5	20,5
Jun	101,55	0,00217	2,40	0,1420	2,15	0	0	3,5	52,5	44
Jul	127,66	0,00173	2,40	0,1504	2,18	0	0	2	48	50
Ago	142,16	0,00155	2,40	0,1545	2,19	0	0	2	47,5	50,5
Set	130,01	0,00179	2,40	0,1572	2,20	0	0	2	46,5	51,5
Out	308,70	0,0008	2,40	0,2034	2,31	0	0	0,5	30	69,5
Nov	298,69	0,0008	2,40	0,1975	2,30	0	0	0,5	31	68,5
Dez	94,92	0,00177	2,40	0,1138	2,06	0	0	6	66,5	27,5
Média	125,51	0,00159	2,40	0,1387	2,14	0	0	4	54,5	41,5

D3mín	L(PO4)	tw	z	P	log P	Ultra Oligo	Oligo	Meso	Eutro	hiperEutro
Meses	(g/m ² .ano)	(anos)	(m)	g/m ³	mg/m ³	%	%	%	%	%
Jan	60,20	0,00183	2,40	0,0741	1,87	0	1,5	31	57,5	10
Fev	42,79	0,00258	2,40	0,0680	1,83	0	2	37,5	52,5	8
Mar	62,44	0,00211	2,40	0,0855	1,93	0	0	18,5	65,5	16
Abr	48,53	0,00188	2,40	0,0608	1,78	0	3	49,5	42,5	5
Mai	34,46	0,00324	2,40	0,0650	1,81	0	2,5	43,5	47	7
Jun	75,06	0,00217	2,40	0,1050	2,02	0	0	8	69	23
Jul	94,36	0,00173	2,40	0,1111	2,05	0	0	7,5	65,5	27
Ago	105,08	0,00155	2,40	0,1142	2,06	0	0	6	66,5	27,5
Set	97,84	0,00179	2,40	0,1183	2,07	0	0	6	64	30
Out	236,42	0,0008	2,40	0,1557	2,19	0	0	2	47,5	50,5
Nov	226,79	0,0008	2,40	0,1500	2,18	0	0	2	48	50
Dez	62,38	0,00177	2,40	0,0748	1,87	0	1,5	31	57,5	10
Média	89,24	0,00159	2,40	0,0986	1,99	0	0	11	68,5	20,5

D4mín	L(PO4)	tw	z	P	log P	Ultra Oligo	Oligo	Meso	Eutro	hiperEutro
Meses	(g/m ² .ano)	(anos)	(m)	g/m ³	mg/m ³	%	%	%	%	%
Jan	57,58	0,00183	2,40	0,0709	1,85	0	1,5	34	55	9,5
Fev	40,93	0,00258	2,40	0,0651	1,81	0	2,5	43,5	47	7
Mar	60,17	0,00211	2,40	0,0824	1,92	0	0,2	21	64,8	14
Abr	45,98	0,00188	2,40	0,0576	1,76	0	3,5	54	37,5	5
Mai	32,98	0,00324	2,40	0,0622	1,79	0	3	48	43,5	5,5
Jun	72,85	0,00217	2,40	0,1019	2,01	0	0	8,5	70	21,5
Jul	91,58	0,00173	2,40	0,1079	2,03	0	0	7,5	69	23,5
Ago	101,99	0,00155	2,40	0,1108	2,04	0	0	7,5	66,5	26
Set	95,16	0,00179	2,40	0,1150	2,06	0	0	6	66,5	27,5
Out	230,39	0,0008	2,40	0,1518	2,18	0	0	2	48	50
Nov	220,80	0,0008	2,40	0,1460	2,16	0	0	3,5	50,5	46
Dez	59,67	0,00177	2,40	0,0715	1,85	0	1,5	34	55	9,5
Média	86,22	0,00159	2,40	0,0953	1,98	0	0	12,5	68	19,5

10.3 Planilhas de cálculo IET – CETESB

D1	P	P	IET	Estado Trófico
Meses	g/m ³	mg/m ³	(PT)	
Jan	0,261	261,13	68,18	Hipereutrófico
Fev	0,283	283,21	68,68	Hipereutrófico
Mar	0,283	282,85	68,67	Hipereutrófico
Abr	0,237	237,13	67,60	Hipereutrófico
Mai	0,292	292,04	68,86	Hipereutrófico
Jun	0,343	342,61	69,83	Hipereutrófico
Jul	0,367	367,38	70,25	Hipereutrófico
Ago	0,337	337,01	69,73	Hipereutrófico
Set	0,369	369,22	70,28	Hipereutrófico
Out	0,423	422,72	71,10	Hipereutrófico
Nov	0,384	384,01	70,52	Hipereutrófico
Dez	0,261	261,26	68,19	Hipereutrófico
MLT	0,320	320,40	69,42	Hipereutrófico

D3	P	P	IET	Estado Trófico
Meses	g/m ³	mg/m ³	(PT)	
Jan	0,115	115,50	63,24	Supereutrófico
Fev	0,125	125,27	63,73	Supereutrófico
Mar	0,138	137,67	64,31	Supereutrófico
Abr	0,094	93,87	61,98	Eutrófico
Mai	0,130	129,95	63,96	Supereutrófico
Jun	0,185	184,90	66,09	Supereutrófico
Jul	0,198	198,27	66,52	Supereutrófico
Ago	0,182	181,88	65,99	Supereutrófico
Set	0,206	205,75	66,74	Supereutrófico
Out	0,243	243,10	67,75	Hipereutrófico
Nov	0,217	217,42	67,07	Hipereutrófico
Dez	0,116	115,56	63,24	Supereutrófico
MLT	0,162	161,65	65,28	Supereutrófico

D2	P	P	IET	Estado Trófico
Meses	g/m ³	mg/m ³	(PT)	
Jan	0,176	175,76	65,79	Supereutrófico
Fev	0,191	190,62	66,28	Supereutrófico
Mar	0,198	197,75	66,50	Supereutrófico
Abr	0,153	153,15	64,95	Supereutrófico
Mai	0,197	197,02	66,48	Supereutrófico
Jun	0,250	250,16	67,92	Hipereutrófico
Jul	0,268	268,24	68,35	Hipereutrófico
Ago	0,246	246,07	67,82	Hipereutrófico
Set	0,273	273,39	68,46	Hipereutrófico
Out	0,317	317,43	69,37	Hipereutrófico
Nov	0,286	286,36	68,74	Hipereutrófico
Dez	0,176	175,85	65,79	Supereutrófico
MLT	0,227	227,34	67,34	Hipereutrófico

D4	P	P	IET	Estado Trófico
Meses	g/m ³	mg/m ³	(PT)	
Jan	0,110	110,48	62,97	Eutrófico
Fev	0,120	119,82	63,46	Supereutrófico
Mar	0,133	132,67	64,08	Supereutrófico
Abr	0,089	88,93	61,66	Eutrófico
Mai	0,124	124,36	63,69	Supereutrófico
Jun	0,179	179,46	65,91	Supereutrófico
Jul	0,192	192,43	66,33	Supereutrófico
Ago	0,177	176,53	65,81	Supereutrófico
Set	0,200	200,11	66,57	Supereutrófico
Out	0,237	236,91	67,59	Hipereutrófico
Nov	0,212	211,68	66,91	Supereutrófico
Dez	0,111	110,53	62,98	Eutrófico
MLT	0,156	156,18	65,07	Supereutrófico

D1mín	P	P	IET	Estado Trófico
Meses	g/m³	mg/m³	(PT)	
Jan	0,168	167,52	65,49	Supereutrófico
Fev	0,154	153,82	64,98	Supereutrófico
Mar	0,176	175,66	65,78	Supereutrófico
Abr	0,154	153,70	64,97	Supereutrófico
Mai	0,146	146,02	64,66	Supereutrófico
Jun	0,194	194,50	66,40	Supereutrófico
Jul	0,206	205,95	66,75	Supereutrófico
Ago	0,212	211,57	66,91	Supereutrófico
Set	0,212	212,27	66,93	Supereutrófico
Out	0,271	270,81	68,41	Hipereutrófico
Nov	0,265	264,90	68,27	Hipereutrófico
Dez	0,169	169,02	65,55	Supereutrófico
Média	0,195	195,46	66,43	Supereutrófico

D3mín	P	P	IET	Estado Trófico
Meses	g/m³	mg/m³	(PT)	
Jan	0,074	74,10	60,55	Eutrófico
Fev	0,068	68,04	60,03	Eutrófico
Mar	0,085	85,50	61,42	Eutrófico
Abr	0,061	60,84	59,36	Eutrófico
Mai	0,065	64,98	59,76	Eutrófico
Jun	0,105	104,97	62,66	Eutrófico
Jul	0,111	111,15	63,01	Supereutrófico
Ago	0,114	114,18	63,17	Supereutrófico
Set	0,118	118,29	63,39	Supereutrófico
Out	0,156	155,74	65,05	Supereutrófico
Nov	0,150	149,99	64,82	Supereutrófico
Dez	0,075	74,76	60,61	Eutrófico
Média	0,099	98,61	62,28	Eutrófico

D2mín	P	P	IET	Estado Trófico
Meses	g/m³	mg/m³	(PT)	
Jan	0,113	112,76	63,10	Supereutrófico
Fev	0,104	103,53	62,58	Eutrófico
Mar	0,123	122,81	63,61	Supereutrófico
Abr	0,099	99,26	62,32	Eutrófico
Mai	0,099	98,51	62,28	Eutrófico
Jun	0,142	142,01	64,49	Supereutrófico
Jul	0,150	150,38	64,84	Supereutrófico
Ago	0,154	154,48	65,00	Supereutrófico
Set	0,157	157,18	65,11	Supereutrófico
Out	0,203	203,35	66,67	Supereutrófico
Nov	0,198	197,54	66,49	Supereutrófico
Dez	0,114	113,76	63,15	Supereutrófico
Média	0,139	138,69	64,35	Supereutrófico

D4mín	P	P	IET	Estado Trófico
Meses	g/m³	mg/m³	(PT)	
Jan	0,071	70,87	60,28	Eutrófico
Fev	0,065	65,08	59,77	Eutrófico
Mar	0,082	82,39	61,19	Eutrófico
Abr	0,058	57,64	59,03	Eutrófico
Mai	0,062	62,18	59,49	Eutrófico
Jun	0,102	101,88	62,48	Eutrófico
Jul	0,108	107,88	62,83	Eutrófico
Ago	0,111	110,82	62,99	Eutrófico
Set	0,115	115,05	63,22	Supereutrófico
Out	0,152	151,77	64,90	Supereutrófico
Nov	0,146	146,02	64,66	Supereutrófico
Dez	0,072	71,51	60,34	Eutrófico
Média	0,095	95,27	62,08	Eutrófico