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

ELVIS SOUZA NASCIMENTO

AVALIAÇÃO LIMNOLÓGICA DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DA UHE BARRA DOS COQUEIROS - CAÇU-GO.

ORIENTADOR: PROF. DR. JOÃO BATISTA PEREIRA CABRAL

JATAÍ (GO)
2014

ELVIS SOUZA NASCIMENTO

AVALIAÇÃO LIMNOLÓGICA DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO DA UHE BARRA DOS COQUEIROS - CAÇU-GO.

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

JATAÍ (GO)

2014

DEDICATÓRIA.

Dedico à minha esposa Evania Guimarães, minha filha Yasmin Borges, meus pais Nivaldo (*In memorian*) e Luíza e, a todos os familiares, pelo apoio e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por ter protegido minha vida no retorno de uma campanha de coleta em campo onde drasticamente fui vítima de um acidente de trânsito, e, por ter me concedido saúde e força para seguir com este projeto, além de ter me presenteado com uma "equipe de pessoas" que muito contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço à minha esposa Evania e minha filha Yasmin pelo apoio e compreensão que recebi nesta trajetória.

Professor Dr. Frederico G. Guimarães, amigo de longas datas, lhe agradeço de coração pelo início da minha orientação que por outras razões, mudei de área de atuação,

Agradeço à Kênia, secretária da pós-graduação, pela força, atenção e Carinho a nós prestada.

Meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Professor Dr. João Batista Pereira Cabral, por todo apoio e orientações prestadas, um grande amigo.

Agradeço ao Dr. Flávio Wachholz, pelo apoio e co-orientação e pelas conversas nos finais de tarde;

Agradeço ao amigo Roberto, colega de curso, pelo apoio dado, seu companheirismo e amizade.

Agradeço aos amigos Sthephan e Gabriel, pelo auxílio nas coletas de campo;

Agradeço a todos os colegas do Laboratório de Geociências, Pollyana, Susi, Karol, Rosi, pelo auxílio a mim prestado.

Meus agradecimentos a todos os professores da Pós-graduação, Professora Dra. Zilda Mariano, Professor Dr. Iraci Scopel, Professor Dr. Dimas Peixinho, e demais professores que nos transmitiram seus conhecimentos para nosso crescimento pessoal e profissional e, aos meus colegas de turma pelo carinho, apoio e amizade.

Agradeço ao órgão de fomento de pesquisa, CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) que forneceu bolsa de estudos durante parte do mestrado.

A todos vocês,

Meu MUITO OBRIGADO!

“*Tenho a impressão de ser uma criança brincando a beira-mar, divertindo-me a descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano de verdade continua misterioso diante de meus olhos****.”***

Isaac Newton.

“A água de boa qualidade é como a saúde ou a liberdade: só tem valor quando acaba.”

Guimarães Rosa

RESUMO

A construção de reservatórios provoca alterações na estrutura físico-química e hidrobiológica do meio aquático, podendo gerar significativos impactos ambientais, dessa forma, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade da água do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, localizada na bacia do rio Claro, Estado de Goiás, em dois períodos climáticos distintos do bioma Cerrado. Os parâmetros limnológicos avaliados foram: nitrato, nitrito, fósforo, sólidos dissolvidos totais, concentração de sedimentos em suspensão e turbidez, obtidos a partir das amostras de água de superfície, coletadas em quarenta pontos distribuídos dentro do reservatório nos período de julho de 2012 a janeiro de 2014, abrangendo os períodos climáticos chuvoso e seco de precipitações no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. Os resultados obtidos das análises das águas foram discutidos e comparados com base na Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, enquadrando nas classes de águas doces. Os resultados foram avaliados quanto à conformidade aos limites, sendo verificados pontos que se enquadram nas Classes 1, 2 e 3, determinados pela Resolução Conama. Alguns pontos apresentaram na classe 4. As condições atuais de qualidade demonstraram boas análises estatísticas. As correlações mais significativas ocorreram entre sólidos dissolvidos totais (TDS) e concentração de sólidos suspensos (CSS) com r = 1.

PALAVRAS-CHAVE: limnologia, Qualidade de água, recursos hídricos.

ABSTRACT

The construction of reservoirs causes changes in physical chemistry and structure hidrobiológica the aquatic environment , which may cause significant environmental impacts , thus , this study aimed to evaluate the water quality of the Coconut Bar HPP reservoir , located in the Claro river basin , State of Goiás , in two distinct climatic periods of the Cerrado biome . The limnological parameters were evaluated : nitrate, nitrite , phosphorus , total dissolved solids , suspended sediment concentration and turbidity obtained from samples of surface water collected in forty points distributed within the reservoir tank in the period July 2012 to January 2014 , covering the chu - tem and dry precipitation in the reservoir HPP the Coconut Bar climatic periods . The results obtained from the analyzes of water were discussed and compared based on CONAMA Resolution No. 357, of March 17, 2005, framing classes in freshwaters. The results were assessed for compliance with the limits being scanned points that fall within Classes 1 , 2 and 3 , determined by CONAMA Resolution . Some points presented in class 4. 's Current quality conditions showed good statistical analysis. The most significant correlations occurred between total dissolved solids (TDS) and concentration of suspended solids (CSS) with r = 1

KEYWORDS: limnology, water quality, water resources.

LISTA DE FIGURAS

Mapa 1- Localização da Bacia Hidrográfica UHE Barra dos Coqueiros. 21
Mapa 2 – Mapa de Declividade.....24
Mapa 3 - Mapa de solos da bacia da UHE Barra dos Coqueiros.....26
Mapa 4 – Uso e ocupação do solo na UHE Barra dos Coqueiros. 28
Mapa 5 – mapas temáticos dos valores de NO_3^- no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros: Fonte: Campanhas de campos. Organização JUNIOR, V. (2014). 37
Mapa 6 – mapas temáticos dos valores de NO_2^- no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. 40
Mapa 7 – mapas temáticos dos valores de P no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros...43
Mapa 8 – mapas temáticos dos valores de TDS no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. 46
Mapa 9 – mapas temáticos dos valores de CSS no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. 50
Mapa 10 – mapas temáticos dos valores de Turbidez no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.....53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais impactos gerados na construção da UHE Barra dos Coqueiros. 7
Tabela 2 – Classificação das águas doces, segundo seu destino de uso, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005. 11
Tabela 3 – Padrões de qualidade das classes 1, 2, 3 e 4 de águas doces, segundo a Resolução CONAMA 357/2005. 12
Tabela 4 – Coeficiente de correlação linear e os intervalos de correlação.....19
Tabela 5 – Parâmetros limnológicos avaliados. 30
Tabela 6 – Valores de NO_3^- dos períodos das amostragens e estatística descritiva. 35
Tabela 7 – Valores de NO_2^- dos períodos das amostragens e estatística descritiva. 38
Tabela 8 – Valores de P dos períodos das amostragens e estatística descritiva. 41
Tabela 9 – Valores de TDS dos períodos das amostragens e estatística descritiva.....44
Tabela 10 – Valores de CSS dos períodos das amostragens e estatística descritiva. 47
Tabela 11 – Valores de Turbidez dos períodos das amostragens e estatística descritiva.....52
Tabela 12 - Matriz das correlações e intervalos para os PS (Julho) e PC (Janeiro). 55

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Foto 1 - – Bordas da bacia com morro testemunho (Serra Negra).....25
Foto 2 - Área de pastagem para criação de animais a esquerda do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. 33
Foto 3 - Área de vegetação parcialmente submersa pelo reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.....33
Foto 4 – Multiparâmetro Oakton PCD650.....68
Foto 5 - Turbidimetro HANNA HI88703 68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Concentração de Nitrato nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO. 36
Gráfico 2– Concentração de Nitrito nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos 39
Gráfico 3– Concentração de Fósforo nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO. 42
Gráfico 4– Concentração de TDS nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO. 45
Gráfico 5– Concentração de CSS nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO. 49
Gráfico 6– Concentração de Turbidez nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO. 52
Gráfico 7- Coeficiente de correlação linear Simples entre os parâmetros NO_2 e CSS 56
Gráfico 8- Coeficiente de correlação linear simples entre os parâmetros Nitrato e Nitrito 56
Gráfico 9- digrama de dispersão entre NO_{2-} e P 56
Gráfico 10 – Diagrama de dispersão entre Turbidez e NO_{2-} 56
Gráfico 11- Coeficiente de correlação linear simples entre P e Turbidez 57
Gráfico 12- Coeficiente de correlação linear simples entre TDS e CSS 57
Gráfico 13- Coeficiente de correlação linear simples entre Turbidez e CSS. 57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APHA	American Public Health Association
CAJ	Campus Jataí
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de pesquisa e Recursos Minerais
CSS	Concentração de sólidos suspensos
CV	Coeficiente 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
m	Metros
mg/L	Miligrama por Litro
MN	Moderada Negativa
MNT	Modelo Numérico do Terreno
MP	Moderada positiva
NA	Nível da água
NL	Nula

NO_3^-	Nitrato
NO_2^-	Nitrito
NSF	National Sanitation Foundation
NTU	NephelometricTurbidityUnits
P	Fósforo
PA	Pontos de Amostragens
PC	Período Chuvoso
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PN	Perfeita Negativa
PP	Perfeita Positiva
PS	Período Seco
r^2	Coeficiente de determinação
r	Coeficiente
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
T	Temperatura
TDS	Total de Sólidos Dissolvido
TUR	Turbidez
UFG	Universidade Federal de Goiás
UHE	Usina Hidrelétrica
UTM	Universal Transversa de Mercator
UNT	Unidades Nefelômetricas de Turbidez
>	Maior
<	Menor
ºC	Grau Celsius
µS/cm	Microsiemens por Centímetro
µm	Micrômetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

2 REFERENCIAL TEÓRICO 5

2.1 RESERVATÓRIOS E USINAS HIDRELÉTRICAS 5

2.2 GERENCIAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS 8

2.3 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS 12

2.3.1 Nitrato (NO_3^-) 12

2.3.2 Nitrito (NO_2^-) 14

2.3.3 Fósforo (P) 14

2.3.4 Turbidez 16

2.3.5 Total de Sólidos Dissolvidos (TDS) 16

2.3.6 Concentração de Sólidos Suspensos (CSS) 17

2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS 18

2.4.1 Correlação, dispersão e regressão. 18

2.4.2 Mínimo, máximo e média 19

2.4.3 Desvio padrão e Coeficiente de Variação 19

3 MATERIAL E MÉTODOS 20

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 20

3.2 PONTOS DE AMOSTRAGENS 22

3.3 CARACTERIZAÇÃO FISIOGRÁFICA DA UHE BARRA DOS COQUEIROS 22

3.3.1 Geologia 22

3.3.2 Solos 24

3.3.3 Clima 29

3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 30

3.5 VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS 30

3.6 ANÁLISES EM CAMPO 31

3.7 PROCESSAMENTO CARTOGRÁFICO. 34

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 35

4.1 ANÁLISE TEMPORAL E ESPACIAL DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS 35

4.1.1 Nitrato (NO_3^-) 35

4.1.2 Nitrito (NO_2^-) *38*
4.1.3 Fósforo *41*
4.1.4 Total de sólidos dissolvidos (TDS) *44*
4.1.5 Concentração de Sólidos Suspensos (CSS) *47*
4.1.6 Turbidez *51*
4.2 ANÁLISES ESTATÍSTICAS: CORRELAÇÃO E REGRESSÃO. 54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 58
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 60
7 APÊNDICES 67
7.1 APÊNDICE A – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGENS. 67
7.2 APÊNDICE B – EQUIPAMENTOS E MATERIAIS UTILIZADOS NAS AMOSTRAGENS 68

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem comum e um dos recursos naturais essenciais para a manutenção da vida. Bem de uso múltiplo, essa substância é base para a agricultura, indústria, navegação, geração de energia, recreação e dessedentação de animais, além de ser utilizada para depuração e condução de efluentes e manutenção dos ecossistemas.

Com o aumento da população e do desenvolvimento dos países, a demanda de água cresce a cada ano, o que diminui a disponibilidade de água por pessoa ou comunidade. Esta pressão sobre os estoques de água disponível existentes pode causar intensos problemas na sociedade de hoje. Alguns analistas preveem aumento da concorrência pelo uso deste recurso entre os maiores usuários de água do planeta: agricultura, indústrias e abastecimento de cidades, além da retirada da quantidade de água necessária para a manutenção dos ecossistemas. A quantidade de água evaporada dos grandes reservatórios também está inserida no consumo, por ter um valor significativo (WCD, 2000).

A formação e o aumento dos conglomerados urbanos e industriais, que necessitam cada vez mais de água para abastecimento, irrigação e lazer, estão mostrando que a sociedade encontra-se dependente da disponibilidade das águas continentais, principalmente nas regiões industriais, onde geralmente, os corpos hídricos sofrem com lançamentos de efluentes domésticos e industriais, diminuindo ainda mais a quantidade de água disponível para uso (ESTEVES, 1998).

Em áreas rurais, também existe o problema da contaminação do solo e água subterrânea, pelo uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos, que introduzem substâncias tóxicas no meio (ESTEVES, 1998).

Cabe ressaltar o fato de que a água não obedece às fronteiras geográficas, com rios que atravessam mais de um país e parte do ciclo da água que ocorre na atmosfera, por vapores, formação de nuvens e precipitações. Assim sendo, a água hoje é considerado um bem da humanidade (FIGUEIREDO, 2002).

De toda água existente no planeta, apenas 2,5% é considerada doce e somente 1% deste montante está disponível para uso, ou seja, 0,007% do total dos recursos hídricos (TEIXEIRA *et al.*, 2001). Os reservatórios artificiais somam, aproximadamente, 9000 km³ de água doce, sendo considerados importantes reservas desta substância (STRAŠKRABA *et al. apud* TUNDISI, 2000).

Os reservatórios ou represas são sistemas artificiais que objetivam atender a demanda de água da população humana. São formadas principalmente pelo represamento de rios para abastecimento de água, regularização de cursos d´água, obtenção de energia elétrica, irrigação, navegação e recreação entre outros. Dependendo de suas características hidráulicas, principalmente do tipo de barragem, esses ecossistemas apresentam grande instabilidade limnológica e, por terem baixo tempo de permanência da água na represa, podem ser considerados, em sua maioria, corpos hídricos em um estágio entre um rio e um lago (lótico e lêntico). Nesses corpos, ocorre também grande variação do nível d'água em um curto período de tempo, em função das necessidades de uso da água, como exemplo, em uma usina hidrelétrica (ESTEVES, 1998).

Um dos usos dos recursos hídricos se encontra na geração de energia elétrica. Para isto, são construídas usinas hidrelétricas, onde grandes áreas são inundadas para a instalação das barragens e represas. Essas construções produzem várias modificações nos sistemas terrestres e aquáticos, envolvendo impactos geológicos, climáticos, hídricos, na flora e na fauna bem como sobre o homem e suas atividades (ESPÍNDOLA, 2001).

Com a retirada da população estabelecida nas áreas a serem inundadas, também ocorrem mudanças na economia local, considerando que parte da população do entorno das áreas inundáveis, geralmente, é rural. As represas, principalmente as construídas para geração de energia elétrica, trazem consigo desenvolvimento para a região, porém a extinção das zonas rurais quase sempre acontece. De acordo com Sousa (2000), os empreendimentos hidrelétricos inserem-se no interesse coletivo de uma sociedade por elevar, pela oferta de energia, a qualidade de vida da população.

No entanto, além dos benefícios energéticos devem ser considerados os efeitos prejudiciais do empreendimento. Atualmente as construções de reservatórios, principalmente para a instalação de usinas hidrelétricas, passam pelo processo de licenciamento ambiental (Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente), a fim de evitar ou mitigar os impactos negativos, bem como, potencializar os impactos positivos, como a geração de empregos durante as construções.

Além das interferências naturais ao represamento de rios, como possível alteração no regime hídrico da região, Minillo (2005) destaca que nas últimas décadas, muitos reservatórios no Brasil vêm sofrendo impactos antrópicos como frequentes despejos domésticos e industriais, principalmente nas regiões próximas aos grandes aglomerados urbanos. Nas demais regiões, o intenso desmatamento, associado à prática de monoculturas tem favorecido o carreamento de solos para o interior dos corpos d'água, juntamente com uma série de subprodutos

oriundos de atividades agropecuárias. Em detrimento destas alterações, tem-se verificado o aumento da poluição orgânica, da eutrofização e da toxicidade dos reservatórios.

A toxicidade é atribuída, também, aos efluentes industriais, que são os principais contribuintes de metais nas águas naturais. Estes elementos são considerados tóxicos, pois, em pequenas concentrações, trazem efeitos adversos à saúde. Devido aos prejuízos causados aos ecossistemas aquáticos, os metais também compõem os padrões de classificação das águas naturais e de lançamento de esgotos.

A avaliação e monitoramento da qualidade das águas de represas têm como objetivo reunir dados para que sejam utilizados no planejamento do crescimento industrial da região onde estão inseridas, no controle da poluição e nas ações relativas ao sistema de abastecimento público, além de classificar o corpo hídrico, conforme Resolução 357 de 17 de maio de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA 357/05), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Segundo Paula e Cabral (2011), a bacia hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros sofre elevado grau de antropização devido ao modelo agropastoril implantado a partir de 1970, sendo que a cobertura vegetal original do cerrado foi destruída para dar origem a imensos campos de pastagem extensiva e áreas de agricultura. A alteração do uso do solo no local foi capaz de proporcionar a degradação e compactação do solo, acentuando o escoamento superficial, condição que leva a intensificação dos processos erosivos, especialmente, em áreas vulneráveis (BRAGA, 2012).

Outro fator importante relacionado ao uso do solo no entorno da UHE Barra dos Coqueiros, é a implantação de lavouras de cana-de-açúcar para produção de etanol, principalmente na margem direita do reservatório, cuja expansão está em franco desenvolvimento.

Concomitantemente à expansão da cana-de-açúcar, a construção de usinas hidrelétricas na bacia do rio Claro afetou a dinâmica regional. De acordo com Cabral *et al*. (2011), as usinas hidrelétricas, constituem outro grupo de intervenções dentro deste contexto de antropização sofrida pelos ecossistemas do Cerrado, uma vez que a atual demanda por energia elétrica no país vem sendo suprida, em mais de 90%, por tais empreendimentos, sejam eles de pequeno porte, como as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) quanto de médio ou grande porte.

A implantação da UHE Barra dos Coqueiros é um dos elementos que passa a intervir diretamente na dinâmica natural da área, comprometendo, assim, a qualidade de água, e ge-

rando o aceleramento do processo de assoreamento do Rio Claro, alterando o regime ambiental de toda a bacia hidrográfica (BRAGA, 2012).

Na inundação do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, foram utilizados 2.548 hectares de terra dos municípios de Caçu e Cachoeira Alta. Sendo o município de Caçu, o mais afetado, com 1.376 ha alagados e 55 propriedades afetadas, e, ao todo, foram afetadas, 90 propriedades (EIA/RIMA, 2006, CAPITULO XVI, PAG.39).

Segundo Lima & Santos (2012), a bacia do rio Claro é grande produtora de grãos, principalmente milho e soja, começando a se destacar com a expansão da cultura da cana-de-açúcar. Essas culturas demandam a aplicação de elevada quantidade de fertilizantes e agrotóxicos, aliados à grande devastação da mata ciliar, acarretando impactos sobre os recursos hídricos das áreas adjacentes a essas plantações, e, além disso, o rio Claro recebe efluentes domésticos in natura das cidades de Jataí, Aparecida do Rio Doce, Caçu e Cachoeira Alta, sendo que em Jataí, apenas 60% dos efluentes são tratados, o restante é lançado na forma in natura diretamente no rio Claro.

Por ser utilizada a água do rio Claro para abastecimento da cidade de Caçu, torna-se importante a avaliação de parâmetros limnológicos para atestar a sua qualidade.

Os reservatórios são áreas de grande interesse para a limnologia, pois a construção de barragens, resultante da ação antrópica, rompem a sequência natural do rio, modificando determinadas propriedades limnológicas.

De acordo com os itens descritos anteriormente, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de contaminação do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, por nitrato, nitrito, fósforo, turbidez, sólidos dissolvidos totais (TDS), e concentração de sólidos suspensos (CSS), presentes em amostras de água de superfície; analisar espacialmente e temporalmente os dados limnológicos (NO_3^-, NO_2^-, P, TDS, CSS e turbidez), coletados em quatro campanhas entre os anos de 2012 e 2014; classificar os corpos d'água de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 e analisar estatisticamente os dados, aplicando análises de desvio-padrão, coeficiente de variação, correlação e regressão.

Foram realizados amostragens em diferentes trechos do reservatório, desde a barragem até o remanso do reservatório, nos períodos de 10 a 13 de julho de 2012 e 23 a 25 de janeiro de 2013, 29 de julho a 2 de agosto de 2013 e 25 a 29 de janeiro de 2014.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Reservatórios e Usinas Hidrelétricas

Os reservatórios hidrelétricos são corpos d'água importantes para a produção de energia, atividades recreativas e esportivas, pesca comercial, controle de inundações e suprimento de água. A degradação desses sistemas aquáticos e da qualidade da água pode causar uma série de impactos ambientais. Devido ao uso e à ocupação do entorno, os reservatórios brasileiros têm apresentado alterações na qualidade de suas águas (Calijuri, 1999). A qualidade da água pode ser degradada pela presença de detritos, nutrientes, micro-organismos, pesticidas, metais pesados e sedimentos (Liu et al., 2003), causando com isso diversos problemas.

Um dos principais usos dos recursos hídricos no Brasil se encontra na geração de energia elétrica. O crescimento populacional e econômico do país resultou no aumento da demanda energética, doméstica e industrial, nas últimas décadas, levando à exploração do potencial hidrelétrico de rios localizados em regiões com relevo acidentado (FIGUEIREDO, 2002).

As primeiras usinas de geração de energia elétrica são datadas de 1890 e a partir de 1900, centenas de grandes reservatórios foram construídos para abastecimento de água e irrigação. O crescimento da utilização de represas cresceu e no final do século 20, o mundo já possuía aproximadamente 45 mil grandes reservatórios distribuídos em 140 países. Só na China, existem 22 mil, quase a metade do total mundial. A construção das grandes represas chegou ao pico, por volta de 1970 na Europa e América do Norte. Hoje, essas regiões estão focadas na gestão das represas já existentes (WCD, 2000).

No Brasil, as represas e açudes formados, principalmente, por represamento de rios, têm como objetivos o abastecimento de água, regularização de cursos, geração de energia elétrica, irrigação, navegação e recreação, entre outros (ESTEVES, 1998). As primeiras usinas hidrelétricas construídas no país datam do início do século 20, pela empresa privada canadense Light, em decorrência da disponibilidade de capital para o desenvolvimento industrial, proporcionado pela exportação de café. Nessa época, os interesses do uso da água eram restritos as esferas do Governo e não havia conflitos entre suas utilizações (BARTH, 1999).

Para a construção das hidrelétricas, é necessária a execução de barragens e represas, onde uma grande área é inundada. Essas construções produzem várias modificações nos sis-

temas terrestres e aquáticos, envolvendo impactos geológicos, climáticos, hídricos, na flora e na fauna bem como sobre o homem e suas atividades (ESPÍNDOLA, 2001).

Do ponto de vista social, a construção destes corpos d'água mostra a necessidade de implementação de políticas públicas adequadas para que a criação de emprego e renda aconteça concomitantemente com outras políticas que assegurem a desejada racionalidade dos usos da água e dos recursos naturais de forma geral (CIRILO, 2008).

Do ponto de vista ambiental, é necessário que haja gestão ambiental já nas fases iniciais dos projetos das hidrelétricas, passando pela etapa de construção e continuando ao longo da vida útil da usina, a fim de minimizar os efeitos negativos e maximizar os benefícios do empreendimento (SOUSA, 2000). Nas represas já existentes, a gestão engloba adequação às legislações ambientais, monitoramento das atividades do entorno, e das condições físicas e químicas das águas, e, inclusive, educação ambiental como instrumento de conscientização para preservação dos corpos hídricos.

As características das represas se diferem dos lagos devido receberem continuamente contribuição de seus tributários, que levam nutrientes e sedimentos provenientes de toda a bacia de drenagem e também porque a água dos reservatórios é exportada a jusante via vazão turbinada e vertida (HENRY, 2004). Os reservatórios também possuem variação de nível de superfície, pois durante o ano ocorrem flutuações da vazão de água dos tributários, acarretando em expansão e retração do volume de água acumulado no reservatório, influenciando também no tempo de residência durante as diferentes épocas do ano (HENRY, 2004).

As represas possuem diversos efeitos benéficos, principalmente em lugares onde a quantidade de água é escassa, como no Nordeste. Segundo Esteves (1998), esses ecossistemas são de grande importância socioeconômica, possibilitando armazenar água para abastecimento à população humana e para dessedentação de animais, além da regularização do curso d'água, irrigação e aumento da produção proteica da região, pela utilização da piscicultura.

Mesmo com o benefício socioeconômico, Esteves (1998) destaca, também, os efeitos negativos da construção dos lagos artificiais:

- Elevação da transpiração e/ou evapotranspiração, acarretando em alterações climáticas locais ou regionais (PAIVA *apud* ESTEVES, 1998);
- Maior possibilidade de deslizamento e tremores de terra, devido ao peso das águas represas e/ou da barragem (PAIVA *apud* ESTEVES, 1998);
- Elevação do lençol freático, podendo prejudicar a agricultura regional co aumento da umidade do solo e proporcionar a criação de brejos com proliferação de insetos transmissores de doenças (epidemiologia);

- Aumento da taxa de sedimentação à montante em seus afluentes;
- Desaparecimento de florestas, rios, lagos, cavernas, quedas d'água (ESTEVES, 1998), áreas férteis, além de estradas, sítios arqueológicos ou obras arquitetônicas de valor histórico (MACHADO *apud* ESTEVES, 1998);
- Influência na reprodução das espécies, com a destruição de lagoas marginais, além das alterações físicas e químicas da água; e modificação dos habitats, afetando fauna e flora silvestres, até mesmo levando ao desaparecimento de espécies raras ou em extinção na área inundada;
- Profundas alterações na fauna ictiológica;
- Aumento das comunidades de macrófitas aquáticas, especialmente *Eichhornia crassipes*, *Salvinea spp* e *Pistia stratiotes;*
- Deslocamentos de populações, que passam a viver no entorno das represas, fazendo pressão sobre os recursos e modificando o uso das áreas marginais (PAIVA *apud* ESTEVES, 1998);
- Alteração no regime hidrológico da região e alteração da qualidade física e química da água.

Os principais impactos gerados pela formação do lago da UHE Barra dos Coqueiros são listados na **Tabela 1**.

Tabela 1- Principais impactos gerados na construção da UHE Barra dos Coqueiros.

Impactos Ambientais	Impactos Sociais
• Escorregamento de encostas marginais; • Mineração de pedra, solo e areia para a construção da represa; • Perda de 2.548 ha de terras; • Desaparecimento de importantes habitats; • Transformação do ambiente lótico em lêntico e migração das espécies reofílicas; • Supressão vegetal de remanescentes de mata nativa.	• Redução da pecuária leiteira; • Diminuição da população residente e perda de atividades produtivas; • Redução da pecuária de corte; • Perda de postos de trabalho • Perda de exploração mineral • Realocação de estradas, atingindo áreas produtivas e aumentando o percurso.

Fonte: EIA/RIMA, 2006.

A identidade cultural das comunidades também é afetada nesses casos. Muitos patrimônios históricos, monumentos arqueológicos e sepulcros (WCD, 2000) são inundados e desaparecem.

Segundo Santos (com. Pessoal), os impactos positivos físico-químicos da água à jusante do barramento são redução de sílica, diminuição da dureza, pH e condutividade elétrica. Os impactos negativos a montante é o aumento da concentração de CO_2, diminuição da concentração de oxigênio dissolvido na água devido à decomposição da matéria orgânica, acúmulo de sedimentos, dentre outros.

2.2 Gerenciamento da Qualidade das Águas Superficiais

A água é um bem de usos múltiplos e é essencial para a vida. Preservar esta substância, bem como manter sua qualidade é primordial para que se possa usufruir desse bem finito em todas as suas possibilidades.

A qualidade da água influencia, não somente a vida do ser humano, como também a biota aquática, as atividades sociais e econômicas em geral, os recursos naturais e os acervos históricos, culturais e paisagísticos (SPERLING,2005).

A qualidade dos recursos naturais é comprometida pela poluição trazida pela má utilização dos recursos disponíveis como também, má gestão dos subprodutos das atividades consumidoras de tais recursos.

De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, poluição é definida como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Para Chaves (2008), a poluição das águas, pode ser definida como a ocorrência de adição de substâncias ou formas de energia que modificam a natureza da água negativamente, prejudicando seus usos devido à alteração de sua qualidade. Tal poluição tem como origem diversas fontes, principalmente cargas pontuais de origem doméstica e industrial e cargas difusas de origem urbana e agrícola (CETESB, 2009), sendo esta última a principal responsável pela contaminação por elementos tóxicos no meio ambiente (NOVOTNY, 1995).

A qualidade da água se refere a sua proximidade do que naturalmente é encontrado, ou seja, sem interferência antrópica. Os padrões de qualidade são utilizados para regulamentar os níveis de poluentes de acordo com o uso que se faz do corpo hídrico (CHAVES, 2008).

Para a utilização da água na geração de energia, é necessária a construção de reservatórios ou represas. Estes corpos d'água demandam, normalmente, de extensa área para construção das barragens e inundações. Na intenção de preservar e gerenciar a qualidade da água destes reservatórios e de todos os corpos hídricos nacionais, assim como regularizar seus usos, leis, resoluções e decretos foram instituídos, iniciando com o Código das Águas, Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934, estabelecido para regularizar o setor hidrelétrico (DIAS e BARROS, 2007).

O controle da qualidade as águas foi regulamentado pela Portaria MINTER nº GM 0013, em 15 de janeiro de 1976, com o estabelecimento da classificação dos corpos d'água superficiais no território nacional, de acordo com padrões de qualidade e de lançamento de efluentes líquidos (SIGRH, 2011)

Em 10 de junho de 1986, foi instituída a Resolução nº20 do CONAMA, para estabelecer a classificação das águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional, substituindo a Portaria MINTER nº GM 0013, de 1976.

A resolução CONAMA nº 20 foi revista e atualmente a classificação das águas, bem como as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, condições e padrões de lançamento de efluentes são estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 17 de maio de 2005.

A CONAMA 357/05 definiu as classes das águas doces, de acordo com seus usos preponderantes, sendo a Classe especial, considerada de melhor qualidade para consumo e preservação da vida e, a Classe 4, de qualidade inferior, com uso restrito. Abaixo segue abaixo, a redação do Art. 4 do CONAMA 357/05, com a definição dos usos e das classes:

"I – Classe especial" - águas destinadas:

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.

II - Classe 1 - águas que podem ser destinadas:

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;

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.

III - Classe 2 - águas que podem ser destinadas:

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;

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 aqüicultura e à atividade de pesca.

IV - Classe 3 - águas que podem ser destinadas:

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.

V - Classe 4 - águas que podem ser destinadas:

a) à navegação; e

b) à harmonia paisagística

Cada classe denominada na Resolução CONAMA 357/05 possui níveis máximos de concentração para alguns parâmetros físicos e químicos e para alguns elementos considerados tóxicos. Assim, a referida resolução, estabelece os níveis de concentração permissíveis de alguns elementos-traço e metais presentes nas águas, objetivando diminuir a toxicidade dos corpos hídricos, ou seja, o nível de contaminação.

Vale ressaltar que, o fato de um trecho de rio estar enquadrado em determinada classe não significa, necessariamente, que esse seja o nível de qualidade que apresenta, mas sim o nível a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo (SIGRH, 2011).

Além da publicação da Resolução CONAMA 357/05, outro passo extremamente importante dado no Brasil, foi à instituição da Lei 9.433, que estabeleceu a Política Nacional dos Recursos Hídricos, em 08 de janeiro de 1997, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

O Ministério da Saúde, por sua vez, publicou a Portaria nº 518, de 25/03/2004, estabelecendo padrões de qualidade e potabilidade de água para consumo humano e, a Portaria nº

2914/2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A poluição geralmente traz mudanças indesejáveis para as características biológicas, físicas e químicas da água, do ar e da terra. Além disso, acarreta efeitos danosos à vida humana, à vegetação e aos outros organismos que vivem sustentados por estes ecossistemas. A água pode ser um dos principais carreadores de doenças e de muitas substâncias químicas indesejáveis. Devido ao desenvolvimento das atividades humanas em todo o mundo, muitos de nossos corpos d'água, tais como lagoas, lagos, córregos, rios e lençóis subterrâneos têm sido, de alguma forma, contaminados. Hoje muitos desses ambientes recebem quantidades substanciais de efluentes industriais, esgotos, águas domésticas e despejos agrícolas (WANG; HORITA; SATAKE, 1998).

A Resolução CONAMA nº 357, de 2005, classifica 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 2 classifica as classes das águas doces e o destino de seu uso.

Tabela 2 – Classificação das águas doces, segundo seu destino de uso, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005.

CLASSIFICAÇÃO/CONDIÇÕESDAS ÁGUAS DOCES				
CLASSEESPECIAL	**CLASSE 1**	**CLASSE 2**	**CLASSE 3**	**CLASSE4**
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 aqüicultura 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; eb) à harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA N. 357/05. Organização ROCHA, I. R. (2013).

A Tabela 3 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 3 – 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
Nitrato (NO_3^-)	10,0 mg/L	10,0 mg/L	10,0 mg/L	10,0 mg/L
Nitrito (NO_2^-)	1,0 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Fósforo (P)	0,020 mg/L	0,030 mg/L	0,05 mg/L	0,05 mg/L
Total de sólidos dissolvidos – TDS	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão
Concentração de Sólidos em Suspensão - CSS	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. Organização NASCIMENTO, E.S. (2013).

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 da Saúde para padrão de potabilidade da água ao abastecimento público.

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).

2.3 Variáveis Limnológicas

2.3.1 Nitrato (NO_3^-)

Este elemento é de grande importância para os ecossistemas aquáticos, pois, juntamente com os íons amônio, representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVES, 1998).

O Nitrogênio apresenta-se sob várias formas: nitrato (NO_3-), nitrito (NO_2-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc (ESTEVES, 1998).

Dentre essas diferentes formas, o nitrato, juntamente com o íon amônio, são os mais importantes, já que são as principais fontes de alimento para os produtores primários. Somente quando a concentração das formas inorgânicas de N atinge valores muito baixos ou é esgotada, é que as formas orgânicas são aproveitadas pelos organismos aquáticos (ESTEVES, 1998).

Os nitratos são produzidos no solo pela nitrificação da amônia e do nitrogênio, sendo facilmente liberados pelo solo, especialmente na ocorrência de fortes precipitações, quando a coesão dos grãos se torna menor (Matos, 2010). A redução dos nitratos dá origem a nitritos tóxicos. Na presença de compostos orgânicos nitrogenados, os nitritos podem tornar-se precursores de nitrosaminas carcinogênicas (Straškraba e Tundisi, 2000).

A nitrificação (NH_3 --> NO_2 --> NO_3) prevalece no hipolímnio rico em oxigênio dos lagos e reservatórios Oligotróficos, enquanto que a amonificação (NO_3 --> NO_2 --> NH_3) prevalece com escassez de Oxigênio, ou anoxia, do hipolímnio das águas Eutróficas (ESTEVES, 1998).

O nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio que, em baixas concentrações, se encontra de forma natural na água e no solo (FOSTER; HIRATA, 1988). Porém, essas concentrações podem ser alteradas devido ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura e a coleta e disponibilização inadequada dos esgotos domésticos (ROSSI et al., 2007).

Quando presente no corpo humano, o NO_3^- pode ser reduzido a NO_2^-, através de mecanismos diversos, para, então, causar problemas à saúde humana. Além disso, o NO_2^- pode, ainda, reagir com o ferro (II) da hemoglobina e gerar uma doença conhecida como methemoglobina (BURAKHAM et al., 2004) que, quando em bebês, é conhecida como “blue baby syndrome” (BISWAS; CHOWDHURY; RAY, 2004) em razão da mucosa do bebê doente apresentar-se com uma coloração azul.

SOARES (2011), estudando o complexo de represas Paraibuna-Paraitinga, registrou concentração média de nitrato na superfície, nas amostras coletadas no período seco, de 0,49 ± 0,31 $mg.L^{-1}$. A mínima foi de 0,09 $mg.L^{-1}$ (estação 09, ago/09) e a máxima de 1,46 $mg.L^{-1}$ (estação 08, mai/10). Na estação chuvosa, a concentração média foi de 0,35 ± 0,25 $mg.L^{-1}$, com mínima de 0,05 $mg.L^{-1}$ (estação 05, fev/10) e a máxima de 1,02 $mg.L^{-1}$ (estação 02, nov/08).

ALVES et al. (2008), avaliando a qualidade da água da bacia do rio Pirapó, observaram que, nos meses de maio e junho as concentrações de nitrato foram superiores ao limites estabelecido pela Resolução Conama nº 357/2005 para corpos de água doce de Classe II (10,0

mg L-1 de N) em praticamente todos os pontos de amostragem. Alta concentração de nitrato pode ser devida ao lançamento de esgoto doméstico clandestino no curso d'água.

2.3.2 Nitrito (NO_2^-)

O nitrito (NO_2^-) e o nitrato (NO_3^-) têm sido considerados contaminantes ambientais de larga expansão para corpos d´água, tanto subterrâneos como superficiais, em todo o mundo (AYDIN; ÖZGEN; SÜLIN, 2005). O excesso desses íons em corpos d´água, resultante das atividades agrícolas - ou por mudanças demográficas - pode causar a eutrofização desses ecossistemas (GARDOLINSKI; DAVID; WORSFOLD, 2002). O conhecimento dos teores de NO_3^- e NO_2^- em amostras de água tem despertado grande interesse da sociedade, uma vez que, ultimamente, a presença desses íons em águas naturais tem aumentado significativamente, causando problemas ao meio ambiente e, conseqüentemente, à saúde humana (MONSER et al.,2002).

2.3.3 Fósforo (P)

O fósforo aparece em águas naturais devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala domesticamente constituem a principal fonte. Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (CETESB).

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macro-nutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretende tratar por processo biológico. Em processos aeróbios, exige-se uma relação DBO5:N:P mínima de 100:5:1, enquanto que em processos anaeróbios tem-se exigido a relação DQO:N:P mínima de 350:7:1.

Os esgotos sanitários no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mgP/L, não exercendo efeito limitante sobre os tratamento biológicos. Alguns efluentes industriais, porém, não possuem fósforo em suas composições, ou apresen-

tam concentrações muito baixas. Neste caso, devem ser adicionados artificialmente compostos contendo fósforo como o monoamônio-fosfato (MAP) que, por ser usado em larga escala como fertilizante, apresenta custo relativamente baixo. Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais (CETESB).

Segundo Esteves (2003), os estudos sobre a dinâmica do fósforo na água em microbacias hidrográficas, bem como de outros "contaminantes", ajudam a estimar os impactos e suas consequências nos ecossistemas aquáticos. Além disso, são importantes ferramentas para despertar a consciência de que o uso e o manejo do solo e da aplicação de insumos, sejam eles industriais ou orgânicos, são fatores que determinam a qualidade da água e do ambiente.

A disponibilidade do fósforo na água depende da interação qualitativa e quantitativa entre os sedimentos e a água, no espaço e no tempo (Reynolds & Davies, 2001). A sua dinâmica interfere na qualidade da água e é interferida por ela. As formas e as quantidades de fósforo no escoamento e no deflúvio superficial dos agroecossistemas são dependentes, entre outros fatores, (a) das fontes de poluição; (b) dos mecanismos de transferência de sedimento e fósforo e; (c) das transformações que ocorrem durante a trajetória (Sharpley et al., 1992; Dils & Heathwaite, 1996).

Vários estudos encontraram uma significativa relação entre o nível de fósforo do solo e o fósforo dissolvido no escoamento superficial (Sharpley et al., 1985c; Dils & Heathwaite, 1996; McDowell et al., 2001). O escoamento da água sobre a camada superficial do solo de áreas agrícolas durante os eventos pluviométricos é a principal fonte difusa de poluição aos mananciais hídricos.

Esses estudos indicam que nos agroecossistemas os sedimentos provêm principalmente do escoamento em áreas de lavoura sob sistema de cultivo convencional. Desse modo, a quantidade de fontes de poluição numa determinada microbacia depende da qualidade das fontes e do grau de intervenção antrópica no meio, ou seja, do sistema de uso e manejo do solo adotado (McDowell et al., 2001). Porém, segundo esses mesmos autores, as fontes de fósforo podem ser, também, dos sedimentos erodidos das margens ou depositados no leito dos cursos d'água. Para Bigarella (2003), as estradas, as escavações para edificação de instalações e para garimpo são fontes que podem contribuir de forma significativa para a produção de sedimentos, embora possam ser mais "pobres" em fósforo. Reynolds & Davies (2001) afirmam que as áreas de florestas contribuem para a diluição das concentrações de sedimento e fósforo no deflúvio superficial.

Neste contexto, as concentrações de fósforo encontradas no escoamento e no deflúvio superficial são uma resultante da interação entre a água das chuvas e o teor de fósforo na camada superficial do solo. Essa por sua vez, depende da riqueza natural dos solos e das adições de fontes de fosfatos, sejam elas, orgânicas ou químicas.

2.3.4 Turbidez

De acordo com Esteves (1998) a turbidez é uma medida da capacidade de dispersão da radiação. Margalef (1986) considera que a turbidez de uma água é dada pela presença de partículas em suspensão (silte, areia, bactérias, fitoplâncton, detritos orgânicos, entre outros).

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 (NephelometricTurbidityUnits), expressa em termos de coeficiente de dispersão ou alguma unidade empírica (BRANCO; ROCHA, 1977; VON SERLING 2007).

UZOUKWU et al (2004) estudando o rio Ubu na Nigéria e RODRÍGUEZ (2001), avaliando o ribeirão do Feijão e o rio do Monjolinho na bacia do Alto Jacaré-Guaçu, Estado de São Paulo, observaram aumento da turbidez da água durante a época da chuva e atribuíram isso a erosão e restos sólidos que são transportados para o rio pela inundação das águas.

BONETO (2007) verificou a diminuição da turbidez no período de maior precipitação e atribuiu a este fato uma maior diluição dos esgotos durante este período.

2.3.5 Total de Sólidos Dissolvidos (TDS)

Para Tundisi e MatsamuraTundisi (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 MatsamuraTundisi (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.

De acordo com 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.

2.3.6 Concentração de Sólidos Suspensos (CSS)

A poluição geralmente traz mudanças indesejáveis para as características biológicas, físicas e químicas da água, do ar e da terra. Além disso, acarreta efeitos danosos à vida humana, à vegetação e aos outros organismos que vivem sustentados por estes ecossistemas. A água pode ser um dos principais carreadores de doenças e de muitas substâncias químicas indesejáveis. Devido ao desenvolvimento das atividades humanas em todo o mundo, muitos de nossos corpos d'água, tais como lagoas, lagos, córregos, rios e lençóis subterrâneos têm sido, de alguma forma, contaminados. Hoje muitos desses ambientes recebem quantidades substanciais de efluentes industriais, esgotos, águas domésticas e despejos agrícolas (WANG; HORITA; SATAKE, 1998).

Os sedimentos dissolvidos, em suspensão ou de fundo transportados por um curso d'água, são resultado das interações entre a massa líquida em movimento, a superfície do canal fluvial e os diferentes tipos de sedimentos transportados. A força da gravidade e a tensão de cisalhamento são duas as forças principais que atuam sobre a dinâmica fluvial e o transporte de sedimentos. (CHRISTOFOLETTI, 1981).

O deslocamento e o transporte de sedimentos dependem da forma, tamanho, peso da partícula e das forças exercidas pela ação do escoamento. Quando essas forças se reduzem até a condição de não poderem continuar a deslocar a partícula, ocorre o processo de deposição.

Esses depósitos podem ser de pequeno, médio ou grandes volumes. Também podem ser transitórios ou permanentes, como o assoreamento. Um depósito de sedimento permanente sofre a ação do peso da água e de seu próprio peso, compactando-se. (CARVALHO, 2008).

O transporte de sedimentos em uma bacia varia muito desde as partes mais altas até as planícies, variação esta que depende da litologia, do tipo de solo, da cobertura vegetal, da velocidade, do regime de chuvas. Em geral no alto curso da bacia há maior erosão e transporte de sedimentos. A erosão diminui, gradativamente, da alta até a média bacia, à medida que as declividades decrescem. (CARVALHO, 2008). No caso dos reservatórios ocorre o desaparecimento do regime de fluxo (ambiente lêntico), provocando a retenção de material particulado no lago.

2.4 Análises Estatísticas

2.4.1 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 dependentes e independentes (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).

Segundo Santos (2007), para se discutir as medidas dos dados encontradas, por meio do coeficiente de correlação linear, encontram-se na Tabela 4 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 4 – Coeficiente de correlação linear e os intervalos de correlação

Coeficiente	Intervalos
r = 1	Perfeita positiva - (PP)
0,7 ≤ r < 1	Forte positiva - (FtP)
0,4 ≤ r < 0,7	Moderada positiva - (MP)
0,1 ≤ 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 ≤ -0,1	Fraca negativa - (FrN)
-0,7 < r ≤ -0,4	Moderada negativa - (MN)
-1 < r ≤ -0,7	Forte negativa - (FtN)
r = -1	Perfeita negativa - (PN)

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

2.4.2 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).

2.4.3 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 Caracterização da área de estudo

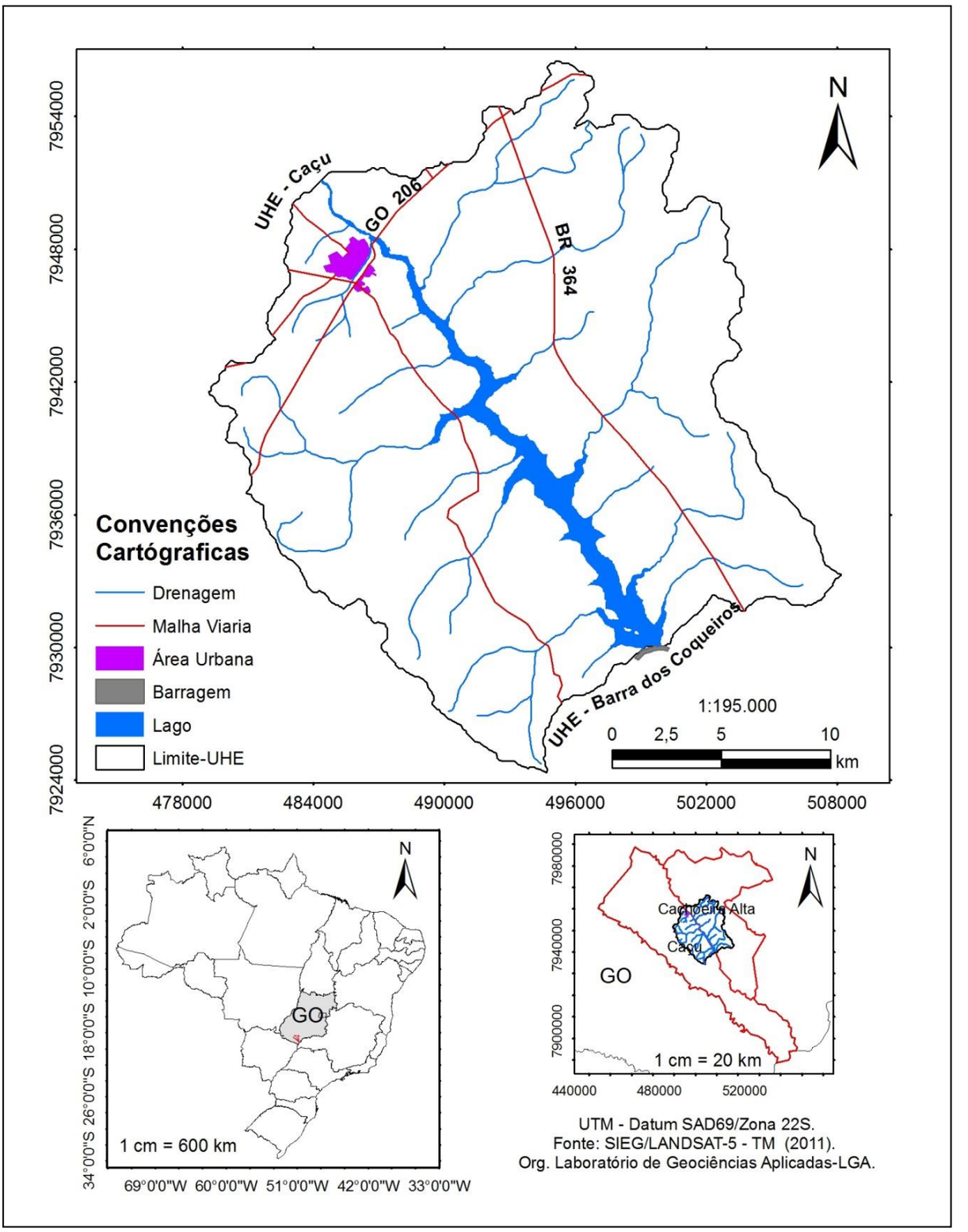
O Rio Claro está localizado no Sudeste Goiano, nasce na divisa dos Municípios de Jataí e Caiapônia no reverso da *Cuesta* do Caiapó em altitude de 750 m e deságua no rio Paranaíba na cota de 400m, após percorrer uma extensão de aproximadamente 380 km na direção Noroeste Sudeste com desnível total da bacia de aproximadamente 420 m. Drena áreas de ocorrência dos sedimentos do Grupo Bauru, porém de tal modo já escavado, que passou a exibir litologias basálticas da Formação Serra Geral no fundo do vale e nas baixas vertentes, preservando aqueles sedimentos apenas em algumas áreas. De modo geral, seu vale é estreito e apresenta cachoeiras e corredeiras mantidas por basalto. (MAMEDE, 1983 *apud* NASCIMENTO, 2006).

Por possuir grandes desníveis, o rio Claro tem um potencial hidrelétrico que está sendo explorado com vários projetos de usinas instalados e quatro usinas em operação (PCH Jataí, UHE Caçu, UHE Barra dos Coqueiros e UHE Eng. Jose Luiz Muller de Godoy Pereira) sendo esta última, próximo à foz no rio Paranaíba.

A bacia hidrográfica analisada é composta pelo trecho do Rio Claro compreendido entre as usina UHE Caçu e UHE Barra dos Coqueiros e pelos principais córregos: Córrego da Pedra Branca, Córrego Pirapitinga, Córrego da Pontezinha, Córrego da Matriz, Córrego dos Coqueiros da margem esquerda, Córrego da Guariroba, Córrego dos Coqueiros da margem direita, Córrego da Sucuri e Córrego do Vau.

O reservatório da UHE Barra dos Coqueiros (Mapa 1), local do presente estudo, pertence à Gerdau Aços Longos S/A e possui capacidade instalada de 90 MW de potência. Iniciou-se a geração de energia janeiro de 2010. Com uma área de 25,48 Km^2, o reservatório está localizado no recorte dos limites latitudinais (UTM) 479338/509087 de longitude e 7923981/7956739 de latitude, tendo o rio Claro como o principal curso.

Mapa 1- Localização da Bacia Hidrográfica UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Dados do Laboratório de Geociências Aplicadas - LGA; e, dados do SIEG (2012). Organização: Rocha,(2011).

3.2 Pontos de amostragens

Foram definidos 40 pontos de amostragem no lago, para melhor compreensão da distribuição espacial e temporal dos parâmetros limnológicos. As coletas foram realizadas nos períodos chuvosos (PC), 23/01/2013 e 25/01/2014 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 Kimelet al. (1990).

As coletas em campo, foram efetuadas em horários que variaram de 10h às 16h, em profundidade amostral de 15cm da lamina d'água em cada um dos pontos. As condições meteorológicas nos meses de janeiro apresentaram tempo chuvoso e nublado e, nos meses de julho o tempo manteve-se ensolarado e com poucas nuvens.

Todo o espaço navegável do lago foi analisado, levando em consideração toda a extensão de, aproximadamente, 25,42 km^2.

3.3 Caracterização fisiográfica da UHE Barra dos Coqueiros

3.3.1 Geologia

Geologicamente, a área de estudo é composta por rochas do grupo Bauru, formado pelas formações Vale do Rio do Peixe e Marília, e rochas do grupo São Bento, da Formação Serra Geral (SIEG, 2009).

As rochas da Formação Serra Geral foram formadas de derrames de composição predominantemente básica. Rochas hipoabissais, sob a forma de diques ou *sills*, de composição básica são correlacionáveis a este evento extrusivo. São encontradas encaixadas em unidades litoestratigráficas mais antigas como nos basaltos (IBGE, 1983).

As rochas basálticas apresentam-se normalmente com aspecto maciço, cor cinzaescura, granulação fanerítica fina a média, ocasionalmente com a presença de amígdalas e fraturadas (AGIM/ CPRM, 2002).

A Formação Vale do Rio do Peixe repousa diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral. É composta por estratos de espessura submétrica, de arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos. Os arenitos são de muito finos a finos, de cores que variam do marrom claro, rosados a alaranjados; de seleção moderada a boa. Têm aspecto maciço ou es-

tratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte. Tem espessura máxima preservada da ordem de 100 m.

Nos estratos "maciços", podem ocorrer zonas de estratificação/laminação planoparalela grosseira, formadas por: a) superfícies onduladas (amplitude e comprimento de onda centimétricos), às vezes com laminação interna (*climbings* eólicos); b) ondulações de adesão; ou c) planos bem definidos, com lineação de partição (FERNANDES, 2004).

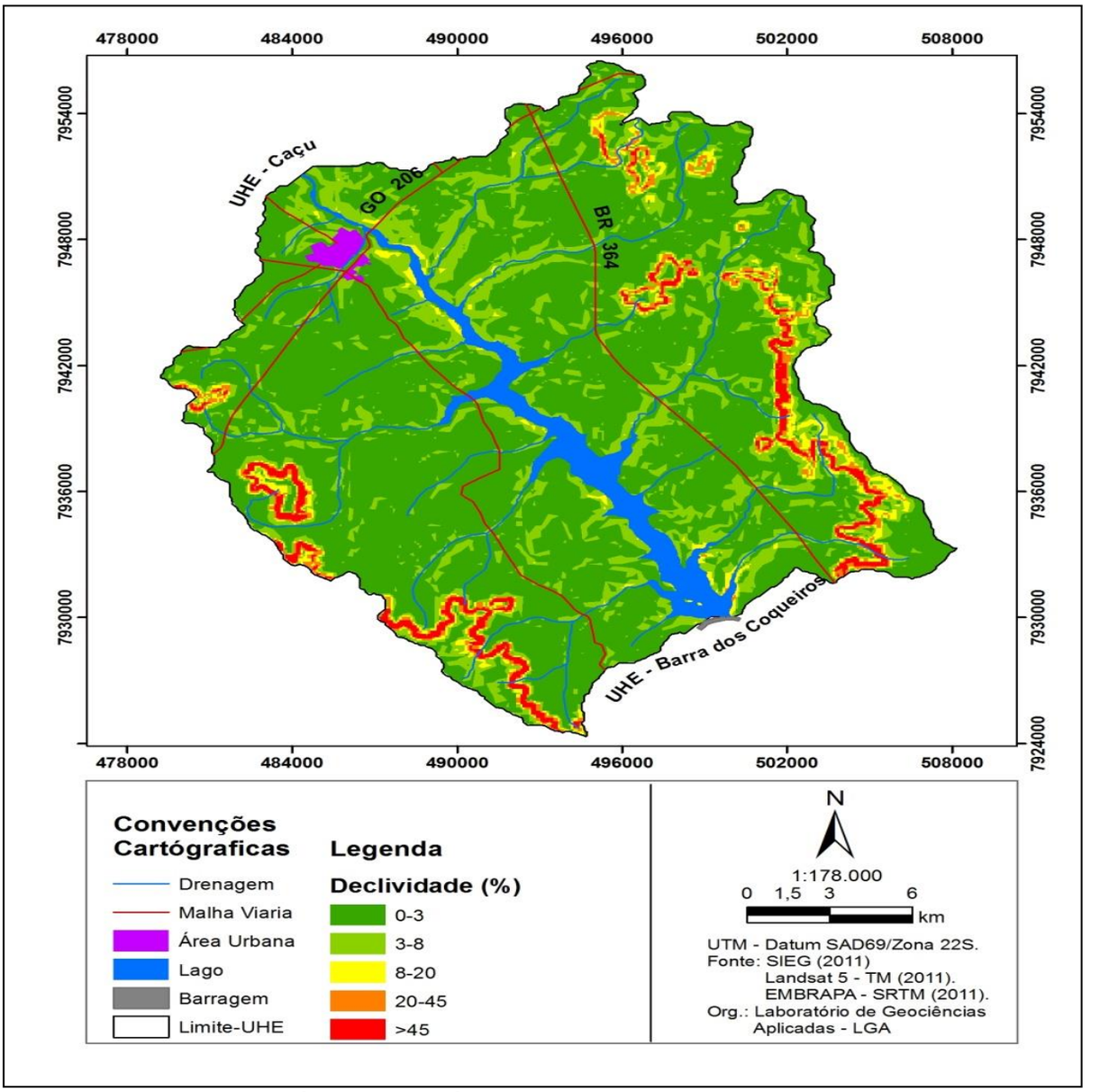
Segundo Fernandes (2004), a Formação Marília é constituída por arenitos finos a médios, predominantemente mal selecionados, imaturos, com frações grossas e grânulos em quantidades subordinadas, sobretudo, nas zonas marginais da bacia. Formam estratos de aspecto maciço, de cores beges a rosa (pálidas) características, com cimentação e nódulos carbonáticos. Poucas vezes, exibem estratificação cruzada de médio porte. As intercalações de lamitos e arenitos lamíticos têm cor marrom, espessuras centimétricas a decimétricas (até 1 m), que são mais frequentes nas partes interiores da bacia.

Verifica-se, na área de estudo, Superfície Regional de Aplainamento (SRAIIIB-RT) com cotas entre 550 e 750 m, formadas principalmente sobre os basaltos da Formação Serra Geral (LATRUBESSE & CARVALHO, 2006).

Segundo Novelis (2006), o vale do Rio Claro apresenta relevo ondulado, com densidade de drenagem moderada, com incisão de drenagem local forte, onde o processo erosivo é atenuado pela grande resistência dos basaltos da Formação Serra Geral aos processos de intemperismo físico, limitando o processo erosivo local. A densidade da drenagem é moderada, representada por solos com baixa capacidade de drenagem.

As áreas de rebordo correspondem à transição entre o Compartimento de Chapada e o Vale do Rio Claro, com declividade na ordem de 10%. Essa área representa moderado potencial de perda do solo, em função da textura argilosa e coberturas do solo e do comprimento das rampas longas presentes (Mapa 2).

Mapa 2 – Mapa de Declividade



Fonte: Dados do Laboratório de Geociências Aplicadas - LGA; e, dados do SIEG (2012). Organização: Rocha, 2011.

Nas áreas de chapada, a sudeste da bacia, verifica-se a presença de Latossolo Vermelho-Amarelo que representam a maior parte da área da bacia, onde o uso mais frequente é a pecuária extensiva e plantação de cana-de-açúcar, com relevo plano a suave ondulado, com baixa amplitude de relevo, baixa densidade de drenagem, com cotas hipsométricas inferior a 530 metros. Nas bordas deste relevo pode alcançar cotas pouco inferiores a 600 metros, o que resulta em um compartimento com pequena amplitude de relevo.

Quanto à geodinâmica pode-se afirmar que o intemperismo químico supera amplamente os processos de transporte e acumulação. As chapadas são áreas com amplas superfícies residuais com latossolização predominante (NOVELIS, 2006).

As áreas de borda da bacia são caracterizadas por Morros Testemunhos representadas por relevo residual com elevações de topo plano limitado por bordas escarpadas, sustentadas por arenitos do Grupo Bauru, resultantes do recuo pela erosão de frente de *Cuesta* (

Foto 1).

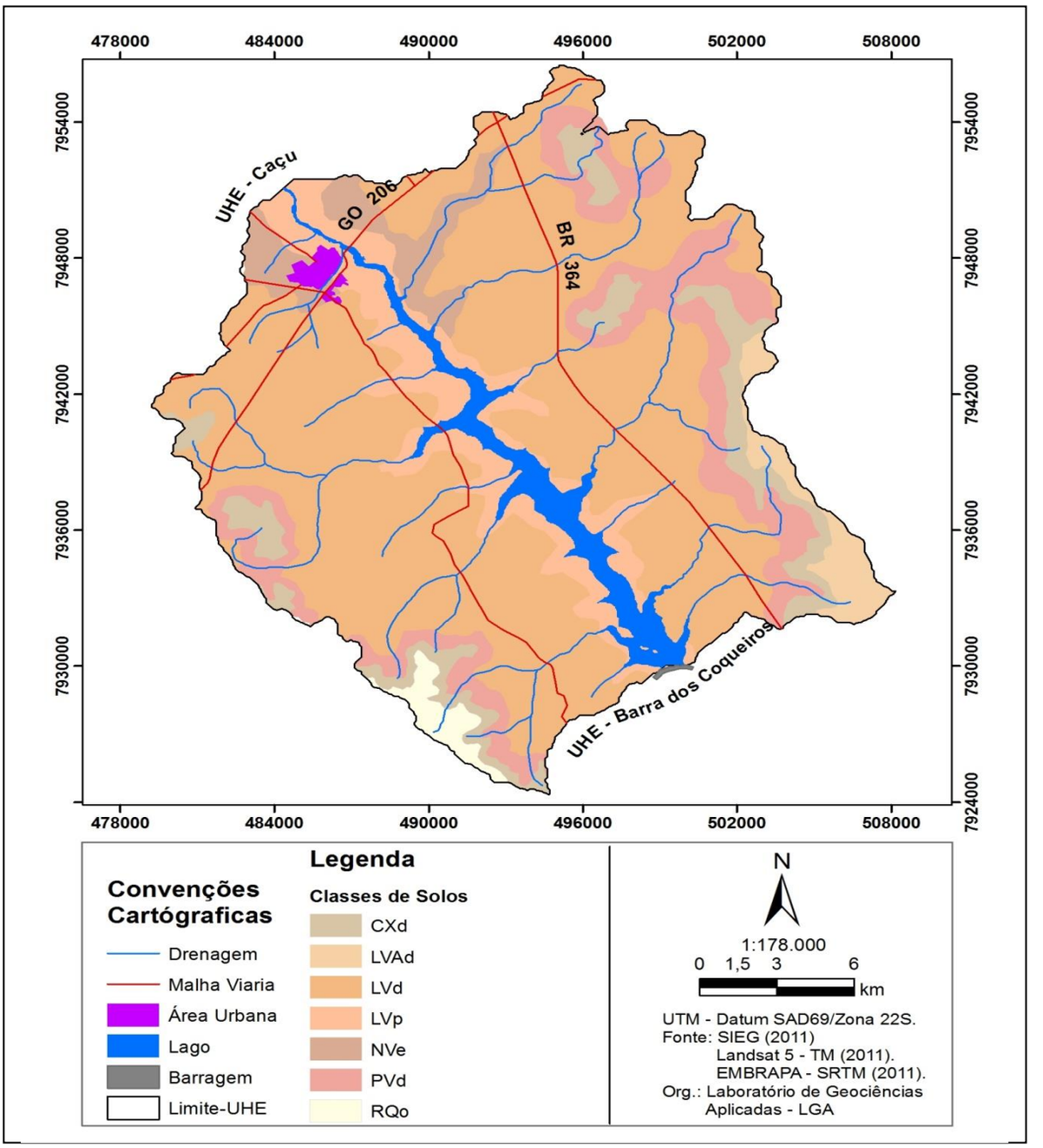
Estas áreas se encontram mais distantes dos cursos d'água, na maior parte com solos de baixa fertilidade e dificuldade de mecanização, sendo as áreas mais preservadas da bacia em função do restrito uso e ocupação. Os solos destas áreas são contrastantes, sendo representadas por Latossolos arenosos e espessos no topo dos platôs e por Cambissolos nas porções de bordas.

Foto 1 - – Bordas da bacia com morro testemunho (Serra Negra).

Fonte: BRAGA, C.C (2011).

Na bacia são encontrados sete tipos de solos (Mapa 3): Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho Periférico, Argissolo Vermelho Amarelo, Neossolo Quartzarênico Órtico, Nitossolo Vermelho Eutrófico e Cambissolo Háplico Distrófico. Sendo que a grande maioria da bacia é coberta por Latossolos; já os Neossolo Quartzarênico Órtico o Cambissolo Háplico Distrófico e o Argissolo Vermelho-Amarelo localizam-se nas encostas da bacia em locais com relevos ondulados.

Mapa 3 - Mapa de solos da bacia da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Dados do Laboratório de Geociências Aplicadas - LGA; e, dados do SIEG (2012). Organização: Rocha, 2012.

Segundo a EMBRAPA (2009) os Latossolos, em geral, são solos constituídos de material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300 cm, se o horizonte A apresenta mais que 150 cm de espessura.

Os Latossolos Vermelho Distrófico são solos com saturação por bases baixa (V < 50%) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Já Latossolos Vermelho-Amarelo Distrófico têm textura média arenosa, derivada de arenitos, com relevo suave ondulado, com saturação por bases baixa (V<50%), na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Os Latossolos Vermelhos Periféricos são argilosos com relevo suave ondulado, com saturação por bases baixa (V< 50%) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4)≥36% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

Os Argissolos Vermelho-Amarelo distrófico são solos constituídos por material mineral. Sua textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e, de média a muito argilosa, no horizonte B. São solos forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases baixa. São solos com argila de atividade alta e distróficos (saturação por bases < 50%) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

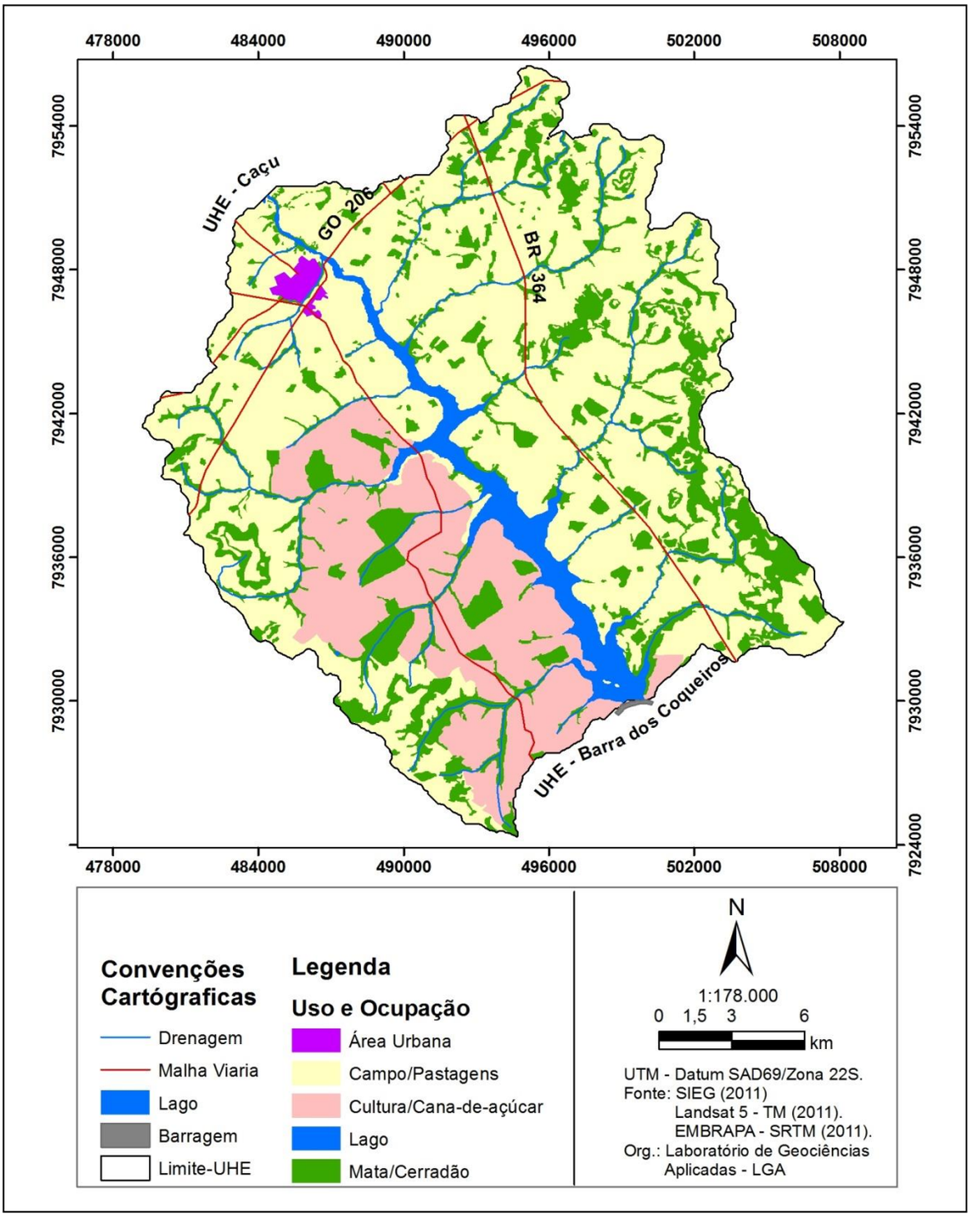
Os Neossolo Quartzarênico Órtico são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral, ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. São essencialmente quartzosas, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95% ou mais de quartzo, derivados de arenitos com relevo plano.

Nitossolo Vermelho Eutrófico são solos constituídos por material mineral, com 350g/kg ou mais de argila, inclusive no horizonte A, que apresentam horizonte B nitico imediatamente abaixo do horizonte A, dentro de 150 cm de superfície do solo. Os Nitossolos Vermelhos Eutróficos são solos com saturação por bases altas (V≥ 50%) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), com serosidade comum, estruturação granular, derivados de basaltos, com relevo ondulado.

Os Cambissolos Háplicos Distrófico são solos com argila de atividade baixa e baixa saturação por bases, derivados de arenitos, associados a relevo forte ondulado.

De acordo com Paula e Cabral (2011), a região geográfica da área de estudos, tinha no ano de 2010, aproximadamente 65% de sua área ocupada por pastagens, 22% Cerrado, 8% em culturas, principalmente cana-de-açúcar, 4,6% coberto com água pelo represamento do rio para formação do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros e 0,5% de área urbana da cidade de Caçu (Mapa 4).

Mapa 4 – Uso e ocupação do solo na UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Dados do Laboratório de Geociências Aplicadas - LGA; e, dados do SIEG (2012). Organização: Rocha, 2012.

3.3.3 Clima

Segundo Mariano *et al.*, (2003), predominam na região sudoeste de Goiás duas estações climáticas bem distintas: sendo um período chuvoso (outubro a abril) com variação de 1200 mm a 1800 mm. Já outra em período mais seco (maio a setembro), onde a precipitação varia bastante, com valores chegando próximo de zero.

O clima tropical da região tem temperaturas elevadas, principalmente no período primavera-verão, com grande frequência de temperaturas máximas diárias acima de 30,0 ºC, com poucas invasões de ar frio de origem polar. Já no inverno, são comuns dias frios com temperaturas mínimas abaixo de 10ºC, principalmente nos meses de junho e julho, podendo ocorrer geadas, com baixa umidade do ar; tudo isso decorrente da chegada de massas de ar polares que acontecem com frequência nessa época do ano. Porém, quando essas massas de ar frias não chegam às temperaturas médias, são altas mesmo no inverno (MARIANO, 2005).

Na região do Sudoeste Goiano, Lobato (2002) *apud* Mariano (2005) observou que as temperaturas médias anuais variam de 20,0 ºC a 23,0 ºC.

Segundo Cardoso, (2011), a região Sudoeste de Goiás possui clima Cwa, tropical úmido, duas estações bem definidas, inverno seco e verão quente e chuvoso com temperaturas dos meses mais frio menor que 18ºC e, o total de chuva do mês mais seco, inferior a 30 mm.

O índice pluvial médio mensal do período chuvoso, meses de outubro a abril na área de estudos situa-se em torno de 105 a 405 mm. Na estação seca, abril a setembro, a distribuição dos valores pluviais variou entre 0 a 34 mm (ROCHA, 2012).

Lima e Santos (2012), realizaram análises de parâmetros limnológicos nas águas do rio Claro em seu curso mais alto, nas proximidades da cidade de Jataí. Avaliaram o potencial de poluição da água do rio Claro pelos metais Bário (Ba), Alumínio (Al), Ferro (Fe), Cobre (Cu), Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Cádmo (Cd), Arsênio (As), Selênio (Se) Mercúrio (Hg) e cobalto (Co) e algumas propriedades físico-químicas (pH, condutividade elétrica, turbidez, dureza, TDS e NaCl). Os resultados obtidos relativos aos parâmetros físico-químicos estavam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação com exceção dos metais Al, Fe, Mn Cu e Pb.

Segundo Oliveira *et al* (2012) a concentração de clorofila *a* no Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros variou de 3,4 a 4,2µg/L.

Cabral *et al* (2012), analisaram as concentrações de sólidos em suspensão, turbidez e visibilidade da água utilizando disco de Secci, no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.

Encontraram índices de concentração de sólidos em suspensão variando de 0,0 a 8,0 mg/L. Quanto à visibilidade da água, os valores máximos encontrados foram de 4 metros. Quanto à turbidez os índices encontrados mostram que a refletância da luz no período variou de 0 a 4 NTU.

3.4 Procedimentos metodológicos

Utilizando de imagens de satélite e cartas topográficas da área de estudo obtidas nas bases de dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), do SIEG (Sistema Estadual de Estatísticas Informações Geográficas de Goiás) e do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), definiram-se os pontos de amostragens levando em consideração a importância do rio Claro para a região e o abastecimento de água para a cidade de Caçu que é coletada no remanso da UHE Barra dos Coqueiros.

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.

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 avaliados.

Parâmetros	Variáveis	Unidades
Químicos	Nitrato (NO_3^-)	mg/L
	Nitrito (NO_2^-)	mg/L
	Fósforo (P)	mg/L
Físicos	Total de sólidos dissolvidos (TDS)	mg/L
	Concentração de sólidos suspensos (CSS)	mg/L
	Turbidez	UNT

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

3.6 Análises em campo

As amostras de água foram coletadas nos primeiros 15 cm de profundidade, camada mais superficial do corpo d'água (epilímnio), onde tendem a ocorrer as maiores temperaturas, o que, juntamente com o aporte de nutrientes, aumenta a produtividade de organismos nas camadas superficiais. Assim, provoca o aumento de turbidez e diminuição da transparência, o que afeta os processos biológicos e químicos no corpo d'água (ESTEVES, 1998).

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.

As amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo, buscando-se manter a temperatura de 4ºC, 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.

Para a determinação de concentração de sólidos suspensos, o material coletado foi despejado em papel filtro, previamente pesado. Realizada a filtragem, retirou-se a umidade do papel filtro na estufa, que é pesado novamente. Assim, desprezando o peso do filtro foi possível obter a quantidade (mg/L) de sedimento para cada amostra de água.

A variável sólidos dissolvidos foi mensurada com um instrumento de medida multiparâmetro (OaktonPcd 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.

Para a realização das análises químicas, Utilizou-se Fotômetro Hanna Instruments, HI 83099 de bancada. As amostras de água foram coletadas com frascos de polietileno de 500 ml e acondicionadas em caixas térmicas com gelo e transportadas à base para posterior análise seguindo o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos) (ANA,2012).

A metodologia de análise utilizada para cada parâmetro segue descrita abaixo conforme manual do fotômetro HI 83099.

Nitrato:

Os frascos de coleta de água para análise de nitrato receberam 10 ml de ácido sulfúrico para conservação da amostra, Utilizou-se na análise o método de redução do cádmio. Após preparada a amostra, a mesma foi colocada em cubeta de vidro e inserida no fotômetro com absorbância de 525 nm.

Nitrito:

Na análise de nitrito, utilizou-se amostras puras sem conservantes. O método utilizado nas análises foi o EPA diazotação. A amostra foi adicionada em cubeta de vidro e inserida no fotômetro com absorbância de 525 nm.

Fósforo:

Utilizou-se amostras puras sem conservantes. O método utilizado nas análises foi o de aminoácido, descrito pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 18th edition. A amostra foi adicionada em cubetas de vidro e inserida no fotômetro com absorbância de 525 nm.

Buscou-se abranger todos os compartimentos aquáticos do reservatório e, visualmente, os locais mais significativos de maior degradação, isto é, o uso do solo próximo ao reservatório e as áreas com a vegetação parcialmente submersa (Foto 2 - Área de pastagem para criação de animais a esquerda do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. Foto 3 - Área de vegetação parcialmente submersa pelo reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.).

No período das chuvas, as águas são escoadas para os rios, transportando as partículas de solo, restos de culturas, lixo e outros poluentes, podendo ainda causar contaminação por agrotóxicos e eutrofização[1] dos corpos da água (CONTE e LEOPOLDO, 2001).

1 - A eutrofização está diretamente relacionado com a poluição da água. Esta consiste na modificação das propriedades de uma massa de água em resultado do enriquecimento em nutrientes (por exemplo, nitratos e fosfa-

tos), provocando alterações nas comunidades bióticas. O teor de Oxigénio dissolvido é reduzido com o aumento da turvação registada (Ribeiro et al., 2010). A eutrofização pode ter origem natural ou antrópica.

Foto 2 - Área de pastagem para criação de animais a esquerda do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.

Fonte: BRAGA, C.C (2011).

Foto 3 - Área de vegetação parcialmente submersa pelo reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.

Fonte: BRAGA, (2011).

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 distribuição das variáveis limnológicas.

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.

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 liminológicas foram estabelecidas em diferentes intervalos, segundo a abrangência para os dados coletados em campo, para abranger as unidades de medidas das variáveis limnológicas (mg/L 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 temporal e espacial das variáveis limnológicas

A análise de qualidade da água é de extrema importância para o seu uso múltiplo. Cada sistema lótico/lêntico possui características próprias de geologia, clima e uso do solo. Assim, o estudo buscou realizar medidas anuais dos parâmetros da água, no intuito de verificar padrões ou alterações, com ênfase nas interações dos fenômenos físicos e nas intervenções antrópicas.

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

4.1.1 Nitrato (NO_3^-)

As variações temporais dos valores de nitrato dos pontos amostrados são apresentadas no, na Tabela 6, Gráfico 1 e Mapa 6.

Os valores temporais analisados para a variável NO_3-, tiveram o valor mínimo de 0 mg/L em todos os períodos e, máximo de 132,8 mg/L nos PC de 2013 e 2014. O maior valor (Gráfico 1) obtido encontra-se na área de influência dos seguintes pontos de amostragem do período chuvoso de 2013: 13, 15, 18, 19, 21, 22, 25, 28, 32, 33, 36 e 39. No Período chuvoso de 2014, os valores máximos obtidos encontram-se nos Pontos de amostragens, 8, 11, 13, 16 e 33, podendo ser explicado pela proximidade das lavouras de cana-de-açúcar na região próximas aos pontos de amostragem.

De acordo com a análise estatística dos dados, verifica-se que não existe homogeneidade, pois o desvio padrão para ambos os períodos teve uma diferença significativa e o coeficiente de variação é superior a 267%.

Tabela 6 – Valores de NO_3^- dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

Estatística Descritiva	PS (17/07/2012)	PC (17/01/2013)	PS (30/07/2013)	PC(23/01/2014)
Mínimo	0	0	0	0
Máximo	2,6	132,8	34	132,8
Média	0,2075	58,255	5,1475	16,642
Desvio-Padrão	0,50758	51,423	9,176	44,463
Coeficiente de Variação (%)	244,6155	88,272	178,264	267,168

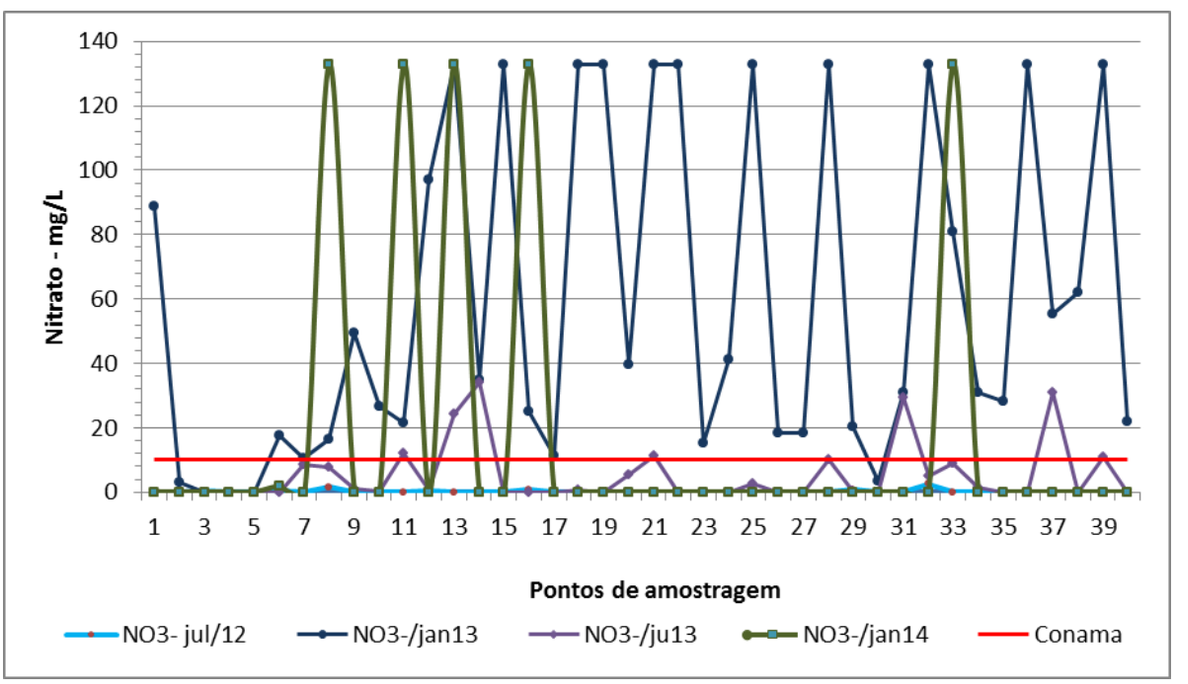
Fonte: Campanhas de campos. Organização NASCIMENTO, E. S. (2014).

VELINI, et al, (2005), obtiveram valores máximos de concentração de NO_3- na UHE Americana de 15,287 mg/L. Os valores máximos obtidos para Barra dos Coqueiros foram 19 vezes maiores em relação aos valores observados por LEITE & SPINDOLA (2002), no ano de 2000.

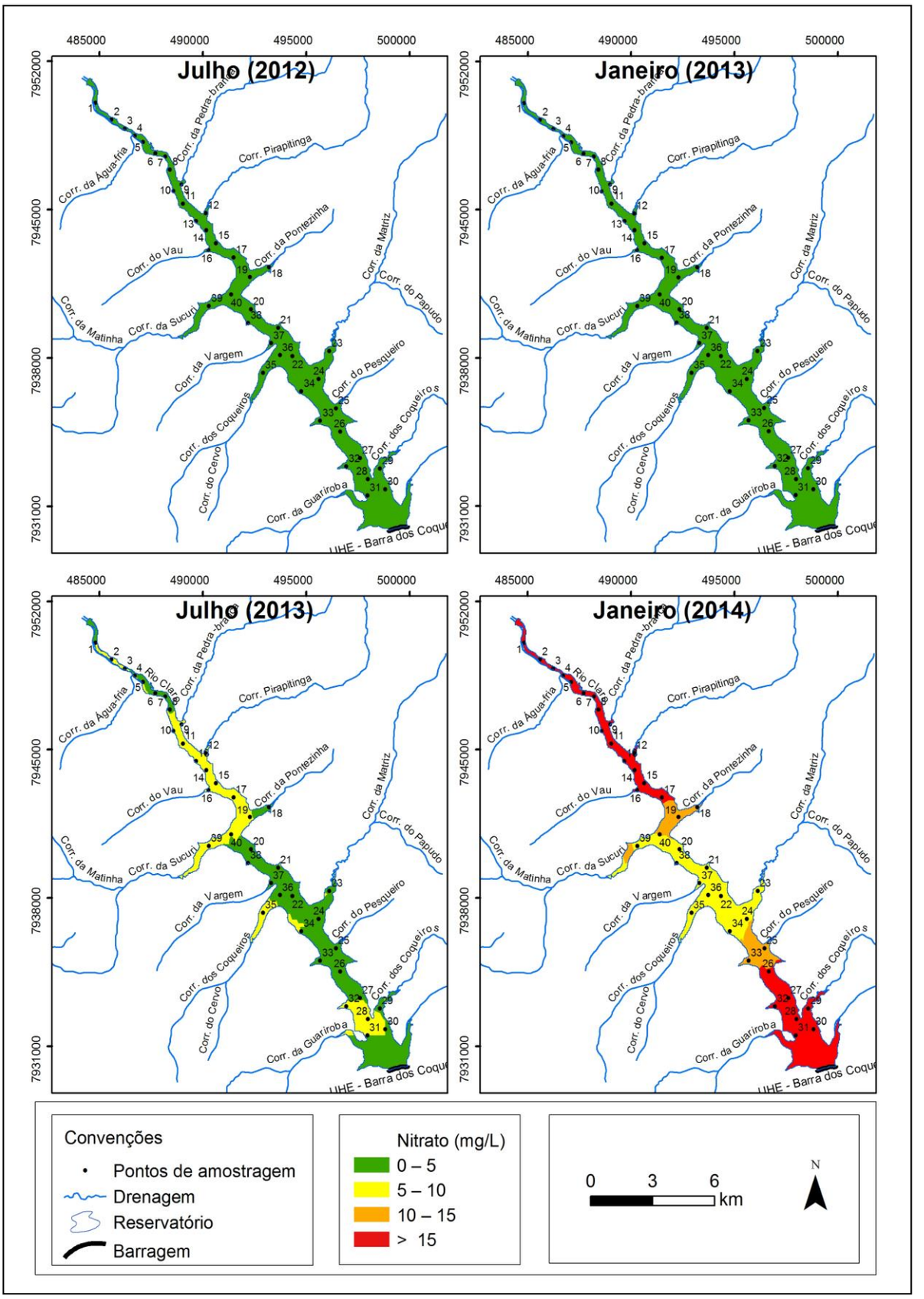
MOURA, et al, (2006), estudando o reservatório de Botafogo, observaram que a concentração de NO_3- apresentou pequenas diferenças médias considerando a variação entre as estações e entre os períodos sazonais, obtendo no estudo, valores de NO_3- para o período chuvoso de 0,76 mg/L e no período seco, 0,75 mg/L.

As baixas concentrações deste parâmetro para o PC de 2013 se devem à baixa pluviosidade no período de coleta. Choveu 7,66 mm cinco dias antes das amostragens e, no dia da coleta, houve chuva na madrugada do dia 23 num total de 9,01 mm. Nos demais dias, não choveu na região.

Gráfico 1– Concentração de Nitrato nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO.



Mapa 5 – mapas temáticos dos valores de NO_3^- no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros:



Fonte: Campanhas de campos. Organização JUNIOR, V. (2014).

A partir de uma análise espacial dos dados conforme o mapa 6, não existe uma homogeneidade de dados, somente no período de janeiro de 2014 é que se pode detectar uma heterogeneidade nas águas do reservatório demonstrando que fator chuva é quem controla a entrada de nutrientes no reservatório em três possíveis compartimentos do reservatório sendo o 1 entre o barramento de caçu até as proximidades do córrego Pontezinha, o segundo entre o córrego Pontezinha e o o córrego Matriz e o terceiro compartimento entre o Matriz e o barramento.

4.1.2 Nitrito (NO_2^-)

As variações temporais dos valores nitrito dos pontos amostrados são apresentadas no Gráfico 2 e, na Tabela 7.

Para a variável NO_2- os valores temporais registrados, tiveram o valor mínimo de 0 mg/L no PS de 2012, chuvoso e seco de 2013 e período chuvoso de 2014. O valor máximo registrado foi de 58 mg/L no PC de 2014 no ponto de amostragem 31. Este ponto de amostragem localiza-se próximo ao córrego da Guariroba, local que, durante o período de amostragem apresentava solo descoberto recém-plantado com cana-de-açúcar. O alto valor de NO_2- pode ser devido ao carreamento de fertilizantes utilizados na área de plantio para o reservatório.

A análise estatística dos dados demonstra que há uma discreta homogeneidade, pois o desvio padrão para ambos os períodos não teve uma diferença significativa com uma média de 4,9. Em contrapartida, o coeficiente de variação é superior a 207%.

Tabela 7 – Valores de NO_2^- dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

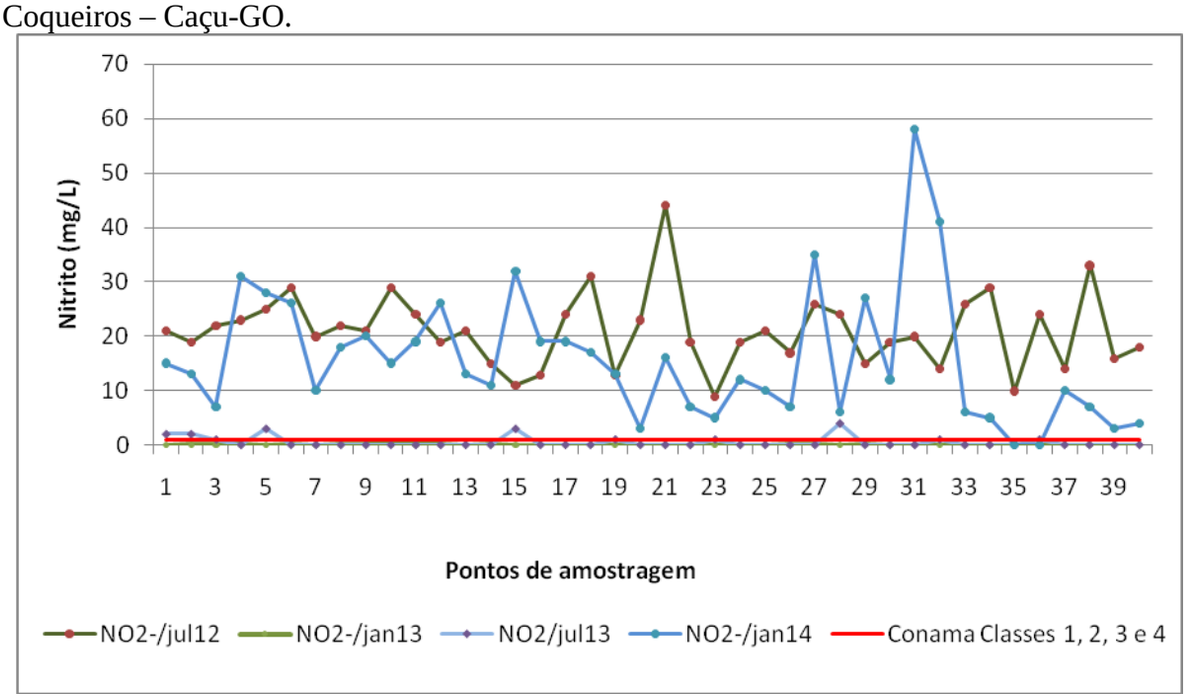
Estatística Descritiva	PS (17/07/2012)	PC (17/01/2013)	PS (30/07/2013)	PC(23/01/2014)
Mínimo	9	0	0	0
Máximo	44	0,11	4	58
Média	21,05	0,03675	0,475	15,65
Desvio-Padrão	6,81608	0,0359	0,986	12,0821
Coeficiente de Variação (%)	32,3804	97,7006	207,741	77,2019

VIDAL & NETO (2013), observaram no Açude Gavião que os valores de nitrito apresentou variação sazonal no qual os maiores valores observados foi no período chuvoso com variações de 0,00 mg/L a 0,005 mg/L.

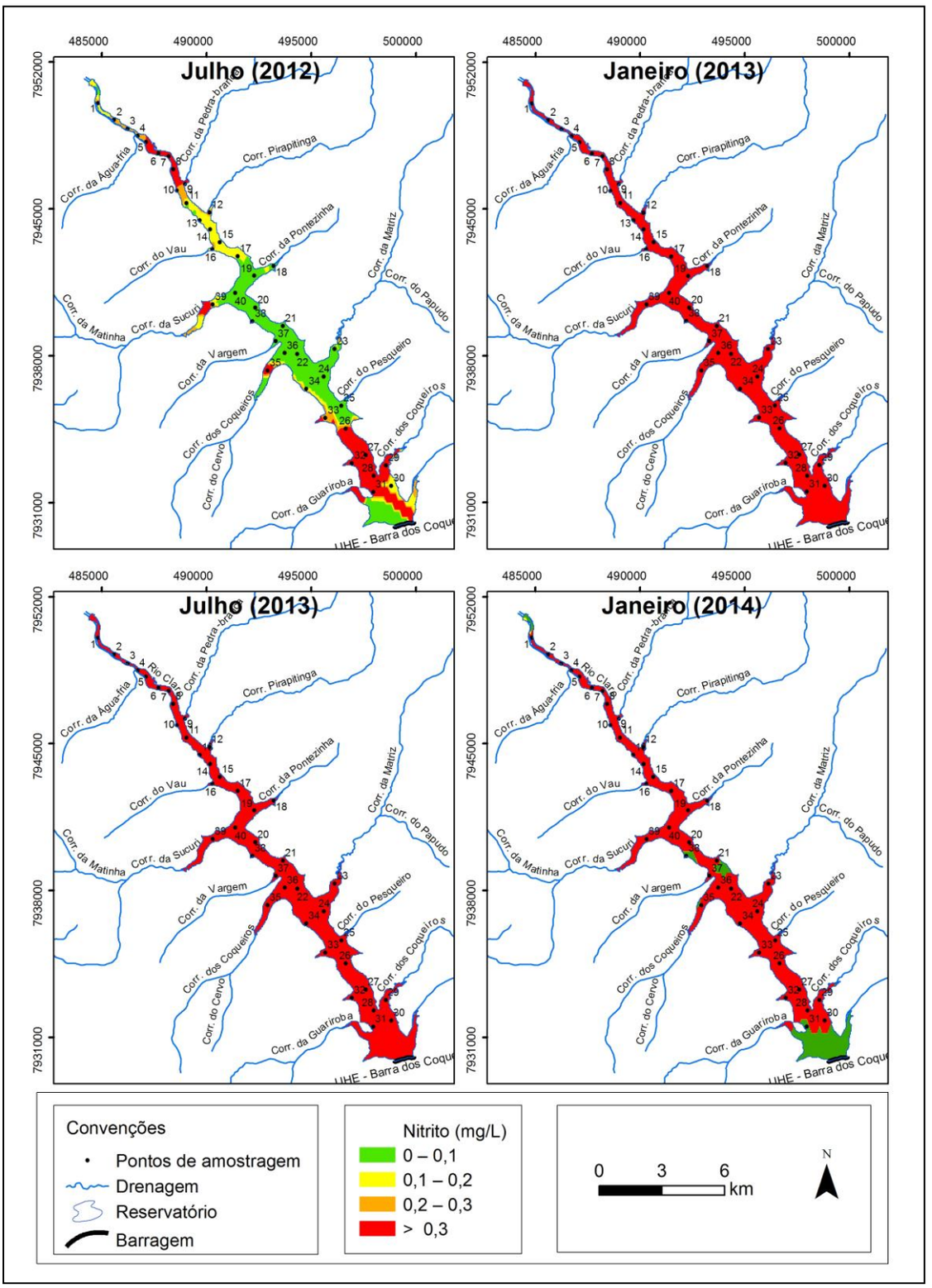
GARCIA et. al (2012), avaliando o estado trófico da água do reservatório de Jacarecica I, demonstraram que as maiores médias de concentrações de NO_2^- (18,97 mg/L), ocorreu no Mês de julho, período chuvoso na região. Segundo os autores, o aumento médio das concentrações deste parâmetro pode estar associado ao aporte de matéria orgânica e fertilizantes, através do escoamento superficial no reservatório, neste período, como verificado por CHEN et al (2004).

No reservatório de Barra dos Coqueiros, ocorre o inverso pois o período seco ocorre em julho e o período chuvoso em janeiro.

Gráfico 2– Concentração de Nitrito nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO.



Mapa 6 – mapas temáticos dos valores de NO_2^- no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Campanhas de campos. Organização JUNIOR, V. (2014).

De acordo com a análise espacial do mapa 7 para os períodos estudados, é possível verificar que em julho de 2012 houve oscilações no comportamento das águas do reservatório. Esse fato pode ser associado à regulação da água do reservatório de Caçu que é o responsável pela manutenção do nível da água para manter em funcionamento o reservatório de Barra dos Coqueiros.

4.1.3 Fósforo

As variações temporais dos valores fósforo dos pontos amostrados são apresentadas na Tabela **8** e Mapa 7.

Os valores temporais registrados para este variável, tiveram o valor mínimo de 0 mg/L nos períodos secos de 2012, 1013 e período chuvoso de 2014. No PS de 2013, o valor mínimo registrado foi de 0,034 mg/L (

Tabela **8**).

O valor máximo registrado foi de 1,55 mg/L, no ponto de amostragem 40, localizado nas proximidades do córrego Sucuri, região de lavoura de cana-de-açúcar no PC de 2014.

No PS de 2012, os pontos de amostragens 4,5,13 e 14 apresentaram valores acima do determinado pela Resolução Conama 357 de 2005. Esta concentração de P se dá devido ao lançamento de esgoto in natura no córrego Água Fria, pontos 4 e 5. Nos pontos de amostragem 13 e 14, o valor de P se deve devido à preparação do solo para plantio, próximo às margens do reservatório. O período chuvoso de 2013 apresentou 11 pontos de amostragens com valores acima dos determinados pela legislação. No período seco de 2013, todas as amostragens tiveram valores abaixo dos determinados pela Lei.

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

Estatística Descritiva	PS (17/07/2012)	PC (17/01/2013)	PS (30/07/2013)	PC(23/01/2014)
Mínimo	0	0,034	0	0
Máximo	1,100	1,045	0,600	1,556
Média	0,1875	0,33677	0,0525	0,08695
Desvio-Padrão	0,23472	0,31060	0,13599	0,246163
Coeficiente de Variação (%)	125,1843	92,2301	259,01319	283,4351

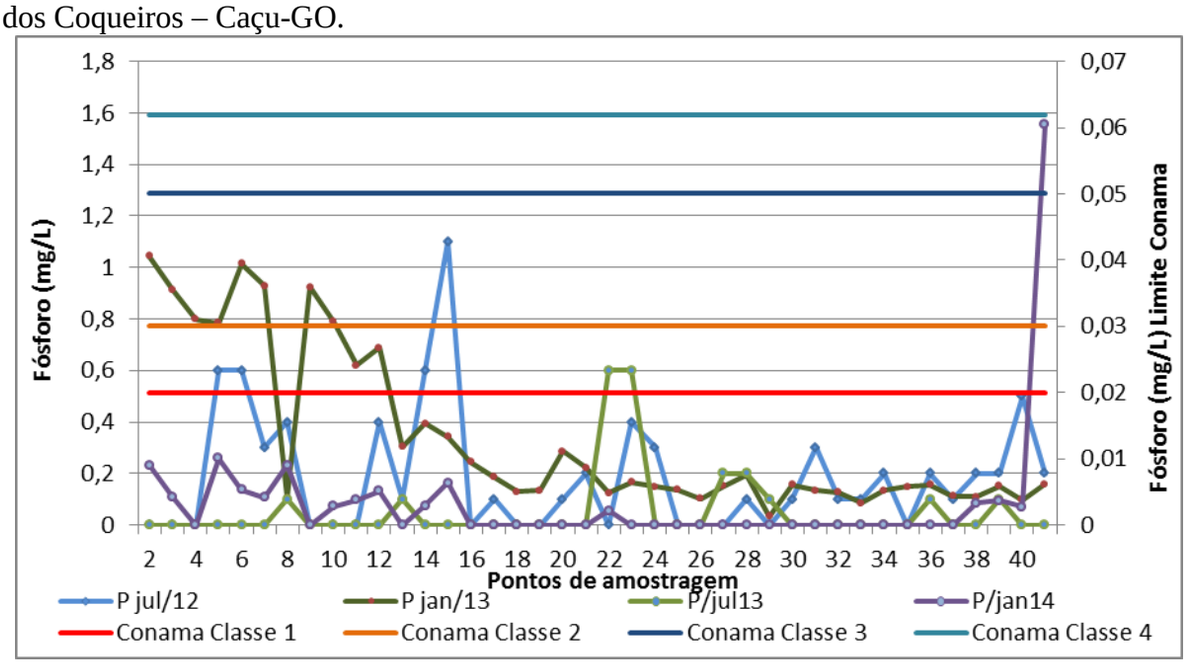
VIDAL E NETO (2005), estudando aporte de nutrientes em reservatórios de abastecimento humano no Ceará, verificaram que no mês de fevereiro as concentrações de fósforo em todos os pontos estudados foram as maiores do período, em torno de 0,500 mg/L. Este processo pode ser explicado pelo transporte de nutrientes carreados pelas intensas chuvas ocorridas

neste mês. Já a partir do mês de março em diante, observa-se um decaimento do parâmetro em todos os pontos, excetuando-se o mês de abril que apresentou um suave aumento em relação ao mês anterior.

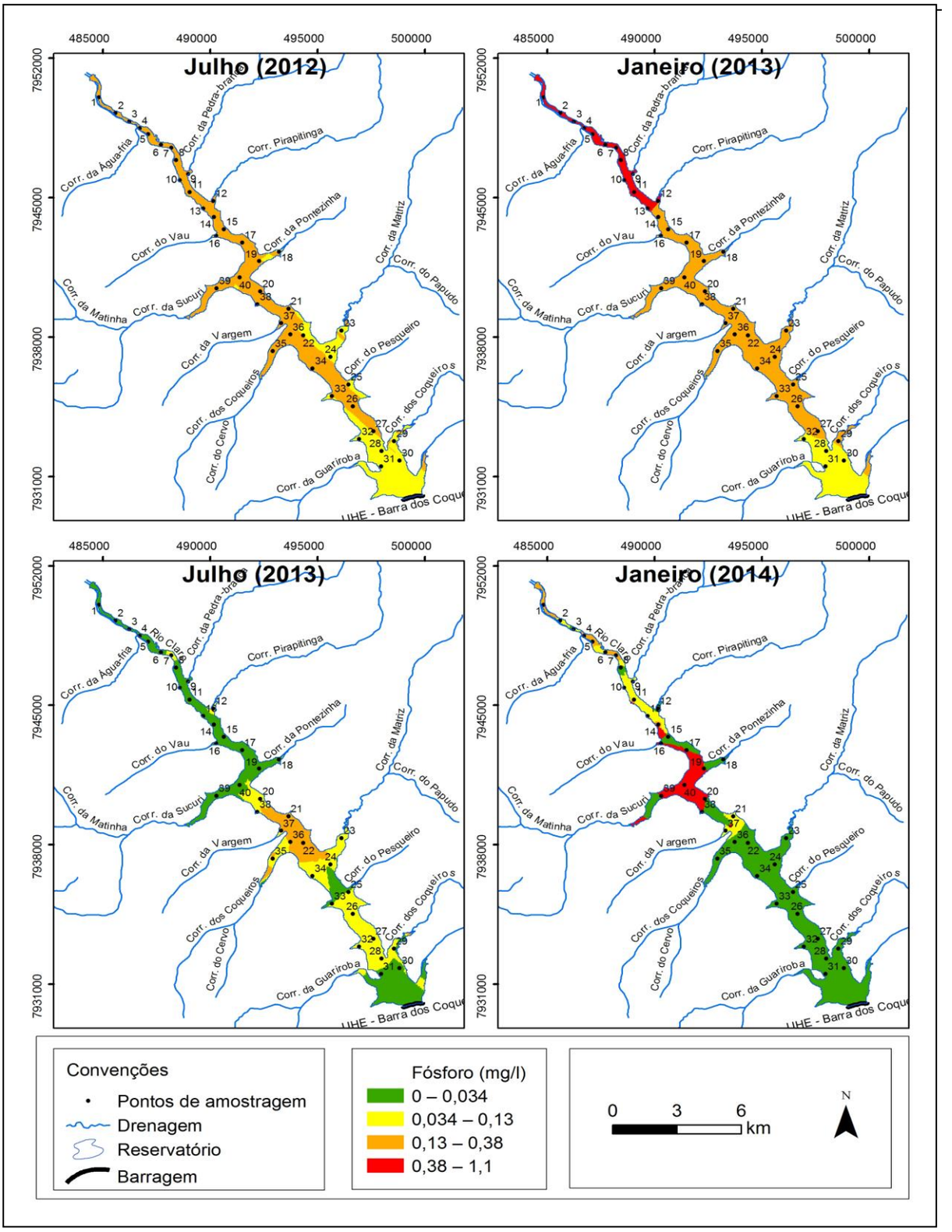
Segundo Sallas & Martino (1991), um reservatório é classificado como eutrófico em relação ao fósforo total, quando este reservatório atinge concentrações em torno de 0,119 mg/L.

Observa-se que os valores de fósforo total encontrados no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros durante o período de estudo estão em média, abaixo do máximo permitido pela Resolução Conama 357/2005, com exceção das coletas de julho de 2012 para os pontos de coleta, 4, 6, 14 e janeiro de 2013 pontos 2, 4, 5, 6,7, 9, 9, 10 e 11. No mês de julho de 2013, os pontos que estiveram acima do limite da Resolução foram os pontos 22 e 23. Em janeiro de 2014 apenas o ponto 40 apresentou valores muito altos.

Gráfico 3– Concentração de Fósforo nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO.



Mapa 7 – mapas temáticos dos valores de P no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Campanhas de campos. Organização JUNIOR, V. (2014).

A partir da análise espacial dos dados é possível verificar que em termos gerais o reservatório apresenta uma certa homogeneidade para os períodos de julho de 2012 e janeiro de 2013 e, maior heterogeneidade para os períodos de julho de 2013 e janeiro de 2014.

Esse fator pode estar associado à decomposição da vegetação que não foi retirada no período de construção e que no momento atual está se decompondo.

Avaliando-se ainda o mapa do período seco de 2013 e chuvoso de 2014 verifica-se que o reservatório demonstra ter vários compartimentos que sofrem oscilações conforme a influência da precipitação.

4.1.4 Total de sólidos dissolvidos (TDS)

As variações temporais dos valores TDS dos pontos amostrados são apresentadas no Gráfico 4, e Mapa 9.

Os valores temporais registrados, tiveram o valor mínimo de 11 mg/L no ponto 35 no PS de 2012 e, valores máximos de 26,5 no PC de 2014.

Rocha (2011) 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.

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

Estatística Descritiva	PS (17/07/2012)	PC (17/01/2013)	PS (30/07/2013)	PC(23/01/2014)
Mínimo	11	12,09	11,17	11,04
Máximo	24,6	18,55	18,09	26,5
Média	15,5125	15,02	13,40	12,209
Desvio-Padrão	3,46318	1,37258	1,10832	2,50764
Coeficiente de Variação (%)	22,3251	9,13944	8,2721	20,5385

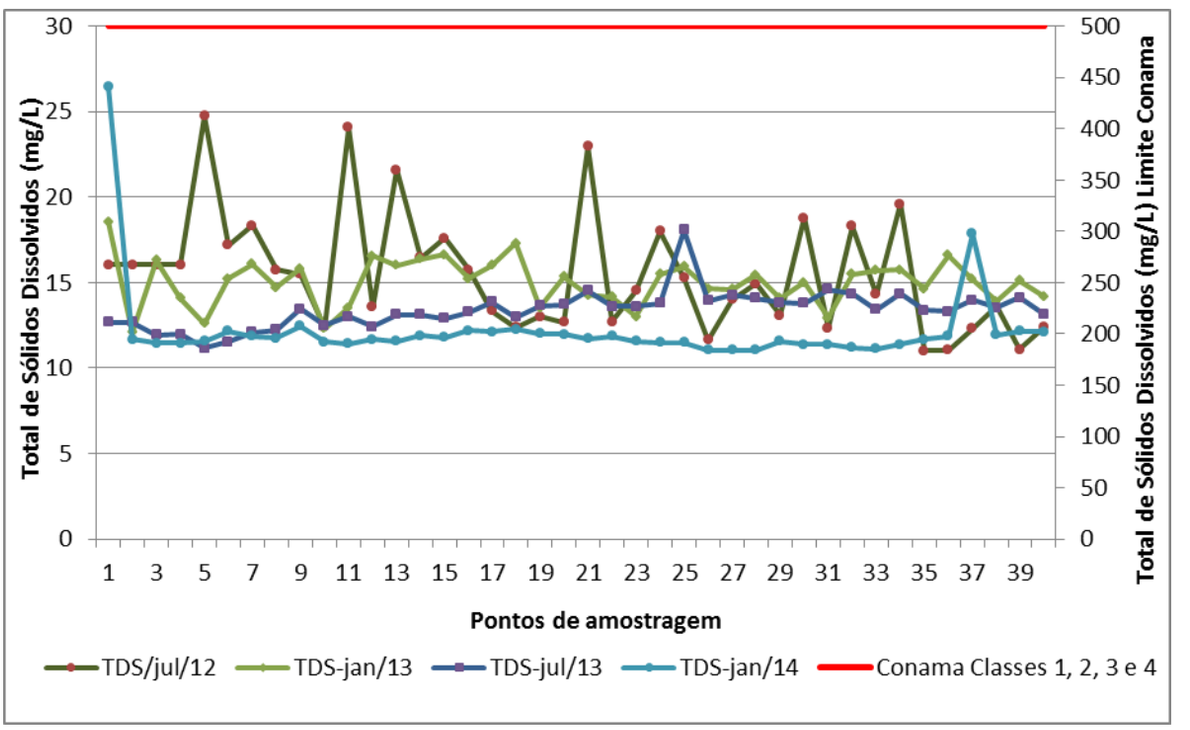
A Partir da análise espacial dos dados, verifica-se que no PS de julho de 2012, a concentração de TDS manteve-se, do córrego do Vau até o barramento, entre 13 a 16 mg/L e, da região do córrego do Vau até o remanso, as concentrações variaram entre 16 a 19 mg/L. No período chuvoso de 2013, as concentrações variaram entre 13 a 16 mg/L em todo o reservatório.

No PS de 2013, as concentrações vaiaram de 11 a 13 mg/L do córrego da Pedra Branca até o remanso do reservatório e, do córrego da Pedra Branca até o barramento, as concentrações variaram de 13 a 16 mg/L.

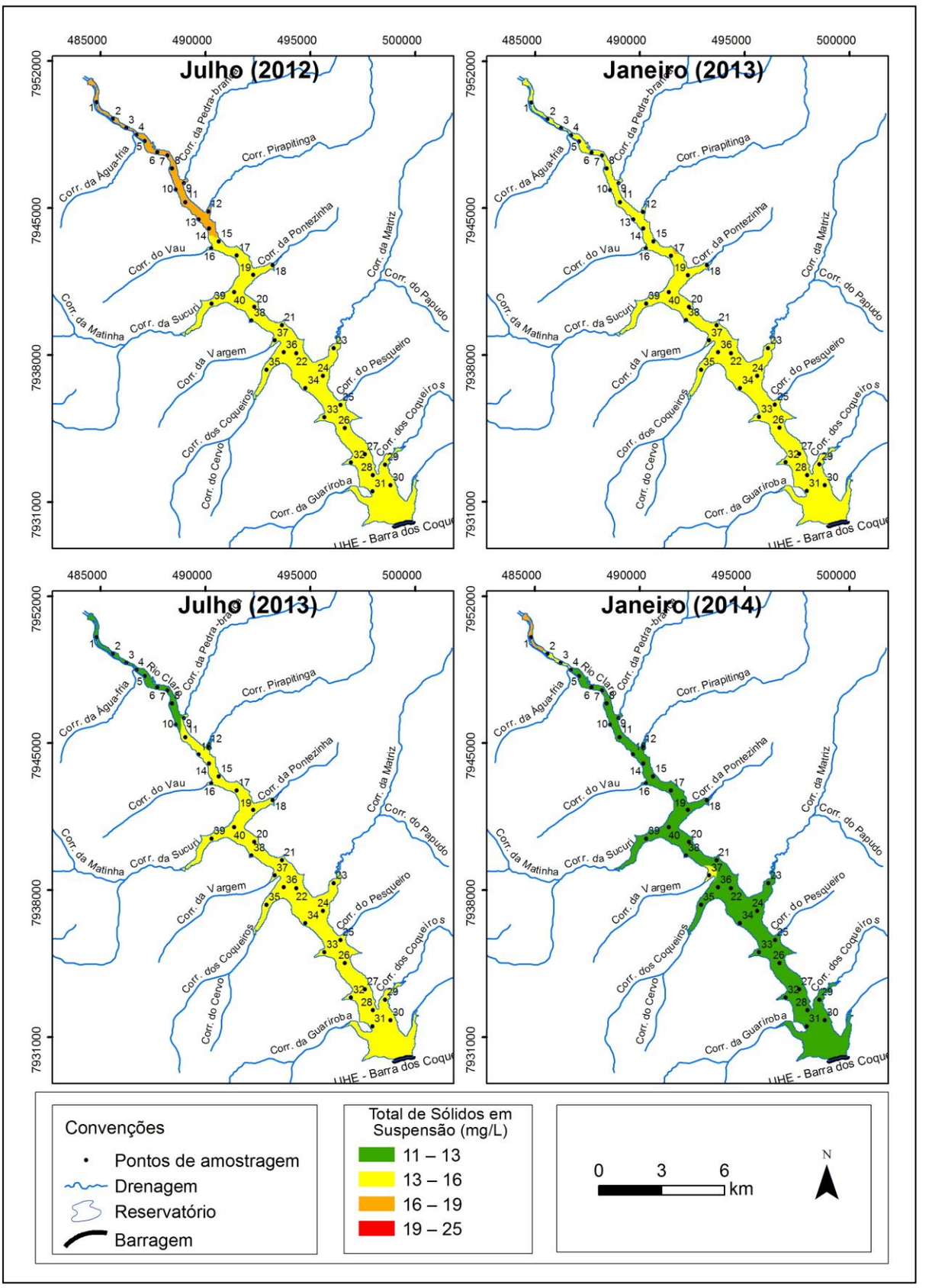
No período chuvoso de 2014, do ponto 2 até o remanso, a concentração variou de 16 a 19 mg/L. do PA 2 ao 4 e 37 as concentrações ficaram entre 13 a 16 mg/L. Nos demais PAs, a concentrações de TDS mantiveram-se de 11 a 13 mg/L.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, a concentração de sólidos dissolvidos totais, para corpos de água na classe 1 e 2 tem limite máximo de 500 mg/L.

Gráfico 4– Concentração de TDS nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO.



Mapa 8 – mapas temáticos dos valores de TDS no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Campanhas de campos. Organização JUNIOR, V. (2014).

4.1.5 Concentração de Sólidos Suspensos (CSS)

São apresentados no Gráfico 5 e Mapa 10, as variações temporais dos valores de CSS dos pontos amostrados.

Os valores temporais registrados, tiveram o valor mínimo de 0 mg/L no PC de 2013, e os valores máximos registrados foram de 22 mg/L no PS de 2012 (Tabela 10).

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

Estatística Descritiva	PS (17/07/2012)	PC (17/01/2013)	PS (30/07/2013)	PC(23/01/2014)
Mínimo	4,5	0	11,17	1,3
Máximo	22	2	18,09	8,2
Média	10,612	0,25587	13,3982	3,9
Desvio-Padrão	3,3698	0,4867	1,10832	1,6477
Coeficiente de Variação (%)	31,7538	190,2313	8,2721	42,7980

Segundo Nascimento e Pinese (2012), a concentração máxima de CSS em amostras de meia profundidade, no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros foi de 35,4 mg/L no PC 4, abaixo do córrego da Guariroba, realizada em setembro de 2012. A concentração mínima foi de 5,60 mg/L no PC 5, localizado no córrego da Pontezinha. A média para o mês de setembro foi de 18,23 mg/L, com descarga média diária de 155,55 toneladas por dia.

De acordo com Cabral et. al (2012), As principais áreas de aporte de material em suspensão de acordo com os valores avaliados se encontram nas áreas dos córregos Pontezinha e Matriz que transportam materiais predominantemente oriundos das formações Vale do Rio do Peixe e Serra Geral. Os índices de concentração de sólidos em suspensão é muito baixa no período seco. Em geral a concentração de sólidos em suspensão varia de 0,0 a 8,0 mg/L em Barra dos Coqueiros.

Segundo Dekker (1993), a presença de baixos valores de concentração de CSS provoca menor turbidez na água, permitindo a penetração da luz, o que foi comprovado no reservatório quando se relaciona a CSS e a transparência da água, demonstrando que a compreensão dos padrões de distribuição da concentração de sólidos em suspensão (CSS) e transparência da água a partir de dados do disco de secchi em reservatórios são fortemente regulada pela descarga fluvial, representando, portanto, uma das condições necessárias para o entendimento de outros processos existentes nos corpos de água lênticos (Pereira Filho, 2000).

Conforme BRAGA et. al (2012), os Córregos Matriz e Sucuri são os afluentes que mais contribuem com a concentração de sólidos em suspensão para o reservatório da UHE

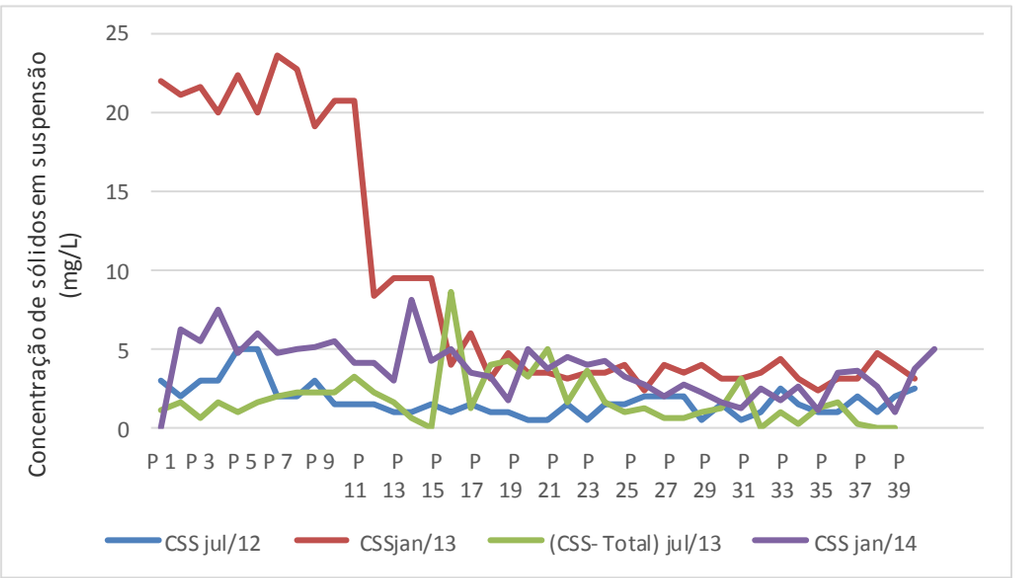
Barra dos Coqueiros de acordo com os dados avaliados, estes córregos também tem a maior vazão e as maiores sub-bacias entre as sub-bacias analisadas.

O uso da terra na sub-bacia do Córrego Matriz predomina uma agropecuária intensiva, com poucas matas ciliares e com gados bebendo água diretamente no córrego colaborando para o carreamento de sólidos em suspensão. Já a sub- bacia do Córrego Sucuri em grande parte de sua extensão está ocupada com o plantio de cana-de-açúcar para abastecer usina de bicombustível, esta ocupação do solo facilita a remoção e deslocamento, através das chuvas, de partículas do solo para os leitos de água (BRAGA, et. al, 2012).

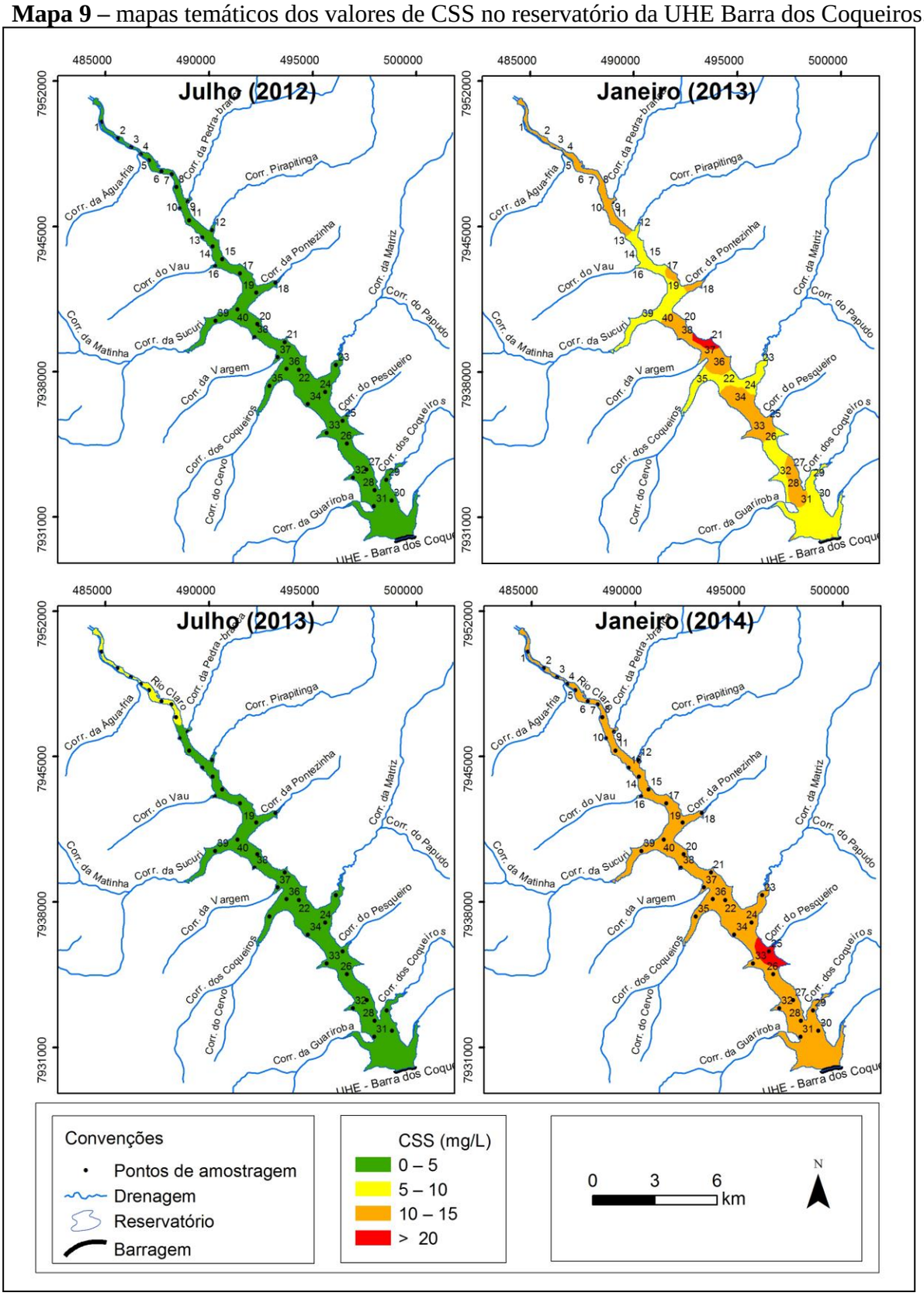
O Córrego Matriz tem os maiores índices, com a produção de 15,03 toneladas de sedimento por dia, devido seu leito mais largo, pouca profundidade, onde a velocidade da água também é bastante alta em relação às demais, com uma das maiores vazões. Isto facilita para o carreamento de sólidos em suspensão em seu leito (BRAGA, et. al, 2012).

No PC de 2013 e 2014, a concentração de CSS variaram de 4,5 a 8,4 mg/L e, no PS de 2012, a concentração nos PC de 1 a 13, 18, 20, 33, 34, 36 e 40, variou de 10 a 14 mg/L e, nos PC, 14, 15, 16, 23, 35 e 39 ficou entre 4,5 a 8,4 mg/L. Nos demais pontos de coleta, a concentração de CCS ficou entre 10 a 22 mg/L. No PS de 2013, com exceção das imediações dos pontos 33 e 26 que tiveram valores de 14 a 22 mg/L, os demais compartimentos do reservatório teve uma variação de CCS entre 10 a 14 mg/L (Gráfico 5**).**

Gráfico 5– Concentração de CSS nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO.



Mapa 9 – mapas temáticos dos valores de CSS no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Campanhas de campos. Organização JUNIOR, V. (2014).

4.1.6 Turbidez

De acordo com Esteves (1998), a turbidez é uma medida da capacidade de dispersão da radiação. Uma das principais causas da turbidez é a matéria solida em suspensão, e também matérias orgânicas e inorgânicas, em áreas em que houve a retirada da mata natural para inserção de agriculturas, ou com solos descobertos que dão origem a estes materiais, e a área estudada é praticamente toda usada para pastagem.

As variações temporais dos valores de turbidez dos pontos amostrados são apresentadas no Gráfico 6, na tabela 11 e Mapa 10.

A análise de turbidez, através dos valores temporais registrados, teve o valor mínimo de 1,55 UNT no PS de 2013, e valor máximo de 59,3 UNT no PC de 2013 (Tabela 11). Os pontos de amostragem de 1 a 11, que se assemelha a fase de rio, no PC de 2013, foram os locais com maiores índices de turbidez, tendo como valor máximo de 59,3 UNT para águas de classe 1, conforme determina a Resolução Conama 357/2005 (Gráfico 6).

No PS de 2012 o valor de turbidez variou de 1,6 a 9,2 UNT à montante do reservatório na zona de rio conforme WACHHOLZ (2012), e proposta por Kimmel et al. (1990), que segundo o autor, a zona de rio é aquela com maior albedo de reflectância, provavelmente com maior concentração de sólidos em suspensão. Esta zona inicia-se da montante do reservatório até aproximadamente 300 metros abaixo do córrego da Pedra Branca.

No PS de 2013 a concentração de turbidez teve pouca variação no reservatório em relação ao PS de 2012, cujas concentrações na maior parte do reservatório, variaram de 1,5 a 4,9 UNT na zona de lago conforme WACHHOLZ (2012), que se inicia no córrego da pontezinha e vai até o barramento.

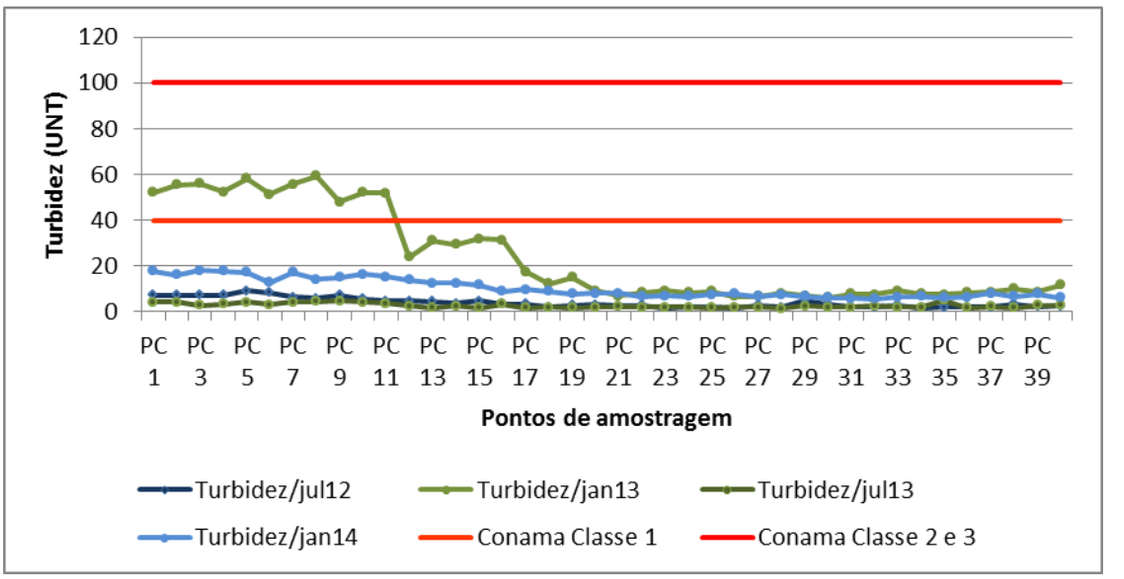
Na zona de transição, os valores de turbidez variaram de 1,6 UNT a 4,7 UNT. Segundo WACHHOLZ (2012), esta zona inicia-se no córrego da Pedra Branca e vai até córrego da Pontezinha.

No período chuvoso, de acordo com a proposta de Kimmel et al. (1990), da montante (inicio do reservatório) até o córrego da Pedra Branca, pode ser considerado o trecho com as características da fase de rio. Do córrego Pedra Branca até o córrego da Pontezinha, encontra-se uma área com característica de trecho de transição. Entre o córrego da Pontezinha, até o barramento do reservatório, seria o trecho com características de lago.

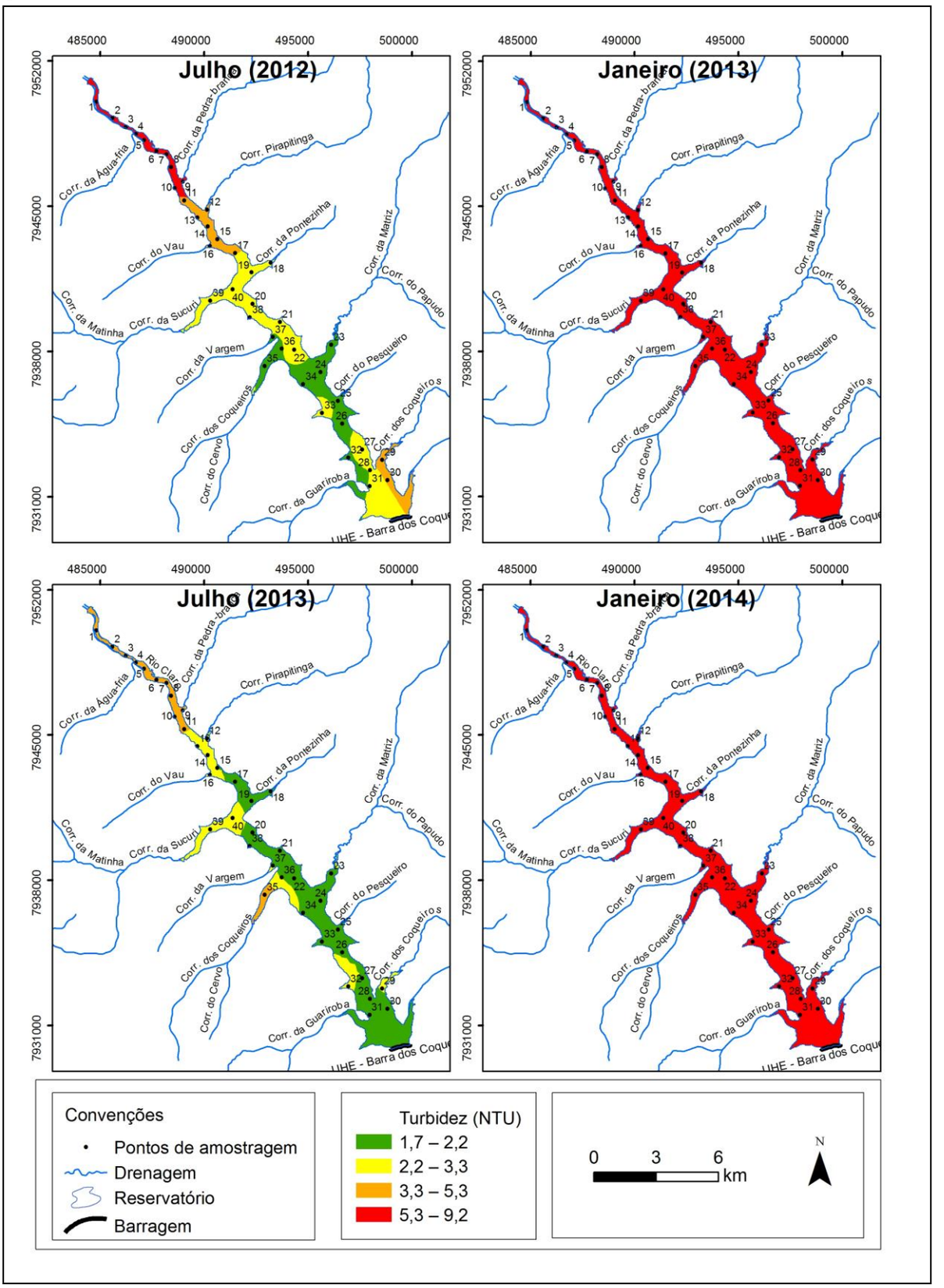
Tabela 11 – Valores de Turbidez dos períodos das amostragens e estatística descritiva.

Estatística Descritiva	PS (17/07/2012)	PC (17/01/2013)	PS (30/07/2013)	PC(23/01/2014)
Mínimo	1,69	6,02	1,55	5,48
Máximo	9,2	59,3	4,96	18,1
Média	3,967	23,9353	2,68475	10,232
Desvio-Padrão	2,13092	19,7708	1,00451	4,19084
Coeficiente de Variação (%)	53,7162	82,6013	37,4155	40,9582

Gráfico 6– Concentração de Turbidez nas amostras analisadas do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros – Caçu-GO.



Mapa 10 – mapas temáticos dos valores de Turbidez no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: Campanhas de campos. Organização JUNIOR, V. (2014).

4.2 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 e 2014, 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, 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 "Fraca positiva - (FrP)", "Fraca 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 grifados de vermelho e são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Matriz das correlações e intervalos para os PS (Julho) e PC (Janeiro).

	PS (2012)		PC (2013)		PS 2013		PC (2014)	
NO_{3-} x NO_{2-}	-0,17	FrN	-0,45	FrN	-0,14	IN	-0,01	IN
NO_{3-} x P	-0,15	IN	-0,36	FrN	-0,04	IN	-0,07	IN
NO_{3-} x TDS	0,11	FrP	0,38	FrP	0,14	FrP	-0,08	IN
NO_{3-} x CSS	-0,17	IN	0,19	FrP	0,14	FrP	0,20	FrP
NO_{3-} x TUR	0,11	FrP	-0,39	FrN	-0,13	IN	0,11	FrP
NO_{2-} x P	-0,16	IN	0,65	MP	-0,11	IN	-0,13	IN
NO_{2-} x TDS	0,29	FrP	-0,15	IN	-0,19	IN	-0,06	IN
NO_{2-} x CSS	0,99	FtP	-0,005	IN	-0,19	IN	-0,05	IN
NO_{2-} x TUR	0,14	FrP	0,65	MP	0,004	IP	0,14	FrP
P x TDS	0,25	FrP	-0,12	IN	0,15	FrP	0,11	FrP
P x CSS	-0,18	IN	0,26	FrP	0,15	FrP	0,22	FrP
P x TUR	0,16	FrP	0,87	FtP	-0,16	IN	0,05	IP
TDS x CSS	0,30	FrP	0,005	IP	1	PP	0,21	FrP
TDS x TUR	0,39	FrP	-0,05	IN	-0,52	MN	0,25	FrP
CSS x TUR	0,18	FrP	0,23	FrP	-0,52	MN	0,68	MP

Legenda: NO_{3-} – Nitrato; NO_{2-} – Nitrito; P – Fósforo; TDS – Total de Sólidos Dissolvidos; CSS – Concentração de Sólidos em Suspensão; 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).

Entre os dados analisados, ocorreram correlações entre as variáveis NO_2 e CSS. O coeficiente de determinação linear (r^2) foi de 0,9891 (FtP) no PS de 2012, onde 98% dos dados estão ajustados à linha de tendência. Esse comportamento entre a variável NO_2 demonstra relação direta com a Concentração de Sólidos em Suspensão (Gráfico 7).

No PC de 2013, houve correlação negativa entre NO_2 e NO_3, com r = -0,45 (FrN), onde 20% dos dados estão ajustados à linha de tendência (Gráfico 8).

A correlação entre NO_2 e P no PS de 2012 foi ínfima negativa (IN), com r = -016. O Coeficiente de determinação linear (r^2) foi de 0,43 (Gráfico 9).

Gráfico 7- Coeficiente de correlação linear Simples entre os parâmetros NO_2 e CSS

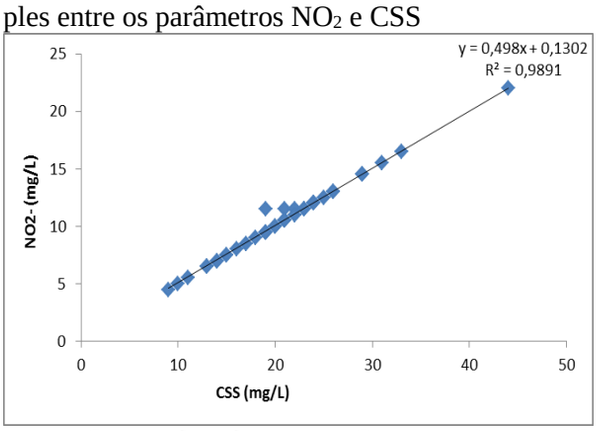
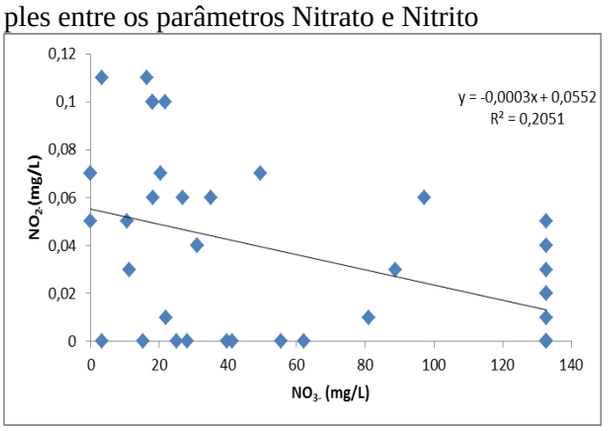


Gráfico 8- Coeficiente de correlação linear simples entre os parâmetros Nitrato e Nitrito



Fonte: Campanhas de campo. Organização: NASCIMENTO, E.S.(2014)

Gráfico 9- digrama de dispersão entre NO_{2-} e P

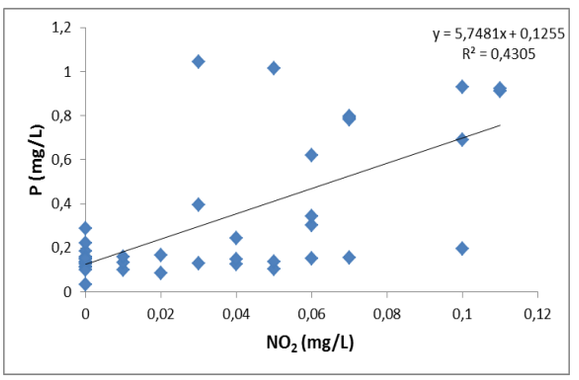
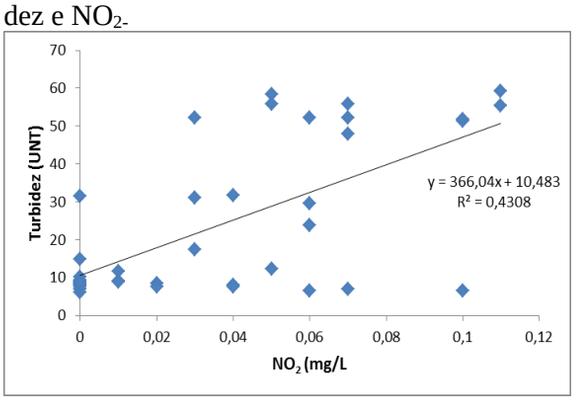


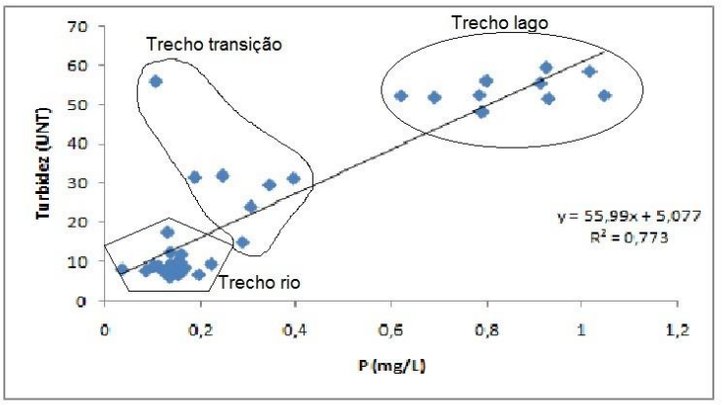
Gráfico 10 – Diagrama de dispersão entre Turbidez e NO_{2-}



Fonte: Campanhas de campo. Organização: NASCIMENTO, E.S.(2014).

O parâmetro P correlacionou com turbidez com valor de 0,87(FtP) e r^2 = 0,77 onde 77% dos dados se ajustaram à linha de tendência (Gráfico 11). Neste gráfico, é possível identificar três trechos sendo o trecho rio, trecho intermediário e trecho lago, cada qual se relacionando conforme proposto por Kimmel et al. (1990).

Gráfico 11- Coeficiente de correlação linear simples entre P e Turbidez



De acordo com o gráfico 11 é possível verificar que quanto maior os níveis de turbidez, maior é a concentração de fósforo. Também é possível afirmar que entre o trecho lago estão delimitados pelos pontos de 3 a 12, no trecho considerado transição estão localizados entre os pontos 13 a 20. Os demais pontos determinam o trecho rio.

No PS de 2013, houve forte correlação entre Total de Sólidos Dissolvidos e Concentração de Sólidos em Suspensão. O coeficiente de determinação linear (r^2) cujo valor foi de 1 (PP) (Gráfico 12).

No PC de 2014 Turbidez e CSS tiveram correlação moderada positiva (MP), com valor de 0,68 e r = 0,46 (Gráfico 13).

Gráfico 12- Coeficiente de correlação linear simples entre TDS e CSS

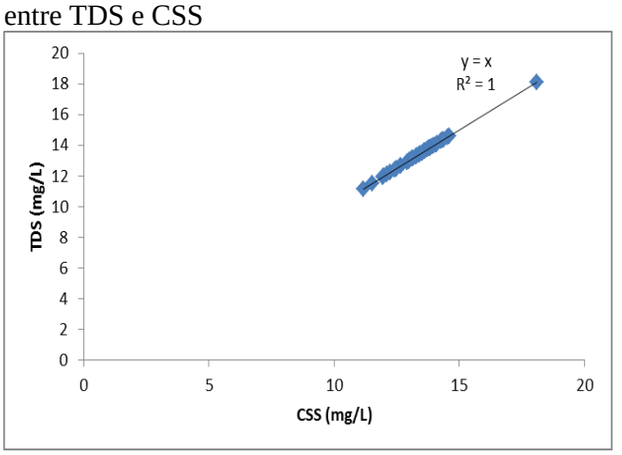
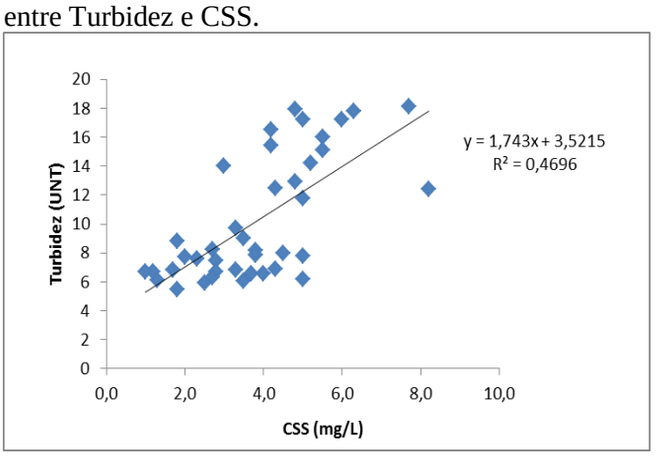


Gráfico 13- Coeficiente de correlação linear simples entre Turbidez e CSS.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis estudadas mostraram-se relacionadas ao ambiente aquático do reservatório. Os dados não tiveram comportamentos semelhantes nas campanhas temporais.

Os períodos não foram definidores dos parâmetros; estes apresentaram-se aleatórios entre os períodos secos e chuvosos, sendo que a variável TDS foi a única que manteve comportamento semelhante nos períodos analisados com pequenas variações.

Algumas variáveis limnológicas, como TDS e CSS e NO_{2}^{-} e CSS apresentam-se relacionadas entre si. A turbidez e CSS apresentaram padrões definidos no reservatório, durante os PC e PS, comportamento de dois compartimentos, o próximo à barragem, no ambiente lêntico, e na fase de rio, ambiente lótico.

O reservatório apresentou os resultados de acordo com a resolução em vigor do CONAMA – Resolução nº 357, de 2005 para as variáveis TDS, e turbidez, estas permanecem inseridas nas classes 1, 2 e 3, ou seja, águas consideradas próprias para o consumo humano.

A variável NO_{3}^{-} não se enquadrou em nenhuma classe, nas campanhas (PC 2013, e PC de 2014). No PS de 2012, se enquadrou na classe 1. No PS de 2013, Os pontos de coleta 13, 14, 21, 28, 31 e 37 apresentaram valores acima do determinado pela Resolução. Os demais pontos se enquadraram nas classes 1, 2 e 3.

Para o NO_{2}^{-} apenas no PC de 2013 os valores se encontram dentro dos limites da Resolução Conama para Classe 1,2 e 3. No PS de 2012, os valores de NO_{2}^{-} variaram de 9 a 44 mg/L, valores bem acima da Resolução CONAMA nº 357/2005 que determina o máximo de 1,0 mg/L em todas as classes.

O fósforo no PS de 2012, apresentou nos pontos 17, 28,29,30 e 31 valores acima dos determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005. No PC de 2013, todos os pontos amostrados ultrapassaram os limites determinados pela Resolução CONAMA nº 357/2005. No PS de 2013 com exceção dos pontos 2,18,24,25, 27 até o 40, estiveram dentro da normalidade conforme Resolução CONAMA nº 357/2005.

No PC de 2014, com exceção dos pontos 8, 12, 15 ao 36 que apresentaram valores dentro da Resolução CONAMA nº 357/2005, os demais pontos de coleta apresentaram valores acima do determinado pela Resolução, para todas as classes.

Os melhores resultados das correlações das avaliações limnológicas foram encontradas para os parâmetros de NO_{2}^{-} e CSS; TDS e CSS; CSS e Turbidez e, NO_{2}^{-} e P .

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 da Pedra Branca, corresponde ao trecho considerado como de características da fase de rio. Do córrego da Pedra Branca até o córrego da Pontezinha, encontra-se uma área com característica de trecho de transição. Entre o córrego da Pontezinha, até o barramento do reservatório, seria o trecho com características de lago.

Faz-se necessário a realização de estudo mais minuciosa referente à concentração de algas, concentração de feofitina, metais pesados, coliformes fecais e totais bem como *E.Coli*, pois no remanso do reservatório é feita a captação de água para distribuição na cidade de Caçu e, a bacia do rio Claro abrange áreas agrícolas e, a qualidade da água pode ser afetada por agrotóxicos que são aplicados nas lavouras.

6 Referências bibliográficas

Agência Goiana de Indústria e Mineração/Companhia de Recurso Minerais (AGIM/CPRM). **Mapa geológico do estado de Goiás**. CD-ROM. 2002.

ALVES, E.C. **Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos**. Acta Sci. Technol. Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 20008.

AYDIN, Adnan; ÖZGEN, Ercan; SÜLIN, T. A. Novel Method for the Spectrophotometric Determination of Nitrite in Water. Talanta, Turkey, n. 66, p. 1181, 2005.

BAIRD, C.; CANN, M**. Environmental Chemistry**. 3. ed. New York, N.Y.: W.H. Freeman, 2005. Cap 11, toxic heavy metals. p. 516-556.

BARTH, F.T. **Aspectos Institucionais do Gerenciamento de Recursos Hídricos**. In: REBOUÇAS, A C et al (org). *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 1999, p. 565-599.

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

BIONDI, C.M. **Teores de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. 2010. Tese (Doctor Scientiae) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BRAGA, C.C. **Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes e reservatório da usina hidrelétrica Barra dos Coqueiros – GO**. 2012. 74f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2012.

BRAGA, C.C., ROCHA, I.R., CABRAL, J.B.P., BARCELOS, A.A. **Análise da descarga sólida em suspensão dos afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros-GO**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.3, N.4, p. 495-505, 2012.

BISWAS, Suchandra; CHOWDHURY, Bhaskar; RAY, Bidhan Chandra. A Novel Espectrofluorimetric Method for the Ultra Trace Analysis of Nitrite and Nitrate in Aqueous Medium and its Application to Air, Water, Soil and Forensic Samples. Talanta, n. 64, p. 308, 2004.

BONETO, R.M.C.G. **Aspectos limnológico-sanitários das águas do rio Caulim na região metropolitana de São Paulo**.2007. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BURAKHAM, R.; OSHIMA, M.; GRUDPAN, K.; MOTOMIZU, S. **Simple Flow-Injection System for the Simultaneous Determination of Nitrite and Nitrate in Water Sample**. Talanta, Thailand, n. 64, p. 1259, 2004

CABRAL, J. B. P., da ROCHA, I. R., MARTINS, A. P., da ASSUNÇÃO, H. F. e BECEGATO, V.A. (2011): Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento, **GeoFocus** (Artículos), nº 11, p. 51-69.

CABRA, J. B. P., SANTOS, F.F., NOGUEIRA, P.F., BRGA, C.C. Análise espacial de sólidos em suspensão em reservatórios do Estado de Goiás: Estudo de caso da UHE Caçu e Barra dos Coqueiros. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.2, N.4, p.126 – 137, 2012.

CALIJURI, M. C. **A comunidade fitoplanctônica em um reservatório tropical (Barra Bonita, SP).** 1999. 211f. Tese (Livre-Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

CARDOSO, M. R. D. **Caracterização e classificação climática do Estado de Goiás e Distrito Federal. Goiás – GO**. Monografia (Graduação), do curso de Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, UFG – Universidade federal de Goiás. 49p, 2011.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática.** 2. ed. rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599p.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. Qualidade das águas superficiais do Estado de São Paulo**. 2009. São Paulo: CETESB, 2010a. 229 Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/35-publicacoes-/-relatorios>. Acesso em: 19 jun. 2013.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**. FIT.** Ficha de informação toxicológica. Identificação de substância. São Paulo: CETESB, 2012. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/Zinco.pdf. Acesso em 09 de dez. 2013.

CHAVES, R.C.de P. **Avaliação do teor de metais pesados na água tratada no município de Lavras-MG**.2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

CIRILO, J. A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido**. *Estudos avançados* (online), 2008, v. 22, n. 63, pp. 61-82. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200005>. Acesso em: 30 mar. 2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 357**, de 17 de março de 2005. **Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 12 jun.2013.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos**: Rio Pardo, um exemplo. São Paulo: UNESP, 2001.

DEKKER, A. G. **Detection of optical water quality parameters for eutrophic waters by high Resolution remote sensing**. Ph.D Thesis - Free University, Amsterdam. 241p. 1993.

DIAS, F.T.; BARROS, M.O.H. **A gestão dos recursos hídricos no Brasil: avanços legais e a experiência da cobrança pelo uso da água.** In: MESSIAS, A.S.; COSTA, M.R.N. (org).

Água: Tratamento e Políticas Públicas. Série Encontro das Águas, n 4. Recife, UNICAP, 2007. p. 21-34.

DILS, M. R. & HEATHWAITE, A. L. Phosphorus fractionation in hillslope hydrological pathways contributing to agricultural runoff. In: ANDERSON, M. G. & BROOKS, S. M. (Ed) **Advances in Hillslope Processes**. New York: John Wiley and Sons, v.1, p.229-251, 1996.

ESPÍNDOLA, E.L.G. ***Limnologia de Represas: alguns fatores determinantes***. São Carlos: 2001.

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

_____. **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p.

FERNANDES, L. A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1. 000.000. In: **Boletim Paranaense de Geociências**, n. 55. 53-66p. 2004.

FIGUEIREDO, C. C. **Monitoramento da Qualidade da Água de Sete Reservatórios Pertencentes a Furnas Centrais Elétricas S.A. In: *3º SIMPÓSIO DE ESPECIALISTAS EM OPERAÇÃO DE CENTRAIS HIDRELÉTRICAS***, 2002, Foz do Iguaçu. Disponível em: <http://www2.itaipu.gov.br/sepoch/artigos/poster/SP31%20%20FURNAS.PDF>. Acesso em: 28 fev. 2013.

FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T.W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. Alemanha: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1981.

GARDOLINSKI, Paulo C. F. C.; DAVID, Anthony. R. J.; WORSFOLD, Paul J. Miniature Flow Injection Analyser for Laboratory, Shipboard and in Situ Monitoring of Nitrate in Estu rine and Coastal Waters. Talanta, n. 58, p. 1015, 2002.

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

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

GUILHERME, L. R. G.; MARCHI, G. Metais pesados em solos. **DBO Agrotecnologia**, São Paulo, v. 5, p. 20 - 21, 01 jul. 2005. Disponível em: <http://www.anda.org.br/artigos/MetaisPesados.pdf>. Acesso em: fev.2012.

HENRY, R. **A variabilidade de alguns fatores físicos e químicos da água e implicações para amostragem: Estudo de caso em quatro represas do estado de São Paulo**. In: BICUDO, M. E. C.; BICUDO, C. D. **Amostragem em Limnologia**. São Carlos: RIMA, 2004 p. 245-262.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. ***Projeto Radambrasil.*** **Ministério das Minas e Energia. Secretária geral. Levantamento de Recursos hídricos. Folha SE 22 – Goiânia.** V31. Geologia, geomorfologia, pedologia. Rio de Janeiro. 1983.

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, 2006.

LEITE, M.A. **Análise do aporte, da taxa de sedimentação e da concentração de metais na água, plâncton e sedimento do Reservatório de Salto Grande, Americana-SP**. 2002. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

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

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

LIMA, A.M. e SANTOS, F.F., Análise de propriedades físico-químicas e de metais potencialmente tóxicos na água do rio Claro, próximo a cidade de Jataí-GO.RECEN 14(2) jul/dez 2012.

LIU, Y.; ISLAM, M. A.; GAO, J. Quantification of shallow water quality parameters by means of remote sensing. **Progress in Physical Geography**, v. 27, n. 1, p. 24-43, 2003. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1191/0309133303pp357ra; acesso em 29 de novembro de 2013.

McDOWELL, R. W.; SHARPLEY, A. N.; CONDRN, L.M. et al. Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implications for agricultural management. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v.59, p.269-284, 2001.

MARIANI, C.F. **Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

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.

MARIANO, Z.F.; **A importância da variável climática na produtividade da soja no Sudoeste de Goiás.** Rio Claro - SP, 2005. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista Campus de Rio Claro.

MINILLO, A. **Análise da distribuição, densidade e toxicidade de florações de cianobactérias e suas toxinas nos reservatórios do médio e baixo rio Tietê (SP) e relação com as características limnológicas do sistema**. 2005. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

MOURA, A.N. et al., **Composição e estrutura da comunidade fitoplanctônica, relacionadas com variáveis hidrológicas abióticas no reservatório de Botafogo**. Revista de Geografia. Recife: UFPE-DCG/NAPA, v.23, nº3, jul/dez.2006. Disponível em: http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/view/78/37; acesso em: 25/032014.

NASCIMENTO, E.S., PINESE, J.F., monitoramento hidrossedimentométrico da UHE Barra dos Coqueiros. Relatório Técnico, Gerdau, 2012

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

NOVOTNY, V. **Difusse Sources of Pollution by Toxic Metals and Impact on Receiving Waters.** In: SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U.; MADER, P. Heavy Metals: Problems and Solutions. Alemanha: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1995.
OLIVEIRA, S.F., CABRAL, J.B.P., WACHHOLZ, F., ROCHA, I.F., Análise de alguns parámetros limnológicos dos reservatórios das usinas hidrelétricas Caçu e Barra dos Coqueiros-GO. REVISTA GEONORTE, Edição Especial, V.3, N.4, p. 556-563, 2012.

PAULA, M.R., CABRAL, J.B.P., Uso de técnicas de Sensoriamento Remoto e geoprocessamento na análise da vulnerabilidade ambiental da bacia Hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros-GO. IN: XIX Seminário de Iniciação Científica / VIII COMPEX, 2011, Goiânia. **Anais**... Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, 2011.

PEREIRA FILHO, W. Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do reservatório de Tucuruí – Pará. São Paulo. Tese (Doutoramento em Geografia). Universidade de São Paulo. São Paulo, 138p. 2000

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico- Químicos**. São Paulo: ABES, 2006.

REYNOLDS, C. S. DAVIES, P. S. Sources and bioavailability of phosphorus fractions in freshwaters: a british perspective. Biology Review, v.76, p.27-64, 2001

ROCHA, H.M. **Análise espaço-temporal das águas dos afluentes e reservatório da UHE Barra dos Coqueiros em Goiás**. 2012. 147f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2012.

SALBU, B.; STEINNES, E. **Trace Elements in Natural Waters**. Boca Raton: CRC, 1995.

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

SANTOS, J.S. dos; OLIVEIRA, M.L.P.; OLIVEIRA, E. de. Estudo da mobilização de metais e elementos-traço em ambientes aquáticos do semi-árido brasileiro aplicando análises de componentes principais. **Quím. Nova** (online). 2008, vol.31, n.5, pp 1107-1111.

SOUZA, R.A.S. et al., Frações de fosfato em reservatórios de água em Lavras-MG. Ciênc.agrotec. vol.31. nº2.Lavras. Mar/abr.2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542007000200014#. Acesso em: 25/02/0214.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J.; JONES, O. R. et al. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. Journal of Environmental Quality, Madison, v.21, p.30-35, 1992.

_____. The selective erosion of plant nutrients in runoff. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.49, p.1010-1015, 1985c

SIEG - **Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás**. Disponível em: http://www.sieg.go.gov.br/; Acesso em: 25 mar. 2013.

SIGRH. **Sistema de Informação para o Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Relatório nº40.515. Item 7.5 Qualidade das Águas**. Disponível em: <http://www.SIGRH.sp.gov.br/SIGRH/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-TG/415/r0/3_7_5_1e7_5_2qualidadedasaguas1.pdf>. Acesso em: 18 jun.2013

SOARES, V.M. **Aspectos Físicos e Químicos do Complexo de Represas Paraibúna-Paraitinga.** 234 f. Dissertação (mestrado) – INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES, São Paulo, 2011.

SOUSA, W. L**.** ***Impacto ambiental de hidrelétricas: uma análise comparativa de duas abordagens****. 2000*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2005. Editora UFMG 3 ed.

STUMM, W.; MORGAN, J.J. **Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters**. New York, NY: Wiley-Interscience, 1996.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J.G. Diretrizes para o gerenciamento de lagos. **Gerenciamento da Qualidade da Água de Represas.** São Carlos: ILEC; IIE, 2000. v. 9.
TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.N; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

TOMAZELLI, A.C. **Estudo Comparativo das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do Estado de São Paulo**. 2003. Tese (Doutorado). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

UZOUKWU, B.A; NGOKA, C.; NNEJI,N. monitoring of seasonal variation in the water quality of Ubu river in Ekwusigo and Nnewi local and government areas of Anambra state, Nigeria. Environmental management. New York, v. 33, n.6, p 886-898, jun.2004.

VELINI, E.D. et.al. **Caracterização da qualidade da água e sedimento na UHE Americana relacionados à ocorrência de plantas aquáticas**. Planta Daninha, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 215-223, 2005.

VIDAL, T.F., NETO, J.C. Aporte de nutrientes no period chuvoso em reservatório de abastecimento humano no Estado do Ceará. Simpósio brasileiro de recursos hídricos. Água, desenvolvimento econômico e socioambiental. Disponível em: http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/19406dfe4b2acd749d1fde00fd92b460_71c9f24f82b6d0f0294bf0a381c2bf19.pdf. Acesso em: 26/01/2014.

WANG, G. F.; HORITA, K.; SATAKE, M. Simultaneous Spectrophotometric Determination of Nitrate and Nitrite in Water and Some Vegetable Samples by Column Preconcentration. Microchemical Journal, Japan, n. 58, p. 162, 1998.

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: 26 jan/ 2014.

WACHHOLZ, F.**Alterações espectrais nas imagens de satélite nos reservatórios das usinas hidrelétricas Caçu e Barra dos Coqueiros-GO.** Revista Geonorte, Edição Especial, v.2, n.4, p.1170-1179, 2012

WORLD COMISSION ON DAMS. **Dams and Development.** ***A new framework fordecision-making***. *The report of the World Commission on Dams*. London and Sterling: Earthscan, 2000. Disponível em: <http://hqweb.unep.org/dams/WCD/report/WCD_DAMS%20report.pdf/>. Acesso em: 04 mar.2013.

YABE, M.J.S.; OLIVEIRA, E. Metais pesados em águas superficiais como estratégia de caracterização de bacias hidrográficas. **Quím. Nova**. São Paulo, v. 21, n. 5, Set./Out., 1998. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40421998000500003&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 04 mar. 2013.

7 APÊNDICES

7.1 **APÊNDICE A –** localização dos pontos de amostragens.

Pontos de amostragens	Coordenadas UTM em WGS 84 Latitude (Eixo X)	Coordenadas UTM em WGS 84 Longitude (Eixo Y)
1	484799	7950031
2	485519	7949213
3	486185	7948808
4	486640	7948498
5	486925	7948243
6	487675	7947621
7	488426	7947118
8	488491	7946729
9	488949	7946182
10	488627	7945782
11	489195	7945132
12	490105	7944758
13	489919	7944127
14	490424	7943719
15	490604	7943368
16	490206	7943016
17	491022	7942855
18	493214	7942243
19	492287	7941660
20	492218	7940414
21	493632	7939424
22	494554	7938590
23	496265	7938418
24	495705	7936587
25	496517	7935618
26	496811	7934550
27	497517	7933634
28	498040	7932236
29	498507	7932781
30	498537	7931234
31	498042	7931229
32	496882	7932804
33	496351	7934269
34	495504	7935716
35	492928	7937077
36	493469	7938107
37	493220	7938492
38	492132	7939627
39	490257	7940344
40	491085	7940949

7.2 **APÊNDICE B** – Equipamentos e materiais utilizados nas amostragens

Foto 4 – Multiparâmetro Oakton PCD650

Foto 5 - Turbidimetro HANNA HI88703