

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ISABEL RODRIGUES DA ROCHA

AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DA UHE CAÇU (GO)

ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO BATISTA PEREIRA CABRAL

JATAÍ (GO)

2014

ISABEL RODRIGUES DA ROCHA

AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DA UHE CAÇU (GO)

Dissertação de Mestrado em Geografia, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) - Universidade Federal de Goiás (UFG) - Câmpus Jataí (CAJ), sob a orientação do Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral.

JATAÍ (GO)

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

R672	<p>Rocha, Isabel Rodrigues da. Avaliação das águas do reservatório da UHE Caçu (GO) / Isabel Rodrigues da Rocha. – Jataí, GO: UFG, 2014.</p> <p>110f. il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás.</p> <p>1. Recursos hídricos. 2. Parâmetros limnológicos. 3. Reservatório UHE Caçu. I. Título.</p> <p>CDD – 627.8</p>
------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Isabel Rodrigues da Rocha		
E-mail:	Isabel8720@gmail.com		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página?	<input checked="" type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	
Vínculo empregatício do autor	Estudante bolsista		
Agência de fomento:	Conselho de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior	Sigla:	CAPES
País:	Brasil	UF:	GO CNPJ:
Título:	Avaliação das águas do reservatório da UHE Caçu (GO)		
Palavras-chave:	Recursos hídricos. Parâmetros limnológicos. Reservatório UHE Caçu.		
Título em outra língua:	Evaluation of reservoir waters HPP Caçu (GO)		
Palavras-chave em outra língua:	Water resources. Limnological parameters. HPP reservoir Caçu.		
Área de concentração:	Organização do espaço nos domínios do Cerrado brasileiro		
Data defesa:	11/03/2014		
Programa de Pós-Graduação:	Geografia		
Orientador (a):	Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral		
E-mail:	Jbcabral2000@yahoo.com		
Co-orientador (a):*			
E-mail:			

*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

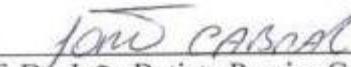
_____ Data: ____ / ____ / ____
Assinatura do (a) autor (a)

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

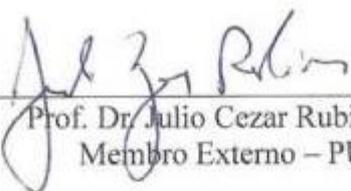
ISABEL RODRIGUES DA ROCHA

**TITULO: AVALIAÇÃO DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DA UHE CAÇU
(GO)**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 11 de março de 2014, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:



Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral
Orientador – UFG/CAJ



Prof. Dr. Julio Cezar Rubin de Rubin
Membro Externo – PUC/GO



Prof. Dr. Hildeu Ferreira da Assunção
Membro Interno – UFG/CAJ

JATAÍ - GOIÁS
Brasil

DEDICATÓRIA

Dedico, ao meu pai Francisco Soares da Rocha (in memoriam), à minha mãe Rosina Rodrigues da Rocha, à meus irmãos Fabiano Rodrigues da Rocha, Maria Lúcia Rodrigues da Rocha e Paulo Rodrigues da Rocha, e ao meu noivo Francis Borges da Silva, pelo amor, apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a “Deus”, por me conceder a existência e forças para vencer mais uma etapa de trabalho e de projeto de vida.

Em memória quero lembrar meu pai, Francisco Soares da Rocha (Falecido), com muito amor contribuiu na minha educação.

Agradeço a minha mãe Rosina Rodrigues da Rocha, que sempre esteve ao meu lado desde o início da minha aprendizagem, ensinamentos, cuidados e, apoiando, em todos os momentos e etapas da minha vida.

Agradeço aos meus irmãos (Fabiano, Maria Lúcia e Paulo, ambos Rodrigues da Rocha) por partilharem comigo, muitos anos de nossas vidas, com muito amor e afeto, me auxiliando diariamente, pois sou a caçula da família.

Agradeço ao professor orientador Dr. João Batista Pereira Cabral, por contribuir com orientações significativas, acadêmicas e também de vida, pois, é um exemplo como profissional.

Muito obrigado ao meu amado e companheiro, Francis Borges da Silva, que faça chuva ou sol, sempre esteve ao meu lado, me conduzindo ao caminho certo.

Digo obrigado ao Departamento do curso de Geografia, do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), a secretária, em nome Kênia Oliveira, que sem sua compreensão em muitos momentos, nem sei como faria...

Agradeço aos meus colegas de laboratório, que de alguma forma foram importantes na minha trajetória no mestrado, Assunção, Celso, Dalila, Edna, Flávio, Hellen, Hudson, Karol, Makele, Pollyana, Rosy, Simone, Susy, Vilson e Vanessa, e nos tornamos mais que uma equipe, um grupo de amigos.

Agradeço aos professores Hildeu Ferreira da Assunção e Iraci Scopel, por participarem da correção na participação da banca de qualificação e contribuírem com o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço a Universidade Federal de Goiás, pelo apoio nos transportes, ao Aureliano (Neto), colaborador nos trabalhos de campo, aos funcionários e a todos que contribuíram de alguma forma com o trabalho.

Agradeço aos órgãos de fomento desta pesquisa CAPES, CNPq, FAPEG, e outros, pois, sem esses financiamentos, não seríamos capazes de conduzir um trabalho desse porte. Em especial a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) que forneceu durante todo o período do mestrado bolsa de estudos.

“Água.

Dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio.

Parece tão simples para algo que é vital.

Mistério e paradoxo da simplicidade e complexidade da vida.

Parece tão simples coletá-la e utilizá-la.

Talvez por isso nem todos ainda se preocupem com ela.

Aos incautos, o descuido com a água poderá comprometer nossa existência.

As ações realizadas atualmente afetam além dos que hoje habitam o planeta, aqueles que virão a habitar. Adquirir conhecimento e sabedoria a respeito de como utilizar a água é, portanto muito importante.”

Masato Kobiyama

“Vista de longe a Terra é pura água;

Mas não é água pura.

Essa é rara e cada vez mais cara.”

Ricardo Arnst

RESUMO:

Nos últimos anos, muitos foram os empreendimentos hidrelétricos instalados em vários rios no Brasil. A produção de energia a partir de reservatórios de usinas hidrelétricas é responsável por mais de 90% da energia consumida, no país, pelos centros urbanos (ANEEL, 2005). Diante disso, no estado de Goiás, entre as cidades de Caçu e Cachoeira Alta, destaca-se o reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Caçu, localizada na bacia hidrográfica do rio Claro, região Sudoeste do estado, como objeto de estudo. Assim, este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade das águas do reservatório da UHE Caçu em dois períodos climáticos distintos do Cerrado brasileiro. Objetivou, ainda, classificar o corpo d'água do reservatório sob o ponto de vista das normas recomendadas na Resolução CONAMA N° 357, de 2005, para algumas características limnológicas físicas e químicas, como: condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH (Potencial Hidrogeniônico), temperatura da água, total de sólidos dissolvidos e turbidez, coletados em quatro campanhas temporais. Os períodos de estudos foram compreendidos entre janeiro de 2012 a julho de 2013, abrangendo os distintos períodos climáticos chuvoso (excedente hídrico) e seco (déficit hídrico) de precipitações, no ambiente do reservatório da UHE Caçu. O uso da terra foi avaliado para conhecer as características físicas e ambientais da bacia da UHE Caçu, através da análise das principais ocupações de vegetação, pastagens, cultura e silvicultura, para os períodos chuvoso e seco de 2013, no intuito de verificar a preservação das matas ciliares. As análises das águas foram avaliadas com a sonda multiparamétrica Oakton Pcd 650 e o turbidímetro. Os mapeamentos e georreferenciamento dos dados foram realizados com apoio dos softwares SPRING 5.1.7 e ArcGIS 10.1, para confecção dos mapas de localização, uso da terra, declividade, geologia, geomorfologia, solos e distribuição das variáveis limnológicas. Os resultados obtidos das análises das águas foram discutidos e comparados com base na Resolução CONAMA N° 357, de 17 de março de 2005, enquadrando nas classes de águas doces. Nesse sentido, os resultados foram avaliados quanto à conformidade aos limites, sendo verificados pontos que se enquadram nas Classes 1, 2 e 3; somente alguns pontos apresentaram na classe 4, considerada mais rigorosa.. As condições atuais de qualidade demonstraram boas análises estatísticas. As correlações mais significativas ocorreram no caso da condutividade elétrica (CE) e total de sólidos dissolvidos (TDS) com $r = 0,96$. Já as melhores correlações se relacionam diretamente com a quantidade de íons dissolvidos e com a temperatura da água.

PALAVRAS - CHAVE: Recursos hídricos. Parâmetros limnológicos. Reservatório UHE Caçu.

ABSTRACT:

In recent years, many hydroelectric developments were installed in several rivers in Brazil. Energy production from reservoirs of hydro power plants are responsible for over 90% of energy consumed in the country, from urban centers (ANEEL, 2005). Thus, in the state of Goiás, between the cities of Caçu and Cachoeira Alta, there is the reservoir of the Hydroelectric Plant (HEP) Caçu, located in the basin of river Claro, Southwest region of the state, as an object of study. This study aimed to analyze the water quality of the reservoir HEP Caçu into two distinct climatic periods of the Brazilian Cerrado. Aimed to further classify the water body of the reservoir from the point of view of recommended by CONAMA Resolution N° 357, 2005, for some physical and chemical limnological characteristics standards, such as electrical conductivity, dissolved oxygen, pH (Potential hydrogenionic), water temperature, total dissolved solids and turbidity, collected at four time campaigns. Study periods were included from January 2012 to July 2013, covering the different climatic periods rainy (excess water) and dry (drought) of precipitation in the reservoir HEP Caçu environment. The land use was evaluated to meet the physical and environmental characteristics of the basin HEP Caçu through the analysis of the main occupations of vegetation, pasture, crop and forestry, for the rainy and dry seasons of 2013, in order to verify the preservation of riparian forests. The water analysis were evaluated with the multiparameter probe and Oakton Pcd 650 turbidimeter. The mapping and georeferencing of the data were carried out with support from software SPRING 5.1.7 and ArcGIS 10.1 for preparation of location maps, land use, slope, geology, geomorphology, soils and distribution of limnological variables. The results of water analysis were discussed and compared based on CONAMA Resolution N° 357, of March 17, 2005, framing classes in freshwaters. In this sense, the results were evaluated for compliance with the limits being scanned points that fall within Classes 1, 2 and 3, only some points presented in class 4, considered more accurate. The current quality conditions showed good statistical analysis. The most significant correlations occurred in the case of electrical conductivity (EC) and total dissolved solids (TDS) with $r = 0.96$. Have the best correlations are directly related to the amount of dissolved ions and the water temperature.

KEY – WORDS: Water resources. Limnological parameters. HEP reservoir Caçu.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplos de classificação de ordens de canais em bacias hidrográficas.	20
Figura 2 – Dinâmica da estratificação e misturas de lagos.....	33
Foto 1 – Paisagem parcial do reservatório e da ocupação da bacia da UHE Caçu.	39
Foto 2 – Decomposição da rocha basáltica pelo processo de intemperismo químico.....	45
Foto 3 – Placa indicativa das empresas envolvidas no reflorestamento das APPs do reservatório da UHE Caçu.....	57
Foto 4 – Áreas previstas para APP, no reservatório da UHE Caçu.....	58
Foto 5 – Áreas de APP, reconstituídas no reservatório da UHE Caçu.....	59
Foto 6 – Paisagem próxima do PA 19, margem direita do reservatório da UHE Caçu.	61
Foto 7 – Paisagem próxima do PA 1, 2 e 3, afluente do reservatório da UHE Caçu.	75
Fotos 8 – Paisagem no PA 29 e 32 com alta Turbidez no reservatório da UHE Caçu.....	77
Fotos 9 – Equipamentos utilizados nas avaliações limnológicas (Multiparâmetro Oakton PCD650 e Turbidímetro HANNA HI88703).	104
Gráfico 1 – Perfil Longitudinal do reservatório da UHE Caçu.	42
Gráfico 2 – Análise temporal da CE das amostragens do reservatório da UHE Caçu.	60
Gráfico 3 - Análise temporal do OD das amostragens do reservatório da UHE Caçu.....	63
Gráfico 4 - Análise temporal do pH das amostragens do reservatório da UHE Caçu.....	67
Gráfico 5 - Análise temporal da T das amostragens do reservatório da UHE Caçu.	71
Gráfico 6 - Análise temporal do TDS das amostragens do reservatório da UHE Caçu.	74
Gráfico 7 - Análise temporal da Turbidez das amostragens do reservatório da UHE Caçu. ...	78
Gráfico 8 – Diagrama de dispersão entre CE e TDS do PC de 2012.	82
Gráfico 9 – Diagrama de dispersão entre CE e TDS do PS de 2013.....	82
Gráfico 10 - Diagrama de dispersão entre CE e pH do PC de 2013.....	83
Gráfico 11 – Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e T do PC de 2012.....	84
Gráfico 12 – Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e TDS do PC de 2012.....	84
Gráficos 13 – Diagrama de dispersão entre as variáveis T e Turbidez do PC de 2012.....	85
Gráfico 14 - Diagrama de dispersão entre as variáveis T e Turbidez do PS de 2012.	85
Gráfico 15 - Diagrama de dispersão entre as variáveis T e TDS do PC de 2012.....	85

Mapa 1 – Localização da área da bacia hidrográfica da UHE Caçu.	38
Mapa 2 – Geologia da bacia da UHE Caçu.	44
Mapa 3 - Solos da bacia da UHE Caçu.	46
Mapa 4 – Geomorfologia da bacia da UHE Caçu.	48
Mapa 5 – Declividade da bacia da UHE Caçu.	49
Mapa 6 – Pontos de coleta de dados espacializados no reservatório da UHE Caçu.	41
Mapa 7 - Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica da UHE Caçu, PC.	56
Mapa 8 – Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica da UHE Caçu, PS.	56
Mapa 9 – Mapas temáticos dos valores de CE do reservatório da UHE Caçu.....	62
Mapas 10 – Mapas temáticos dos valores de OD do reservatório da UHE Caçu.....	65
Mapas 11 – Mapas temáticos dos valores de pH do reservatório da UHE Caçu.	69
Mapas 12 – Mapas temáticos dos valores de T do reservatório da UHE Caçu.....	72
Mapas 13 – Mapas temáticos dos valores de TDS do reservatório da UHE Caçu.....	76
Mapas 14 – Mapas temáticos dos valores de Turbidez do reservatório da UHE Caçu.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das águas doces, segundo seu destino de uso, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.	25
Tabela 2 – Padrões de qualidade das classes 1, 2, 3 e 4 de águas doces, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.	26
Tabela 3 – Coeficiente de correlação linear e os intervalos de correlação.....	36
Tabela 4 – Análise descritiva da profundidade dos pontos de amostragens	42
Tabela 5 – Parâmetros limnológicos indicativos de qualidade da água.	51
Tabela 6 – Informações espectrais e espaciais do satélite ResourceSat-1.....	53
Tabela 7–Relação das imagens utilizadas nos mapeamentos.....	54
Tabela 8 – Valores de CE dos períodos das amostragens e estatística descritiva.	60
Tabela 9 – Valores de OD dos períodos das amostragens e estatística descritiva.	63
Tabela 10 – Valores de pH dos períodos das amostragens e estatística descritiva.	67
Tabela 11 – Valores de T dos períodos das amostragens e estatística descritiva.....	70
Tabela 12 – Valores de TDS dos períodos das amostragens e estatística descritiva.....	74
Tabela 13 – Valores de Turbidez dos períodos das amostragens e estatística descritiva.....	78
Tabela 14 - Matriz das correlações e intervalos para os PC (Janeiro) e PS (Julho).	81
Tabela 15 – Valores de CE dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.....	105
Tabela 16 – Valores de OD dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.....	106
Tabela 17 – Valores de pH dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.....	107
Tabela 18 – Valores de T dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.	108
Tabela 19 – Valores de TDS dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.	109
Tabela 20 – Valores de Turbidez dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APHA	American Public Health Association
CAJ	Câmpus Jataí
CE	Condutividade elétrica da água
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de pesquisa e Recursos Minerais
CV	Coefficiente de variação
DP	Desvio-Padrão
EIBH	Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas do Sudoeste Goiano
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GO	Goiás
GPS	Sistema de Posicionamento Global
FrN	Fraca Negativa
FrP	Fraca Positiva
FtN	Forte Negativa
FtP	Forte Positiva
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IET	Índice de Estado Trófico
IQA	Índice de Qualidade das Águas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IN	Ínfima Negativa
IP	Ínfima Positiva
LGA	Laboratório de Geociências Aplicadas
LISS	Linear Imaging Self-Scanner
m	Metros
mg/L	Miligrama por Litro
MN	Moderada Negativa
MNT	Modelo Numérico do Terreno
MP	Moderada positiva
NA	Nível da água

NL	Nula
NSF	National Sanitation Foundation
NTU	Nephelometric Turbidity Units
OD	Oxigênio Dissolvido
PA	Pontos de Amostragens
PC	Período Chuvoso
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
pH	Potencial Hidrogeniônico
PN	Perfeita Negativa
PP	Perfeita Positiva
PS	Período Seco
r^2	Coefficiente de determinação
r	Coefficiente
SIC	Superintendência de Geologia e Mineração
SIEG	Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
T	Temperatura
TDS	Total de Sólidos Dissolvido
TUR	Turbidez
UFG	Universidade Federal de Goiás
UHE	Usina Hidrelétrica
UTM	Universal Transversa de Mercator
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
>	Maior
<	Menor
°C	Grau Celsius
$\mu\text{S/cm}$	Microsiemens por Centímetro
μm	Micrômetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Bacias Hidrográficas	19
2.2 Estudo Limnológico.....	22
2.3 Qualidade da água.....	23
2.4 Variáveis Limnológicas	28
2.4.1 Condutividade elétrica (CE)	28
2.4.2 Oxigênio dissolvido (OD)	29
2.4.3 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	30
2.4.4 Temperatura da água	31
2.4.5 Total de Sólidos dissolvidos (TDS).....	33
2.4.6 Turbidez (TUR)	34
2.5 Análises Estatísticas.....	35
2.5.1 Correlação, dispersão e regressão.....	35
2.5.2 Mínimo, Máximo e Média.....	36
2.5.3 Desvio-Padrão e Coeficiente de Variação	36
3. MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1 Localização da área de estudo	38
3.2 Pontos de amostragens	39
3.3 Caracterização fisiográfica da área da UHE Caçu.....	43
3.3.1 Geologia	43
3.3.2 Solos	46
3.3.3 Geomorfologia.....	47
3.3.4 Declividade	48
3.3.5 Clima	49
3.4 Procedimentos metodológicos.....	51
3.5 Variáveis limnológicas.....	51
3.6 Análises em Campo	51
3.7 Processamento Cartográfico.....	52
3.7.1 Mapa de declividade.....	52
3.7.2 Mapa de uso da terra.....	53

3.7.3	Mapa das variáveis limnológicas.....	54
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	Análise do Uso da Terra e Cobertura Vegetal	55
4.2	Análise temporal e espacial das Variáveis Limnológicas.....	59
4.2.1	Condutividade Elétrica (CE)	59
4.2.2	Oxigênio Dissolvido (OD)	63
4.2.3	Potencial Hidrogênionico (pH).....	66
4.2.4	Temperatura da Água (T)	70
4.2.5	Total de Sólidos Dissolvidos (TDS).....	73
4.2.6	Turbidez (TUR)	77
4.3	Análises estatísticas: correlação e regressão	80
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
6.	REFERÊNCIAS	89
7.	APÊNDICES	96
7.1	Apêndice A – Localização dos pontos de amostragens e horário de coleta de dados.....	96
7.2	Apêndice B – Registros fotográficos dos pontos de amostragens.....	97
7.3	Apêndice C – Equipamentos e materiais utilizados nas amostragens.	104
7.4	Apêndice D – Tabelas de dados das variáveis limnológicas dos PA.	105

1. INTRODUÇÃO

Os rios são submetidos permanentemente aos impactos das atividades humanas, que tem vários níveis de magnitude desde, a construção de canais, desmatamento das matas de galerias, de APP (Área de Preservação Permanente) até a descarga de metais pesados, herbicidas, e um grande número de substâncias orgânicas que se dissolvem na água. A utilização da água nas atividades antrópicas a tem deixado vulnerável a agressões, de poluição, assoreamento, entre outros impactos (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008).

Os estudos sobre as bacias hidrográficas e seus aspectos físicos, de manejo correto do solo e da água, são uma forma de interligação natural de unidades de planejamento e gerenciamento desses recursos, a fim de minimizar os impactos ambientais causados pela exploração da água e do solo.

Nos estados do Brasil Central, englobando Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e até no Amazonas, são encontradas formações vegetais do “Bioma Cerrado”, que estão incluídos em suas fitofisionomias. Esse bioma tem sido alvo da instalação de empreendimentos hidroelétricos, sofrendo alterações antrópicas, e a exploração desse recurso tem deixado muitas consequências, como assoreamentos de leitos, desgaste e erosões dos solos.

Para Ab’Saber (1977) o Cerrado brasileiro é um bioma frágil que mal resiste, aos violentos artifícios tecnológicos inventados pelos homens. Suas fitofisionomias podem passar de simples formações vegetais de estratos mais baixos, pois, são formações com fitofisionomias diferentes entre florestais com predominância de espécies arbóreas a campestres, precisamente formada por gramíneas.

De acordo com Cabral et al. (2013), o modelo agropastoril e o processo de expansão das fronteiras agrícolas implantados a partir de 1970, e atualmente as atividades sucroenergéticas, tem contribuído significativamente para a redução do bioma Cerrado, devido à retirada da cobertura vegetal original e sua substituição por extensos campos de pastagem, áreas de agricultura e plantio de cana de açúcar.

Nos últimos anos grandes empreendimentos hidroelétricos têm sido instalados em vários rios no Brasil. Sobretudo pela extensa área territorial compreendendo grandes bacias hidrográficas, como do rio Paraná, rio São Francisco e Amazonas (TUNDISI; MATSUMURA TUNDISI, 2008).

No Brasil a produção de energia a partir de reservatórios de usinas hidroelétricas é responsável por mais de 90% da energia consumida no país (ANEEL, 2005). Destacam-se nesse contexto grandes usinas como Balbina (AM), Sobradinho (BA), Corumbá (GO), Serra da Mesa (GO), Itaipu Binacional (PR), Ilha Solteira (SP), etc. As usinas são construídas para diversos usos, como geração de energia, abastecimento, equilíbrio de outros reservatórios e seu gerenciamento devem incorporar além dos usos, custos e impactos, diretos e indiretos sobre o ambiente.

Com os novos empreendimentos hidroelétricos instalados em vários rios do Brasil, muito se tem estudado sobre seus impactos no meio ambiente, devido à grande importância para o planejamento do uso adequado da água. Pois, os recursos hídricos referentes à água são um bem econômico valioso para o país (REBOUÇAS, 2006).

No estado de Goiás, entre as cidades de Caçu e Cachoeira Alta, destaca-se como objeto de estudo o reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Caçu, localizada na bacia hidrográfica do rio Claro, região Sudoeste do estado, considerada bacia de porte médio, com cerca de 13.400 km² (MORAGAS, 2005).

Diante disso, a bacia hidrográfica do rio Claro deságua no rio Paranaíba, uma das bacias afluentes de recarga do rio Paraná. O rio Claro é importante na sua região, pois, além do seu potencial hidroelétrico, é um rio que fornece água para as cidades, indústrias e lavouras. Nesta bacia foram instalados vários reservatórios importantes. Três desses reservatórios situam-se na região do baixo rio Claro, que são as UHEs Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do Rio Claro, considerados de médio porte, e outras de pequeno porte como a PCH (Pequenas Centrais Hidrelétricas) Jataí e Irara instalados na região do médio rio Claro (NOVELIS, 2005; ROCHA, 2012). Além dos empreendimentos já instalados, estão previstos para o futuro, a construção de empreendimentos de médio porte como a UHE Ari Franco e Itaguaçu (EIBH, 2005).

De acordo com os trabalhos apresentados por Cabral et al. (2013), Rocha et al. (2010), a bacia do rio Claro apresenta problemas ambientais devido à eliminação da cobertura vegetal de cerrado, aos impactos causados pelo uso extensivo e intensivo do solo para a prática de pecuária, produção agrícola e de cana de açúcar, alterando o regime ambiental da bacia.

A bacia encontra-se inserida em extensas áreas de pastagens, e segundo Rocha (2012) e Braga (2012) as bacias das UHEs Caçu e Barra dos Coqueiros, sofrem com elevado grau de antropização, pela alteração do uso da terra no local que foi capaz de proporcionar a degradação e compactação do solo, acentuando o escoamento superficial, condição que leva a intensificação dos processos erosivos e carreamento de nutrientes para os reservatórios.

A utilização dos solos na bacia em pesquisa está sendo explorado por atividades agrícola e pastoril. Mas, a atividade pastoril destinada à pecuária leiteira, tem sido a mais explorada. Tais atividades contribuem com significativas alterações ao meio ambiente.

Os estudos que observam o uso e cobertura do solo tornam o, um fator importante para a análise da qualidade da água de um reservatório. Pois, os produtos agroquímicos utilizados na agricultura, como os pesticidas e fertilizantes, podem escoar para o interior do corpo d'água, causando alteração na qualidade da água.

Considerando o tipo de uso da bacia, há uma grande possibilidade dos agroquímicos alcançarem o sistema aquático do rio Claro, uma vez que a região em que está inserida a UHE Caçu, abaixo ou acima do reservatório, é altamente produtora de grãos, em especial o milho e a soja, começando a se destacar na atividade canavieira, incentivada pelo governo nos programas de biodiesel.

Portanto, a presente pesquisa teve por objetivo, analisar a qualidade das águas em épocas sazonais típicas do cerrado brasileiro, no reservatório da Usina Hidrelétrica Caçu em Goiás. Com base nas características físicas e químicas, visando à obtenção de dados para aproveitamento múltiplo e racional do reservatório. Seguidas das seguintes investigações:

- Analisar espacialmente e temporalmente os dados limnológicos de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH (Potencial Hidrogeniônico), temperatura da água, total de sólidos dissolvidos e turbidez, coletados em quatro campanhas entre os anos de 2012 e 2013;
- Classificar os corpos d'água de acordo com a resolução CONAMA N° 357/2005.
- Analisar estatisticamente os dados, aplicando análises de desvio-padrão, coeficiente de variação, correlação e regressão.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Bacias Hidrográficas

As bacias hidrográficas fazem parte do ambiente terrestre e significam muito nos estudos da Geomorfologia Fluvial, que envolvem os recursos hídricos de modo geral, principalmente pelas suas características que condicionam o regime hidrológico, o escoamento superficial das águas e outros (CHRISTOFOLETTI, 1980; TUCCI, 2001).

A bacia hidrográfica possui muitas definições, dadas por diversos autores. Porém, ela nada mais é que um rio principal com seus afluentes. Para Tucci (2001), a bacia hidrográfica é uma área da superfície terrestre que drena água, transporta sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, onde é a vazão do canal fluvial. Segundo Guerra e Teixeira Guerra (2009, p.214), a definição clássica é que “é um conjunto de terras drenado por um rio principal e seus afluentes”.

Contudo, no conjunto de bacia hidrografia constituem além dos cursos d'água, divisores topográficos, tipos de redes de drenagens, mas, independentes dessas definições, terá sempre a mesma aparência e gênese.

Conforme Tucci (2005), o escoamento superficial é resultado da água precipitada que não foi interceptada pela cobertura vegetal, escoando através dos caminhos de maior declividade, até encontrar a rede drenagem. Nos locais onde há atividades agrárias, sobretudo os processos de erosão podem se intensificar. Pois, reduz a infiltração pela falta de cobertura vegetal, assim, o ambiente fica exposto às erosões superficiais que futuramente pode acelerar o processo erosivo de pequeno a médio porte.

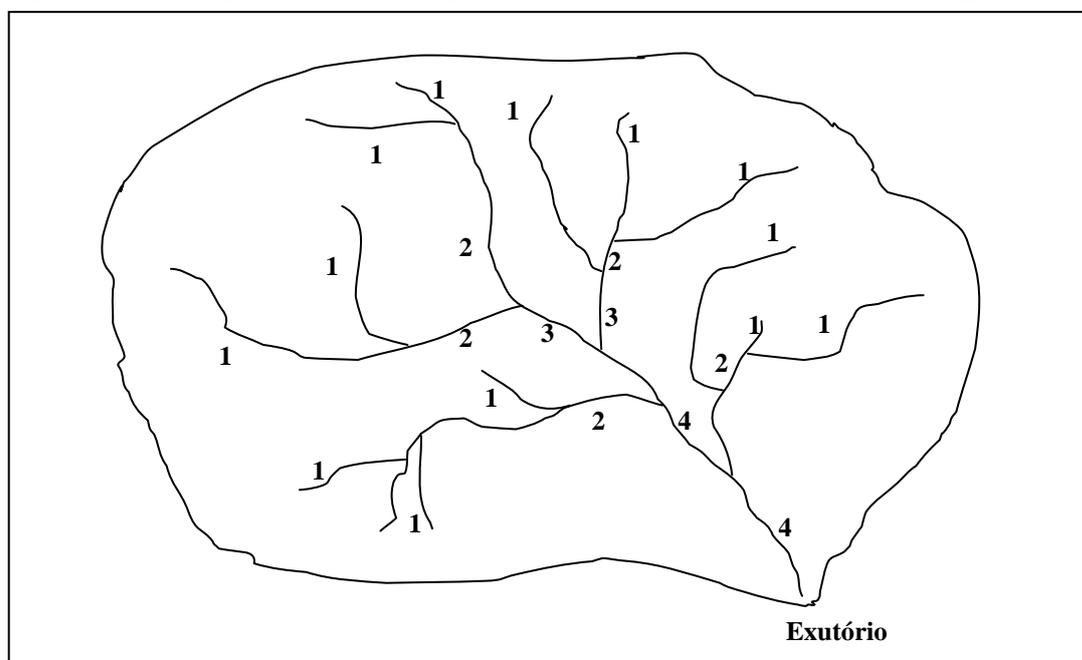
As erosões podem ser ocasionadas no sistema fluvial, como a erosão das margens dos rios, influenciada por fatores como o da vazão, natureza do leito, do relevo, e outras variáveis, provocando o transporte e deposição de sedimentos (BIGARELLA, 2003; SUGUIO; BIGARELLA, 1990; CHRISTOFOLETTI, 1981 e 1980).

Segundo Ab' Saber (1977), a rede hidrográfica encontra-se distribuída por diversos padrões de drenagens, que são importantes para identificar a evolução regional dos rios. Os setores dos rios, que provocam a modelagem do canal fluvial e variam no seu período de curso, conforme o padrão geométrico de cada setor do canal, podem ser: drenagem retilínea, drenagem anastomosada e drenagem meândrica, responsáveis por modelar os rios.

Além dos tipos de canais fluviais, podem ser realizados estudos mais aprofundados, como aqueles que discorrem sobre a hierarquia desses canais. Para Von Sperling (1996), Guerra e Teixeira Guerra (2009), os cursos podem ser principais, secundários, terciários, de primeira, segunda e terceira ordem.

A Figura 1 propõe o método de Horton, modificado por Strahler, de delimitação de uma bacia hidrográfica. Assim, as classificações de canais de primeira ordem, unidos, tornam-se de segunda ordem, e dois de segunda ordem, ao se juntarem, tornam-se de terceira ordem, e assim sucessivamente (VON SPERLING 1996, GUERRA; TEIXEIRA GUERRA, 2009; TUNDISI; MATSSAMURA TUNDISI, 2008).

Figura 1 – Exemplos de classificação de ordens de canais em bacias hidrográficas.



Fonte: Baseado em Von Sperling (2007).

No cerrado apresentam-se redes de drenagens do padrão dendríticos, com formato de engalhamento, entre outros. Esse padrão é definido pela latitude, declividade, tipo de relevo e solos (TUNDISI; MATSSAMURA-TUNDISI, 2008; GUERRA, 1982).

Von Sperling (2007, p. 60), ainda considera,

uma bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, age como reservatório de água e sedimentos, definindo-os como uma sessão fluvial única, denominada exutório. Os divisores topográficos ou divisores de água são as cristas das elevações do terreno que separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes.

Quando esses volumes são medidos, é estimada a vazão ou descarga da bacia (TUCCI, 2005).

Todavia, a bacia hidrográfica representa um complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas. E, especificamente, na qualidade e quantidade da água no território da bacia, não é possível planejar e gerenciar seu uso, sem aparato das legislações. Mas, as legislações nem sempre, garante que seja executado, conforme os projetos, tanto pelos comitês, consórcios, conselhos e outros fóruns que regem as discussões e decisões (MORAGAS, 2005).

Em relação às legislações que visam determinar a qualidade de água em padrões de usos múltiplos de bacias hidrográficas, foram criadas duas leis importantes: a Lei nº 9.433/97 (Lei das Águas) e a Lei nº 9.344/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Essas leis têm por objetivo oferecer ao país um instrumento para se enfrentar o desafio sobre a demanda crescente de água em face ao crescimento urbano, industrial e agrícola.

No âmbito nacional, o SINGREH tem como função administrar os conflitos de usos gerados pela disponibilidade e demanda de água, bem como o preocupante avanço da degradação ambiental dos rios e lagos, dentre outros aspectos que são considerados na Lei das Águas, incorporando modernos instrumentos para o gerenciamento de recursos hídricos (BRAGA et al., 2006).

No Centro-Oeste, os órgãos estaduais que têm poder regulador dos recursos hídricos encontram-se inseridos aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), de âmbito ambiental. Em Goiás, é regido pela Secretaria de Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos e da Habitação (SEMARH) (BRAGA et al., 2006).

Por fim, no planejamento ambiental, para o uso consciente dos recursos naturais nas bacias hidrográficas, deve envolver aspectos que contemplem uma gestão adequada, de forma que, quando realizada qualquer intervenção, essa ocorra com o mínimo de dano ao meio ambiente. Os conhecimentos sobre as técnicas de manejo correto do solo e da legislação ambiental devem ser utilizadas para prever possíveis impactos antrópicos sobre a natureza (TUCCI, 2005).

2.2 Estudo Limnológico

Tundisi e Matssamura Tundisi (2008), Esteves (1998) e Kleerekoper (1990), no que tange ao estudo limnológico referente aos lagos, consideram lagos de águas doces e salgadas no interior dos continentes, rios, estuários, represas, áreas alagadas, pântanos, sendo determinados por suas interações físicas, químicas e biológicas nesses ecossistemas.

A limnologia ganha importância, principalmente, como ciência do ponto de vista aplicado, após constantes degradações ambientais terem tido enfoques em pesquisas com base em estudos sobre disposição de dejetos de resíduos, por desmatamentos de bacias hidrográficas, poluição do ar e chuva ácida, causando problemas de deterioração das águas interiores, como a eutrofização desse ambiente (TUNDISI; MATSSAMURA TUNDISI, 2008).

Uma ideia que se perpetuou por muitos séculos foi sobre a disposição dos dejetos e resíduos domésticos e industriais dispersos nos corpos d'água, pois se entendia que os poluentes neles despejados eram diluídos pela capacidade da água em dissolver esses resíduos. Sobretudo a partir dos anos 70, a degradação dos ambientes aquáticos passou a preocupar os estudiosos, que combateram com mais intensidade essa primitiva ideia (ESTEVES, 1998).

Segundo Tundisi e Matssamura Tundisi (2008, p. 22), “a história da limnologia mostra uma constante evolução técnica e teórica nos últimos 120 anos”. Segundo estudos de Forel (1901) sobre o lago Lemán, surgiu muito interesse científico pelos trabalhos de pesquisa em limnologia, englobando física, química e biologia de lagos.

Desse modo, Kleerekoper (1990, p. 12) cita importantes contribuições e descobertas biológicas e hidrográficas, segundo estudos que deram a base da limnologia.

A descoberta do microscópio e os estudos intensivos dos microorganismos, a descoberta do plâncton, a descoberta da estratificação térmica, etc. Todas são contribuições básicas, que constituíram os núcleos em torno dos quais a limnologia foi se desenvolvendo.

A definição da limnologia como parte distinta da ecologia foi encontrada, pela primeira vez, nos estudos de Forel (1901). A limnologia, portanto, passa a existir como matéria nova, da qual muitos cientistas se dedicaram e dedicam, como Zacharias, Zschokke, Sir J Murray, Hensen, Apstein, Wesenberg-Lund, Woltereck, Birge e Juday, Ruttner, Naumann, Thienemann e muitos outros que realizaram estudos importantes, ligados à limnologia e que ainda são referências em pesquisas atuais (KLEEREKOPER, 1990).

De acordo com Esteves (1998, p. 30), “Hermann Kleerekoper, limnólogo holandês, viveu vários anos no Brasil, realizando pesquisas em vários tipos de ecossistemas aquáticos continentais”. Em 1944, escreveu o primeiro livro sobre limnologia em português. As primeiras pesquisas realizadas por Kleerekoper ocorreram na represa de Santo Amaro, hoje represa de Guarapiranga, região sul metropolitana de São Paulo.

Em relação a processos ecossistêmicos, muito conhecimento foi obtido a partir de estudos de limnologia em rios, várzeas, áreas alagadas e represas, nas interações entre ambientes terrestre e aquático (MARGALEF, 1986).

Além dos problemas naturais, as alterações no meio por atividades antrópicas de exploração dos ambientes aquáticos, com superexploração de plantas e animais aquáticos, e introdução de espécies exóticas, tem deixado-o vulnerável (MARGALEF, 1986; TUNDISI; MATSSAMURA TUNDISI, 2008).

Ao longo do tempo, os estudos limnológicos tiveram sua parcela no desenvolvimento das ciências, dos grupos e instituições de pesquisas com foco nas águas e nos ecossistemas componentes desses ciclos e fluxos de energia na natureza, abordando de forma sistêmica e fazendo sínteses de trabalhos laboratoriais e de campo, sendo parte da avaliação de todo o sistema (ESTEVES, 1998; TUNDISI; MATSSAMURA TUNDISI, 2008).

2.3 Qualidade da água

A respeito de diversos usos dos recursos naturais, talvez o da água seja o mais utilizado para inúmeras finalidades pela humanidade (CARVALHO, 2008). No Brasil e no mundo, a distribuição das águas é irregular, existindo regiões com abundância e outras com escassez de água, sendo que seu uso está diretamente ligado às reservas com disponibilidade líquida, pelas reservas continentais de lagos, rios, represas e águas subterrâneas (TUNDISI; MATSSAMURA TUNDISI, 2008).

Atualmente, a água é compreendida como fonte de valor econômico, essencial para a sobrevivência e desenvolvimento da sociedade, visto que as sociedades modernas continuam a se desenvolver, formando grandes centros urbanos e deixando de lado a preocupação em não contaminar o meio ambiente.

O abastecimento de água e seus diversos usos, como nas práticas agrícolas, são os que mais contribuem para sua escassez e contaminação (KOBAYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008). Segundo Carvalho (2008), não há como pensar em desenvolvimento sustentável sem

pensar em água; porém, ele jamais será atingido sem quantidade suficiente e qualidade adequada.

Segundo Branco e Rocha (1977), o termo qualidade da água pode ser empregado de vários sentidos, mas, alguns principais podem ser propriedade ou característica; mérito, grau ou valor. No exemplo, “a água é líquida”, refere-se a sua propriedade ou característica em qualquer finalidade, mas, se a água é de má ou boa qualidade, refere-se ao seu mérito ou valor.

Conforme Carvalho (2008), a qualidade da água é afetada por fatores climáticos (vento, insolação, precipitação, temperatura) e de origem do manancial (rios, lagos ou águas subterrâneas), pelas características dos mananciais (solo, vegetação de borda, tamanho e forma, espécies de seres vivos presentes) e fatores antrópicos (atividades variadas, que poluem o ar, a água e o solo).

Para Kobiyama, Mota e Corseuil, (2008) os fatores antrópicos são os problemas mais preocupantes, e podem se intensificar com o crescimento populacional e avanço da tecnologia.

Conseqüentemente a construção de uma usina hidrelétrica exige uma destruição significativa do meio ambiente, causando um grande desequilíbrio ambiental, sendo os recursos hídricos os mais prejudicados, pois sofrem mudanças nos seus ecossistemas transformando rios em lagos, comprometendo a qualidade de suas águas (KOBİYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008, p. 11).

Os usos possíveis que afetam a qualidade dos corpos d'água, podem ser citados por Von Sperling (1996), Esteves (1998) e Carvalho (2008), como uso doméstico, o uso pastoril, para recreação, criação de peixes, irrigação agrícola, usos em processos industriais, etc.

A qualidade da água pode ser avaliada, mensurada e quantificada, com registros de dados que possuem normas para adequação ao abastecimento da água ao ser humano. Por isso, Branco e Rocha (1977, p. 105), salienta que, “a qualidade da água precisa ser avaliada, controlada e padronizada para conter o que for de estranho a sua natureza”.

A Resolução CONAMA nº 357, de 2005, foi criada para satisfazer e normalizar os padrões adequados à potabilidade das águas, que podem ser utilizadas para o abastecimento público, desde que passem por tratamento, após simples desinfecção, remoção ou inativação de organismos potencialmente patogênicos, além de apresentar condições de qualidade de corpos d'água, num determinado momento, em termos dos usos aceitáveis, com segurança adequada, frente às classes de qualidade. Atualmente, a resolução considera 13 classes de qualidade de águas, sendo 5 para águas doces, 4 para águas salobras e 4 para águas salinas,

englobando as classes especiais. A Tabela 1 classifica as classes das águas doces e o destino de seu uso.

Tabela 1 – Classificação das águas doces, segundo seu destino de uso, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

CLASSIFICAÇÃO/CONDIÇÕES DAS ÁGUAS DOCES				
CLASSE ESPECIAL	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3	CLASSE 4
a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e, c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N. 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e, e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA N. 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e, e) à aquicultura e à atividade de pesca.	a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à pesca amadora; d) à recreação de contato secundário; e, e) à dessedentação de animais.	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA N. 357/05.

A classe especial é importante para manter o equilíbrio aquático em unidades de conservação e proteção integral, livres de lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados, devendo manter em condições naturais dos corpos d'água. Nas demais classes de água, 1, 2, 3 e 4 o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente obedecer aos padrões contidos na Resolução CONAMA 357/05, qual considera águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; e são as classes que se encaixam nas análises de parâmetros limnológicos destinados as águas de corpos receptores como lagos e rios (CONAMA, 2005).

A Tabela 2 apresenta as classes, 1, 2, 3 e 4 de padrão de qualidade da seção de águas doces, presente na Resolução CONAMA nº 357/05, conforme abordagem. Os padrões de qualidade das águas, determinados nesta Resolução, estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe. Nessa abordagem, são apresentados somente os parâmetros considerados no presente trabalho.

Tabela 2 – Padrões de qualidade das classes 1, 2, 3 e 4 de águas doces, segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

Parâmetros	Valor Máximo Classe 1	Valor Máximo Classe 2	Valor Máximo Classe 3	Valor Máximo Classe 4
Condutividade elétrica – CE	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão
Oxigênio Dissolvido – OD	Não inferior a 6 mg/l	Não inferior a 5 mg/l	Não inferior a 4 mg/l	Não inferior a 2 mg/l
pH (Potencial Hidrogeniônico)	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Temperatura da água	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão
Total de sólidos dissolvidos – TDS	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l	500 mg/l
Turbidez	Até 40 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT

Fonte: Adaptado de CONAMA 357/05.

Além da Resolução CONAMA nº357 (2005), que considera padrão de qualidade dos corpos d'água, outros órgãos e resoluções referenciam padrões de qualidade da água, como a Portaria nº518 (2004), do Ministério do Meio Ambiente para padrão de potabilidade da água ao abastecimento público.

Von Sperling (2007) expõe que a qualidade da água pode ser representada por diversos parâmetros, que traduzem suas características, mas que, sucintamente, os resultados apresentam causas naturais ou antropogênicas (causadas pelo homem). Por isso, é importante ter uma visão integrada no momento da análise dos parâmetros, sem separar as características naturais e os efeitos dos lançamentos de resíduos de origens antropogênicas.

Segundo Odum (2001), há um processo de poluição das águas conhecido como eutrofização, que pode ser natural ou artificial. Para Odum (2001) e Esteves (1998), na eutrofização natural, o processo de acúmulo de nutrientes é lento e contínuo, principalmente pela entrada de folhas, galhos, animais, etc, no ambiente aquático. Na eutrofização artificial, a atividade antrópica ocasiona aporte de nutrientes com os despejos de esgotos domésticos e industriais, além do escoamento superficial que arrasta materiais de áreas agrícolas e urbanas.

Branco e Rocha (1977) afirmam que na eutrofização natural o processo ocorre pelo envelhecimento do corpo d'água através dos períodos de existência dos mananciais.

Esteves (1998) enfoca que o processo de eutrofização que ocorre em curtos períodos de tempo, principalmente pela contribuição da eutrofização artificial, altera a dinâmica do metabolismo dos corpos d'água e é um problema ambiental considerado perigoso.

A CETESB (2003) utiliza um método de classificação de variáveis de qualidade da água, que aponta avaliação do estado trófico das águas de reservatórios e rios. Essa avaliação é o Índice de Estado Trófico (IET), proposto para classificar diferentes graus de trofia, que é o efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas e o aumento de macrófitas aquáticas.

A importância de aplicar o IET funda-se na razão de este apresentar resultados dos efeitos de degradação, importantes para medir a eutrofização. Os critérios aplicados no IET permitem agrupar os lagos e rios em algumas categorias de estado trófico: o oligotrófico, o mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico (VON SPERLING, 2007; TUNDISI; MATSSAMURA TUNDISI, 2008).

O IET sofreu, ao longo do tempo, consideráveis adaptações, mas, sendo calculado sempre em função dos valores de fósforo total, clorofila a e transparência da água (ESTEVES, 1998). A mensuração da eutrofização em ambientes aquáticos pode ser realizada por meio da determinação do IET. O IET possui vários modelos, metodologias e aplicações, como proposto por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (1994) para ambiente tropical e outros.

Além do IET, existem outros métodos com finalidade de classificar os corpos d'água quanto à sua qualidade para uso e abastecimento público. Segundo Von Sperling (2007), as informações da concentração de poluentes expressos nas comunidades têm pouco significado, devido às complexidades das técnicas envolvidas e dos resultados apresentados. Por este motivo, o Índice de Qualidade das Águas (IQA) representa, na sua divulgação, a melhor maneira para o público em geral compreender os valores e seus respectivos significados de condições de qualidade da água, servindo como exemplo indicação de qualidade de excelente a muito ruim para a água.

O IQA é usado como indicador das condições de qualidade da água do sistema aquático, como do estado de poluição, degradação e conservação dos rios, sendo importante para a comunicação ao público das condições ambientais dos corpos d'água. O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela National Sanitation Foundation (NSF). No Brasil, a partir de 1975, começa a ser aplicado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas próximas décadas, outros Estados

brasileiros adotaram o IQA, utilizado hoje no país como o principal avaliador de qualidade da água (ANA, 2014).

Segundo a ANA (2014) e a CETESB (2013), a avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, como por exemplo, metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos, protozoários patogênicos e outras substâncias que interferem na pureza da água. O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos, cuja somatória dos pesos dá-se em função da sua importância para a qualidade da água. O IQA considera os seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido, Coliformes Fecais, Potencial Hidrogeniônico, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Temperatura, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Resíduo Total.

De modo geral, pode-se concluir que as alterações na qualidade da água em ambientes lênticos podem estar relacionadas à modificação do leito natural do rio, ou seja, transformação do ambiente lótico a lêntico, e aos diferentes tipos de uso da terra na bacia, o que pode alterar toda a dinâmica do ambiente aquático (GUERRA; CUNHA, 1994).

2.4 Variáveis Limnológicas

2.4.1 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica é a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, indicando a quantidade de sais nela presentes, sendo dependente das concentrações iônicas e da temperatura e que, indiretamente, representa uma medida da concentração de poluentes. Assim, quando há mais sais dissolvidos, maior condutividade é registrada (WETZEL, 1983; ESTEVES, 1998; BRANCO; ROCHA, 1977; KLEEREKOPER, 1990).

Conforme Kleerekoper (1990), as formas assimiláveis de substâncias nutritivas para os vegetais são todas desassociadas em seus íons e, portanto, bons condutores de eletricidade, pois o transporte de eletricidade em soluções é feito por esses corpos eletricamente carregados, chamados íons. Assim, segundo Wetzel (1983) e Esteves (1998), quanto maior o número de íons em solução, tanto mais fácil será a condução da eletricidade através do líquido, isto é, em águas muito puras ocorre fenômeno inverso, maior será a resistência e menor a condutividade.

Segundo Branco (1986), a condutividade elétrica tem variações influenciadas acerca da entrada de matéria orgânica. Sobretudo, esses valores aumentam quando há processos intensos de decomposição da matéria orgânica.

A atividade iônica de uma solução é fortemente dependente de sua temperatura (aumenta cerca de 2% a cada °C). Em Limnologia, adotou-se como padrão a temperatura de 25°C para a realização das leituras de condutividade elétrica (APHA, 1980).

Os valores de condutividade elétrica são expressos em microsiemens por centímetro ($\mu\text{S cm}$), e o inverso é a resistência elétrica expressa em Ohm (mho). A variação da condutividade da água não fornece apenas dados sobre a concentração total de eletrólitos na água, mas informa, ainda, com grande precisão, sobre a natureza de processos bioquímicos que se desenvolvem na água, como por exemplo, a intensidade da fotossíntese (KLEEREKOPER, 1990; TUNDISI; MATSAMURA TUNDISI, 2008).

Segundo Strassburger (2006), a condutividade da água esta relacionada a elementos dissolvidos com composição iônica do pH. Assim, de acordo com Wetzel (1983) e Esteves (1998), à medida que o pH e a temperatura aumentam, modificam-se os valores de condutividade. Especialmente em águas pobres em sais solúveis e de baixos valores do pH, o íon H^+ torna-se o principal responsável pelos valores de condutividade elétrica.

2.4.2 Oxigênio dissolvido (OD)

Segundo Von Sperling (1996) e Esteves (1998), o oxigênio dissolvido é muito importante para os organismos aeróbios, os quais sobrevivem na presença de oxigênio. Se a redução de oxigênio for drástica, dificulta a vida dos seres aquáticos, podendo ocasionar a morte de diversos seres, como por exemplo, os peixes. E a falta de oxigênio indica maus odores, sendo o principal parâmetro de caracterização dos efeitos de poluição. Para Kleerekoper (1990), o oxigênio, é indispensável à quase totalidade das funções vitais, encontra-se na água em quantidade variável, mas quase sempre em concentração muito superior a dos demais gases dissolvidos na água.

Conforme Esteves (1998), o oxigênio também é necessário para muitas reações químicas que são importantes para o funcionamento do lago ou reservatório. As alterações nos parâmetros físico-químicos da água à jusante da represa têm consequências imediatas sobre a biota aquática, implicando em alterações dos valores de pH e na oxigenação do meio.

De acordo com Esteves (1998), e Tundisi e Matsamura Tundisi (2008), a concentração de oxigênio na água é um dos mais importantes gases na dinâmica e na

caracterização dos ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio dissolvido são a atmosfera e a fotossíntese. A solubilidade do oxigênio na água depende de dois fatores principais: temperatura e pressão, ou seja, interação entre ar/água, temperatura da água e pressão atmosférica. Assim, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorrem a redução e solubilidade do oxigênio na água.

Von Sperling (1996, p. 252) afirma que “em ecossistemas aquáticos, as principais fontes de consumo do oxigênio são a oxidação da matéria orgânica dissolvida presente nos sedimento (demanda bentônica) e a nitrificação”.

Outro fenômeno que interfere na distribuição do oxigênio dissolvido nos corpos aquáticos é a estratificação química que, em lagos e represas tropicais, independe da estratificação térmica e é mais comum em represas formadas sobre densa cobertura vegetal. Isso ocorre porque, ao se considerar os níveis de oxigênio dissolvido na coluna vertical de represas construídas sobre áreas com vegetação, a decomposição da biomassa causa intensas reduções nos níveis de oxigênio, principalmente nos primeiros anos, em toda a coluna d'água. Após os anos iniciais, a desoxigenação fica mais restrita aos períodos de estiagem. Outro problema desta época é a grande concentração de outros gases, como o metano no hipolímnio, piorando as condições de sobrevivência da biota (ESTEVES, 1998).

2.4.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH trata-se de um expoente logarítmico simétrico negativo, da concentração hidrogeniônica, que significa uma diminuição na concentração dos íons de H^+ (hidrogênio) e vice-versa. Com indicativo sobre condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, a faixa de pH é de 0 a 14. Em geral, $pH < 7$ indica condições ácidas, $pH = 7$ neutralidade e $pH > 7$ condições básicas (KLEEREKOPER, 1990; ESTEVES, 1998; VON SPILING, 2006).

Ecossistemas aquáticos com elevados valores de pH são encontrados, geralmente, em regiões com balanço hídrico negativo (onde a precipitação é menor do que a evaporação), em regiões em que os ecossistemas aquáticos continentais são, em diferentes graus de intensidade, influenciados pelo mar (recebem grandes contribuições de carbonatos e bicarbonatos), e em regiões cársticas (regiões ricas em cálcio). No Brasil, os açudes do Nordeste e as salinas do Pantanal Sul-Matogrossense podem ser considerados ecossistemas localizados em regiões com balanço hídrico negativo (ESTEVES, 1998).

Segundo Esteves (1998), o pH é considerado uma das variáveis ambientais mais importantes na avaliação da qualidade de água, e também uma das mais difíceis de se interpretar.

O pH pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo que uma das mais difíceis de se interpretar. Esta complexidade na interpretação dos valores de pH se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. Na maioria das águas naturais o pH da água é influenciado pela concentração de íons H (hidrogênio) originados da dissociação do ácido carbônico ($\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$), que gera valores baixos de pH e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$; $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$), que elevam os valores de pH para a faixa alcalina (ESTEVES, 1998, p. 64).

A complexidade na interpretação dos valores de pH deve-se ao grande número de fatores que podem influenciá-lo. O aumento do pH d'água em ambiente natural deve-se às características físicas da formação geológica e à composição do solo, causado pela concentração de íons dissociados do ácido carbônico em águas naturais.

Segundo os fisiologistas e ecologistas, hoje, o conhecimento das variações de pH na água é especialmente valioso como testemunho de mudanças químicas no biótopo. A concentração de íons de hidrogênio torna uma reação ácida, alcalina ou neutra, no meio ambiente. Na água, tem grande importância, pois influi nos padrões químicos e bioquímicos, responsáveis pelas funções fisiológicas da biocenose (KLEEREKOPER, 1990).

2.4.4 Temperatura da água

A temperatura das águas naturais varia entre 0 a 50° ou mais graus, nas fontes térmicas e em poças estagnadas ou nas margens rasas de lagoas. Além da importante influência física e hidrográfica de grandes consequências biológicas, a temperatura tem ainda uma ação direta sobre a distribuição, a periodicidade e a produção de organismos. A maioria das espécies animais e vegetais faz exigências bem definidas quanto às temperaturas máximas e mínimas toleradas. Em algumas dessas espécies, a tolerância é bastante grande e elas podem ser encontradas em águas do mais variados climas térmicos (organismos eutérmicos). Outras espécies, ao contrário, são extremamente exigentes quanto aos limites da temperatura, sendo somente encontradas em biótopos típicos com clima térmico bem definido (organismos estenotérmicos). Há, ainda, espécies que exigem uma temperatura sempre baixa (estenotérmicos ao frio) (KLEEREKOPER, 1990).

De acordo com Branco e Rocha (1977), a temperatura das águas superficiais varia conforme a localização geográfica e as condições climáticas. No entanto, alguns fatores devem ser considerados, pois influenciam seriamente na qualidade da água. O fator ecológico pode ser um; sem a preservação da ecologia aquática, alterações podem influenciar sobre os tipos de organismos, relação nos teores de gases dissolvidos. Assim, se houver alteração na temperatura, essa pode se relacionar à economia de oxigênio, gás carbônico, pH, etc. E em reservatórios, essas mudanças bruscas podem causar efeitos negativos na biota e nas características químicas das águas.

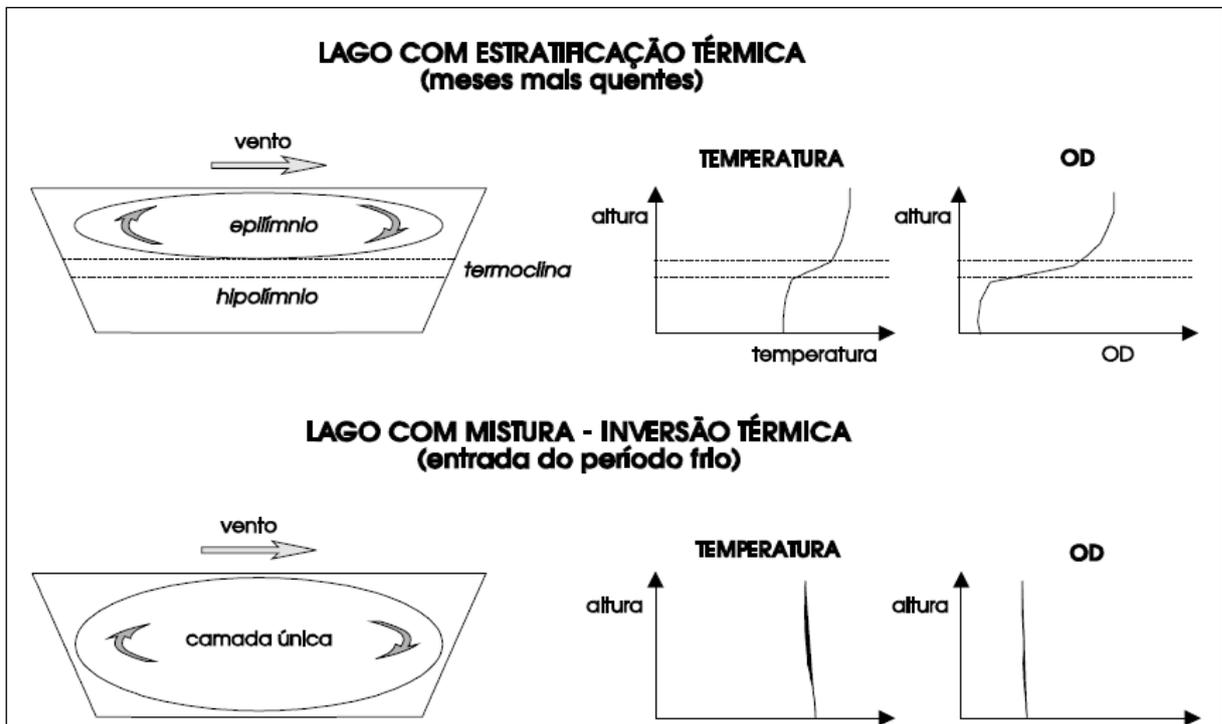
A radiação solar é responsável pelo aquecimento térmico da superfície da água. As variações de temperatura são responsáveis por aquecimentos e resfriamentos térmicos na coluna vertical e circular de lagos (TUNDISI; MATSAMURA TUNDISI, 2008).

No comportamento das massas de água e camadas superficiais, segundo Von Sperling (1998), durante o verão e os meses mais quentes do ano, a temperatura da camada superficial é bem mais elevada que a temperatura do fundo.

Tundisi e Matsamura-Tundisi (2008) e Von Sperling (2000) expõem que o aquecimento estabelece densidade da água superficial inferior à densidade da camada do fundo, fazendo com que haja camadas distintas no corpo d'água, tais como: o *epilímnio*, camada superior, mais quente, menos densa, com maior circulação; o *termoclina*, camada de transição; e o *hipolímnio*, camada inferior, mais fria, mais densa, com maior estagnação.

Von Sperling (2007) afirma que, em lagos de regiões tropicais, os fenômenos de estratificação da massa d'água ocorrem de maneira diferenciada daqueles de regiões temperadas, pois, nestes lagos, até no Brasil, o mais comum é a ocorrência de estratificação e desestratificação diária ou estratificação durante a primavera, verão e outono, com desestratificação no inverno. A estratificação nas camadas da água pode ser observada na figura 2. Nos meses mais quentes, verifica-se variação na concentração da temperatura e do oxigênio dissolvido (OD), e, nos meses mais frios, ocorrem condições de inversão térmica, pois, com a chegada do período frio na massa d'água, há o resfriamento da camada superficial do lago, causando uma homogeneização na temperatura ao longo de toda a profundidade.

Figura 2 – Dinâmica da estratificação e misturas de lagos.



Fonte: Von Sperling (1996).

A respeito da ideia de desestratificação em lagos tropicais, Von Sperling (2000) e Esteves (1998) completam que, nos lagos de clima tropical, o perfil vertical é determinado, principalmente, pela alta temperatura e pelas características morfométricas do lago. E podem favorecer ou dificultar a ação do vento, pois tem importante papel na distribuição do oxigênio, tanto aumentando sua concentração, especialmente em camadas superiores, como provendo a sua distribuição no interior do ambiente. Em consequência destes fenômenos, os lagos tropicais apresentam, na grande maioria dos casos, fortes déficits de oxigênio na coluna d'água, especialmente na sua parte inferior.

2.4.5 Total de Sólidos dissolvidos (TDS)

Para Strassburger (2006) e Von Sperling (1996), o total de sólidos dissolvidos é uma característica importante para o metabolismo dos sistemas aquáticos, principalmente porque concentrações elevadas tornam a água imprópria para o consumo humano, pois a água fica com sabor desagradável.

Segundo Esteves (1998), os corpos d'água de interiores sem comunicação direta com o mar são os lagos, e suas águas têm, em geral, baixo teor de íons dissolvidos, quando

comparadas às águas oceânicas. E há exceção feita para lagos de regiões áridas, ou submetidas a longos períodos de seca, nos quais o teor de íons dissolvidos pode ser alto, pois a intensa evaporação não é compensada pela precipitação. Nestas condições, o teor de sais dissolvidos pode ser superior ao da água do mar.

Assim, Esteves (1998) completa que o baixo teor de sais dissolvidos, típico de ambientes de água doce, faz com que a maioria dos organismos que habitam estes ambientes seja hipertônica em relação ao meio, sendo necessárias, portanto, adaptações no sentido de manter o equilíbrio osmótico entre os líquidos internos e o meio.

Para Tundisi e Matsamura Tundisi (2008), o total de sólidos dissolvidos (TDS) origina-se das características geoquímicas do solo e das rochas que constituem o substrato das bacias hidrográficas que os drenam para os rios e lagos. E os elevados valores de TDS podem alterar a turbidez, trazendo implicações para o ecossistema aquático, dificultando a penetração dos raios solares, desfavorecendo a fotossíntese e diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido nas águas.

Tundisi e Matsamura Tundisi (2008) consideram que o TDS inclui todos os sais dissolvidos, os componentes não iônicos e os compostos orgânicos. Conforme Branco e Rocha (1977), as concentrações excessivas devem ser controladas, devido a efeitos fisiológicos, estéticos e econômicos, pois as altas concentrações de sais minerais são associadas a processos de corrosão que danificam os sistemas de canalização de água, por exemplo.

2.4.6 Turbidez (TUR)

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo a aparência turva da mesma. O responsável pela condição de turbidez é a concentração de sólidos em suspensão, tais como microrganismos, detritos orgânicos, sílica, silte, colóides orgânicos e inorgânicos, etc. A turbidez tem origem de dejetos domésticos e industriais, pelos microrganismos e pela erosão. A unidade expressada para a turbidez pode ser Unidade Nefelométrica de Turbidez - UNT ou NTU (Nephelometric Turbidity Units), expressa em termos de coeficiente de dispersão ou alguma unidade empírica (BRANCO; ROCHA, 1977; VON SERLING 2007).

Segundo Branco e Rocha (1977), em relação à turbidez, o padrão de qualidade é considerado meramente estético. Em águas protegidas da poluição doméstica, constitui fator

psicológico, mas é desagradável à água potável. Porém, em águas poluídas, devem ser introduzidos padrões mais rigorosos na desinfecção.

De acordo com Esteves (1998), um exemplo referente ao aumento da turbidez em ambientes rasos (até mais ou menos 3,0 m de profundidade), os peixes reduzem a biomassa vegetal tanto por digestão, como provocando o revolvimento do sedimento. Assim, este processo leva a uma significativa redução da taxa de produtividade primária, através da redução da penetração de luz.

2.5 Análises Estatísticas

2.5.1 Correlação, dispersão e regressão

A correlação é a medida de dependência entre duas variáveis, servindo para medir o grau de associação entre elas. Na análise de correlação, existem as variáveis dependente e independente (x e y), e examina-se, particularmente, até quando o grau de duas variáveis são interdependentes ou covariam. Assim, quando são avaliadas duas variáveis em questão, verifica-se se, em conjunto, crescem (correlação positiva), ou se tem o comportamento inverso (correlação negativa) (KAZMIER, 1982; GERARDI; SILVA, 1981; LICHT, 1998; SANTOS, 2007).

Na análise de correlação, embora seja fácil de interpretar, o coeficiente de determinação r^2 não pode ser testado estatisticamente. Mas, o coeficiente de correlação, o r , pode (KAZMIER, 1982).

A correlação linear conhecido com “ r ” foi criada por Karl Pearson, e é a mais utilizada entre os coeficientes de correlação. É uma medida em forma de um índice, para indicar o grau de associação linear entre variáveis com dados na escala de intervalo ou de razão (GERARDI; SILVA, 1981).

A correlação linear, conhecida com “ r ”, foi criada por Karl Pearson e é a mais utilizada entre os coeficientes de correlação. É uma medida em forma de um índice, para indicar o grau de associação linear entre variáveis com dados na escala de intervalo ou de razão (GERARDI; SILVA, 1981).

Gerardi e Silva (1981) destacam, ainda, que um coeficiente de correlação igual a zero não indica, necessariamente, que não há correlação entre as duas variáveis analisadas. Mas, sim, que pode se tratar de outra correlação que não seja linear. Assim, o valor zero designa unicamente que não há correlação linear ou efetivamente não se correlacionam.

Nesse sentido, deve-se conhecer bem a área em estudo e ter bom senso ao se analisar os dados das características que a bacia apresenta, pois, às vezes, técnicas quantitativas levantam informações que, sem bom conhecimento da área, não há como se interpretar.

Segundo Santos (2007), para se discutir as medidas dos dados encontradas, por meio do coeficiente de correlação linear, encontram-se na Tabela 3 os coeficientes de correlação que foram estabelecidos em relação aos intervalos de correlação, que podem variar entre +1 a -1. Ele é positivo quando os valores crescentes de x aos valores de y aumentam, e negativo quando os valores de x aos de y diminuem. Assim, $r = +1$ indica perfeita correlação positiva; $r = -1$ perfeita correlação negativa; $r = 0$ não há correlação entre duas variáveis.

Tabela 3 – Coeficiente de correlação linear e os intervalos de correlação

Coeficiente	Intervalos
$r = 1$	Perfeita positiva - (PP)
$0,7 \leq r < 1$	Forte positiva - (FtP)
$0,4 \leq r < 0,7$	Moderada positiva - (MP)
$0,1 \leq r < 0,4$	Fraca positiva - (FrP)
$0 < r < 0,1$	Ínfima positiva- (IP)
0	Nula - (NL)
$-0,1 < r < 0$	Ínfima negativa - (IN)
$-0,4 < r \leq -0,1$	Fraca negativa - (FrN)
$-0,7 < r \leq -0,4$	Moderada negativa - (MN)
$-1 < r \leq -0,7$	Forte negativa - (FtN)
$r = -1$	Perfeita negativa - (PN)

Fonte: Adaptado de Santos (2007).

2.5.2 Mínimo, Máximo e Média.

Em estatística, o mínimo é o menor valor de uma série de dados, e, logo, o máximo é o maior valor. A média é o valor que aponta para onde mais se concentram os dados de uma distribuição, sendo uma forma de se descrever um grupo em um único número (LICHT, 1998).

2.5.3 Desvio-Padrão e Coeficiente de Variação

A medida mais comumente utilizada para quantificar a dispersão é o desvio-padrão (DP), obtido pela raiz quadrada da variância. A medida do DP utiliza valores individuais em relação ao valor central do conjunto de dados (GERARDI; SILVA, 1981; LICHT, 1998).

Segundo Gerardi e Silva (1981), se os valores próximos a soma dos quadrados são pequenos, também menor será o DP. E se os valores são distantes, a soma dos quadrados será grande, e maior será a dispersão ou variabilidade e o desvio-padrão.

Quando for necessário comparar a dispersão de duas séries de dados com diferentes quantidades de amostras, só será possível com o uso do coeficiente de variação (CV), pois o CV é capaz de fornecer uma boa ideia acerca da distribuição dos dados. A comparação dos dados é válida, devido ao CV ser expresso e interpretado em porcentagem (LICHT, 1998).

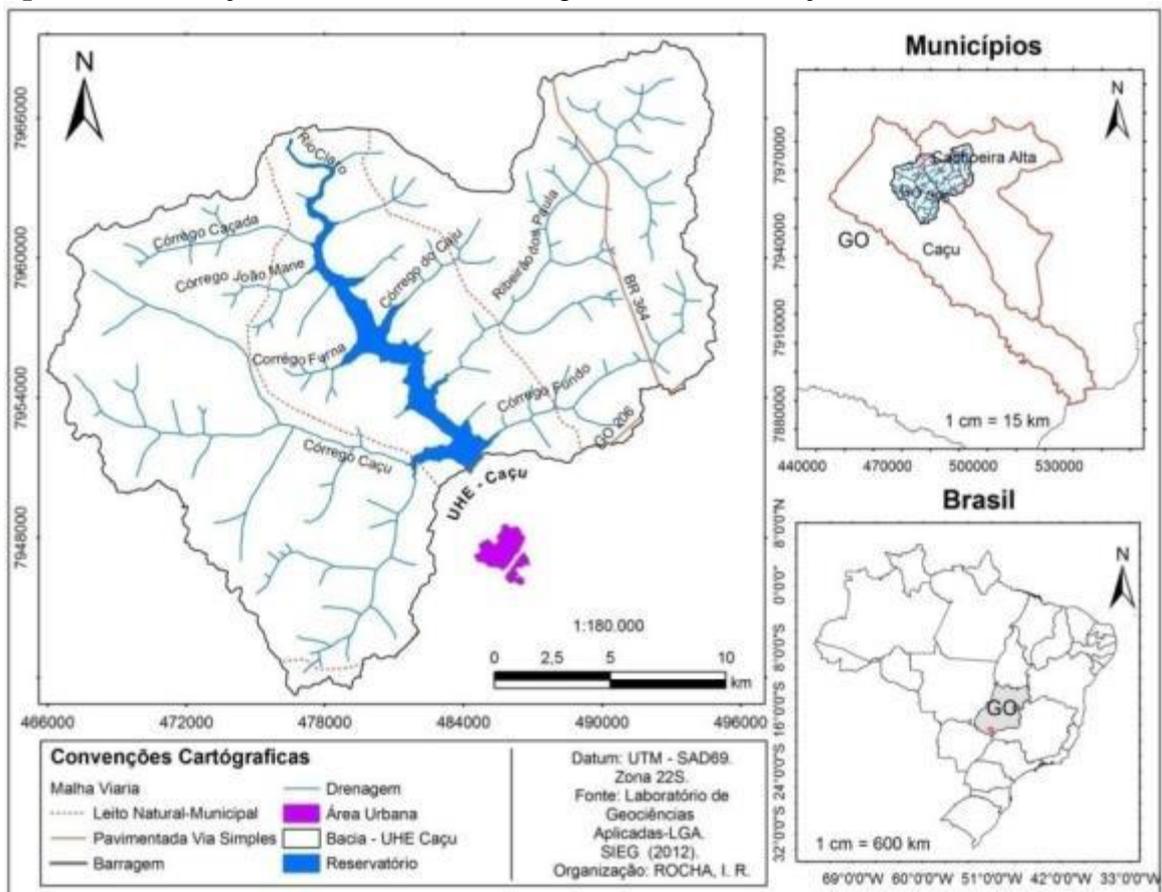
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área de estudo

A presente pesquisa foi conduzida na área que compreende a UHE Caçu, no limite cartográfico da folha SE-22-Y-B – Caçu, abrangendo a porção sul e sudeste do estado de Goiás, Brasil, entre os municípios de Cachoeira Alta e Caçu, na microrregião de Quirinópolis – GO. Com base no limite cartográfico da folha de escala 1:250.000, foi localizado a bacia hidrográfica da UHE Caçu, nos limites latitudinais de 79690000 e 79400000 Sul, e longitudinais de 460000 e 490000 Oeste (Mapa 1).

O limite da bacia da UHE Caçu compreende 443km² e está localizada próxima à foz da bacia hidrográfica do rio Claro, afluente do rio Paranaíba, rio com grande potencial hidroelétrico. Devido à essa condição, foram instaladas usinas hidrelétricas de grande e pequeno porte no seu leito.

Mapa 1 – Localização da área da bacia hidrográfica da UHE Caçu.



As terras dos municípios de Caçu e Cachoeira Alta são utilizadas, principalmente, para pastagens, que se elevou após a expansão e modernização da agricultura, em 1960, substituindo áreas de pastagens naturais por plantadas (LIMA, 2013; PAULA et al., 2012).

A bacia da UHE Caçu possui cobertura do solo composta por vegetação natural típica do bioma cerrado e cobertura de pastagens cultivadas. O uso e ocupação da terra podem ser visualizados na paisagem da bacia (Foto 1), com áreas de concentração de paisagens acompanhadas de árvores para gerar sombra ao gado durante o período mais quente do dia. A vegetação é caracterizada pela presença de mata ciliar em parte do reservatório, áreas isoladas de cerrado e partes remanescentes de cerrado misturados à pastagem.

Foto 1 – Paisagem parcial do reservatório e da ocupação da bacia da UHE Caçu.



Fonte: ROCHA, I. R. (2013).

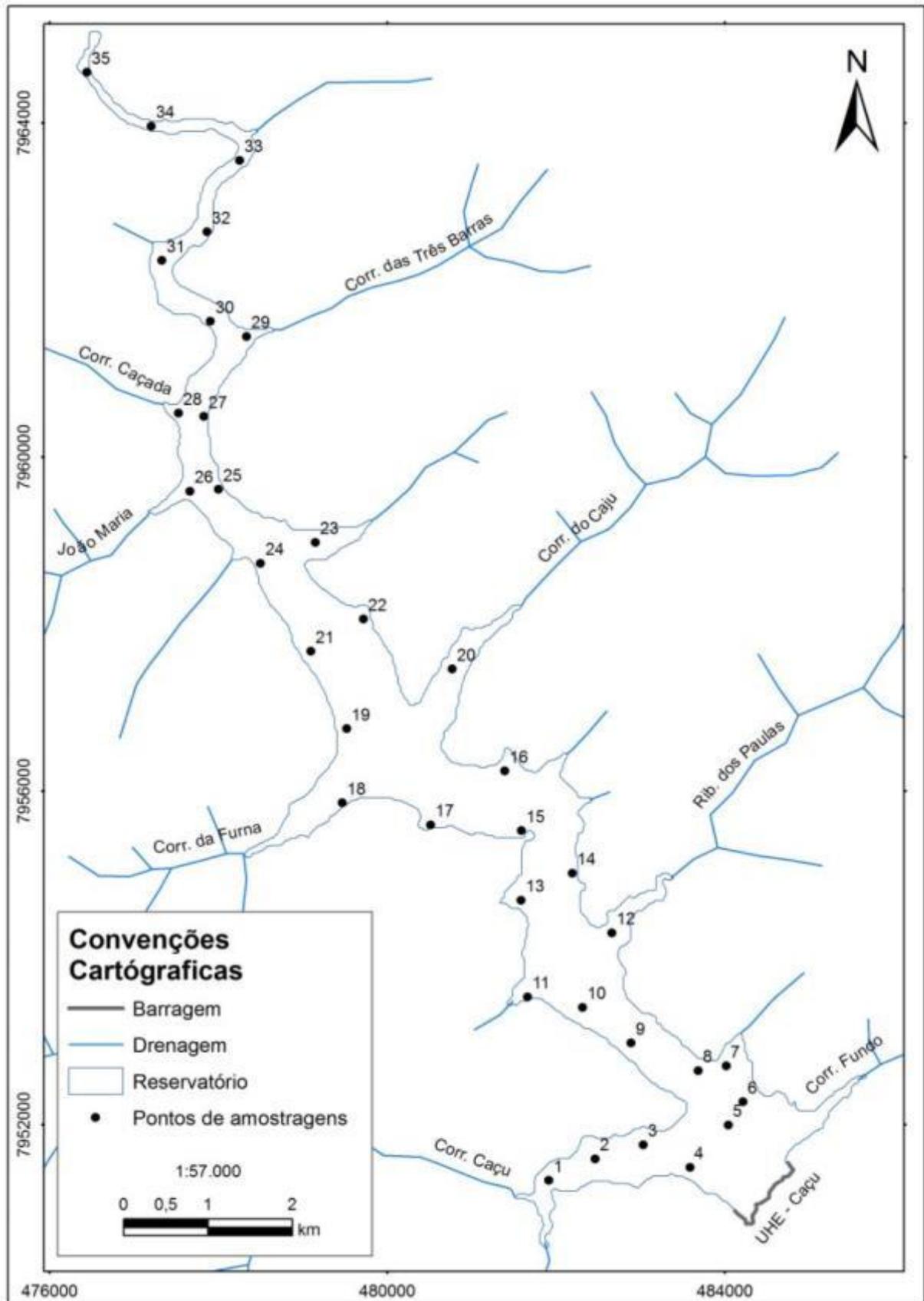
3.2 Pontos de amostragens

Para se compreender a distribuição espacial e temporal dos parâmetros limnológicos, foram definidos 35 pontos de amostragem no lago (Mapa 2) e realizada a coletas de dados nos períodos chuvosos (PC), em 17/01/2012 e 23/01/2013, e nos períodos secos (PS), em 10/07/2012 e 30/07/2013, conforme a proposta do projeto “Análise do Impacto da Ação Antrópica nas Características Hidrossedimentológicas/Limnológicas da Bacia do Rio Claro – GO”. Os pontos de amostragem foram definidos de modo a abranger todos os compartimentos aquáticos do reservatório, conforme a proposta de Kimel et al. (1990).

Nas campanhas de campo, foram efetuadas coletas em horários que variam de 10h às 15h, em profundidade amostral de 15cm da lamina d'água em cada um dos pontos. Em janeiro, os as condições meteorológicas no dia apresentavam-se chuvoso e nublado. Em julho, o dia manteve-se ensolarado e com poucas nuvens.

Assim, todo o espaço navegável do lago foi analisado, levando em consideração toda a extensão de, aproximadamente, 14,09km². Além dos dados de qualidade da água coletados pontualmente, foram registradas fotografias dos diferentes pontos das seções do reservatório (Apêndice B). Em função da variação climática sofrida nos PC e PS, as fotografias, em cada ponto de amostragem, forneceram subsídio para comparar os resultados dos dados observados em campo.

Mapa 2 – Pontos de coleta de dados espacializados no reservatório da UHE Caçu.



Fonte: Fonte: Dados do LGA; e, dados do SIEG (2012).

A área próxima da barragem é onde se encontra a maior profundidade, devido à abertura do terreno para construção do dique, podendo parte ser em terra e parte em concreto (NOVELIS, 2005), bem como pela altitude de terreno ser mais rebaixada, conforme a hipsometria da área.

A profundidade nos pontos amostrados, foram medidos na campanha de campo de 30 de julho de 2013 (Tabela 4), variou entre 1,82 e 25,6 metros (m), cujas amostras foram coletadas por meio do equipamento de medida de profundidade - “o ecobatímetro”. Na campanha do PS de 2013, foi registrada profundidade qual (Gráfico 1).

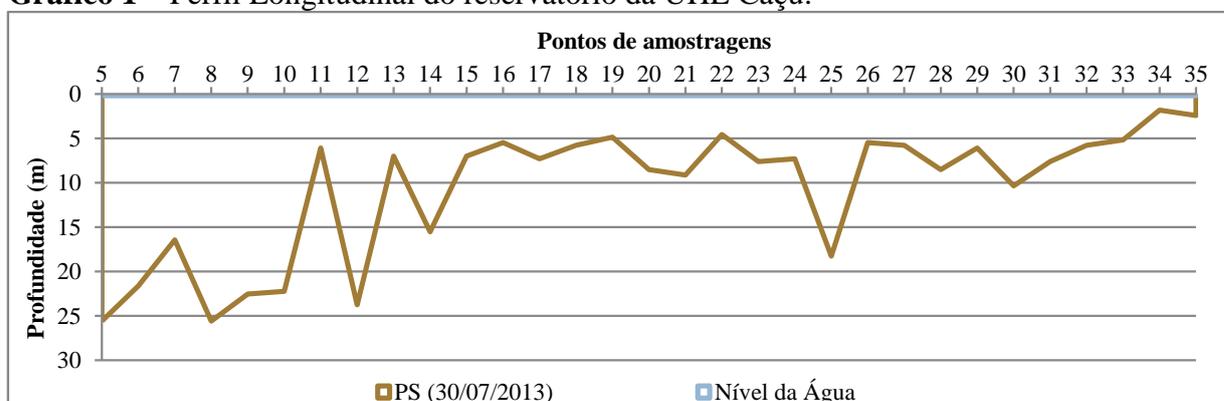
Tabela 4 – Análise descritiva da profundidade dos pontos de amostragens

Profundidade (m)	PS (30/07/2013)
Mínimo	1,82
Máximo	25,60
Média	10,69
Desvio-Padrão	7,35
Coefficiente de Variação	68,76

As profundidades dos locais de coleta variaram de acordo com o relevo de fundo do reservatório e do regime hidrológico que influencia no volume de água armazenada.

O Gráfico 1, quando observado em perspectiva pontual, evidencia a presença de dois compartimentos, definidos no início das coletas: próximo à barragem, estão representadas as maiores profundidades; na porção intermediária, seguida da fase de rio da represa, estão os pontos mais rasos. Os pontos 1, 2, 3 e 4 fazem parte do afluente córrego Caçu, por isso não fazem parte do perfil longitudinal do reservatório. A inserção desses pontos causaria interferência, desviando o curso do rio para o final do afluente.

Gráfico 1 – Perfil Longitudinal do reservatório da UHE Caçu.



As construções de grandes barragens geram quebra do equilíbrio longitudinal de um rio. O barramento do canal fluvial interfere no seu sistema lótico (correntezas), passando para um sistema lêntico (de águas semi paradas a paradas) no reservatório. Esse tipo de interferência gera uma série de efeitos em cadeia que, dependendo da magnitude e área de abrangência, pode ser irreparável (GUERRA; CUNHA, 1994).

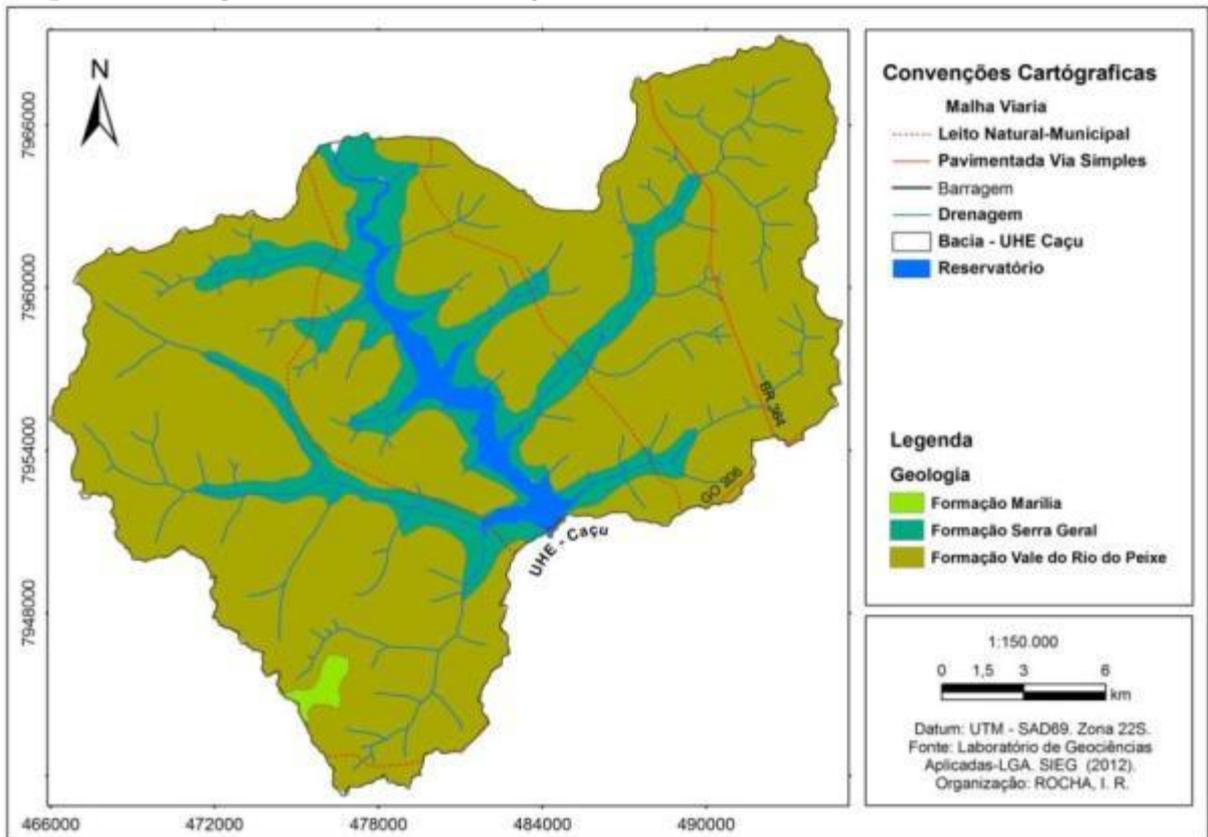
3.3 Caracterização fisiográfica da área da UHE Caçu

3.3.1 Geologia

A área de estudo encontra-se coberta por unidades superiores (mesozóica) da bacia sedimentar do Paraná. As sequências mesozóicas representam os grupos Bauru e São Bento, abrangendo extensos intervalos entre coberturas sedimentares recentes do Grupo Bauru e rochas vulcânicas do Grupo São Bento (MOREIRA et al., 2009).

A caracterização da geologia da bacia da UHE Caçu compreende três formações geológicas: a Formação Vale do Rio do Peixe, predominante, a Formação Marília, em uma pequena parte na porção sul e a Formação Serra Geral, que é encontrada no leito e nas bordas do reservatório, nas drenagens da bacia e trecho do Rio Claro (Mapa 3). As duas primeiras formações compõem o Grupo Bauru e a última formação compõe o Grupo São Bento.

Mapa 3 – Geologia da bacia da UHE Caçu.



O grupo São Bento, representado pela Formação Serra Geral, tem ocorrência nos vales dos principais rios próximos ao município de Caçu - os rios Claro e Verde -, sendo constituído por derrames de basaltos de cor negra a cinza-esverdeado, intercalados aos arenitos de cores róseas e granulação média, conforme Moreira et al. (2009).

Segundo Fernandes (1998), a Formação Serra Geral consiste em derrames basais, a qual sustenta relevo plano, que são maciços, finos, por vezes amigdalóides e com disjunções colunares, e formada por rochas basálticas que, normalmente, possuem granulação fanerítica fina a média.

Os basaltos, após expostos na superfície, sofrem deterioração pelos processos de intemperismos. Na bacia da UHE Caçu, é possível visualizar o intemperismo dessa rocha (Foto 2), que dará origem aos Latossolos.

Foto 2 – Decomposição da rocha basáltica pelo processo de intemperismo químico.



Fonte: ROCHA, I. R. (2012).

O Grupo Bauru, de modo geral, é constituído por arenito de cor creme, vermelho-tijolo e grãos arredondados com muito sílex (rocha dura a base de sílica). Em sua base, apresenta conglomerados com matriz calcífera-argilosa, com seixos de quartzo, quartzito e basalto (FERNANDES, 1998).

Segundo Moreira et al. (2009), o Grupo Bauru é formado por arenitos formados durante o cretáceo superior, apresentando seus depósitos situados entre o oeste paulista, sudoeste mineiro e sul goiano. A unidade tem ampla distribuição em Goiás, ocupando significativas áreas nas regiões sul e sudeste do estado, abrangendo o Parque Nacional das Emas e os municípios de Rio Verde, Serranópolis, Itarumã, Cachoeira Alta, Caçu e Quirinópolis.

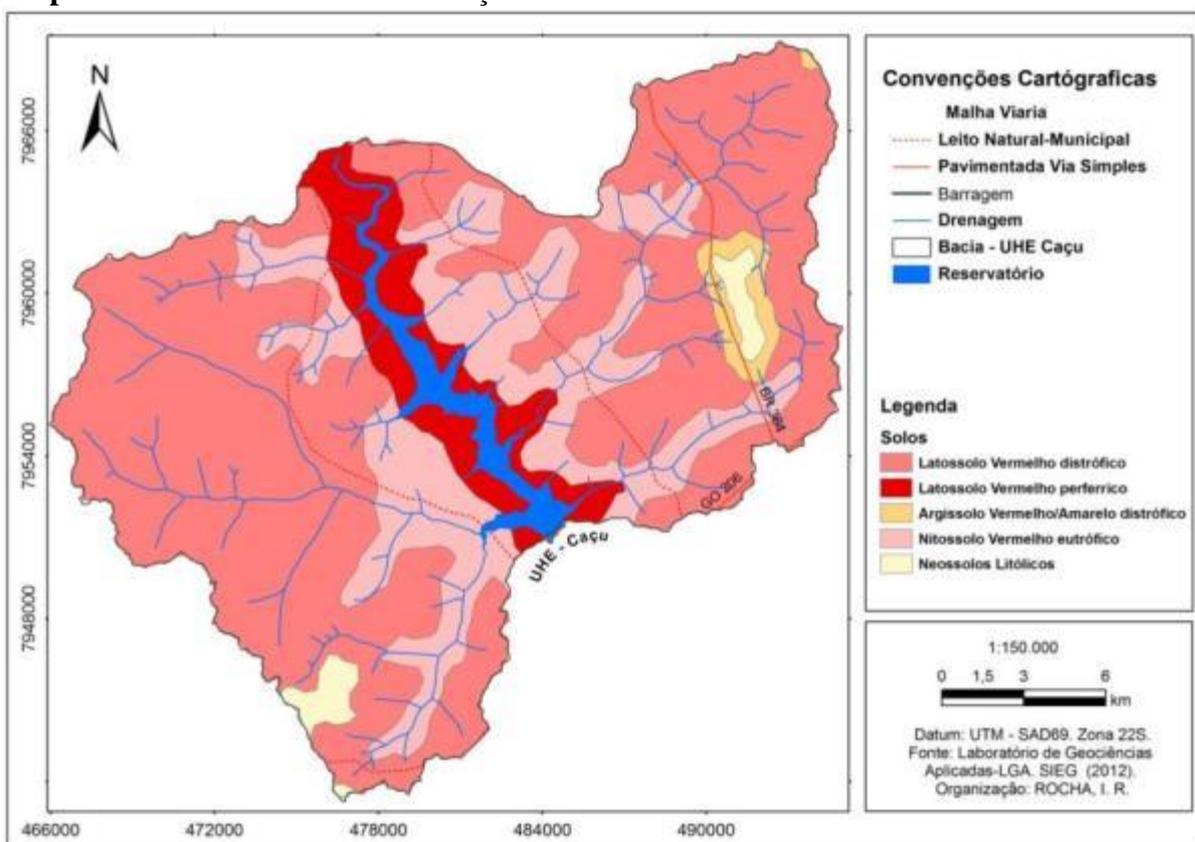
A Formação Vale do Rio do Peixe é composta por extratos de arenito cinza-claros, beges ou róseos, maciços, finos a muito finos, às vezes médios, em geral mal selecionados com estratificação plano-paralela e cruzada subordinada (FERNANDES, 1998). As características litológicas e sedimentares da formação permitem interpretá-la de ambiente flúvio-lacustre. A Formação Marília, em termos gerais, sustenta o topo de interflúvios, por se constituir de relevo geralmente movimentado, de escarpas abruptas e topos aplainados, com as cristas ricas em carbonatos de cálcio ou silicificados e conglomeráticos (MOREIRA et al., 2009; FERNANDES, 1998).

3.3.2 Solos

Os levantamentos de solos apontam que possuem ocupação bem distribuída, e relacionada especialmente com relevo, geologia e geomorfologia para a ocorrência.

Conforme o mapa 4, predominam, na área de estudo, cinco tipos de solos, a saber: Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho perférico, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, Nitossolo Vermelho eutrófico e Neossolos Litólicos.

Mapa 4 - Solos da bacia da UHE Caçu.



De acordo com a EMBRAPA (1999), os Latossolos são solos fortes a moderadamente drenados, muito profundos, destituídos de minerais primários que intemperizam facilmente, que ocorrem, normalmente, em relevo plano e suave ondulado, embora possam ocorrer em áreas acidentadas, até em relevo montanhoso. Os Latossolos são do grupamento de solos com horizonte B latossólico, que possui um horizonte mineral subsuperficial, e os constituintes evidenciam avançado estágio de intemperização, explícito pela transformação quase completa dos minerais alteráveis.

Os Argissolos são solos fortes a moderadamente ácidos, com saturação por bases altas ou baixas, ou seja, a alta saturação é a distinção de solos com saturação por base igual ou superior a 50% e a baixa saturação é a distinção de solos com saturação por bases inferior a 50%. Os Argissolos compreendem solos constituídos por material mineral, e têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural (Bt), um horizonte mineral subsuperficial com textura franca arenosa ou mais fina, onde houve incremento de argila. (EMBRAPA, 1999).

Os Nitossolos são constituídos por material mineral, com horizonte B nítico de argila de atividade baixa, textura argilosa ou muito argilosa, em blocos angulares, com superfície dos agregados reluzente, com cor vermelho-escuro, tendendo à arroxeadada. Esses solos são derivados do intemperismo de rochas básicas, ricas em minerais, ferro e magnésio (EMBRAPA, 1999).

Já os Neossolos Litólicos são os mais novos, em que a rocha está próxima à superfície, o que significa que ocorre uma pequena expressão dos processos formadores de solos e se diferenciam por estarem em bordas de relevos bem dissecados que, por sua vez, ocupam recuos de chapadas (EMBRAPA, 1999).

3.3.3 Geomorfologia

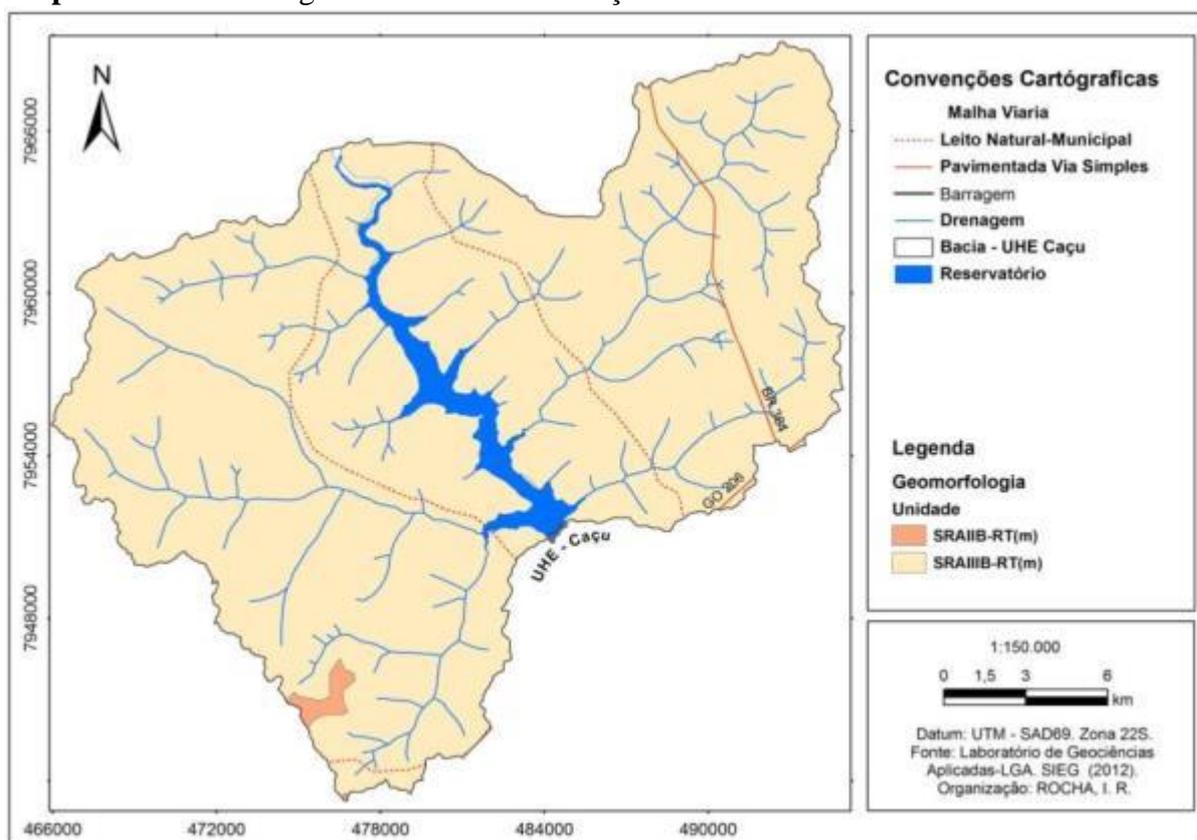
Na área de estudo, há presença de unidades topográficas bem distintas, nitidamente controladas pela litologia. A região é bem dissecada em vales bem amplos, limitadas por escarpas abruptas e sustentadas por afloramentos basálticos da Formação Serra Geral (GUERRA, 1989).

A Superfície Regional Aplainada IIIB, com cotas entre 550 e 750 m, associadas a relevos tabulares SRAIIIB – RT, é formada principalmente sobre os basaltos da Formação Serra Geral. A unidade possui caimento no sentido geral noroeste-sul até o encontro com a SRAIVB. Os padrões de dissecção são moderados em relação às unidades anteriores, com mais da metade de sua área apresentando relevo com ondulações suaves e dissecção fraca, alternando para o padrão médio, e, mais raramente, forte (LATRUBESSE; CARVALHO, 2005).

A SRAIIIB-RT (m) - Superfície Regional Aplainada IIB com cotas entre 800 e 1000 m, associada a relevos tabulares, ocorre em uma pequena área, qual seja, a área de localização que compreende a Formação Marília e os Neossolos Litólicos. Portanto, é possível compreender, a partir do mapa 5 e dos mapas anteriores, que as mesmas áreas possuem padrão distinto evidenciado pela literatura e relacionados no mapeamento.

Na SRAIIB-RT, o padrão de rede de drenagem é pouco diversificado, sendo, no geral, de padrão dendrítico, no sentido norte-sul. Em alguns trechos, devido a controles estruturais, a drenagem apresenta padrões paralelos no sul. No sul da borda oeste, o substrato é formado por rochas areníticas, conglomerados e siltitos do Grupo Bauru e basaltos e arenitos do Grupo São Bento, da bacia sedimentar do Paraná (LATRUBESSE; CARVALHO, 2005).

Mapa 5 – Geomorfologia da bacia da UHE Caçu.



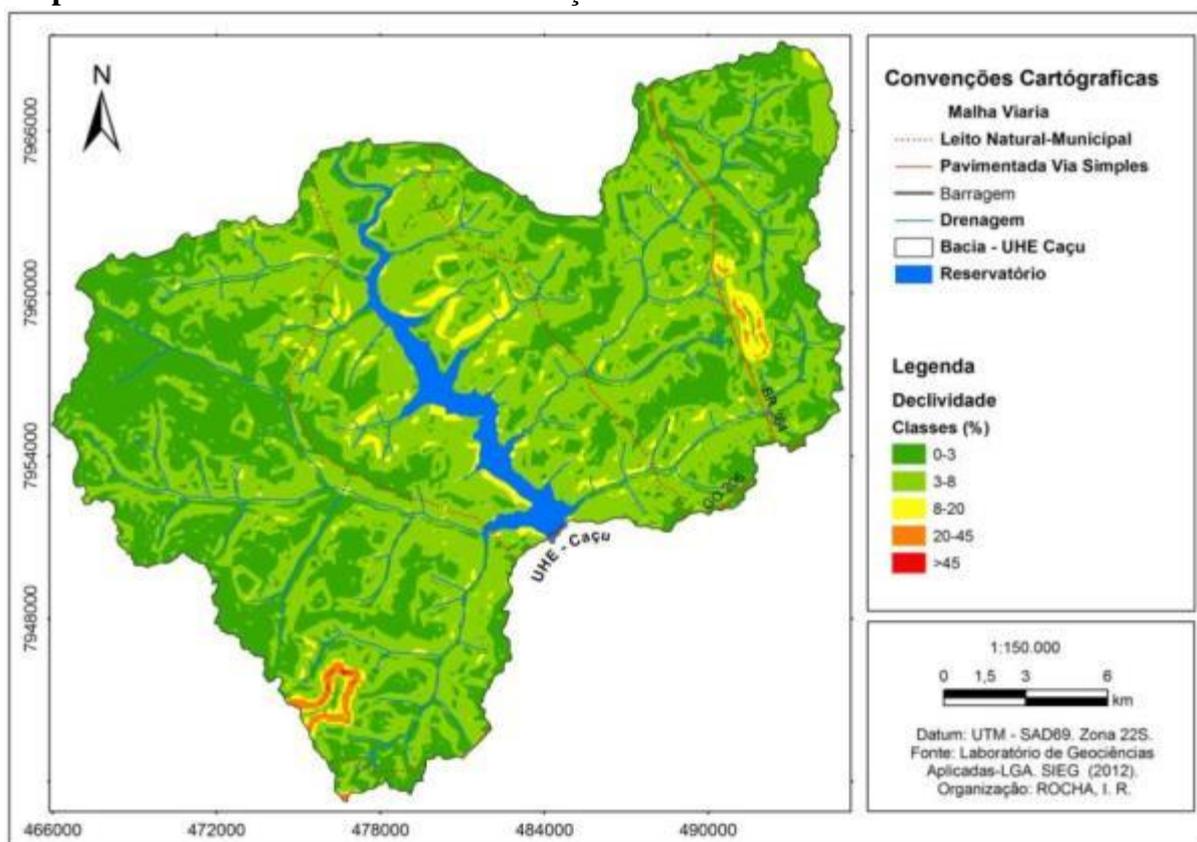
3.3.4 Declividade

A declividade é resultado das características naturais do ambiente em aspectos que envolvem a geomorfologia e os relevos. Assim, Tricart (1977) definiu classes de avaliação de morfodinâmica, segundo classificação dos ambientes, em três categorias ecodinâmicas para os ambientes: estáveis, de transição e instáveis. A partir das categorias, foram identificadas cinco classes de dissecação: Muito Fraca (Mfa), correspondendo aos relevos com declividade 0-3%, Fraca (Fa), caracterizando relevos com declividade entre 3-8%, Moderada (Mo), relacionada a relevos com declividade de 8-20%, Forte (Fo), geralmente formada por relevos com

declividade de 20-45% e Muito Forte (Mfo), constituída por relevos com declividades superiores a 45%.

De acordo com a Embrapa (1983), as classes de declividade, indicadas por Tricart (1977) para avaliação de morfodinâmica, sugeriram a seguinte recomendação para os tipos de relevos: 0-3 (Relevo Plano), 3-8 (Relevo Suave Ondulado), 8-20 (Relevo Ondulado), 20-45 (Relevo Fortemente Ondulado) e >45 (Relevo Montanhoso). No Mapa 6, as cores mais frias, em torno do verde, representam menores declividades, e as cores mais quentes, em torno do vermelho, representam maiores declividades.

Mapa 6 – Declividade da bacia da UHE Caçu.



3.3.5 Clima

A variável climática é muito importante para qualquer estudo que envolva aspectos ambientais (GUERRA, 1989). A área da folha de Caçu apresenta as características climáticas dessa região, como de um clima quente e semi-úmido de cerrado, marcado por amplitude térmica anual superior a 5°C, e a temperatura média anual situando-se entre 21° e 23°C. Na região, existem dois períodos distintos de distribuição das chuvas: um período seco, do inverno a parte da primavera, com duração de 4 a 6 meses (abril a setembro) e, no verão e

outono, período chuvoso (outubro a abril). A área sofre efeito da massa Polar Continental, com desvio pluviométrico de até 20%, sendo que a média anual de pluviosidade varia entre 1200 a 1600 milímetros (SCOPEL; ASSUNÇÃO, 1999; MARIANO; SANTOS; SCOPEL, 2003).

Como em toda região centro-oeste e do estado de Goiás, os verões são chuvosos e invernos são secos. De acordo com Rocha (2012), a espacialização dos dados de pluviometria da bacia da UHE Barra dos Coqueiros, que se situa no trecho inferior da UHE Caçu, verificou-se valor total de precipitação variando entre 1100 a 1900 mm. Sendo que os resultados, conforme apresentados, no período chuvoso foi 1000 a 1800 mm no total acumulado, e a precipitação do período seco, de maio a setembro, não ultrapassou os 105 mm chuva.

Segundo o EIA/RIMA da UHE Caçu e Barra dos Coqueiros (NOVELIS, 2005), o clima da área de estudo, nos meses chuvosos, sofre influência das massas de ar provenientes da Amazônia e do Chaco, que atuam no sudoeste goiano, em que se registram valores mais altos de umidade relativa do ar de 68 a 85%, em média. Nos meses mais secos, são registrados os valores mais baixos de umidade relativa do ar, entre 46 a 69%, e as temperaturas médias do ar variam pouco entre as estações do ano, com médias entre 22 a 22,5 °C.

3.4 Procedimentos metodológicos

Os materiais necessários para elaboração da pesquisa pertencem ao Laboratório de Geociências Aplicadas (LGA), da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, e são os equipamentos para monitoramento de qualidade da água. Outra parte pertence às informações cartográficas da folha SE-22-Y-B e imagem digital e orbital da área em estudo. Com base nas metodologias que se apresentaram, são expressos os equipamentos utilizados nas análises dos parâmetros limnológicos e informações dos mapeamentos realizados.

3.5 Variáveis limnológicas

As variáveis limnológicas analisadas neste trabalho, conforme os objetivos, são fundamentadas em seis (06) parâmetros que fazem parte de variáveis que determinam a qualidade da água. Os parâmetros foram determinados conforme estudos preponderantes sobre caracterização de qualidade da água e dos corpos d'águas receptores (Tabela 5) (APHA, 1995; VON SPERLING, 1996).

Tabela 5 – Parâmetros limnológicos indicativos de qualidade da água.

Parâmetros	Variáveis	Unidades
Químicos	Condutividade elétrica	μS/cm
	Oxigênio dissolvido	mg/L
	Potencial Hidrogeniônico-pH	pH
Físicos	Temperatura da água	°C
	Total de sólidos dissolvidos	mg/L
	Turbidez	UNT

Fonte: Parâmetros citados por APHA (1995) e Von Sperling (1996).

3.6 Análises em Campo

As coletas realizadas nos meses de janeiro aconteceram com os aspectos climáticos típicos da estação verão, em tempo chuvoso, úmido e nublado.

Nas campanhas ocorridas em julho, clima característico de inverno, os aspectos climáticos se apresentaram seco, sem chuvas e baixa umidade do ar, com o céu sem formação de nuvens durante as coletas das amostragens.

Todos os dados coletados em campo possibilitaram a elaboração de planilhas, gráficos, mapas e análises estatísticas, para comparações entre os resultados das variáveis analisadas.

As amostras de água foram coletadas com auxílio de um amostrador de material plástico transparente, com capacidade de 1 litro, para determinar em laboratório os índices de turbidez. Segundo Carvalho (2008), o instrumento mais simples para amostragem nas coletas, é a garrafa.

Após as coletas das amostras foi acondicionada em caixas de isopor com gelo, buscando-se manter a temperatura de 4°C, e transferidas para o Laboratório de Geociências Aplicadas (LGA), da Universidade Federal de Goiás (UFG) - Campus Jataí, local em que as análises laboratoriais foram realizadas.

Os parâmetros físico-químicos de condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, pH, temperatura da água e total de sólidos dissolvidos foram obtidos com um instrumento de medida multiparâmetros (Oakton Pcd 650), cuja sonda é inserida na água para leitura direta. Conforme o manual, a avaliação com esse equipamento procede-se, automaticamente, na área de coleta, mergulhando-se, na água, a sonda, que possui sensores calibrados de magnitude a obter os resultados instantaneamente.

A determinação da turbidez foi realizada com o turbidímetro HI88703, da Hanna instruments (2007), com 0,10ml de amostra previamente agitada, livre de impressões digitais, para não interferir na leitura, especialmente por onde passa a luz.

3.7 Processamento Cartográfico

Para os trabalhos cartográficos e o georreferenciamento dos dados foram utilizados os softwares SPRING 5.1.7 e ArcGIS 10.1, gerando os mapas de uso da terra, declividade, geologia, geomorfologia, solos e distribuição das variáveis limnológicas.

3.7.1 Mapa de declividade

O mapa da declividade foi elaborado a partir da imagem de relevo – SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), da EMBRAPA (MIRANDA, 2013), com cotas de distribuição espacial da topografia em Modelo Numérico do Terreno (MNT). Posteriormente, os valores foram convertidos em declividade no software ArcGIS 10.1, sendo fatiada a declividade nas

seguintes classes, de acordo com a proposta de Embrapa (1983), cujos valores de declive são: 0 - 3%; 3 - 8%; 8 - 20%; 20 - 45% e >45%.

3.7.2 Mapa de uso da terra

Os mapeamentos de uso da terra foram realizados para se obter comparação entre os dois períodos distintos do Cerrado, um o Período Chuvoso (PC), com excedente hídrico, e um Período Seco (PS), de déficit hídrico. Ambos os períodos foram analisados no ano de 2013, por possuir imagem disponível nestes dois períodos.

O instrumento imageador usado na classificação do uso da terra é o sensor LISS-3, embarcado na plataforma IRS-P6, que possui as informações espectrais conforme apresentando na Tabela 6. No software Quantum GIS, foram criadas as bandas azuis para gerar a falsa cor da composição RGB, que auxilia na classificação das imagens.

Tabela 6 – Informações espectrais e espaciais do satélite ResourceSat-1.

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
LISS III (Linear Imaging Self-Scanner) Satélite IRS-P6 (RESOURCE SA T-1)	Verde	0.52-0.59 μm	23,5 m	24 dias	141 km	7 bits
	Vermelho	0.62-0.68 μm				
	Infravermelho Próximo	0.77-0.86 μm				
	Infravermelho Médio	1.55-1.70 μm				

Fonte: INPE (2013).

Com as imagens orbitais, obtidas com o conhecimento das coordenadas planas e com o limite da bacia a ser trabalhada, foram utilizadas as bandas na composição RGB para executar o mapeamento.

O mapeamento do Uso da Terra foi feito de acordo com a classificação não supervisionada, no software Spring 5.1.7, com as imagens do satélite ResourceSat -1, sensor LISS III (Tabela 7), disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

Tabela 7–Relação das imagens utilizadas nos mapeamentos.

Satélite e Sensor	Orbita e Ponto	Data
Satélite IRS-P6 (RESOURCESAT-1)	326/091	03/01/2013
Sensor LISS III (Linear Imaging Self-Scanner)		14/07/2013

Fonte: INPE (2013).

Durante o processamento das imagens, após o georreferenciamento no software de geoprocessamento SPRING, foi realizada a classificação, segundo a ferramenta classificador “Maxver”, do SPRING. Para correção dos polígonos que ficaram confusos, foi executada, através da “Edição Vetorial”, a alteração dos atributos, reclassificando para as respectivas classes corretas. O mapa temático de uso da terra conteve as seguintes classes: Água, Mata/Cerradão, Pastagens, Cultura, Silvicultura e Solo Descoberto.

3.7.3 Mapa das variáveis limnológicas

Os mapas das variáveis limnológicas foram elaborados no software SPRING 5.1.7. O banco de dados das análises limnológicas foi inserido no SPRING em formato de amostra (z), com suas respectivas coordenadas (x, y), constituindo de base para a formação da grade x, y e z, gerando um MNT.

O interpolador utilizado foi o “média ponderada”, a partir de uma grade regular em MNT gerada, que dispôs os dados das amostragens em níveis de cinza, para realizar o fatiamento das classes previamente estabelecidas, segundo os resultados.

Conforme Wachholz (2007), o método de interpolação “média ponderada” considera o valor de cota e de seus oito vizinhos mais próximos a esse ponto; porém, atribuem-se pesos variados para cada ponto amostrado em função de sua distância, produzindo dados com processamento menor.

As classes de fatiamento para as variáveis limnológicas foram estabelecidas em diferentes intervalos, segundo a abrangência para os dados coletados em campo, para abranger as unidades de medidas das variáveis limnológicas ($\mu\text{S}/\text{cm}$; mg/L ; $^{\circ}\text{C}$; m; e, UNT). Os intervalos seguiram a paleta de cores, em que os tons mais próximos do verde são relativos aos valores mínimos, em torno do amarelo, valores médios e mais próximos do vermelho, valores máximos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do Uso da Terra e Cobertura Vegetal

As análises nas cartas de uso da terra permitiram identificar a distribuição das classes ocupantes, na extensão territorial da bacia. As classes consideradas na avaliação do uso da terra são as seguintes: Água, Cultura, Mata/Cerradão, Pastagens, Silvicultura, Solo Descoberto, interpretadas nos Mapas 7 e 8.

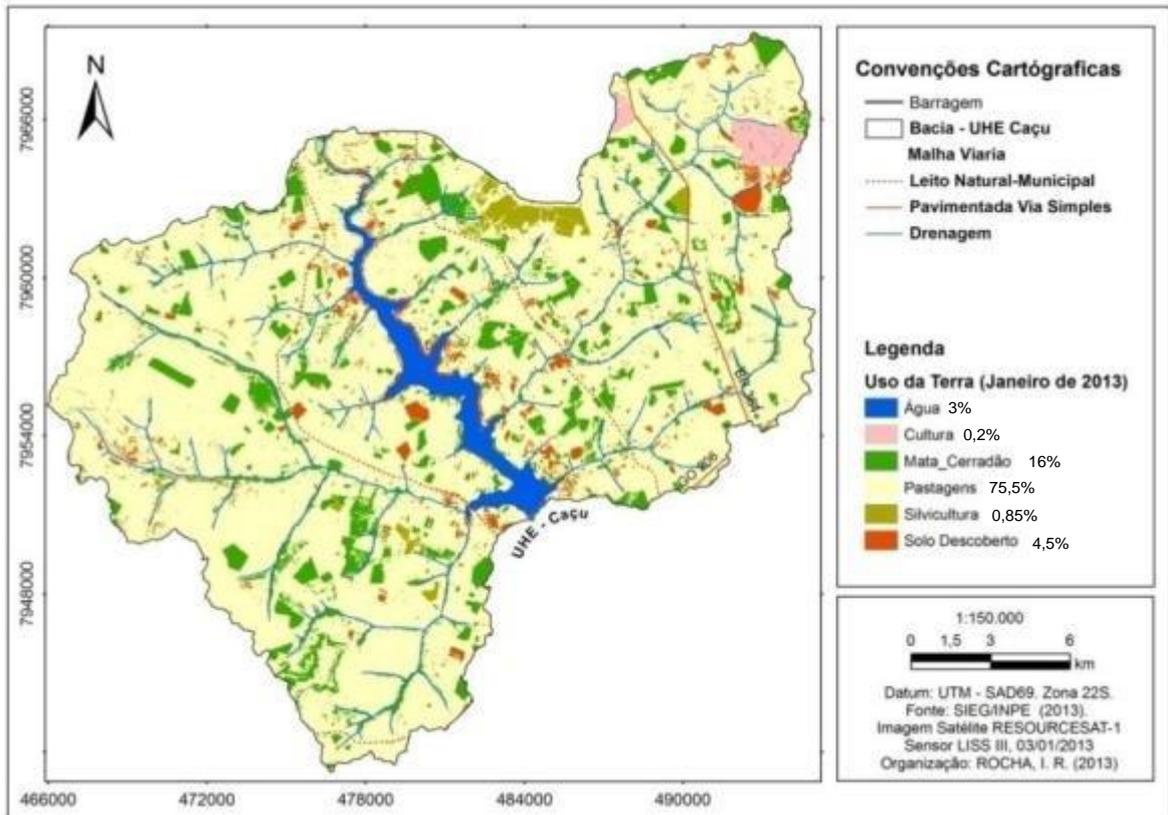
Ao observar os mapas de uso da terra, nota-se que houve algumas alterações nas bordas do reservatório; a área em que havia solo descoberto em janeiro foi substituída por vegetação em julho. De fato, essas áreas foram destinadas para aplicar o projeto de reflorestamento que se faz necessário em todo empreendimento deste porte (Foto 3).

Assim, pode-se verificar que o uso predominante da terra é por pastagem, com o maior percentual de ocupação 75,5%, representando 334,72 km². O solo descoberto são áreas com vegetação de pastagens muito rasteiras, e que, ao satélite passar, captura imagem com manchas vermelhas, ou de solo preparado para o plantio nessa região em estudo com 4,5% no período chuvoso, aumentando no período seco para 6,4%, já que as áreas sofrem com a falta de chuvas e parte das vegetações, como a pastagem, morre nesse período.

As vegetações arbóreas de cerradão, cerrado e mata, somadas, cobrem 16% da área, em janeiro e em julho, sendo inferior ao resultado apresentado por Paula et al. (2012), que havia detectado que 21% da área estavam preservadas. Quando comparado apenas os períodos avaliados na pesquisa, pode-se concluir que não é expressivo o aumento da vegetação, mas, é importante verificar, segundo os mapeamentos, que nas margens do reservatório ocorreu o replantio da mata ciliar. Embora haja classes de cultura permanente e temporária e reflorestamentos, essas atividades não somam nem 2% da área da bacia.

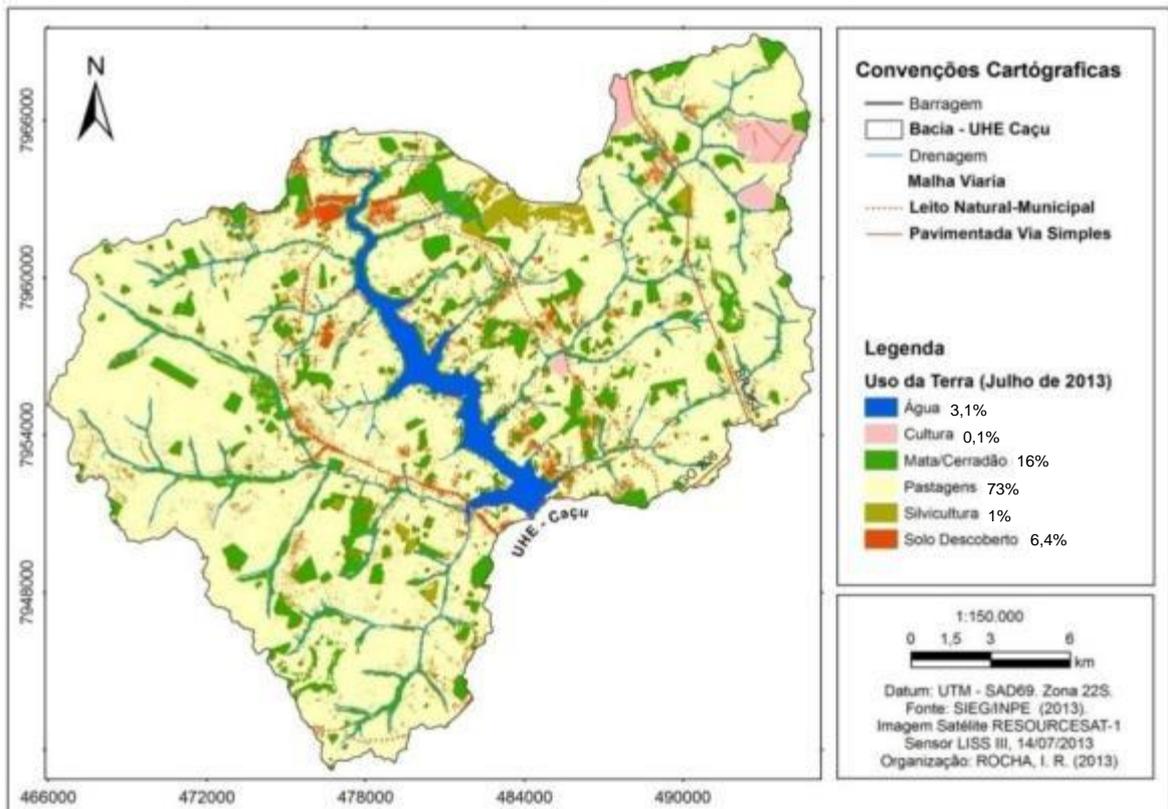
Conforme a pesquisa de Rocha (2011) na área de estudo abaixo da área da UHE Caçu, área da UHE Barra dos Coqueiros, no início do ano de 2000, a área de estudo era ocupada por pastagem para gado; no entanto, com a proposta do governo para produção de energia renovável, houve o aumento das indústrias sucroalcooleiras em toda a região Centro-Oeste Brasileira. Nesse sentido, no município de Caçu, foi implantada uma usina de biocombustível, próxima à área de estudo, influenciando, assim, na substituição do sistema agropastoril pela implantação de canaviais em partes da bacia da UHE Barra dos Coqueiros e que, futuramente, essas plantações se instalaram também nas áreas da bacia da UHE Caçu.

Mapa 7 – Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica da UHE Caçu, PC.



Fonte: Satélite ResourceSat 1 - sensor LISS III - passagem 03/01/2013.

Mapa 8 – Mapa de uso da terra da bacia hidrográfica da UHE Caçu, PS.



Fonte: Satélite ResourceSat 1 - sensor LISS III - passagem 14/07/2013.

Foto 1 – Placa indicativa das empresas envolvidas no reflorestamento das APPs do reservatório da UHE Caçu.



Fonte: ROCHA, I. R. (2013).

A vegetação presente encontra-se, ainda, em porcentagens inferiores ao necessário, principalmente nas áreas no entorno do reservatório. Com os projetos de reconstituição da mata ciliar, verifica-se que há necessidade de expansão das APPs.

As represas artificiais têm na resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002, algumas disposições que define limites para as APPs do entorno dos reservatórios. De acordo com o inciso II, do artigo 3º da Resolução, são destinados quinze metros, no mínimo, para os reservatórios artificiais de geração de energia elétrica com até dez hectares, sem prejuízos da compensação ambiental, ao contrário do Código Florestal Brasileiro - Lei nº 12.651/12, que prevê, nas margens de rios, a área mínima de florestas a ser mantida, dependendo da largura de cada rio. Neste sentido, em trechos de rios largos, com mais de 600m de largura, devem ter 500m de mata preservada em suas margens. Como o reservatório da UHE Caçu é artificial, verifica-se que em relação às APPs, estas estão sendo consideradas segundo a legislação do CONAMA nº 303/02.

As áreas de APPs estão sendo reflorestadas, em médias de 15 metros de distância. As distâncias das vegetações não foram mensuradas neste trabalho, mas, segundo os mapeamentos de uso da terra, as APPs estão sendo reflorestadas com as mesmas extensões em todas as margens do reservatório (Fotos 4 e 5).

Nos mapeamentos realizados nesta pesquisa e por Lima (2013) e Paula et al. (2012), verifica-se que as margens do reservatório encontram-se parcialmente desprotegidas de mata ciliar, e as áreas da bacia vêm sendo utilizadas, principalmente, para cultivo de pastagens. Isso implica na maior suscetibilidade a escoamento superficial, que se agrava sem aplicações de práticas conservacionistas.

Segundo Kobiyama, Mota e Corseuil (2008), o impacto negativo neste tipo de cenário é o transporte de sedimentos, poluentes agroquímicos e dejetos de animais, que provocam assoreamento e poluição na represa de origem natural ou artificial.

Foto 2 – Áreas previstas para APP, no reservatório da UHE Caçu.



Fonte: ROCHA, I. R. (2013).

Foto 3 – Áreas de APP, reconstituídas no reservatório da UHE Caçu.



Fonte: ROCHA, I. R. (2013).

4.2 Análise temporal e espacial das Variáveis Limnológicas

Os dados limnológicos que são apresentados sequencialmente fazem parte dos resultados de dados coletados nas campanhas temporais no reservatório da UHE Caçu. As análises da qualidade da água e a classificação dos corpos d'água foram realizadas segundo as condições e padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005.

4.2.1 Condutividade Elétrica (CE)

As variações temporais dos valores da condutividade elétrica dos pontos amostrados são apresentadas no Gráfico 2, na Tabela 8 e Mapa 9.

Ao analisar a variável CE, os valores temporais de condutividade elétrica registrados, tiveram o valor mínimo de 13,99 μ S/cm no PS de 2012, e o máximo de 47,51 μ S/cm, também no PS de 2013. O maior valor obtido encontra-se na área de influência do PA 19, que recebe

as águas do córrego da Furna, trecho do reservatório que, conforme Cabral et al. (2013), pode ser considerada uma área intermediária ou de transição, conforme a proposta de Kimmel et al. (1990), ou seja, um trecho em que não se encontra lenta nem turbulenta a água. Um dos fatores que pode justificar a elevada concentração de CE no ponto 19 em relação aos demais pontos, seria a carga de material carregada pelo córrego e pelo solo exposto nas margens (Foto 6), devido à, naquele momento, estar ocorrendo a preparação para plantio da mata ciliar, no processo de transporte de material pela ação do vento na bacia.

A partir da análise estatística dos dados, é possível verificar que existe certa homogeneidade, pois o desvio padrão para ambos os períodos ficou em torno de quatro e o coeficiente de variação é inferior a 22%.

Tabela 8 – Valores de CE dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

Estatística Descritiva	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
Mínimo	17,2	13,99	20,33	22,13
Máximo	24,40	32,39	30,73	47,51
Média	19,65	21,25	24,41	26,75
Desvio-Padrão	1,49	4,34	2,63	5,74
Coefficiente de Variação (%)	7,60	20,44	10,79	21,47

Gráfico 2 – Análise temporal da CE das amostragens do reservatório da UHE Caçu.

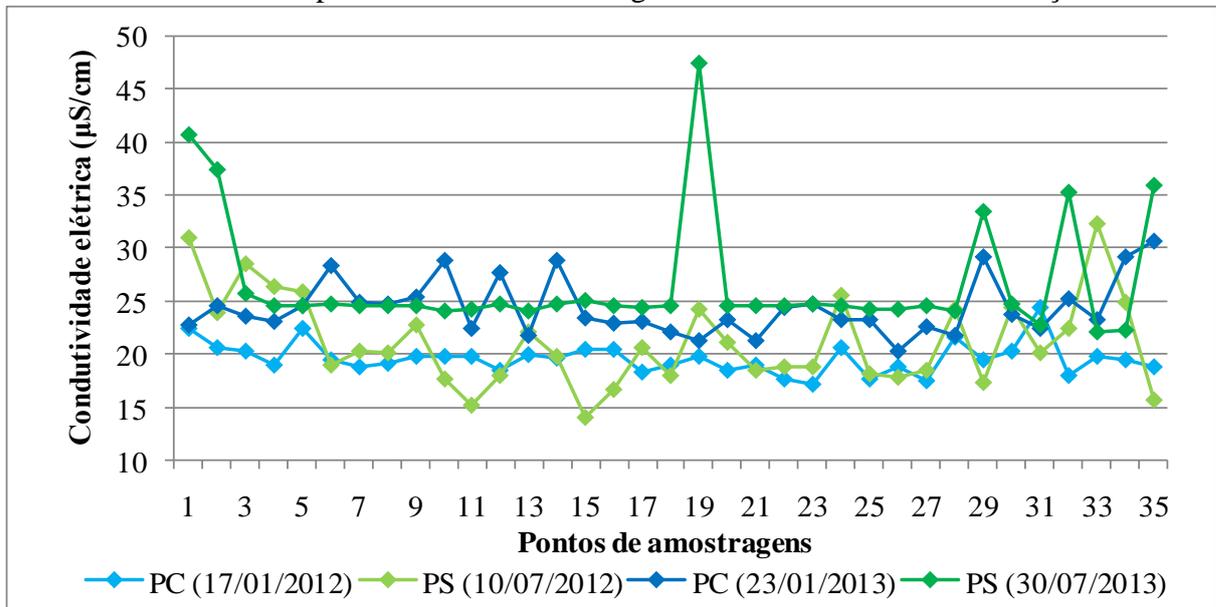


Foto 4 – Paisagem próxima do PA 19, margem direita do reservatório da UHE Caçu.



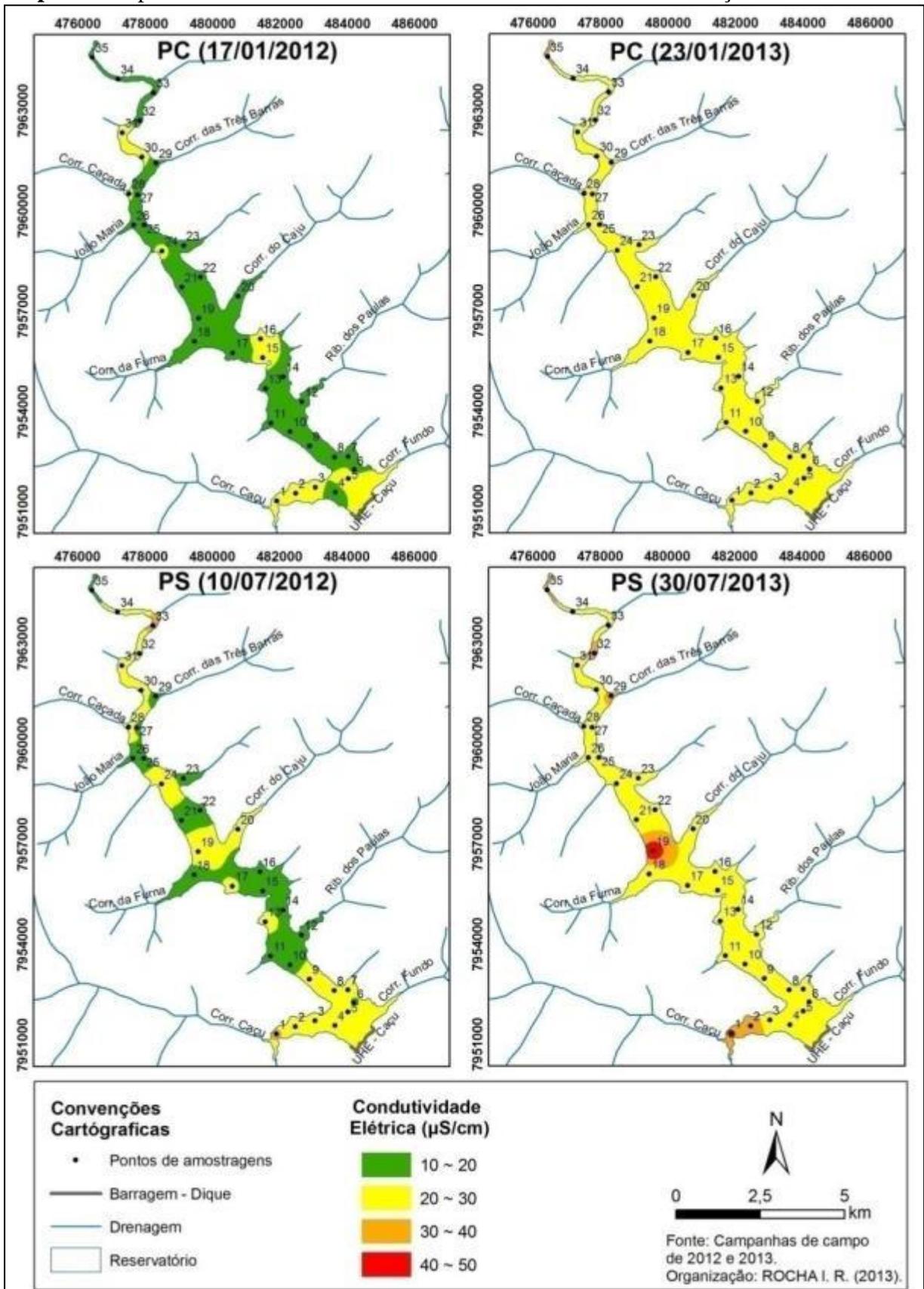
Os Mapas 9 de CE estão correlacionados com os mapas de TDS, na associação dos dados, pois ambos são condizentes, em cada coleta; se os dados estão elevados em um ponto, no outro também se apresenta elevado. A partir da análise espacial e temporal, verifica-se que os resultados não foram homogêneos, em relação aos períodos dos meses de janeiro e de julho, sendo que no período seco ocorreram os maiores índices de CE.

No estudo realizado por Resck (2007), para todo o reservatório da Pampulha (MG), as variáveis físicas turbidez e totais de sólidos dissolvidos seguiram o mesmo padrão observado para a condutividade elétrica.

De acordo com os estudos realizados por Barcelos (2012), os índices de condutividade elétrica no córrego ou ribeirão caçada, mantiveram-se bem próximos dos valores obtidos para o reservatório, ficando entre 24,17 a 24,99, no ano de 2012.

Alves (2009) observou uma redução da CE Rio Coxipó (MT), nos períodos chuvosos, sendo atribuída à maior diluição de sais na água. No entanto, no período seco, julho a dezembro de 2001, devido à estiagem intensa, os íons se tornaram cada vez mais concentrados, aumentando consideravelmente a condutividade elétrica, fato semelhante ao que aconteceu no reservatório de Caçu, pois, no período de seca, as águas chegam a ficar 12 horas paradas no reservatório.

Mapa 9 – Mapas temáticos dos valores de CE do reservatório da UHE Caçu.



4.2.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é essencial para a sobrevivência dos ecossistemas aquáticos. Conforme a resolução CONAMA n° 357/05, as amostras não podem conter valores inferiores a 6 mg/L para a classe 1; 5mg/L na classe 2; 4mg/L na classe 3; 2 mg/L na classe 4.

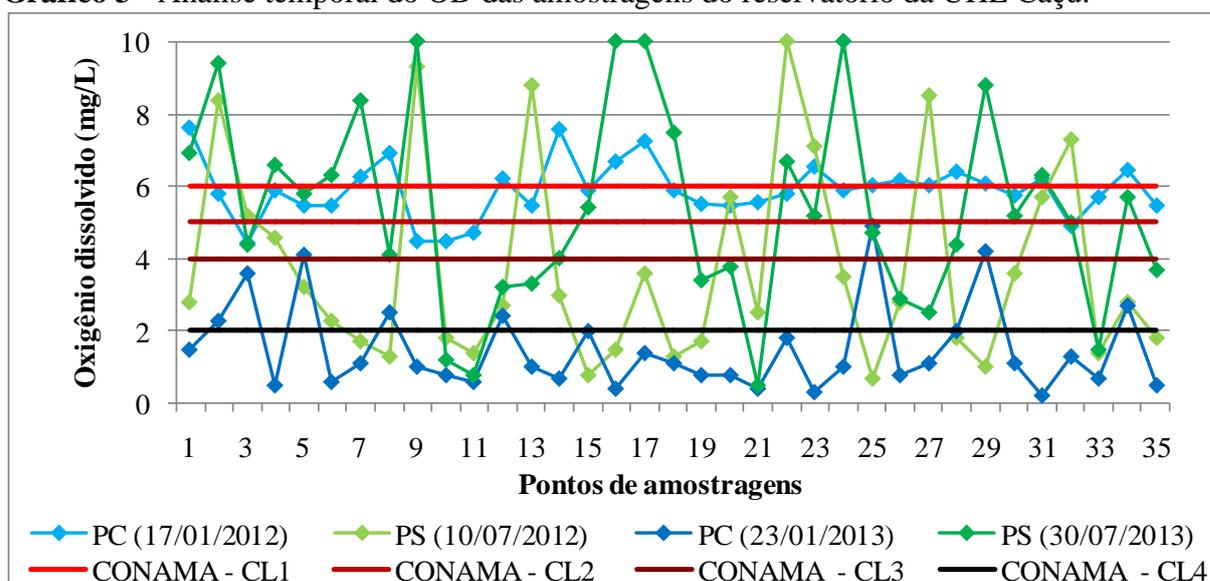
De acordo com as análises realizadas, o OD apresentou valores (Tabela 9 e Gráfico 3) que podem ser classificados em todas as classes de águas doces previstas pela resolução CONAMA. A espacialização dos dados pode ser observada nos mapas 10.

A valor mínimo obtido foi de 0,2mg/L no PC, e o máximo de 10mg/L, ambos no PC e PS. A média mais baixa registrada foi no PC de 2013, sendo de 1,49mg/L, índice que classifica o corpo d'água como de classe 4, determinada pelo CONAMA. Os dados estatísticos apontam que os dados em relação ao coeficiente de variação variarão bastante, chegando até 79,95%, devido a grande variabilidade dos dados.

Tabela 9 – Valores de OD dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

Estatística Descritiva	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
Mínimo	4,44	0,7	0,2	0,5
Máximo	7,62	10,00	4,90	10,00
Média	5,90	3,76	1,49	5,36
Desvio-Padrão	0,78	2,74	1,19	2,71
Coefficiente de Variação (%)	13,18	72,94	79,95	50,65

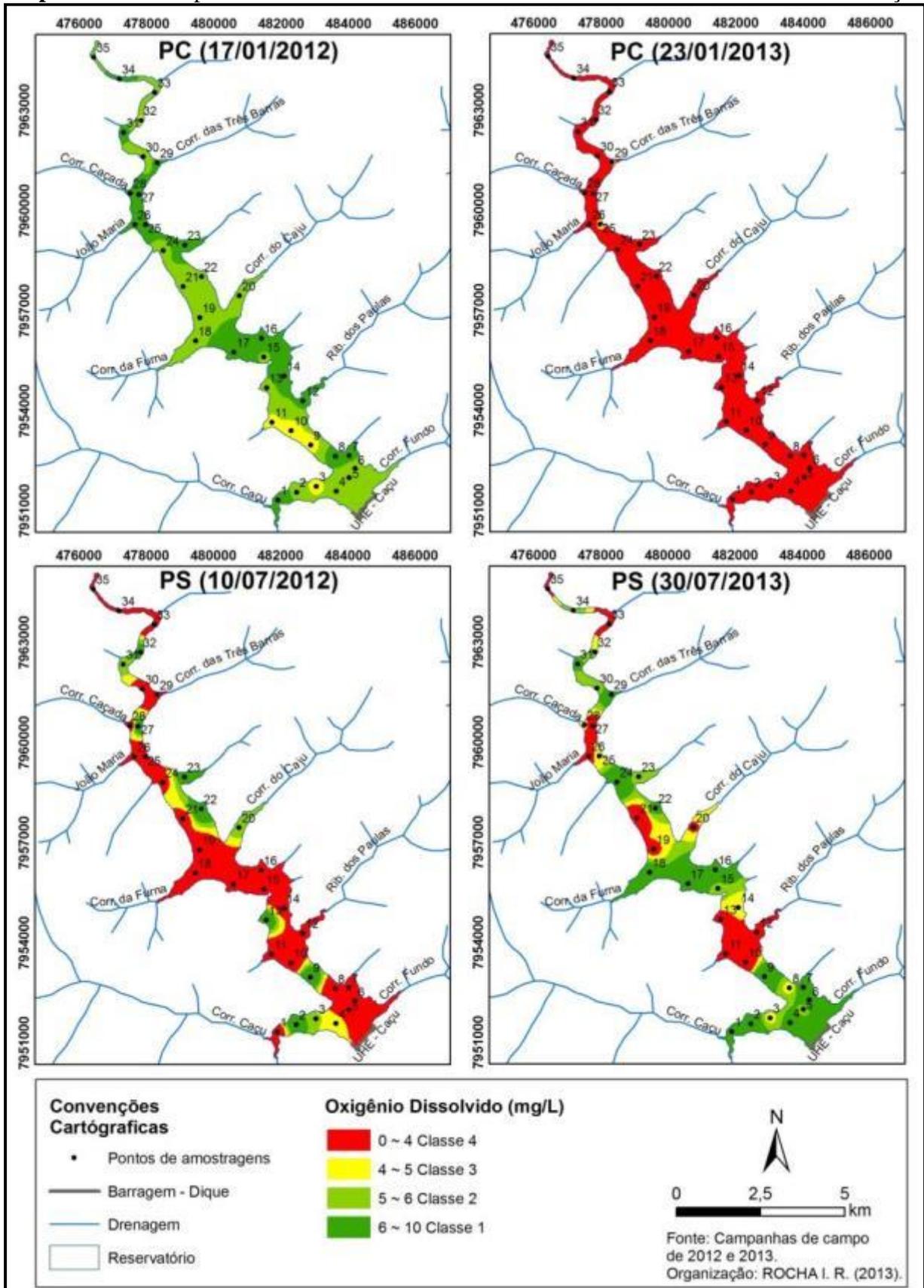
Gráfico 3 - Análise temporal do OD das amostragens do reservatório da UHE Caçu.



A partir da análise dos Mapas 10, verifica-se que o oxigênio dissolvido (OD) apresentou variações sazonais bem marcadas entre os períodos seco e de chuvas. As variações na campanha de janeiro de 2013 registraram baixos níveis, como na campanha de julho do mesmo ano. Os baixos valores verificados para OD, possivelmente, ocorreram devido à baixa vazão dos afluentes e as altas temperaturas que permaneciam no lago durante as coletas, entre 30 e 35°C, contrário ao período de estiagem na região.

Às áreas próximas de dessedentação de animais há uma redução do oxigênio da água, por causa do revolvimento do sedimento que ocorre quando há entrada do gado logo. O fator mais influenciador de entrada de oxigênio na água é a turbulência, e os de saída de oxigênio, são o consumo microbiológico e a eutrofização.

Mapas 10 – Mapas temáticos dos valores de OD do reservatório da UHE Caçu.



No estudo realizado por Resck (2007), o oxigênio dissolvido apresentou maiores concentrações na parte mais rasa do reservatório da Pampulha (MG), com resultados entre 4 e 10mg/L. No reservatório de Caçu, os maiores índices de OD ocorreram próximo à barragem, possivelmente devido à movimentação da água para geração de energia.

As oscilações de OD em relação aos períodos observados, principalmente o PC de 2013, podem ser as responsáveis por uma série de problemas na qualidade da água, e também aos que afeta a biota aquática, diretamente na respiração dos microorganismos (VON SPERLING, 2006).

Os fatores que influenciaram essa constante alteração fazem parte dos fenômenos climáticos, como a temperatura e a pressão atmosférica (VON SPERLING, 2006). Assim, a ausência de movimentação da água para entrada de oxigênio também é mínima. E, outro fato importante, é tempo de residência do oxigênio na água, pois, no período chuvoso, o tempo limite é de 3 dias, e, no período seco, é de 16 dias (NOVELIS, 2005).

Segundo a CETESB (2003) e Esteves (1998), o aumento da temperatura intensifica a produção fitoplanctônica, aumentando a absorção de nutrientes por esses organismos. Assim, a solubilidade do oxigênio na água diminui e aumenta a solubilidade de vários compostos químicos que afetam a vida aquática. Durante a decomposição da matéria orgânica, pode ocorrer, ainda, uma diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água, principalmente em reservatórios de grandes profundidades.

4.2.3 Potencial Hidrogênionico (pH)

O pH encontra-se dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, que indica pH de 6 a 9 para todas as classes de águas doces. Conforme Kleerekoper (1990), o pH abaixo de 6 e acima de 9 é raro, mas, em pesquisas realizados por Kleerekoper, os açudes do nordeste brasileiro apresentaram valor de pH, em sua maioria, acima de 8,0.

O pH abaixo de 7,7, segundo Kleerekoper (1990), trata-se de uma reação ácida, e, acima de valor, reação alcalina, o que caracteriza que as águas do reservatório de Caçu estão com seus valores em torno dessa média, segundo Kleerekoper.

Os dados de pH (Tabela 10 e Gráfico 4) para o reservatório de Caçu indicam concentrações levemente alcalinas a ligeiramente ácidas. No PC, a média foi de 7,30, em 2012, e 6,57, em 2013. Já no PS, 6,73, em 2012 e 7,20, em 2013. Os valores médios estiveram próximos da neutralidade. No entanto, não apresentaram algum padrão de distribuição em relação aos períodos distintos das estações (Verão e Inverno).

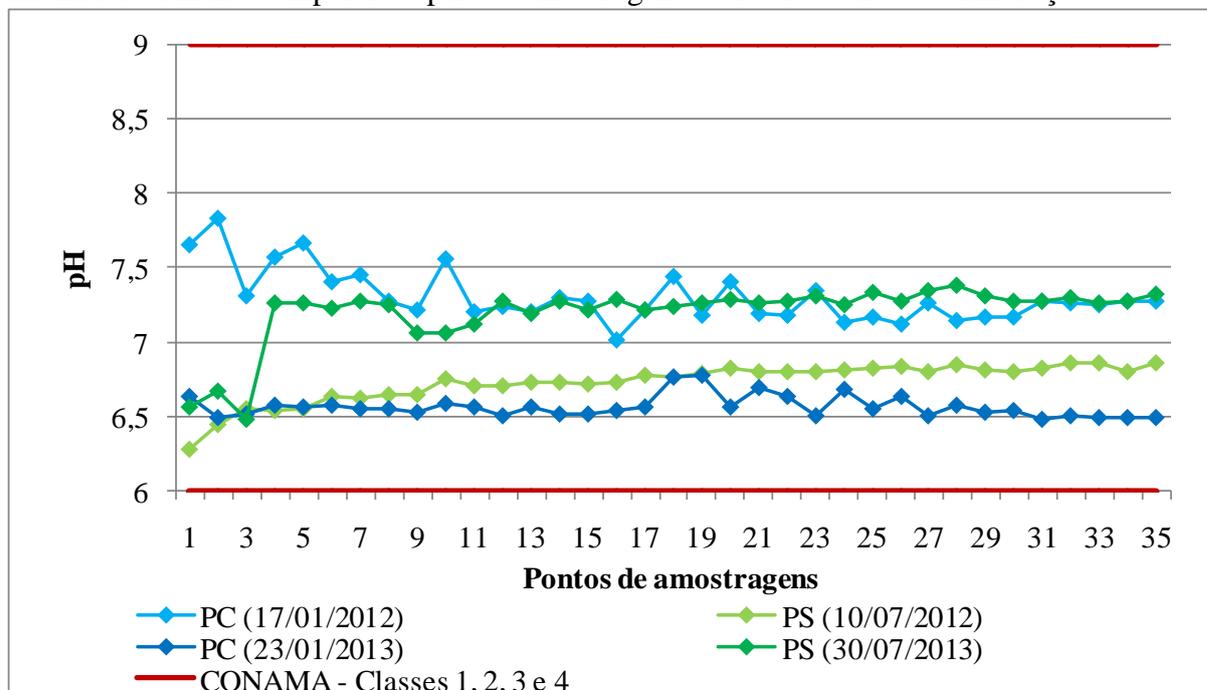
Os menores valores de Ph observados por Alves (2009), para o Rio Coxipó (MT), foram de mínimo 7,20, no período de seca, e o maior de 7,40, para o mesmo período. Dados semelhantes aos obtidos nesta pesquisa.

Segundo Esteves (1988), muitos fatores, como a geologia do local, contribuem para a variação do pH em ecossistemas aquáticos. O ambiente geológico condicionou os valores de pH que foram obtidos nas campanhas, pois o mínimo foi de 6,28 e o máximo 7,83, apresentando distribuição, devido ao fato de o ambiente ser composto por rochas basálticas da Formação Serra Geral. A homogeneidade dos dados caracterizou baixo desvio-padrão e coeficiente de variação.

Tabela 10 – Valores de pH dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

Estatística Descritiva	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
Mínimo	7,02	6,28	6,48	6,48
Máximo	7,83	6,86	6,78	7,38
Média	7,30	6,73	6,57	7,20
Desvio-Padrão	0,17	0,13	0,07	0,21
Coefficiente de Variação (%)	2,40	1,93	1,12	2,87

Gráfico 4 - Análise temporal do pH das amostragens do reservatório da UHE Caçu.



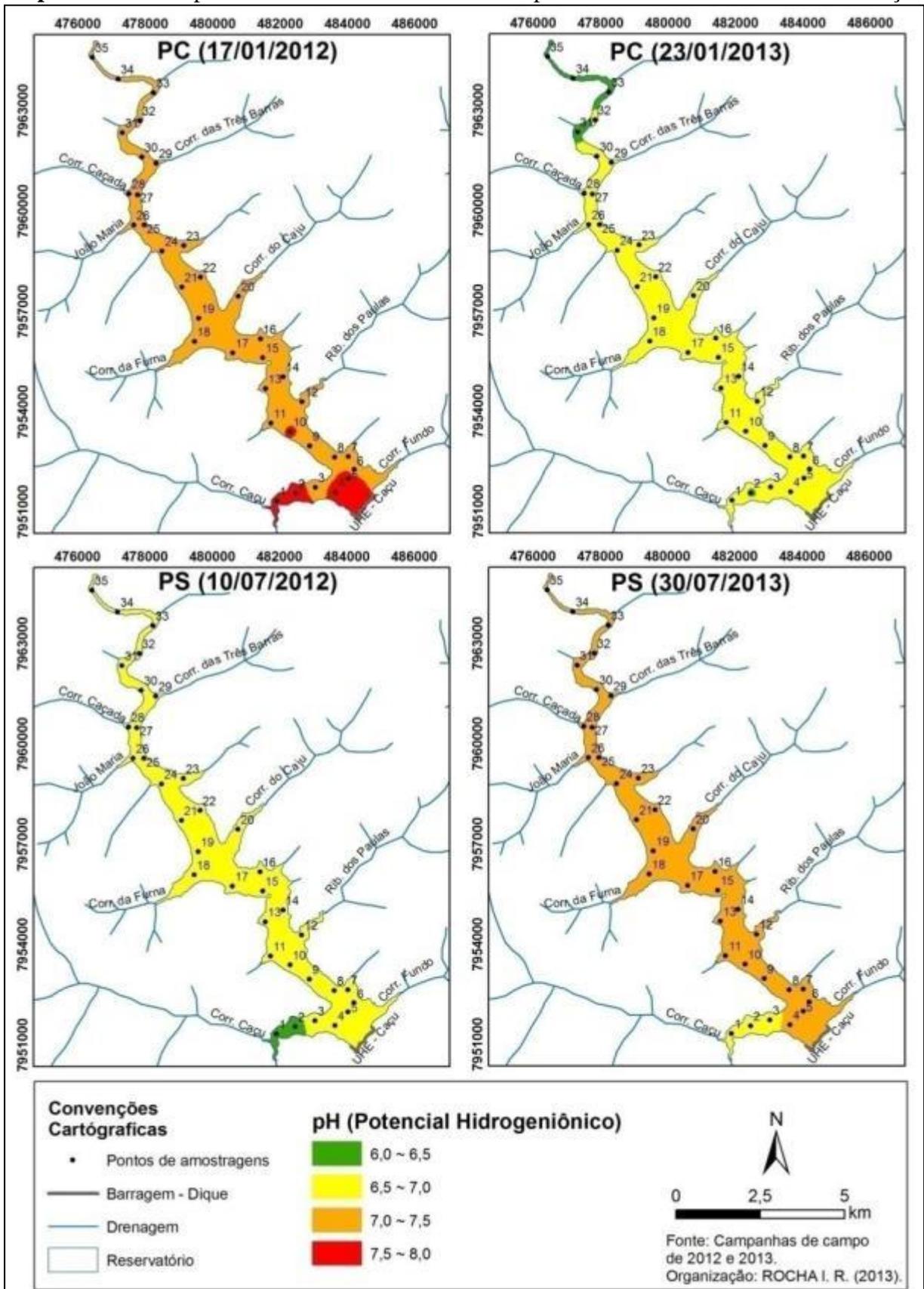
Os Mapas 11 variavam nos PC e PS de forma discordante dos dados de um período para outro. Essa ocorrência pode ter características indicadas por Wetzel (1983), em que subprodutos da decomposição da matéria orgânica, ou dissociação, como ácido carbônico

(CO₂) e ácidos orgânicos dissolvidos, após a alteração na água, liberam íons (H⁺), afetando os valores de pH. Para Esteves (1988), onde há altos índices de íons de carbonato e bicarbonato com a água, elevam os valores de pH para a faixa alcalina.

As variações no pH podem ter sido modificados por outras variáveis liminológicas, ou modificou-as e vice-versa, aumentando ou diminuindo o pH. Observou-se, neste estudo, uma tendência de elevação do pH no PC de 2012 e PS de 2013.

Morais e Silva (2012), ao estudarem as águas do rio Poti, no Piauí, verificaram que a ocorrência de precipitação pluvial resultava na redução no pH da água, fato este semelhante aos que ocorreram para o reservatório de Caçu, quando se compara os dados de pH nos períodos seco e chuvoso. Segundo estes autores (2012), este cenário pode ter como causa a poluição por ureia e compostos químicos originados das áreas de pecuária e agricultura, fato este que também ocorre nas áreas próximas ao reservatório de Caçu, embora outros fatores pudessem ter atuado em conjunto, como a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e atividade fotossintética, dentre outros, conforme Von Sperling (2006).

Mapas 11 – Mapas temáticos dos valores de pH do reservatório da UHE Caçu.



4.2.4 Temperatura da Água (T)

A temperatura relaciona-se com muitas variáveis. Os resultados obtidos para temperatura superficial da água apresentaram-se bastante uniformes em toda extensão do reservatório. Este é um parâmetro de grande importância para a comunidade aquática, já que influencia a maioria dos processos físicos, químicos e biológicos na coluna d'água (ESTEVES, 1998).

As temperaturas da água nos dias das coletas apresentaram valores de mínima 17,64°C PC e máxima 34,40°C PC. Os PC são característicos de altas temperaturas, porém, se o ambiente estiver nublado e chuvoso, a temperatura da água tende a diminuir, episódio que ocorreu no PC de 2013, em que a temperatura esteve baixa durante todas as amostragens no reservatório. No OS, houve homogeneidade nos valores analisados; as variações foram baixas, tanto em 2012, como em 2013 (Tabela 11 e Gráfico 5).

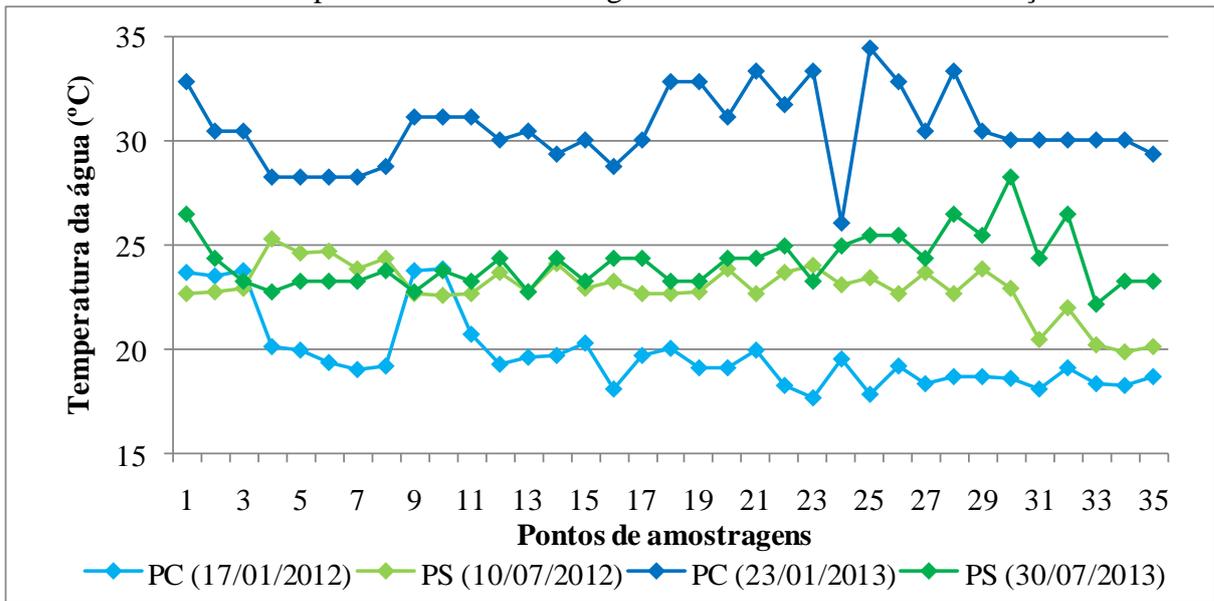
Segundo Rocha (2011), na Bacia da UHE Barra dos Coqueiros, as temperaturas da água nos afluentes apresentaram uma média entre 22,6 a 24,6°C, enquanto que nos afluentes da UHE Caçu foram de 21,3 a 23,1°C (BARCELOS, 2012). Assim, os índices de temperatura da água são fundamentais para alterações na biota aquática, bem como para a produção de oxigênio, decomposição da matéria orgânica e outras reações.

Ao analisar os dados de estatística descritiva, os resultados das médias de T ficaram entre 19 e 30°C. O desvio-padrão e o coeficiente de variação foram baixos, pois os dados possuem padrão sem muita variação.

Tabela 11 – Valores de T dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

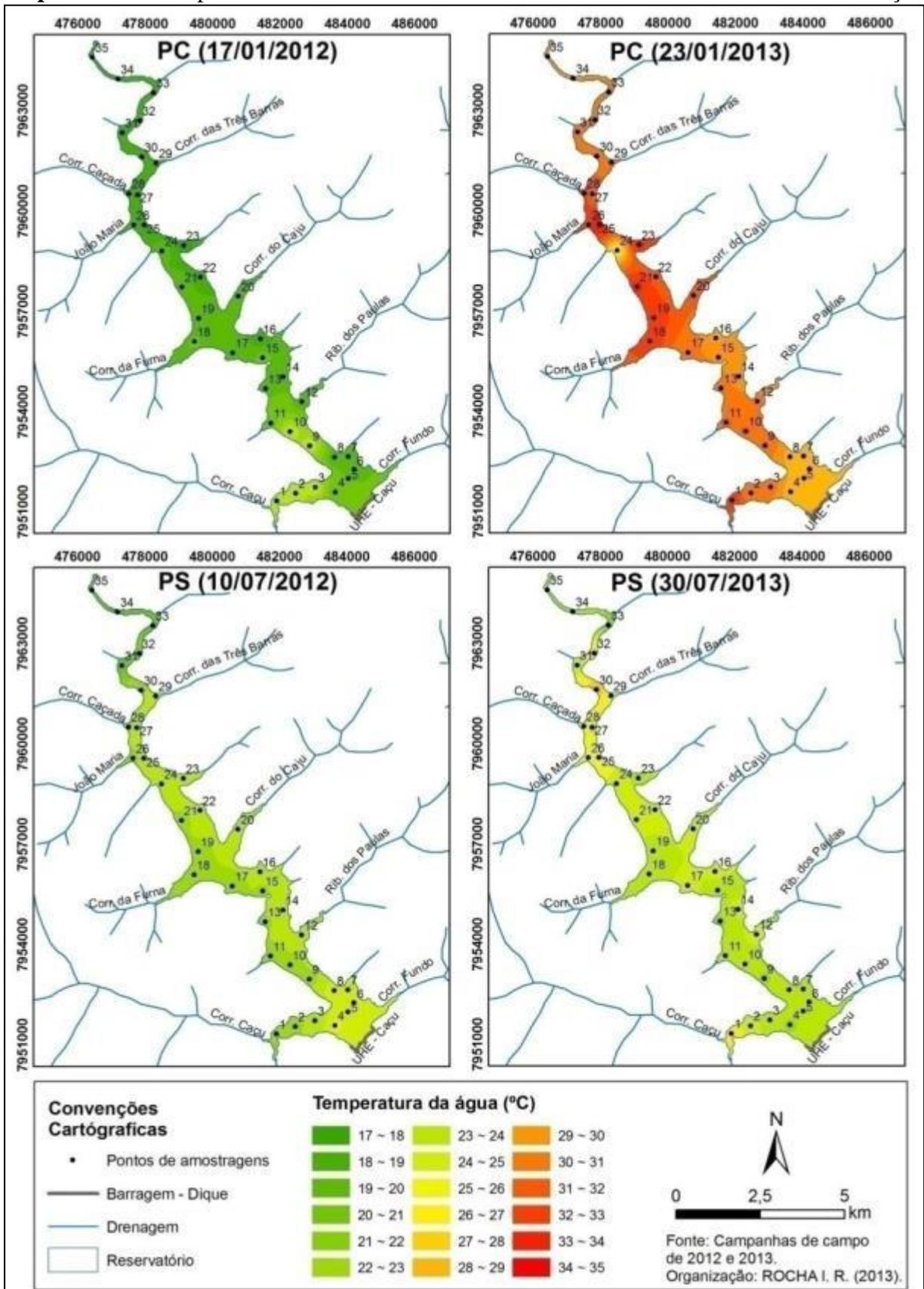
Estatística Descritiva	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
Mínimo	17,64	19,9	26,1	22,2
Maximo	23,82	25,30	34,40	28,30
Média	19,75	22,96	30,57	24,24
Desvio-Padrão	1,79	1,25	1,81	1,31
Coeficiente de Variação (%)	9,06	5,45	5,93	5,41

Gráfico 5 - Análise temporal da T das amostragens do reservatório da UHE Caçu.



Os Mapas 12 apresentam a espacialização da T nos períodos distintos de análises, e suas temperaturas são percebidas em função dos pontos de amostragem, sendo apresentadas de grau em grau. Os dados variaram conforme a isolação do dia, pois, sabe-se que, durante o dia, há variação da incidência de radiação solar.

Mapas 12 – Mapas temáticos dos valores de T do reservatório da UHE Caçu.



Arcova et al. (1998), ao estudarem bacias hidrográficas na mata atlântica, detectaram valores de temperatura da água nos rios do Município de Cunha, Estado de São Paulo, abaixo de 20 °C, pois a vegetação que acompanha a zona ripária dessas microbacias proporcionava efetiva proteção contra o aquecimento excessivo da água, mas as temperaturas médias estiveram sempre acima de 21 °C, fenômeno típico da capacidade de retenção de calor de massas d'água represadas.

Os valores de temperatura detectados para o reservatório de Caçu, no período de 2013, quando comparado com os valores obtidos por Barcelos (2012), apresentam certa semelhança com o estudo desenvolvido por Arcova et al. (1998), pois as áreas de afluentes estudadas por Barcelos (2012) apresentam suas matas ciliares, enquanto que, na área do reservatório, as margens estão desprotegidas de vegetação.

No estudo realizado por Almeida e Schwarzbald (2003), a variação de temperatura da água do arroio Cria Montenegro (RS) ocorreu, principalmente, em relação aos diferentes volumes de água e à falta de cobertura vegetal florestal ao longo do percurso do rio, que servissem de anteparo para os raios solares, fato esse que pode também ser associado ao reservatório de Caçu, devido à falta de vegetação nas margens.

4.2.5 Total de Sólidos Dissolvidos (TDS)

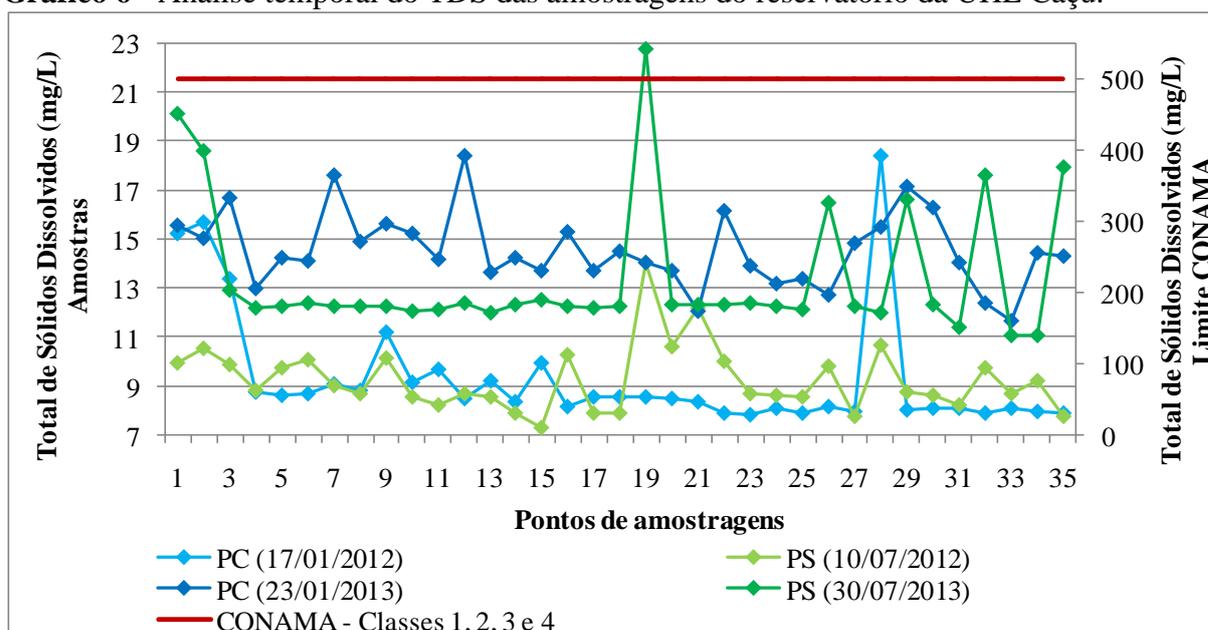
As concentrações temporais de TDS são observadas na Tabela 12, Gráfico 6 e nos Mapas 13. O TDS foi influenciado por outras variáveis, como a condutividade elétrica e o pH. Os valores de TDS assemelham-se na distribuição com a variável CE, devido à quantidade de íons em solução dissolvidos no momento das análises, que alteraram os resultados de CE e pH.

Os valores de TDS tiveram maior concentração no PS de 2013, com máxima de 22,8 mg/L no PA 19. A mínima registrada, tanto no PC de 2012 e PS de 2012, foi em torno de 7mg/L.

Os valores identificados por Rocha (2012) obtiveram níveis de total de sólidos dissolvidos na água de 10 a 15mg/L nos afluentes da bacia hidrográfica da UHE Barra dos coqueiros, no período chuvoso, enquanto que, no período seco, os índices foram de 5 a 10mg/L, assemelhando-se aos resultados obtidos nessas análises.

Tabela 12 – Valores de TDS dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

Estatística Descritiva	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
Mínimo	7,87	7,34	11,69	11,07
Máximo	18,41	14,08	18,42	22,80
Média	9,37	9,28	14,57	13,47
Desvio-Padrão	2,48	1,35	1,52	2,80
Coefficiente de Variação (%)	26,46	14,55	10,40	20,80

Gráfico 6 - Análise temporal do TDS das amostragens do reservatório da UHE Caçu.

Os PA 1, 2 e 3 são os primeiros pontos de coleta e registraram, sempre, maiores valores para o TDS. Esse fator pode ser associado ao fato de estarem localizados próximos da entrada do afluente - o córrego Caçu (maior micro bacia afluente do reservatório da UHE Caçu) e de uma ponte e área de lazer, o que ocasiona prováveis exposições à entrada de poluentes (Foto 7).

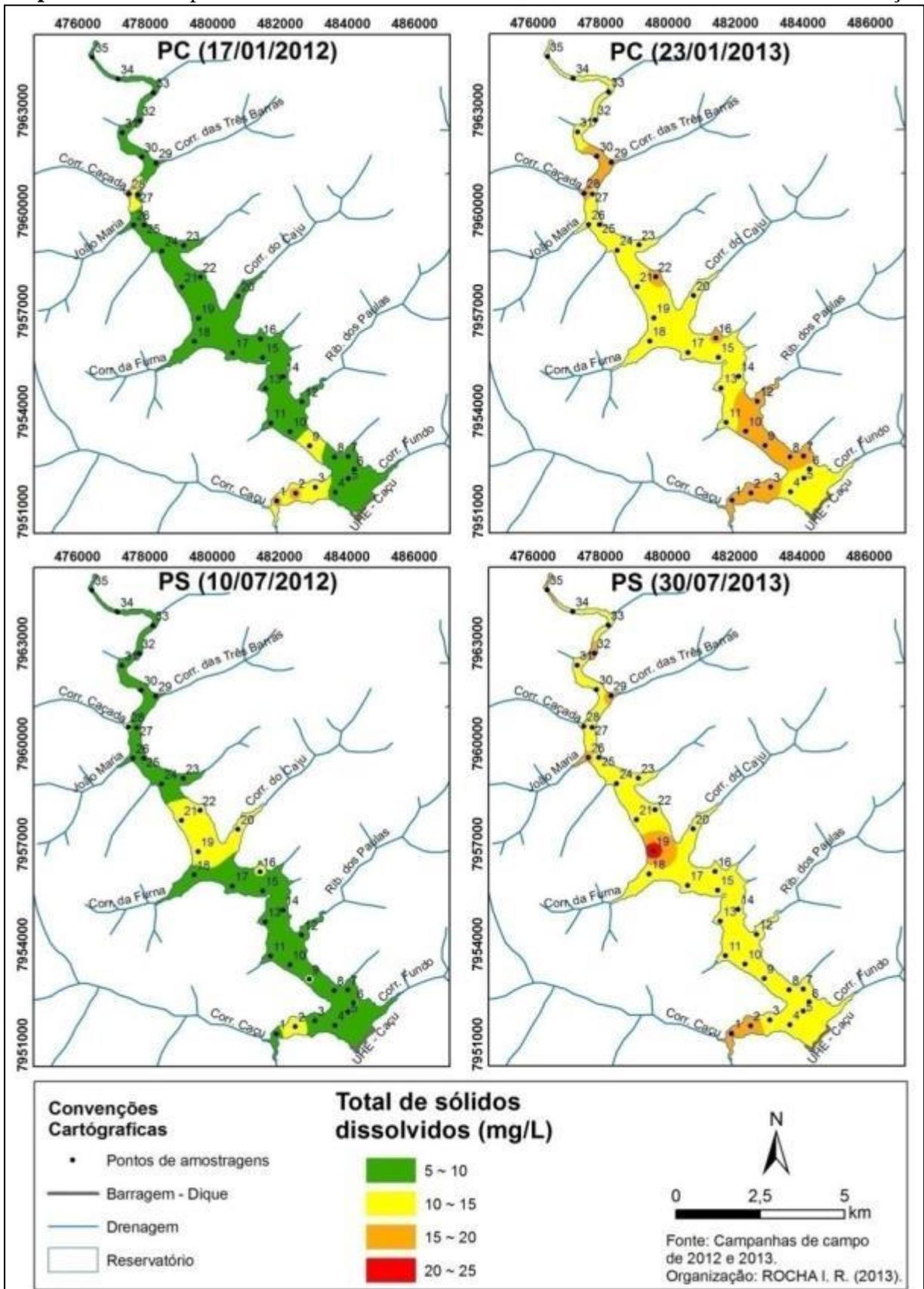
Esses pontos também se encontram próximos às áreas agrícolas, que, possivelmente, proporcionarão uma concentração de sedimentos orgânicos e inorgânicos ao sistema em análise. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, que determina o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, a concentração de sólidos dissolvidos total deve ficar abaixo de 500 mg/L, para todas as classes de águas doces.

Foto 5 – Paisagem próxima do PA 1, 2 e 3, afluente do reservatório da UHE Caçu.



Fonte: ROCHA, I. R. (2013).

Mapas 13 – Mapas temáticos dos valores de TDS do reservatório da UHE Caçu.



A partir da análise espacial dos dados, é possível verificar que a área sobre a influência do córrego Caçu sempre apresentou as maiores concentrações de TDS para os quatro períodos analisados.

4.2.6 Turbidez (TUR)

A turbidez está fortemente relacionada com as erosões causadas pelo destino do uso da terra, como áreas de pastagens degradadas, descobertas de vegetação, preparadas para plantio agrícola, que provocam transportes, em grandes quantidades, de sedimentos. Assim, a turbidez aumenta após chuvas fortes, carreando sedimentos das margens e também pelas enxurradas.

As campanhas registram altos valores de turbidez para os pontos de amostragem próximos à montante do reservatório, que ainda se assemelha a fase de rio (Fotos 8). Mas, os dados ficaram nos limites do padrão determinado pelo CONAMA nº 357/05, e também ultrapassaram os mesmos, apresentando índices acima de 100UNT (Tabela 13 e Gráfico 7). O maior valor registrado foi de 157UNT, no PC. E no PS, foi registrado resultado mínimo de 0 UNT. Os PA com elevada Turbidez estão localizados nas saídas de afluentes, próximos ao trecho de rio do reservatório (Mapas 14).

Na época de estiagem das chuvas (PS), a concentração da turbidez sempre tem índices baixos nessa área em estudo (UHE Caçu). Assim, foram registrados, em todos os pontos, valores turbidez abaixo de 40UNT.

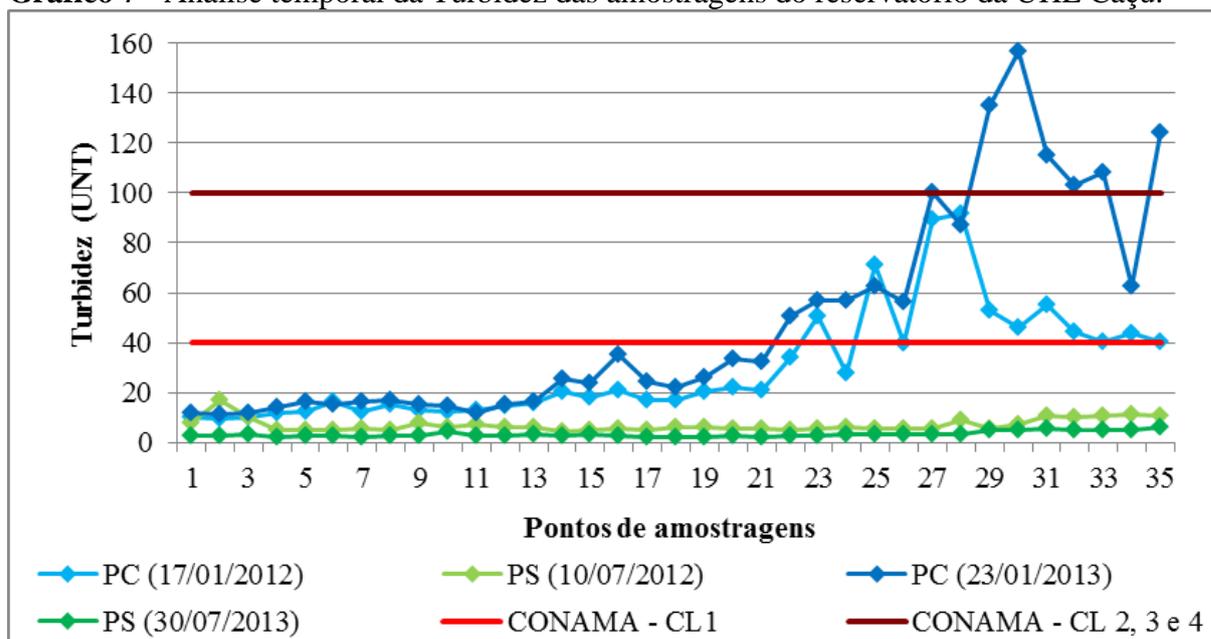
Fotos 6 – Paisagem no PA 29 e 32 com alta Turbidez no reservatório da UHE Caçu.



Fonte: ROCHA, I. R. (2013).

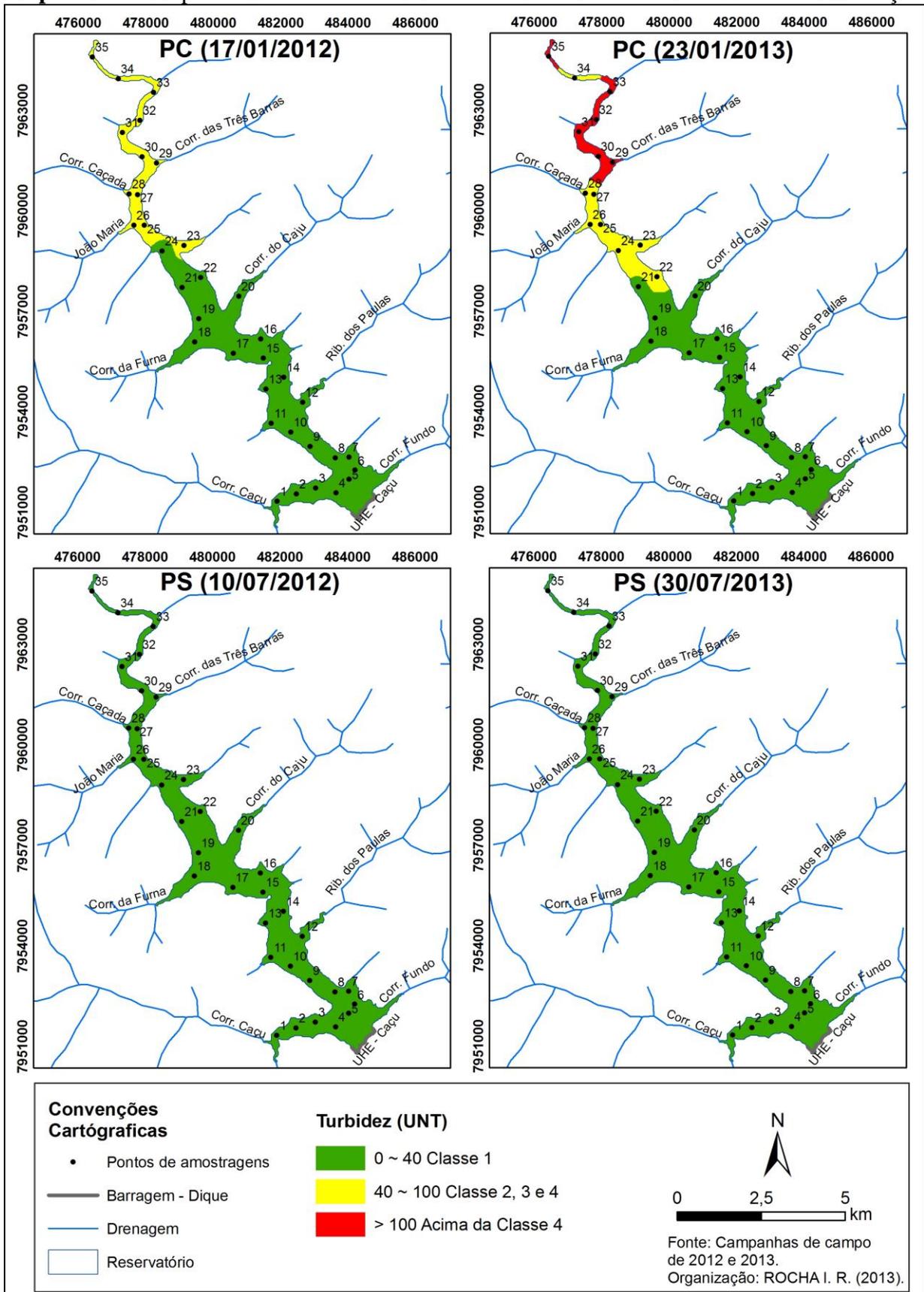
Tabela 13 – Valores de Turbidez dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

Estatística Descritiva	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
Mínimo	3,84	0	11,2	1,99
Máximo	97,00	1,90	157,00	5,95
Média	25,19	0,42	48,09	3,19
Desvio-Padrão	23,54	0,64	41,82	1,05
Coefficiente de Variação (%)	73,35	38,62	86,97	32,85

Gráfico 7 - Análise temporal da Turbidez das amostragens do reservatório da UHE Caçu.

Os dados de turbidez na área em estudo confirmam que a precipitação influencia diretamente no escoamento superficial e transporte de sedimentos, o que é comprovado quando considerados os dados estatísticos de DP e CV, os quais se apresentaram altos nos PC, principalmente pelos altos valores registrados nos últimos PA (22 ao 35).

Mapas 14 – Mapas temáticos dos valores de Turbidez do reservatório da UHE Caçu.



A partir da análise espacial dos dados e segundo a proposta de Kimmel et al. (1990), no período seco ocorre uma homogeneização dos dados, não sendo possível identificar os setores que poderiam ser classificados como fase rio, intermediário ou transição e lago.

No período chuvoso, de acordo com a proposta de Kimmel et al. (1990), da montante (início do reservatório) até o córrego Caçada, pode ser considerado o trecho com as características da fase de rio. Do córrego Caçada aos córregos das Furnas e Caju, encontra-se uma área com característica de trecho de transição. Já entre os córregos Furna e Caju, até o barramento do reservatório, seria o trecho com características de lago.

4.3 Análises estatísticas: correlação e regressão

A avaliação por meio da correlação linear de Pearson foi aplicada na tentativa de responder o quanto as variáveis limnológicas possuíam relação entre si. A análise foi efetuada utilizando os dados provenientes das campanhas dos campos (PC e PS) do ano de 2012 e 2013, de acordo com a proposta, adaptada de Santos (2007), sendo considerada correlação fraca valores entre 0% a 40%, média entre 40% e 70% e forte entre 70% e 100%.

Na discussão dos dados do reservatório de Caçu, foram utilizadas as correlações médias e altas obtidas através das variáveis limnológicas, sendo discutidos somente os valores acima de 0,4 (positiva ou negativa) de correlação, ou seja, que se encaixem no coeficiente de correlação $> 0,4$; acima desse nível, que é considerada “Moderada positiva - (MP)”, ou $> -0,4$ “Moderada negativa - (MN)”, segundo a proposta adaptada de Santos (2007).

Assim, as correlações “Fracamente positiva - (FrP)”, “Fracamente negativa - (FrN)”, “Ínfima positiva (IP)” e “Ínfima negativa (IN)” ou “Nula (NL)” não serão abordadas nas discussões dos gráficos, por se tratar de valores baixos para demonstração nos gráficos de dispersões, embora estatisticamente possuam valores expressivos segundo as análises dos dados.

A utilização da análise de Correlação de Pearson permitiu identificar a relação entre os parâmetros de qualidade de água, além de estabelecer as melhores variáveis para correlação. Para a análise, foram discutidos somente os gráficos de maior coeficiente de determinação (r^2) das variáveis físico-químicas da água.

Os valores de correlação existentes entre as variáveis estudadas e os valores expressivos superiores 0,4 encontram-se tarjados de vermelho e são apresentados na Tabela 14.

Entre os dados analisados, ocorreram correlações entre as variáveis CE e TDS com $r = 0,45$ (MP) no PC de 2012, e CE e pH com $r = -0,45$ (MN) no PC de 2013, ambas com comportamento semelhante, mas uma positiva, ao contrário da outra negativa.

Esse comportamento das variáveis em relação a CE demonstra relação direta com a temperatura; no PC de 2012, a temperatura baixa (média de 19°C) contribuiu para a retenção da condutividade, que é observada pelos baixos valores registrados no PC de 2012, com média de 19,65µS/cm, comparados aos do PC de 2013, com média de 24,41µS/cm, em que a temperatura esteve com média de 30°C.

No PC de 2013, a temperatura alta proporcionou a maior dissolução dos íons de H⁺. Segundo Wetzel (1983) e Esteves (1998), à medida que o pH e a temperatura aumentam, modificam-se os valores de condutividade. Logo, no PS de 2013, as variáveis CE e TDS obtiveram maior valor de correlação $r = 0,96$ (FtP), índice satisfatório para as duas variáveis.

O pH se relacionou com a T ($r = 0,74$) e com TDS ($r = 0,52$), indicando que, no PC de 2012, essas variáveis, devido às circunstâncias, tiveram seus dados correspondentes.

A temperatura é uma variável importante - como já expresso muitas vezes nesse trabalho - e se relacionou com o TDS ($r = 0,57$). A temperatura com a turbidez correlacionou-se no PC de 2012, com $r = -0,58$, e do mesmo modo no PS de 2012 (MN), com $r = -0,65$.

Tabela 14 - Matriz das correlações e intervalos para os PC (Janeiro) e PS (Julho).

	PC (17/01/2012)		PS (10/07/2012)		PC (23/01/2013)		PS (30/07/2013)	
CExOD	0,05	IP	0,15	FrP	0,18	FrP	0,09	IP
CExpH	0,24	FrP	-0,34	FrN	-0,45	MN	-0,33	FrN
CExT	0,30	FrP	-0,15	FrN	-0,36	FrN	0,18	FrP
CExTDS	0,45	MP	0,29	FrP	0,36	FrP	0,96	FtP
CExTUR	-0,12	FrN	0,37	FrP	0,13	FrP	0,06	IP
ODxpH	-0,23	FrN	-0,15	FrN	-0,18	FrN	-0,13	FrN
ODxT	-0,34	FrN	0,07	IP	0,09	IP	0,10	IP
ODxTDS	0,03	IP	0,07	IP	0,34	FrP	0,06	IP
ODxTUR	0,15	FrP	0,23	IP	0,00	NL	-0,17	FrN
pHxT	0,74	FtP	0,20	FrP	0,31	FrP	0,03	IP
pHxTDS	0,52	MP	-0,14	FrN	-0,18	FrN	-0,32	FrN
pHxTUR	-0,34	FrN	-0,39	IN	-0,31	FrN	0,13	FrP
TxTDS	0,57	MP	0,08	IP	-0,08	IN	0,24	FrP
TxTUR	-0,58	MN	-0,65	FtN	0,02	IP	0,23	FrP
TDSxTUR	-0,01	IN	0,09	IP	-0,06	IN	0,08	IP

Legenda: CE – Condutividade Elétrica; OD – Oxigênio Dissolvido; pH – Potencial Hidrogeniônico; T – Temperatura da Água; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; TUR – Turbidez. Perfeita positiva - (PP); Forte positiva - (FtP); Moderada positiva - (MP); Fraca positiva - (FrP); Ínfima positiva - (IP); Nula - (NL); Ínfima negativa - (IN); Fraca negativa -

(FrN); Moderada negativa - (MN); Forte negativa - (FtN); Perfeita negativa - (PN). Valores de “r” significativos estão em vermelho.

A partir da análise da CE, é possível verificar que a mesma apresenta correlação com TDS e com o pH (Gráficos 8, 9 e 10).

Encontramos correlações positivas entre os parâmetros CE e o TDS. Para os dados do PC de 2012, verifica-se uma correlação positiva, demonstrando que somente 20% dos dados estão ajustados à linha de tendência. O coeficiente de determinação linear (r^2) entre a CE e o TDS, no PS de 2013, indicou que cerca de 93% dos dados estão ajustados à linha de tendência. A correlação desses parâmetros está associada diretamente com a quantidade de sal na água, sendo que a intensificação dos valores desses parâmetros é ocasionada devido à cristalização dos minerais, aumentando a concentração de íons no meio aquático (ALVES, 2009).

A CE e o pH obtiveram, no PC de 2013, correlação negativa, ajustando somente 20% dos dados à linha de tendência, o que comprova grande dispersão dos dados, sendo que quanto maior forem os valores de pH, menor é a capacidade da água em transportar energia elétrica.

Gráfico 8 – Diagrama de dispersão entre CE e TDS do PC de 2012.

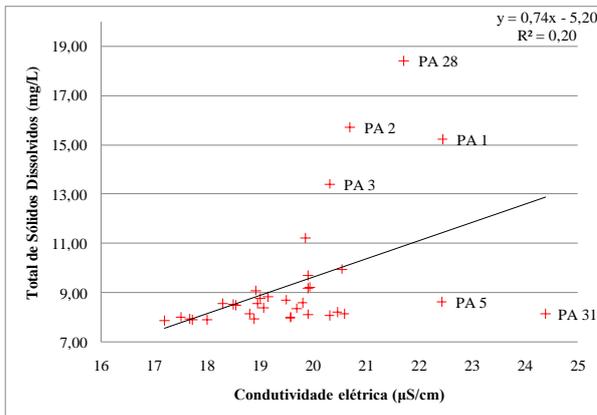


Gráfico 9 – Diagrama de dispersão entre CE e TDS do PS de 2013.

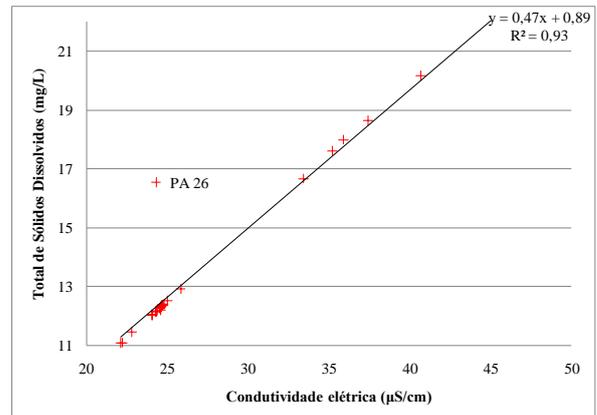
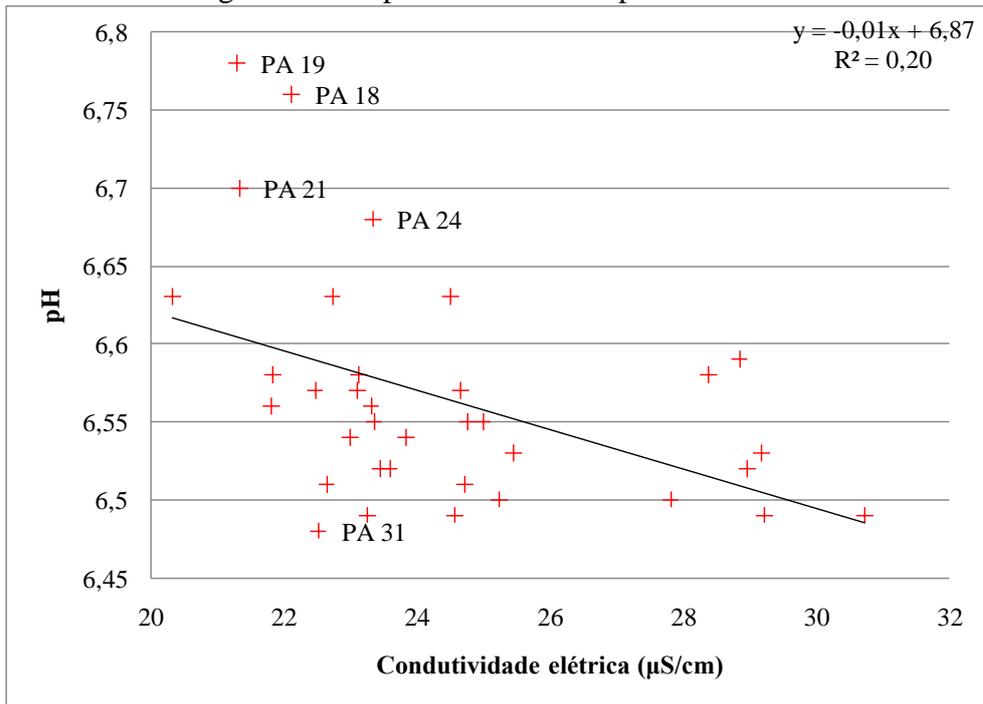


Gráfico 10 - Diagrama de dispersão entre CE e pH do PC de 2013.



Foram verificadas correlações entre o pH e as variáveis temperatura e TDS (Gráficos 11 e 12). Percebe-se que o coeficiente que melhor se ajustou à linha de tendência do pH foi a temperatura, com 55% de associação. A temperatura e o pH se assemelham, reação causada pela concentração de íons que se eleva com a temperatura (ESTEVES, 1998).

O pH e o TDS seguiram a mesma tendência, pois são influenciados pela concentração de íons dissolvidos na água. O coeficiente linear (r^2) foi de 27% de similaridade dos dados. Alguns pontos ficam distantes da reta (PA 1, 2, 13 e 28). Como visto anteriormente nos resultados apresentados, esses pontos tiveram diferenças nos dados, sempre com valores mais elevados que os demais na maior parte das variáveis.

Gráfico 11 – Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e T do PC de 2012.

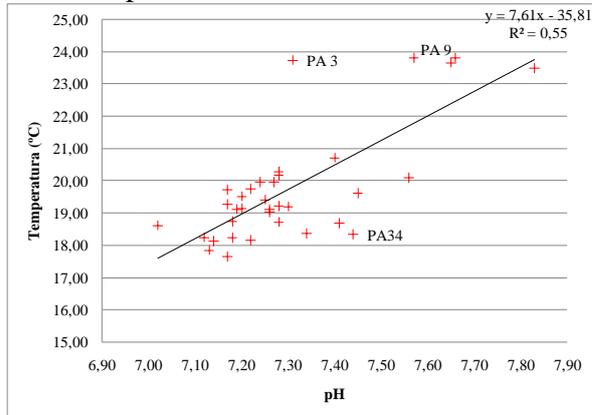
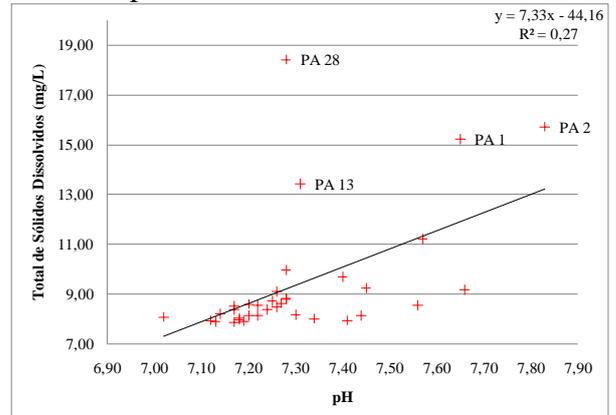


Gráfico 12 – Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e TDS do PC de 2012.



Segundo Rocha (2011), que também obteve melhor resposta entre as variáveis pH e temperatura da água nos afluentes da bacia da UHE Barra dos Coqueiros, sendo essas variáveis com respostas de relações positiva e negativa, demonstrando que, quanto menor a temperatura, maior os valores de pH, e inversamente em outros períodos.

Conforme os Gráficos 13 e 14, de dispersões entre as variáveis T e turbidez, verifica-se que o PC de 2012 apresentou 33% dos dados correlacionados, e, no mesmo ano, PS correspondendo a 42% dos eventos. Os pontos mantêm-se próximos da linha de regressão, embora alguns agrupados. As diferenças entre os gráficos dão-se pelos valores de turbidez, que se apresentam mais elevados no PC. O coeficiente de correlação do PS foi mais significativo, pois, nesse período, os dados apresentam-se padronizado para estas variáveis; apenas no PA 2 observou-se 17,10 UNT, valor acima dos demais pontos, que confere por estar próximo da entrada de um afluente, o córrego Caçu, que possui uma ponte e área de lazer nas mediações, e estar exposto a prováveis entradas de sedimentos e poluentes.

Gráficos 13 – Diagrama de dispersão entre as variáveis T e Turbidez do PC de 2012.

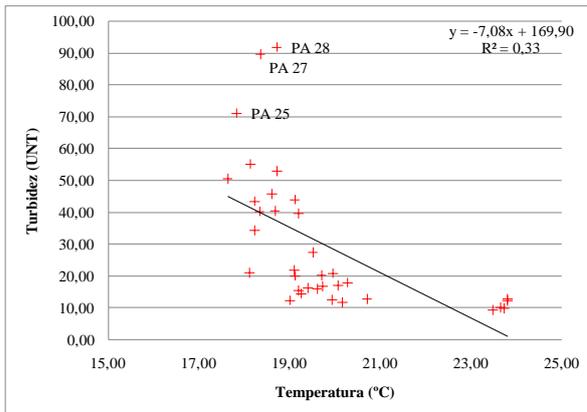
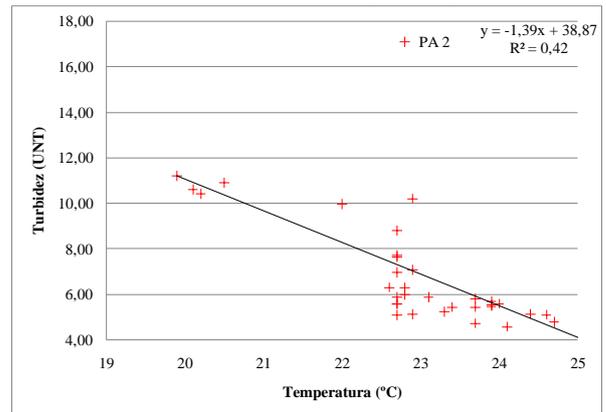
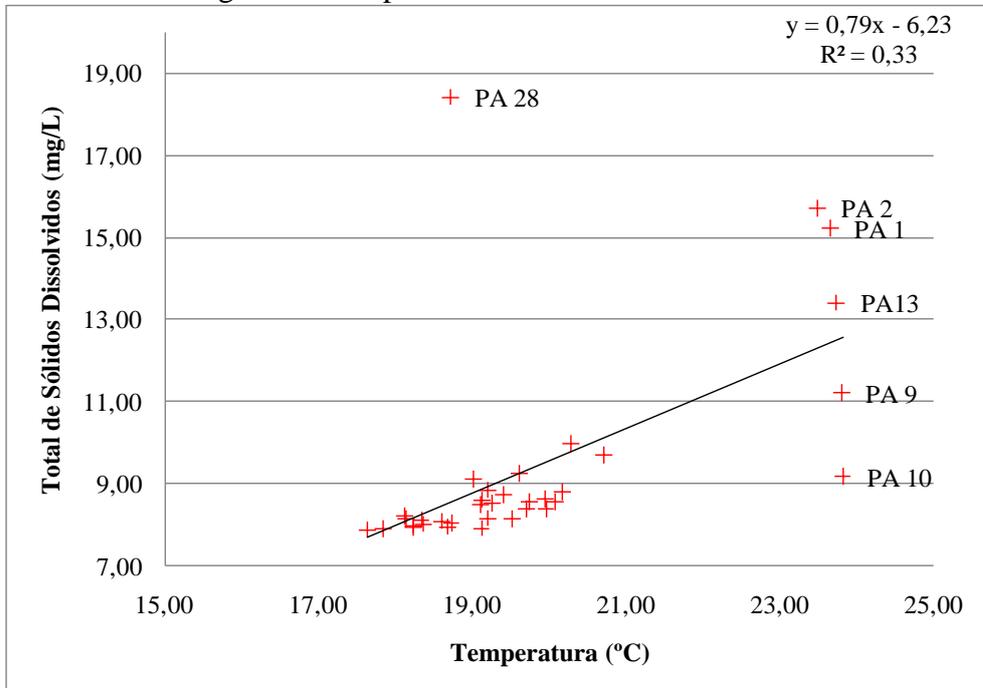


Gráfico 14 - Diagrama de dispersão entre as variáveis T e Turbidez do PS de 2012.



Os valores de T e TDS apresentaram 33% dos dados relacionados entre si no PC de 2012 (Gráfico 15). As variações na distribuição dos dados não foram igualmente obtidas pela T e nem pelo TDS, porque alguns pontos (PA 1, 2, 9, 10, 13 e 28) ficaram fora do padrão. Assim, as altas temperaturas não combinaram com os valores de TDS, e, ao contrário, no PA 28, o valor de TDS esteve acima dos outros registros de TDS durante esse período.

Gráfico 15 - Diagrama de dispersão entre as variáveis T e TDS do PC de 2012.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise do uso da terra na bacia hidrográfica da UHE Caçu, verificou-se a degradação das matas ciliares, não estando de acordo com o Código Florestal - Lei nº 12.651/12. Dessa forma, seu aparato legal está consubstanciado na resolução CONAMA nº 302/2002, que apregoa que as represas artificiais têm limites de quinze metros, no mínimo, para reservatórios de geração de energia elétrica com até dez hectares de extensão. Presume-se, então, que os projetos de reflorestamentos de APPs do entorno do reservatório da UHE Caçu estão sendo executados conforme legislação vigente do CONAMA.

As variáveis analisadas mostraram-se intimamente relacionadas ao ambiente aquático do reservatório. Mas, nem todos os dados tiveram comportamentos idênticos nas campanhas temporais. Os períodos não foram definidores dos parâmetros; estes apresentaram-se aleatórios entre os períodos secos e chuvosos, sendo que a variável turbidez foi a única que manteve comportamento idêntico nos períodos analisados. Esta variável é a maior indicadora da entrada de sedimentos pela precipitação das chuvas no PC.

Algumas variáveis limnológicas, como CE e TDS, apresentam-se relacionadas entre si. A turbidez apresentou um padrão definido no reservatório, durante os PC e PS, com nítido comportamento de dois compartimentos, o próximo à barragem, no ambiente lântico, e na fase de rio, ambiente lótico.

As variáveis, por se encontrarem mais intimamente ligadas entre si do que com os períodos sazonais (Verão e Inverno), demonstram que as características físicas de uso da terra, geologia, além também da temperatura da água inferem sobre os resultados das variáveis.

O reservatório apresentou os resultados de acordo com a resolução em vigor do CONAMA – Resolução nº 357, de 2005. Na maioria das campanhas, a situação foi de boa qualidade para as variáveis TDS, pH e turbidez, estas permanecem inseridas nas classes 1, 2 e 3, ou seja, águas consideradas próprias para o consumo humano. Apenas as variáveis OD permaneceram na classe 4, segundo as campanhas (PS 2012, e PC e PS de 2013) e a turbidez nas campanhas de PC (2012 e 2013), foram medidas na classe 4. Esse resultado indica condição imprópria para ao consumo humano e a dessedentação de animais.

Todavia, as demais amostras encontram-se em consonância com a legislação, ou seja, as águas do reservatório, estão em conformidade com a resolução CONAMA nº 357/2005 para os parâmetros estudados.

Especialmente, a variável OD precisa ser melhor acompanhada, pois interfere diretamente na respiração dos organismos aeróbios, que sobrevivem precisamente na presença de oxigênio.

Os melhores resultados das correlações das avaliações limnológicas foram encontradas para os parâmetros de CE e TDS, pH e TDS, pH e T, que se relacionam diretamente com a quantidade de íons dissolvidos e com a temperatura da água.

As condições das águas nas duas campanhas - PC e PS -, apresentaram variações na cor da água, pela variável turbidez, importante fator na interferência dos resultados dos parâmetros, principalmente os físicos, que, por sua vez, contribuem com alterações nos parâmetros químicos.

O reservatório, de acordo com a proposta de Kimmel et al. (1990), pode ser classificado em setores ou trechos, no período chuvoso, a partir da análise do parâmetro turbidez. A montante (início) do reservatório até o córrego Caçada, corresponde ao trecho considerado como de características da fase de rio. Acompanhando do córrego Caçada aos córregos das Furnas e Caju, encontra-se área com característica do trecho de transição, e, entre os córregos Furna e Caju, até o barramento do reservatório, seria o trecho com características de lago.

Considerando os resultados apontados, seguindo uma indicação de Rocha (2012), faz-se necessário realizar um estudo mais minucioso, como de contaminação por metais pesados nesse reservatório, pois a bacia do rio Claro abrange grandes áreas de produções agrícolas, que podem ser fontes contaminadoras, por meio de defensivos agrícolas aplicados nas lavouras, já que o escoamento superficial das águas nessas áreas atinge os rios. A continuação do monitoramento dos parâmetros limnológicos também se faz necessária, pois as cidades de Jataí e Caçu utilizam essas águas como fonte de captação para o consumo humano.

Algumas sugestões são necessárias, levando em consideração que não podemos responder a todos os anseios demandados, em diagnóstico mais aprofundado.

A recomposição da mata ciliar do reservatório, de forma adequada, é um fator importante a ser observado ainda nos próximos anos, de forma a se observar se a conclusão desse serviço dá-se conforme os projetos.

Continuar o monitoramento já realizado neste trabalho, bem como integrar outras ciências em conjunto com pesquisas relacionadas às análises químicas, físicas e biológicas, é necessário, principalmente para se obter uma melhor avaliação da qualidade desses ambientes.

Importante, também, realizar pesquisas que envolvam trabalhos mais avançados, com uso de sensoriamento remoto, que se utiliza de imagens de satélites, para quantificar dados de variáveis limnológicas perceptíveis, como são os casos de sedimentos e clorofila notáveis por imagens orbitais, e que são ferramentas importantes para futuros monitoramentos.

6. REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**. Informação e documentação: referências - elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, ago. 2002. 24p.

ABNT. **NBR 10520**. Informação e documentação: apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro ABNT, ago. 2002. 7p.

ABNT. **NBR 14724**. Informação e documentação: trabalhos acadêmicos - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, mar. 2011. 11p.

AB' SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas, São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

AB' SABER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. **Geomorfologia**, v.53:1-19. IGEOG-USP. São Paulo: 1977.

ALVES, E. C. R. F. **Monitoramento Quali-Quantitativo da Bacia Hidrográfica do Rio Coxipó- MT**: uma ferramenta para implementação da Gestão Participativa dos Recursos Hídricos. 283f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Cuiabá – MT, 2009. Disponível em: <www.pgfa.ufmt.br/index.php?option=com_docman&task..>. Acesso em: 19 abr. 2013.

ANA, Portal de Qualidade das águas. **Indicadores De Qualidade - Índice De Qualidade Das Águas**. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>> Acesso em: 19 jan. 2014.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia Elétrica do Brasil**. 2ª Edição. Brasília: ANEEL, 2005. 243p.

APHA; AWWA; WPG. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. American Public Health Association. 19ª Ed.-Washington D. C. 1995. 953p.

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. (2003). Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um Índice de Qualidade da Água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v 8, n1, p.81-97.

ARCOVA, F. C. S.; CESAR, S. F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v.10, n.2, 1998. p.185-196

BARCELOS, A. A. et al. Caracterizações físicas e químicas das águas dos afluentes da UHE Caçu. **Revista GEONORTE**, Edição Especial, V.3, N.4, p. 739-749, 2012. Disponível em: <<http://labgeologiaambiental.jatai.ufg.br/pages/45000>>. Acesso em: 14 jun. 2013.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora UFSC v.3, 2003. p. 877-1436.

BRAGA, C. C. **Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes e reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros – GO**. 74f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPG-GEO Stricto Sensu da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí/CAJ-UFG. GO, Jataí, 2012. Disponível em: <http://posgeo.jatai.ufg.br/uploads/180/original_Disserta%C3%A7%C3%A3o_Celso_de_Carvalho_Braga.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2013.

BRAGA, et al. A reforma institucional do setor de recursos hídricos. In: REBOUÇAS, A. C. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

BRANCO, S. M.; ROCHA, A. A. **Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas**. São Carlos, CETESB / Ed. E. Blucher, 1977. 185p.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária**. 3 Ed. São Paulo, CETESB/SCETESB, 1986. 640p.

BRASIL. **Código Florestal**: Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm> Acesso em: 14 jan. 2014.

BRASIL. **Lei das Águas**: Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH Lei N. 9433/97 Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM> Acesso em: 14 jan. 2014.

CABRAL, J. B. P. **Análise da sedimentação e aplicação de métodos de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no reservatório de Cachoeira Dourada GO/MG**. 194f. Tese (Doutorado em Geologia, Área de Concentração

Geologia Ambiental) UFPR - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências da Terra: Curitiba – PR, 2006.

CABRAL, J. B. P.; WACHHOLZ, F.; BECEGATO, V. A.; NASCIMENTO, E. S. Diagnóstico Hidrossedimentológico do Reservatório da UHE Caçu - GO. **Geofocus** (Madrid), v. 13, p. 25-37, 2013. Disponível em: <http://geofocus.rediris.es/2013/Informe2_2013_1.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2013.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. rev., atual e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp#condutividade>> Acesso em: 20 ago. 2013.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo, SP, 2003. 263p.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 10 mar. 2012.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n° 303 de 20 de março de 2002**. Brasília, 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> Acesso em: 10 mar. 2012.

CHRISTOFOLETTI, A., **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1980. 188p.

CHRISTOFOLETTI, A., **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgar Blucher Ltda, 1981. 313p.

EIBH. **Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas da região do Sudoeste Goiano**. 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2009. 412 p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da margem direita do rio Paranã, Estado de Goiás**. Rio de Janeiro, 1983. 503p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 23).

ESRI. **Geoprocessing in ArcGIS 10.1 Redlands**: Environmental Systems Research Institute, 2012. Licença número: EFL913687012, do Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí. 2012.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998.

FERNANDES, L. A. 1998. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 216 f. Tese (Doutorado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo - São Paulo. 1998.

GERARDI, L. H. O; SILVA, B. C. N. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL, 1981.

GUERRA, A. J. T. (Org.). **Um estudo do meio físico com fins de aplicação ao planejamento do uso agrícola da terra no sudoeste de Goiás**. IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: Uma atualização das bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

GUERRA, A. T.; TEIXEIRA GUERRA, A. J. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 7ªed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2009.652p.

HANNA. **Manual de instruções HI 88703**: Turbidímetro portátil com Microprocessador. Póvoa de Varzim - Portugal, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico, 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/index.php>>. Acesso em: 10 jun. 2013.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – **Divisão de Processamento de Imagens – DPI**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Catálogo de Imagens – CDSR**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 14 set. 2013.

KIMMEL, B. L.; LIND; O. T. PAULSON, J. L. Reservoir Primary Production. In: **Reservoir Limnology: Ecological Perspectives**. In: THORTON, K.W; KIMMEL, B. L.; PAYNE, F. E. New York: John Wiley and sons, 1990. p.133-193.

KAZMIER, L. J. **Estatística aplicada à economia e administração**. Tradução Carlos Augusto Crusius. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982. 234p.

KLEEREKOPER, H. **Introdução ao estudo da Limnologia**. Ed. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 1990. 182p.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. de A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba: Organic Trading, 2008. p. 160.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia, GO: Secretaria de Indústria e Comércio e Superintendência de Geologia e Mineração do Estado de Goiás, 2005.

LICHT, O. A. B. **Prospecção Geoquímica: princípios técnicas e métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998. 236p.

LIMA, A. M. **Relação clima e vegetação na área das bacias das usinas hidrelétricas de Barra dos Coqueiros e Caçu-GO**. 89f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPG-GEO Stricto Sensu da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí/CAJ-UFG. GO, Jataí, 2013. Disponível em: <http://posgeo.jatai.ufg.br/uploads/180/original_Disserta%C3%A7%C3%A3o_Andreia_Medeiros_de_Lima.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2013.

MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona, Omega, 1986.

MARIANO, Z. F.; SANTOS, M. J. Z. ; SCOPEL, I. **Variabilidade e tendência climática da região do Sudoeste de Goiás e sua relação com a cultura da soja**. In: Seminário de Pós-Graduação em geografia da UNESP, 3, 2003, Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, 2003, v. 1, p. 596-616.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 24 abr. 2013.

MORAIS, R. C. S.; SILVA, C. E. Diagnóstico ambiental do balneário Curva São Paulo no rio Poti em Teresina, Piauí. Eng. Sanit. Ambient. v.17 n.1 - jan/mar, 2012. p. 41-50.

MORAGAS, W. M. **Análise dos sistemas ambientais do alto rio Claro – Sudoeste de Goiás: contribuição ao planejamento e gestão**. 226 f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. SP - Rio Claro, 2005.

MOREIRA, M. L. O.; MORETON, L. C.; ARAÚJO, V. A. de; LACERDA FILHO, J. V. de; COSTA, H. F. da. **Geologia do Estado de Goiás e do Distrito Federal**. Goiânia: CPRM/SIC – FUNMINERAL, 2008.

NOVELIS. **RIA/RIMA UHEs Caçu e Barra dos Coqueiros**. 2005. 230p.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução de António Manuel de Azevedo Gomes. 6^a ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 927p. Título original: *Fundamentals of ecology*.

PAULA, M. R.; CABRAL, J. B. P.; MARTINS, A. P. Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na caracterização do uso da terra da bacia hidrográfica da UHE Caçu– GO. In **REVISTA GEONORTE**, Manaus, V.4, N.4, p.1482 – 1490, 2012.

REBOUÇAS, A. C. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

RESK, R. P. **Avaliação Morfológica e estudo da variação horizontal de Parâmetros Limnológicos do Reservatório da Pampulha (Belo Horizonte – MG)**. 87f. Dissertação (Mestrado) - Instituto De Ciências Biológicas - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte 2007. Disponível em: <http://www.icb.ufmg.br/pgecologia/dissertacoes/D190_rafael_resk.pdf>. Acesso em: 22 maio de 2013.

ROCHA, H. M. **Análise espaço-temporal das águas dos afluentes e reservatório da UHE Barra dos Coqueiros em Goiás**. 149f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPGEO - Stricto Sensu - Universidade Federal de Goiás (UFG) – Câmpus Jataí. GO, Jataí, 2012. Disponível em: <<http://posgeo.jatai.ufg.br/pages/27946>>. Acesso em: 19 abr. 2013.

ROCHA, I. R.; CABRAL, J. B. P.; MARTINS, A. P.; NOGUEIRA, P. F.; PAULA, M. R. Análise Temporal do uso da Terra na Bacia do Rio Doce. In: XVI Encontro de Geógrafos Brasileiros - Porto Alegre Crise, práxis e autonomia: espaços de resistência e de esperanças Espaço de Diálogos e Práticas, 2010, Porto Alegre - RS. **Anais...** do XVI Encontro de Geógrafos Brasileiros - Porto Alegre Associação dos Geógrafos Brasileiros - AGB, 2010.

SANTOS, C. **Estatística Descritiva** - Manual de Auto-aprendizagem, Lisboa: Edições Sílabo, 2007.

SCOPEL, I. ASSUNÇÃO, H. F. Erosividade no estado de Goiás. XI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, II Reunião Latino America de Agrometeorologia. **Anais** – CD-ROM. Florianópolis - SC, pp. 1-9. 1999.

SIEG. **Sistema Estadual de Estatísticas Informações Geografias de Goiás**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>>. Acesso em: 22 jul. 2012.

STRASSBURGER, L. **Uso da terra nas bacias hidrográficas do rio do Peixe (SC) e do rio Pelotas (RS/SC) e sua influência na limnologia do reservatório da UHE-Itá (RS/SC)**. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria, 2005. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_2005/Luciane%20Strassburger.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2013.

SUGUIO K.; BIGARELLA, J. J. **Ambientes fluviais**. 2. ed. Curitiba: UFPR, 1990. 183 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 91p.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil** – Brasília: UNESCO, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH; UFRGS, 2005.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 630p.

VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 2ª Ed. - Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243p.

VON SPERLING, M. **Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios**. 1ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 576p.

WACHHOLZ, F. **Compartimentação aquática do reservatório Rodolfo Costa e Silva-RS, a partir de variáveis limnológicas e imagens orbitais**. 97f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Pós-Graduação em Geografia. RS, Santa Maria, 2007. Disponível em: <w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_06-11/Fllavio_Wachholz.pdf>. Acesso em: 10 out. 2012.

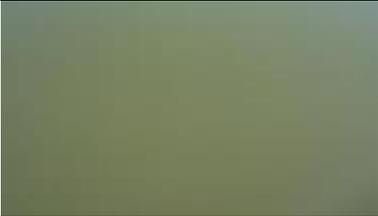
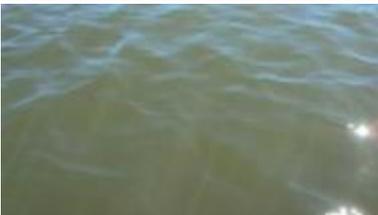
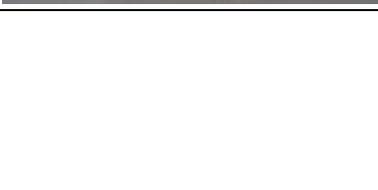
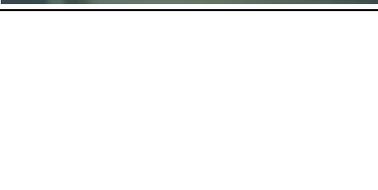
WETZEL, R. G. **Limnology**. 2 ed. Washington: Saunders College Publ., 1983. 919p.

7. APÊNDICES

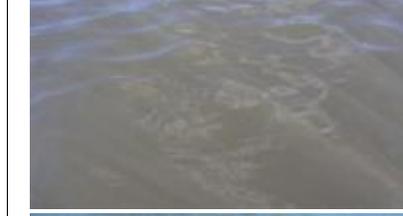
7.1 Apêndice A – Localização dos pontos de amostragens e horário de coleta de dados.

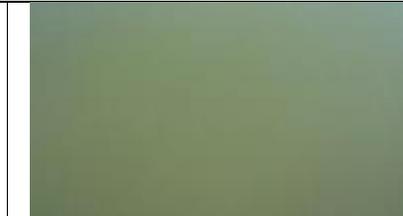
Pontos de amostragens	Latitude (X)	Longitude (Y)
1	481914,446	7951336,063
2	482465,54	7951594,044
3	483035,246	7951761,911
4	483587,708	7951493,387
5	484042,482	7952000,142
6	484216,799	7952277,616
7	484018,336	7952707,585
8	483687,91	7952649,778
9	482890,829	7952982,632
10	482316,615	7953409,181
11	481664,161	7953534,865
12	482663,126	7954301,839
13	481584,482	7954692,018
14	482195,182	7955016,891
15	481589,577	7955525,472
16	481394,318	7956239,764
17	480514,239	7955595,643
18	479468,053	7955859,045
19	479521,084	7956746,006
20	480771,784	7957461,161
21	479094,119	7957671,711
22	479719,488	7958059,193
23	479150,682	7958976,994
24	478499,368	7958726,598
25	477998,171	7959613,595
26	477664,168	7959590,152
27	477825,824	7960485,199
28	477526,444	7960524,578
29	478332,77	7961443,776
30	477906,33	7961624,944
31	477329,686	7962354,059
32	477864,875	7962697,765
33	478252,416	7963553,002
34	477201,93	7963964,317
35	476439,989	7964609,097

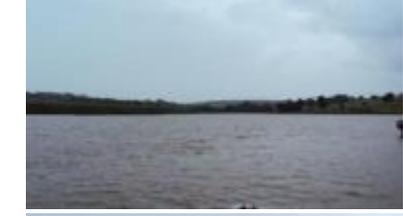
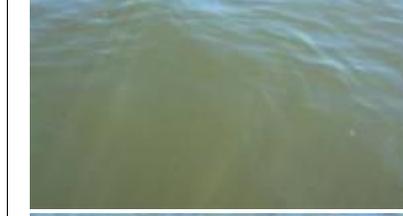
7.2 Apêndice B – Registros fotográficos dos pontos de amostragens.

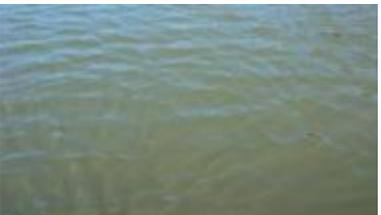
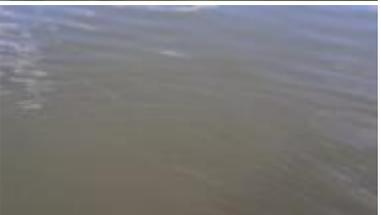
Pontos	Períodos chuvosos		Períodos secos	
	Aparência da água	Paisagem local	Aparência da água	Paisagem local
1				
				
2				
				
3				
				

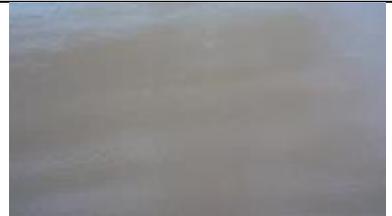
6				
7				
8				
9				
10				

11				
12				
13				
14				
15				

16				
17				
18				
19				
20				

21				
22				
23				
24				
25				

26				
27				
28				
29				
30				

31				
32				
33				
34				
35				

7.3 Apêndice C – Equipamentos e materiais utilizados nas amostragens.

Fotos 7 – Equipamentos utilizados nas avaliações limnológicas (Multiparâmetro Oakton PCD650 e Turbidímetro HANNA HI88703).



7.4 Apêndice D – Tabelas de dados das variáveis liminológicas dos PA.

Tabela 15 – Valores de CE dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.

Pontos de amostragens	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
1	22,45	31,07	22,73	40,68
2	20,7	23,97	24,57	37,41
3	20,32	28,57	23,59	25,83
4	19,01	26,33	23,12	24,6
5	22,43	25,84	24,66	24,61
6	19,49	19	28,38	24,71
7	18,92	20,32	24,99	24,57
8	19,15	20,23	24,75	24,53
9	19,86	22,86	25,45	24,52
10	19,91	17,65	28,85	24,08
11	19,91	15,25	22,47	24,32
12	18,5	17,96	27,81	24,78
13	19,94	22,15	21,81	24,07
14	19,7	19,77	28,96	24,71
15	20,55	13,99	23,45	25,03
16	20,46	16,76	23,00	24,61
17	18,3	20,65	23,11	24,36
18	18,95	18,03	22,11	24,57
19	19,8	24,3	21,29	47,51
20	18,55	21,09	23,31	24,6
21	19,07	18,5	21,33	24,67
22	17,67	18,86	24,51	24,65
23	17,2	18,9	24,72	24,75
24	20,59	25,56	23,34	24,53
25	17,72	18,22	23,35	24,26
26	18,8	17,88	20,33	24,31
27	17,5	18,5	22,64	24,62
28	21,72	24,3	21,83	24,06
29	19,57	17,3	29,18	33,42
30	20,31	24,37	23,83	24,7
31	24,4	20,1	22,51	22,8
32	18	22,48	25,24	35,22
33	19,91	32,39	23,25	22,13
34	19,57	24,91	29,22	22,23
35	18,89	15,65	30,73	35,89

Tabela 16 – Valores de OD dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.

Pontos de amostragens	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
1	7,62	2,8	1,5	6,9
2	5,81	8,4	2,3	9,4
3	4,44	5,2	3,6	4,4
4	5,87	4,6	0,5	6,6
5	5,46	3,2	4,1	5,8
6	5,49	2,3	0,6	6,3
7	6,28	1,7	1,1	8,4
8	6,90	1,3	2,5	4,1
9	4,49	9,3	1,0	10,0
10	4,49	1,8	0,8	1,2
11	4,74	1,4	0,6	0,8
12	6,24	2,7	2,4	3,2
13	5,46	8,8	1,0	3,3
14	7,60	3	0,7	4,0
15	5,87	0,8	2,0	5,4
16	6,67	1,5	0,4	10,0
17	7,27	3,6	1,4	10,0
18	5,88	1,3	1,1	7,5
19	5,50	1,7	0,8	3,4
20	5,48	5,7	0,8	3,8
21	5,57	2,5	0,4	0,5
22	5,79	10	1,8	6,7
23	6,57	7,1	0,3	5,2
24	5,87	3,5	1,0	10,0
25	6,05	0,7	4,9	4,7
26	6,15	2,8	0,8	2,9
27	6,03	8,5	1,1	2,5
28	6,41	1,8	2,0	4,4
29	6,08	1	4,2	8,8
30	5,74	3,6	1,1	5,2
31	6,21	5,7	0,2	6,3
32	4,89	7,3	1,3	5,0
33	5,70	1,4	0,7	1,5
34	6,47	2,8	2,7	5,7
35	5,48	1,8	0,5	3,7

Tabela 17 – Valores de pH dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.

Pontos de amostragens	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
1	7,65	6,28	6,63	6,57
2	7,83	6,45	6,49	6,67
3	7,31	6,55	6,52	6,48
4	7,57	6,54	6,58	7,26
5	7,66	6,55	6,57	7,26
6	7,4	6,63	6,58	7,23
7	7,45	6,62	6,55	7,27
8	7,28	6,65	6,55	7,25
9	7,22	6,65	6,53	7,06
10	7,56	6,75	6,59	7,06
11	7,2	6,71	6,57	7,12
12	7,24	6,71	6,50	7,27
13	7,2	6,73	6,56	7,19
14	7,3	6,73	6,52	7,28
15	7,28	6,72	6,52	7,21
16	7,02	6,73	6,54	7,29
17	7,22	6,78	6,57	7,22
18	7,44	6,77	6,76	7,24
19	7,18	6,79	6,78	7,26
20	7,41	6,82	6,56	7,29
21	7,19	6,8	6,70	7,26
22	7,18	6,8	6,63	7,28
23	7,34	6,8	6,51	7,31
24	7,13	6,81	6,68	7,25
25	7,17	6,82	6,55	7,33
26	7,12	6,84	6,63	7,28
27	7,26	6,8	6,51	7,34
28	7,14	6,85	6,58	7,38
29	7,17	6,81	6,53	7,31
30	7,17	6,8	6,54	7,27
31	7,28	6,83	6,48	7,28
32	7,26	6,86	6,50	7,3
33	7,25	6,86	6,49	7,26
34	7,27	6,8	6,49	7,28
35	7,28	6,86	6,49	7,32

Tabela 18 – Valores de T dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.

Pontos de amostragens	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
1	23,7	22,7	32,8	26,5
2	23,5	22,8	30,5	24,4
3	23,7	22,9	30,5	23,3
4	20,2	25,3	28,3	22,8
5	20,0	24,6	28,3	23,3
6	19,4	24,7	28,3	23,3
7	19,0	23,9	28,3	23,3
8	19,2	24,4	28,8	23,8
9	23,8	22,7	31,1	22,8
10	23,8	22,6	31,1	23,8
11	20,7	22,7	31,1	23,3
12	19,3	23,7	30	24,4
13	19,6	22,8	30,5	22,8
14	19,7	24,1	29,4	24,4
15	20,3	22,9	30	23,3
16	18,1	23,3	28,8	24,4
17	19,7	22,7	30	24,4
18	20,1	22,7	32,8	23,3
19	19,1	22,8	32,8	23,3
20	19,1	23,9	31,1	24,4
21	20,0	22,7	33,3	24,4
22	18,2	23,7	31,7	25
23	17,6	24	33,3	23,3
24	19,5	23,1	26,1	25
25	17,8	23,4	34,4	25,5
26	19,2	22,7	32,8	25,5
27	18,4	23,7	30,5	24,4
28	18,7	22,7	33,3	26,5
29	18,7	23,9	30,5	25,5
30	18,6	22,9	30	28,3
31	18,1	20,5	30	24,4
32	19,1	22	30	26,5
33	18,3	20,2	30	22,2
34	18,2	19,9	30	23,3
35	18,7	20,1	29,4	23,3

Tabela 19 – Valores de TDS dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.

Pontos de amostragens	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
1	15,22	9,97	15,55	20,17
2	15,71	10,55	15,07	18,64
3	13,41	9,9	16,69	12,91
4	8,78	8,85	13,03	12,19
5	8,63	9,75	14,24	12,3
6	8,71	10,1	14,13	12,38
7	9,10	9,01	17,63	12,28
8	8,84	8,74	14,89	12,27
9	11,21	10,13	15,67	12,26
10	9,17	8,58	15,28	12,05
11	9,69	8,22	14,18	12,13
12	8,52	8,68	18,42	12,39
13	9,23	8,55	13,68	12,03
14	8,37	7,91	14,23	12,36
15	9,96	7,33	13,73	12,52
16	8,21	10,3	15,29	12,31
17	8,55	7,93	13,74	12,18
18	8,55	7,90	14,52	12,28
19	8,60	14,08	14,04	22,8
20	8,49	10,61	13,75	12,32
21	8,38	12,24	12,11	12,34
22	7,94	10,02	16,20	12,33
23	7,87	8,71	13,92	12,38
24	8,13	8,65	13,20	12,27
25	7,89	8,58	13,39	12,14
26	8,16	9,8	12,73	16,54
27	8,01	7,81	14,83	12,31
28	18,41	10,72	15,52	12,03
29	8,02	8,77	17,20	16,67
30	8,08	8,62	16,29	12,36
31	8,14	8,22	14,03	11,44
32	7,91	9,78	12,44	17,6
33	8,12	8,70	11,69	11,07
34	7,98	9,26	14,46	11,09
35	7,94	7,79	14,35	17,99

Tabela 20 – Valores de Turbidez dos PC e PS das águas do reservatório da UHE Caçu.

Pontos de amostragens	PC (17/01/2012)	PS (10/07/2012)	PC (23/01/2013)	PS (30/07/2013)
1	10,20	7,63	11,5	2,77
2	9,46	17,10	11,2	2,87
3	9,90	10,20	11,8	3,09
4	11,70	4,76	14,3	2,29
5	12,50	5,09	16,4	2,34
6	16,20	4,77	14,9	2,63
7	12,40	5,46	16,2	1,99
8	15,40	5,13	16,9	2,46
9	12,90	7,70	15,2	2,48
10	12,30	6,29	14,5	4,18
11	12,90	6,94	11,9	2,77
12	14,60	5,80	15,1	2,64
13	16,00	6,28	16,6	3,23
14	20,20	4,56	25,2	2,77
15	18,00	5,11	23,6	3,04
16	21,00	5,23	35,0	2,75
17	16,80	5,08	24,3	2,07
18	17,00	5,86	21,9	2,26
19	20,10	5,98	26,0	2,07
20	21,90	5,51	33,5	2,52
21	20,90	5,57	32,2	2,01
22	34,30	4,71	50,8	2,66
23	50,60	5,57	57	2,45
24	27,50	5,85	56,8	2,98
25	71,20	5,42	62,5	3,33
26	39,60	5,56	56,4	3,24
27	89,60	5,42	100	3,31
28	91,90	8,79	87,0	3,38
29	53,00	5,67	135	4,82
30	45,80	7,05	157	4,74
31	55,20	10,90	115	5,44
32	44,10	9,96	103	4,63
33	40,30	10,40	108	4,79
34	43,50	11,20	62,4	4,72
35	40,50	10,60	124	5,95