



**CONHECIMENTO SEMPRE PRESENTE**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS**  
**CAMPUS DE JATAÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**CELSO DE CARVALHO BRAGA**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SÓLIDOS EM  
SUSPENSÃO NOS AFLUENTES E RESERVATÓRIO DA USINA  
HIDRELÉTRICA BARRA DOS COQUEIROS - GO**

**JATAÍ, 2012**

**CELSO DE CARVALHO BRAGA**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DE SÓLIDOS EM  
SUSPENSÃO NOS AFLUENTES E RESERVATÓRIO DA USINA  
HIDRELÉTRICA BARRA DOS COQUEIROS - GO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia/PPG-GEO Stricto Sensu da Universidade Federal de Goiás - Campus Jataí/CAJ-UFG, sob orientação do Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral.

**JATAÍ, 2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)**

B813d Braga, Celso de Carvalho.

Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes e reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros - GO [manuscrito] / Celso de Carvalho Braga. - 2012.

74 f. : il., figs, fots, grafos, quads, tabs.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, 2012.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, fotografias, gráficos, quadros e tabelas.

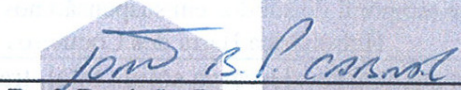
1. Usina hidrelétrica - impactos ambientais. 3. Bacia hidrográfica. 3. Reservatórios - água

CDU: 911: 628.13

**Celso de Carvalho Braga**

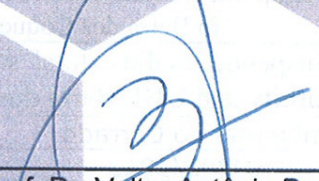
**TÍTULO: "Distribuição Espacial e Temporal de Sólidos em Suspensão nos Afluentes e Reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros - GO".**

Dissertação DEFENDIDA e APROVADA em 01 de março de 2012, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:



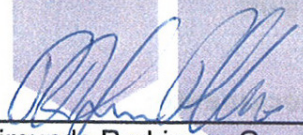
---

Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral  
Presidente - CAJ/UFG



---

Prof. Dr. Valter Antonio Becegato  
Membro-Externo - UDESC/SC



---

Prof. Dr. Raimundo Rodrigues Gomes Filho  
Membro Interno - CAJ/UFG

**UFG**

Jataí - Goiás  
Brasil

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

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

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

### 2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Celso de Carvalho Braga		
E-mail:	ccarvalhobaga@gmail.com		
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não			
Vínculo empregatício do autor	Instituto Federal de Goiás Campus Jataí		
Agência de fomento:	Instituto Federal de Goiás	Sigla:	IFG
País:	Brasil	UF:GO	CNPJ: 10870833/0001-44
Título:	Distribuição espacial e temporal de sólidos em suspensão nos afluentes e reservatório da Usina Hidrelétrica Barra dos Coqueiros - GO		
Palavras-chave:	Sólidos em suspensão, descarga sólida total, transparência da água, turbidez e UHE Barra dos Coqueiros		
Título em outra língua:	Spatial and temporal analysis of solid matter in reservoir of Hydroelectric plant in Barra dos Coqueiros - Goiás-Brazil		
Palavras-chave em outra língua:	Suspended solids, total solid discharge, water transparency, turbidity and UHE Barra dos Coqueiros		
Área de concentração:	Análise Ambiental do Cerrado		
Data defesa:	01/03/2012		
Programa de Pós-Graduação:	Em Geografia da UFG Campus Jataí		
Orientador:	Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral		
E-mail:	<a href="mailto:jbcabral2000@yahoo.com.br">jbcabral2000@yahoo.com.br</a>		

\*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

### 3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento  SIM       NÃO<sup>1</sup>

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

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

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Assinatura do (a) autor (a)

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

**DEDICATÓRIA**

*A minha esposa Irene,  
minha filha Gisele  
meu filho Guilherme,  
meus pais Salvador e Elda,  
meu irmão Célio  
e a todos os meus familiares,  
pelo apoio e compreensão da minha ausência  
e pelo amor dedicado a mim.*

## AGREDECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus, que me deu saúde, força e sabedoria para concluir este trabalho e por ter colocado em meu caminho pessoas tão generosas para contribuir com o êxito do meu projeto;

Especialmente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral, não apenas por todo o conhecimento transmitido, mas também por ter sido um grande amigo, que me ajudou a seguir em frente em todos os momentos, principalmente no momento de doença na família, onde se mostrou sábio, compreensivo, e acima de tudo, amigo;

Desejo expressar meus mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram comigo na realização deste trabalho;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, pela licença que possibilitou a realização deste trabalho;

À Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí, que me deu oportunidade de alcançar esta vitória, tanto na graduação quanto na pós-graduação;

Aos colegas, professores e funcionários da UFG/CAJ pela amizade, troca de experiências;

Aos meus colegas de laboratório e campo: Assunção, Hudson, Isabel, Makele, Pollyanna e Susy, com os quais convivi mais intensamente em toda a pesquisa, e que se tornaram meus grandes amigos;

Ao meu amigo e colega de todas as “batalhas”, William Ferreira da Silva, pelo incentivo e ajuda antes e durante todo o curso, sem qual eu não teria ingressado neste curso;

Aos Professores Drs. Carlos Alexandre Gomes Costa, Francismário Ferreira dos Santos e Raimundo Rodrigues Gomes Filho, pelas contribuições nos trabalhos de campo e exame de qualificação;

Aos motoristas da UFG, Aureliano “Neto” e Lucimar “Assis” pelas inúmeras viagens ao campo de pesquisa e ajuda na coleta de dados de campo, e pela amizade;

Ao meu colega e amigo Halan, pela ajuda na confecção de croquis dos perfis dos pontos de vazão;

Ao Dr. Flávio Wachholz pela colaboração na orientação da redação final desta dissertação.

***MUITO OBRIGADO!***

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros .....	17
Figura 2 - Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros em agosto de 2010 .....	18
Figura 3 - Mapa de declividade da bacia da UHE Barra dos Coqueiros .....	21
Figura 4 - Mapa de solos da bacia da UHE Barra dos Coqueiros .....	23
Figura 5 - Pontos de coleta de dados .....	26
Figura 6 - Croqui topográfico do Córrego Pedra Branca .....	38
Figura 7 - Croqui topográfico do Córrego Pontezinha .....	38
Figura 8 - Croqui topográfico do Córrego Matriz .....	38
Figura 9 - Croqui topográfico do Córrego Coqueiro da margem esquerda .....	39
Figura 10 - Croqui topográfico do Córrego Guariroba .....	39
Figura 11 - Croqui topográfico do Córrego Coqueiro da margem direita .....	39
Figura 12 - Croqui topográfico do Córrego Sucuri .....	40
Figura 13 - Croqui topográfico do Córrego Pirapitinga .....	40
Figura 14 - Croqui topográfico do Córrego Vau .....	40
Figura 15 - Distribuições dos valores de Concentração de Sólidos em Suspensão no lago da UHE Barra dos Coqueiros no período chuvoso de 2011 .....	54
Figura 16 - Distribuições dos valores de Concentração de Sólidos em Suspensão no lago da UHE Barra dos Coqueiros no período seco de 2011 .....	55
Figura 17 - Distribuições dos valores de transparência da água no reservatório, referente à amostragem no período chuvoso .....	57
Figura 18 - Distribuições dos valores de transparência da água da água no reservatório, referente à amostragem no período seco .....	58
Figura 19 - Distribuições dos valores de turbidez no reservatório, referente à amostragem no período chuvoso .....	60
Figura 20 - Distribuições dos valores de turbidez no reservatório, referente à amostragem no período seco .....	61



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1 - Principais usos da terra da bacia da UHE Barra dos Coqueiros .....	19
Foto 2 - Bordas da bacia com morros testemunhos .....	22
Foto 3 - Determinação da velocidade da água com o uso de flutuador .....	28
Foto 4 - Determinação da profundidade com régua para medição de vazão pelo método do flutuador. ....	29
Foto 5 - Estrada vicinal cruzando o Córrego do Vau .....	29
Foto 6 - Córrego do Vau sob estrada vicinal .....	29
Foto 7 - Disco de Secchi .....	31
Foto 8 - Turbidímetro portátil .....	32
Foto 9 - Coleta de água para determinação de sólidos em suspensão – Córrego Coqueiro da margem direita .....	33
Foto 10 - Bomba de sucção a vácuo com filtro .....	34
Foto 11 - Balança de precisão e filtros utilizados para determinar a concentração de sólidos em suspensão .....	35
Foto 12 - Marcas de enchentes no Córrego Coqueiros da margem direita .....	41
Foto 13 - Características do leito do Córrego Matriz .....	42
Foto 14 - Mudança de leito do Córrego Coqueiro da margem direita no mês de maio de 2011 .....	45
Foto 15 - Movimentação de terra para construção de bueiro no Córrego Coqueiro da margem direita no mês de maio de 2011 .....	45
Foto 16 - Ocupação do solo por pecuária nas margens do lago .....	51
Foto 17 - Orla do lago sem mata ciliar e ao fundo solo descoberto sendo preparado para o plantio de cana-de-açúcar .....	52
Foto 18 - Barro nas estradas vicinais que margeiam o lago da UHE Barra dos Coqueiros .....	64
Foto 19 - Chuvas com vento no lago .....	65
Foto 20 - Pluviômetro implantado nas sub-bacias .....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Vazão líquida dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros no período de março a agosto de 2011 .....	43
Gráfico 2 - Concentração de Sólidos em Suspensão ( $\text{mgL}^{-1}$ ) dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros .....	44
Gráfico 3 - Descarga sólida total ( $\text{t dia}^{-1}$ ) dos principais afluentes do lago do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros .....	47
Gráfico 4 - Produção de sólidos em suspensão por $\text{t km}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ .....	48

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros limnológicos medidos no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros .....	49
Quadro 2 - Correlação entre CSS, Turbidez e transparência da água .....	63
Quadro 3 - Dados de vazões do período de agosto de 2010 a fevereiro de 2011 .....	67

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Granulometria de sedimentos em suspensão .....	10
Tabela 2 - Parâmetros utilizados para a análise dos valores de sólidos em suspensão .....	12
Tabela 3 - Parâmetros de turbidez recomendada para alguns usos da água doce .....	15
Tabela 4 - Áreas das sub-bacias da UHE Barra dos Coqueiros com sua representação em % da área total .....	37

## RESUMO

A construção de reservatórios para usinas hidrelétricas geram impactos ambientais diversos, como, por exemplo, mudanças no deslocamento e concentração de sólidos em suspensão, ocasionando assim mudanças na fauna e flora aquáticas. O estudo dos sólidos em suspensão de uma determinada bacia hidrográfica é importante para que se possam tomar decisões corretas quanto ao planejamento de atividades de uma bacia, pois a quantidade de sólidos está diretamente associada ao uso da terra. Os problemas gerados pelos sólidos em suspensão vão desde a erosão, transporte, deposição e compactação, além de que os sólidos em suspensão prejudicam a qualidade da água para o consumo humano. O presente trabalho teve por objetivo analisar a distribuição espacial e temporal da concentração de sólidos em suspensão (CSS) nos principais afluentes e lago da UHE Barra dos Coqueiros, e sua influência na vida útil do reservatório no período de março a agosto de 2011. Os métodos utilizados para alcançar os objetivos propostos foram: calcular a concentração de sólidos em suspensão de acordo com a proposta de WETZEL E LIKENS (1991), verificar os níveis de turbidez e transparência da água de acordo com a proposta de ESTEVES (1998) e TUNDISI (2008), calcular a vazão dos afluentes pelo método de flutuadores, de acordo com a proposta de RAMOS e OLIVEIRA (2003), PALHARES (2007), e calcular a descarga sólida total dos principais afluentes pelo método simplificado de COLBY (1964) que leva em consideração: descarga líquida, velocidade média, profundidade média, largura da seção transversal e concentração medida de sólidos em suspensão. De acordo com os dados obtidos, chegou-se à seguinte conclusão: que a concentração de sólidos em suspensão tem boa relação com os dados de turbidez e transparência da água. Na coleta de dados do reservatório do período chuvoso, a concentração de sólidos em suspensão variou de 7,5 a 30,5 mgL<sup>-1</sup>, sendo maior que na coleta do período seco, que variou de 0,25 a 7,5 mgL<sup>-1</sup>. O mesmo acontece com transparência de água utilizando o disco de Secchi que variou de 0,16 a 0,30 metros no período chuvoso e de 1,40 a 3,50 metros no período seco. Quanto à turbidez, os índices encontrados mostram que a refletância da luz no período chuvoso variou de 51 a 72 NTU, enquanto no período seco variou de 0 a 3,7 NTU. Quanto à avaliação da distribuição espacial e temporal da concentração de sólidos em suspensão dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros o Córrego Matriz se destaca entre os afluentes analisados, por apresentar maiores concentrações de sólidos em suspensão, variando de 2,5 mgL<sup>-1</sup> no período seco a 14,5 mgL<sup>-1</sup> no período chuvoso.

**Palavras-chave:** Sólidos em suspensão, descarga sólida total, transparência da água, turbidez e UHE Barra dos Coqueiros.

## ABSTRACT

### SPATIAL AND TEMPORAL ANALYSIS OF SOLID MATTER IN RESERVOIR OF HYDROELECTRIC PLANT IN BARRA DOS COQUEIROS - GOIÁS - BRAZIL

The construction of reservoirs for hydroelectric generates various environmental impacts, for instance, changes in the displacement and the concentration of suspended solids, thus causing changes in the fauna and flora of the water. The survey of suspended solids in a determined watershed is important to make correct decisions regarding the planning for a bowl, because the amount of solids is directly related to the land use. The problems caused by suspended solids include erosion, transport, deposition and compaction, in addition the suspended solids impair the quality of water for human consumption. This study aimed to analyze the spatial and temporal distribution of the concentration of suspended solids (CSS) in the main source of the lake in Barra dos Coqueiros and its influence on the life cycle of the reservoir from March 2011 to August 2011. To achieve the proposed goals, it was used methods such as calculating the concentration of suspended solids according to the proposal of Wetzel and Likens (1991), checking the levels of turbidity and water clarity in accordance with the proposal to Esteves (1998) and Tundisi (2008), calculating the flow of the sources of water by the method of floats as proposed by Ramos and Oliveira (2003), Palhares (2007), and calculating the total solid discharge of the main sources of water (of the) using simplified method of Colby (1964) that takes into consideration: liquid discharge, average speed, average depth, width and cross section measured concentration of suspended solids. According to the data, we reached the following conclusion: the concentration of suspended solids is well related to the data turbidity and water transparency. In the data collection reservoir of the rainy season, the concentration of suspended solids ranged from 7,5 to 30,5  $\text{mgL}^{-1}$  and greater than the collection of the dry period, which ranged from 0,25 to 7,5  $\text{mgL}^{-1}$ . The same thing happens to the water transparency using a Secchi disk that ranged from 0,16 to 0,30 meters in the rainy season and 1,40 to 3,50 meters in the dry season. As for turbidity, the indices found shows that the reflectance of light in a rainy period ranged from 51 to 72 NTU, whereas the dry period ranged from 0 to 3,7 NTU. According to the evaluation of the spatial and temporal distribution of suspended solids concentration of the main sources of water in the reservoir of Barra dos Coqueiros, the main lake stands out among the sources analyzed, due to the higher concentration of suspended solids, ranging from 2,5  $\text{mgL}^{-1}$  in the dry season to 14,5  $\text{mgL}^{-1}$  in the rainy season.

**Keywords:** Suspended solids, total solid discharge, water transparency, turbity and UHE Barra dos Coqueiros.

**SUMÁRIO**

Introdução.....	1
Objetivo geral.....	5
Objetivos específicos.....	5
Referencial Teórico.....	6
Bacia hidrográfica.....	6
Sólidos em suspensão, Turbidez, Transparência da água e descarga líquida.....	10
Caracterização da área de estudo.....	16
Procedimentos metodológicos.....	26
Resultados e discussão.....	37
Análise dos afluentes.....	37
Análise do reservatório.....	48
Dificuldades e problemas encontrados na pesquisa.....	64
Considerações finais.....	68
Recomendações.....	69
Referências.....	70

## Introdução

As pesquisas hidrossedimentológicas e limnológicas têm despertado interesse crescente, uma vez que seus resultados podem ser aplicados à conservação de ecossistemas aquáticos e terrestres.

O estudo de rios, lagos e áreas alagadas apresenta uma importância cada vez maior na sociedade atual, uma vez que o processo de assoreamento e poluição dos mesmos é um dos principais problemas a serem enfrentados.

De acordo com Seva (2008) “Todas as represas se entopem, mais lentamente ou menos, e seus prédios e grandes mecanismos podem se deteriorar, logo, elas não são eternas”.

A construção de empreendimentos hidráulicos nos rios gera impactos ambientais como, por exemplo, mudanças no deslocamento e concentração de sólidos em suspensão, gerando assim mudanças na fauna e flora aquáticas. (CRGCES - WSTB, 1991; Jobin, 1998. apud BREUNIG *et al.* 2011).

Outros efeitos causados pela formação dos grandes lagos artificiais que podem ser relacionados são: a elevação do lençol freático, aumentando a umidade do solo nas proximidades do lago; aumento da taxa de sedimentação na entrada dos córregos com o reservatório; aumento das comunidades de macrófitas (plantas aquáticas) principalmente flutuantes; maior possibilidade de deslizamentos e tremores de terra em virtude do peso das águas represadas e do peso da barragem em si e ainda mudança na taxa de transpiração e/ou evaporação, gerando alterações climáticas locais ou regionais (ESTEVES, 1998), (TUNDISI, 2006).

A análise da concentração de sólido em suspensão (CSS) em ambiente fluvial e lacustre é de fundamental importância para que se possam realizar estudos visando planejamento ordenado do uso da terra e dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica. A quantidade de sólidos carregados gera problemas que vão desde a erosão, transporte, deposição e compactação, além de determinar, por exemplo, a vida útil de empreendimentos hidráulicos, a possibilidade de aproveitamento para transporte hidroviário, parâmetros de qualidade de água para o consumo humano, entre outros.

Segundo Carvalho (2008), conhecer o comportamento e as quantidades dos sólidos em suspensão é de fundamental importância para estudos de bacias, em relação a projetos hidráulicos, ambientais e usos dos recursos hídricos. A produção de sólidos em uma bacia depende fundamentalmente das características naturais da bacia quanto à topografia, tipo de

solo, uso e ocupação do solo e quantidade e intensidade de chuva. Dentre todas as variáveis que influenciam diretamente na dinâmica de fluxo hídrico em uma bacia, as atividades humanas realizadas nas proximidades das margens dos rios têm maior capacidade de influenciar para a ocorrência de processos erosivos nas margens dos mesmos.

A implantação de reservatórios gera grandes perturbações na dinâmica fluvial, alterando o ciclo natural do rio e interferindo no processo de transporte e deposição de sedimentos (STEVAUX *et al*, 2009). Um dos principais fatores que vêm influenciando a deposição de sólidos em suspensão no ambiente fluvio-lacustre deve-se à redução da velocidade da corrente de água ocasionada pela construção de empreendimentos hidrelétricos e de abastecimento de água em leitos de rios.

Como resultado, o processo de formação de depósitos sedimentológicos é alterado, normalmente causando deposição gradual maior de sedimentos carregados pelo curso d'água, ocasionando assoreamento e diminuindo, a cada dia, a capacidade de armazenamento de água no reservatório. Todo esse processo, invariavelmente, dá origem a problemas ambientais diversos, como a retenção de substâncias poluentes por meio de interações químicas e físicas.

Sob esse ponto de vista, a avaliação da produção de sólidos em suspensão passa a ser de fundamental importância para a avaliação da vida útil do reservatório e do planejamento do seu entorno. Tendo em vista que uma obra como esta pode trazer desenvolvimento regional, podendo mudar a ocupação territorial que inclui o maior uso da terra, principalmente no entorno do lago.

De acordo com Siviero e Coiado (1999), o estudo hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica, além de ser uma importante ferramenta de apoio para análise sobre o estado de degradação de uma bacia, é fundamental para o planejamento e gestão dos recursos hídricos.

De acordo com itens expostos anteriormente, o estudo de bacias hidrográficas que passaram por modificações a partir do uso do solo e da: construção de reservatórios para a geração de energia acaba por contribuir em duas vertentes a realização do diagnóstico do uso da bacia hidrográfica e a avaliação da vida útil dos investimentos realizados. Dessa forma, justifica-se a escolha da bacia hidrográfica do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Barra dos Coqueiros, localizada no sudeste do estado de Goiás, no Rio Claro abrangendo territórios dos municípios de Caçu e Cachoeira Alta.

A escolha da bacia hidrográfica UHE Barra dos Coqueiros como objeto de estudo foi decorrente dos possíveis problemas ambientais devidos ao uso intensivo de agroquímicos nas lavouras, eliminação dos efluentes domésticos e industriais das cidades existentes na bacia



diretamente para os cursos d'água e o uso intensivo do solo pela pecuária, agricultura e produção de cana-de-açúcar.

De acordo com os trabalhos desenvolvidos por Paula e Cabral (2011) Rocha e Cabral (2011), a bacia hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros sofre com 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.

Outro fato importante a ser observado sobre o uso do solo na área de estudo refere-se a substituição de pastagens por lavouras de cana-de-açúcar que atendem a uma usina de etanol, nas proximidades da bacia. Apesar de ser um processo ainda em curso, a inserção dessa atividade na área de estudo tende a promover alterações na dinâmica e no uso da área. Inicialmente, a nova atividade tende a promover em grande parte destas áreas, principalmente da margem direita da bacia, a modificação na ocupação da terra e a criação de várias estradas vicinais com grande tráfego de veículos agrícolas, de transporte da cana e outros.

De acordo com Cabral *et al.* (2011), outro fator que tem modificado o uso da Bacia do Rio Claro são as usinas hidrelétricas, que 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 gerando o aceleramento do processo de assoreamento do Rio Claro, alterando o regime ambiental de toda a bacia hidrográfica.

Esta pesquisa objetivou contribuir para a realização de planejamento do uso da terra e dos recursos hídricos da bacia, e ainda gerar informações a respeito da possível vida útil do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.

Assim sendo, tendo em vista a carência de estudos locais e regionais mais detalhados que permita avaliar a integridade ambiental, e a inexistência de programas governamentais que visem o desenvolvimento dito sustentável da região, este trabalho pretende colaborar com a demanda científica, na medida em que produzirá um diagnóstico atualizado das condições socioambientais das áreas de influência da UHE Barra dos Coqueiros, oferecendo informações imprescindíveis que poderão ser canalizadas pelos administradores municipais e comunidade em geral, para o desenvolvimento dos planos de governo e para a solução dos problemas relacionados ao meio ambiente, oferecendo condições de vida mais favorável a seus cidadãos.

**Objetivo geral**

Avaliar a distribuição espacial e temporal da concentração de sólidos em suspensão (CSS) nos afluentes e reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, e sua influência na vida útil do reservatório.

**Objetivos específicos**

- Calcular a vazão dos principais afluentes da bacia hidrográfica do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros a partir do método de flutuadores.
- Calcular as áreas das principais sub-bacias que compõem o referido reservatório.
- Determinar a concentração de sólido em suspensão dos principais afluentes da bacia hidrográfica do reservatório.
- Determinar a descarga sólida total dos principais afluentes da bacia hidrográfica do reservatório pelo método de Colby.
- Avaliar a distribuição espacial e temporal da CSS, turbidez e transparência da água em dois períodos distintos no reservatório.

## Referencial Teórico

### Bacia hidrográfica

Por bacia hidrográfica entende-se uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para uma única área de saída, exutório, ou seja, a seção de um rio define a sua bacia hidrográfica (TUCCI, 1993). Segundo a Lei nº 8171/91 Nacional da Política Agrária, as bacias hidrográficas constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e recuperação dos recursos naturais (BRASIL, 1991). Para Salgado e Batista (2009), as bacias hidrográficas são unidades que possibilitam o estudo das interferências do homem sobre o ciclo hidrológico.

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica se dá em razão de suas características quanto à geomorfologia, solos, cobertura vegetal, o clima e a ação antrópica. Tais características são fundamentais para o ciclo hidrológico da bacia, influenciando na produção de sólidos em suspensão, na infiltração, na evaporação, na quantidade de água produzida, no escoamento superficial, entre outros.

Outro fator extremamente importante para o ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica é a ação antrópica que a mesma sofreu, pois a interferência do homem no meio natural muda o meio e interfere no ciclo hidrológico (TEODORO *et al.*, 2007). O uso coerente dos recursos hídricos e do solo em toda uma bacia hidrográfica está intimamente ligada à proteção da mesma.

A implantação de barragens em um rio altera em muito o ambiente de uma bacia hidrográfica. Conforme Seva (2008), um rio barrado deixa de ser um rio, para ser um conjunto de ecossistemas gerenciados parcialmente, mudando, entre outras coisas, a taxa de infiltração e evaporação da bacia hidrográfica. Esses empreendimentos geram um reordenamento fundiário e agrícola onde são inseridos e, principalmente, no entorno da represa, estabelecem novas atividades.

O estudo hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica é fundamental para a análise de viabilidade de diversas atividades econômicas, além de ser importante ferramenta de apoio a estudos ambientais (LIMA *et al.*, 2004)

Por sólido em suspensão entende-se como a partícula de rocha degradada e matéria orgânica transportada pela força da corrente de água. Segundo Brooks *et al.* (1991), os sólidos em suspensão são o material mais presente em ambientes lóticos, e capazes de ocasionar impacto no uso da água e seus efeitos no transporte de outros poluentes.

A produção e deposição de sólidos ao longo de uma bacia hidrográfica são fenômenos naturais, mas a interferência da ação do homem por meio de desmatamento, construções, mineração e atividades agrícolas sem critérios conservacionistas têm potencializado esse processo. Os sólidos em suspensão transportados pelos cursos de água, decorrentes da ação erosiva da água sobre o solo, provocam a degradação da qualidade da água e prejuízos ao meio-ambiente e ao desenvolvimento sócio-econômico (BICALHO, 2006).

Com o desenvolvimento, principalmente do agronegócio no país, os problemas derivados dos sólidos em suspensão aumentam cada vez mais. Porém, os estudos em hidrossedimentologia são realizados com pouca frequência, devido ao fato de a maioria das consequências não ser imediata, ficando as providências para as ocasiões nas quais ocorrem problemas muito sérios (CARVALHO, 2008).

O conhecimento do comportamento hidrossedimentológico em uma bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento do desenvolvimento sustentável da mesma. Um exemplo da aplicação desse conhecimento é a geração de energia elétrica através de hidrelétricas, uma vez que a vida útil das usinas é determinada com base na retenção e na distribuição dos sólidos em seu reservatório, já que quando os sólidos atingem a cota da captação de água das turbinas, geralmente inviabiliza a utilização deste reservatório.

Um dos principais estudos referentes a vida útil de reservatórios, é o conhecimento do comportamento hidrossedimentológico da bacia hidrográfica onde vai ser implantado uma nova usina hidrelétrica. Estes estudos, no Brasil, ainda são pouco frequentes. Somente a partir da década de 80, foi dado maior enfoque aos problemas ambientais relacionados ao assoreamento, a partir da constatação de que existem diversos corpos d'água que se encontram total ou parcialmente assoreados, principalmente dentre os reservatórios de médio e pequeno porte. Esse problema é decorrente de não se fazer um estudo prévio do potencial erosivo das bacias hidrográficas, e é o principal motivo da perda da capacidade de geração de energia hidrelétrica, pois a capacidade de armazenamento de um reservatório diminui na mesma proporção em que aumenta o assoreamento do reservatório, levando à redução da vida útil do reservatório (SILVA, 2007).

Outro exemplo de aplicação prática desse saber é a captação de água para diversos usos. O bombeamento da mesma é dificultado e encarecido pelo excesso de sólidos na captação que gera entupimento e desgaste excessivo dos equipamentos de captação, além da influência direta na qualidade da água para o consumo humano (CARVALHO *et al.*, 2000). Então, a capacidade de prever a quantidade e a distribuição de sólidos em reservatórios é importantíssima para que se possam tomar medidas preventivas.

Para Carvalho (2008) a avaliação do assoreamento de um reservatório é a aplicação mais tradicional de um estudo sedimentológico que, segundo ele, serve para estimar o volume do reservatório ocupado por sólidos.

O processo de assoreamento mantém estreita relação com a ocorrência de erosões. A erosão do solo é a principal causa da degradação das terras, uma vez que consiste nos processos de desprendimentos e arraste de partículas de solo derivados da erosão da bacia hidrográfica pela ação da água e do vento. A maior parte das perdas do solo no Brasil é causada pela erosão hídrica (CARVALHO, 2008).

A erosividade da chuva está relacionado às características da mesma e seu potencial para produzir a erosão, enquanto a erodibilidade se refere a características do solo que interferem na erosão (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990). Mas, as propriedades físicas e químicas do solo como: textura, estrutura, permeabilidade, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados e pH, são fundamentais para determinar a erodibilidade do solo. Outros fatores muito importantes são a topografia do solo, as mudanças decorrentes das ações antrópicas, a cobertura vegetal e o uso da terra (IBGE, 2009).

Nas áreas em que ocorreu a ação antrópica, normalmente, o escoamento superficial transporta partículas de solo em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, sementes e agroquímicos, prejudicando a produção agropecuária e poluindo os recursos hídricos (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1990).

O transporte e a deposição de sedimentos, bem como a erosão das margens dos leitos, dependem da vazão e da natureza das correntes fluviais, que variam no decorrer do tempo, de modo interdependentes, gerando mudanças do fluxo, do leito e mudanças na carga de sedimentos transportados. (CHISTOFOLETTI, 1981).

As enxurradas causadas pelas chuvas são responsáveis por grande parte do transporte em suspensão de sólidos para os leitos. A partir daí, o mesmo se move em suspensão ou rolando no leito dos córregos e rios. Os sedimentos mais finos são transportados em suspensão, enquanto os mais grossos são transportados nos leitos. Segundo Carvalho (2000):

Em suspensão no meio líquido encontram-se em maior quantidade partículas finas, como argilas e siltes, e pequena quantidade de material grosso, como areias. Em regime de grandes velocidades e turbulência a quantidade de areia em suspensão pode aumentar. O movimento de partículas em suspensão é considerado igual à velocidade da corrente (CARVALHO, 2000, p. 10).

Para analisar a produção, o transporte e a deposição de sólidos em uma bacia, tem-se que partir da análise das ações antrópicas da bacia. Os resultados estarão diretamente relacionados com as características da bacia quanto aos aspectos pedológicos, geológicos, geomorfológicos e quanto ao uso da terra e práticas conservacionistas (FIGUEIREDO, 2007).

De acordo com Icold (1989), os principais fatores que geram a produção de sólidos são: chuvas (quantidade, intensidade e frequência), tipo de solo, cobertura do solo (vegetação, rochas aparentes e outros), uso da terra, topografia, geomorfologia, características da rede de drenagem (densidade, declividade, forma, tamanho e conformação dos canais), hidráulica dos canais de escoamento, escoamento superficial e características dos sedimentos (granulométricas, mineralógicas, etc.).

Além dos fatores acima citado, outro fator importante que deve ser considerado é a análise da perda da cobertura natural, pois a falta dela aumenta a quantidade e a velocidade do escoamento superficial com o conseqüente aumento da capacidade de arraste e transporte de material, podendo ocasionar o processo de assoreamento. A Erosão do solo é tanto mais intensa quanto menor for a proteção do solo (CABRAL, 2006).

Solos sem cobertura ou degradados, típicos de sistemas convencionais de preparo do solo, tem susceptibilidade muito maior a erosão hídrica, em decorrência do impacto das gotas da chuva que desagregam e transportam partículas do solo. Esses solos têm a diminuição de infiltração e conseqüente aumento das enxurradas, com alta susceptibilidade ao sulcamento do mesmo (ANGST, 2008).

As características do comportamento hidrossedimentológico de cada curso d'água é específico, uma vez que a produção e deposição de sedimentos ao longo da bacia hidrográfica são fenômenos naturais e específicos de cada lugar.

De acordo com Paiva *et al.* (2001) as cargas de sólidos são carregadas pela água de três maneiras: em suspensão, carga de leito e dissolvidas, sendo que em suspensão os sólidos são representados por partículas de silte e argila que se mantêm em suspensão no fluxo. Já as cargas de leito são representadas por partículas de areia, cascalho ou fragmentos de rocha que rolam, saltam ou deslizam pelo leito, os sólidos dissolvidos são representados por fragmentos de rochas intemperizadas transportados em solução química no leito.

A capacidade de transportar sólidos em suspensão dos cursos d'água em um leito é alterado com o barramento, pois, a partir da construção de uma barragem, a capacidade se altera a partir da área do remanso do reservatório. O fluxo de partículas, ao encontrar águas com menor velocidade, passa a depositar sua carga. As partículas menores, como silte fino e argila adentram o lago em suspensão, enquanto os sedimentos de diâmetros maiores como

seixos e areia grossa são os primeiros a se depositarem, logo após depositam a areia fina e silte grosso, devido sua granulometria conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Granulometria de sedimentos em suspensão.

Sedimento	Granulometria (mm)
Argila	<0,005
Silte	0,005 a 0,05
Areia média e fina	0,01 a 0,5
Areia grossa e pedregulho fino	0,5 a 1,0
Pedregulho médio	>1,0

Fonte: Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios (2000).

A distribuição de sólidos em suspensão que se depositam nos reservatórios não é uniforme. Os depósitos a montante são denominados depósitos de remanso. Os depósitos dentro do reservatório são chamados de delta, depósito de margem e depósito do leito. Os deltas são formados por sedimentos grossos, já os depósitos de margem e de leito são formados por sedimentos de granulometria mais fina. Os depósitos de várzea ou de planície de inundação, ocasionados pelas enchentes, são formados por sedimentos finos e grossos e ocorrem ao longo dos cursos d'água e dos reservatórios (CARVALHO, 2000).

A retenção de sólidos em ambientes lacustres é bem maior, impedindo a passagem da maior parte do material particulado para jusante do reservatório. A capacidade do reservatório diminui à medida que a deposição de sólidos aumenta, a influência do remanso aumenta para montante. Com a diminuição do armazenamento, a velocidade da água no lago aumenta e maior quantidade de sedimento passa a escoar para jusante, diminuindo a retenção de partículas, mudando assim a geometria do reservatório e o tamanho do material depositado (SILVA, 2007).

De acordo com Carvalho (2008), o estudo da sedimentometria no Brasil tem sido feito por amostragem de sedimentos, análise em laboratórios e cálculos de obtenção de descarga sólida, sendo assim considerado como método indireto de análise de sedimentometria.

### **Sólidos em suspensão, Turbidez, Transparência da água e descarga líquida.**

A Terra tem sido modelada desde seus primórdios, entre outros fatores pelo transporte de sedimentos, gerados pelo processo de erosão natural e a deposição de sedimentos, dando origem às formas geomorfológicas (BICALHO, 2006).



Esse processo, a princípio natural, pode desencadear determinadas consequências que se configuram como problemas decorrentes do transporte e deposição de sólidos em suspensão. Eles vão desde a qualidade estética do curso d'água, com o aumento da turbidez, à redução da atividade da fotossíntese pelo impedimento ou diminuição da penetração da luz e calor na água, diminuição de população de peixes nos rios. Esses rios atuam como portadores de poluentes como: nutrientes químicos, inseticidas, herbicidas e metais pesados. Além disso, é possível identificar perturbação na forma do canal dos leitos, até a redução da profundidade, gerando enchentes locais mais frequentes, redução da vida útil de reservatórios (CARVALHO, 2008).

Outro problema que se deve ressaltar, quanto ao transporte de sedimentos é quanto ao grande aporte de nutrientes que acabam chegando aos corpos hídricos, pela erosão, esgotos domésticos e descarte de resíduos industriais, provocando a eutrofização (enriquecimento da água por nutrientes) do meio, favorecendo o desenvolvimento acelerado de plantas aquáticas. Tal situação reduz a capacidade de retenção de água nos reservatórios e prejudica a produção de energia tanto pela redução da água quanto pelo aumento de plantas nas turbinas, gerando sérios problemas mecânicos nas mesmas (CAVENAGHI *et al.*, 2005).

Na formação de reservatórios para construção de empreendimento hidráulicos, normalmente faz-se o controle de sedimentos através de diversas ações como, por exemplo, a manutenção ou formação de matas ciliares nas margens do lago, evitando a erosão de margens e impedindo a afluição lateral de sólidos. O controle de sólidos é feito por medidas preventivas e corretivas, sendo as preventivas mais econômicas e eficazes que as corretivas.

O uso e a ocupação dos solos próximos ao reservatório muitas vezes acontecem de maneira que vêm favorecer os processos erosivos do solo, como é o caso da prática de agricultura e pecuária, aumentando, assim, a produção e deposição de sedimentos no reservatório.

A principal medida preventiva é a manutenção ou reconstituição das matas ciliares ao longo do lago e dos afluentes do reservatório, para que as mesmas possam “filtrar” a água proveniente das chuvas que escoam para o reservatório, evitando assim problemas com assoreamento no lago.

As medidas corretivas são, geralmente, dispendiosas, pois envolvem ações que dependem de investimentos em operações com maquinário e obras de engenharia. Dentre elas, a mais comum é a dragagem, quando o assoreamento já está prejudicando a operação nas turbinas das hidrelétricas (CARVALHO, 2008). Segundo Carvalho,

Controlar a sedimentação de um reservatório traz diversos benefícios, o que pode ser conseguido através de um conjunto de medidas que vão desde a seleção adequada do local da barragem, projeto das obras, controle de erosão na bacia, controle de afluência e deposição de sedimentos, até a remoção dos depósitos. (CARVALHO, 2008, p. 377).

A medição da descarga líquida ou vazão é um dos principais dados para estudos hidrossedimentológicos, sendo o parâmetro mais significativo de qualquer discussão a respeito da morfologia do canal do rio. Conforme aumenta o nível da água em um leito, também aumenta a velocidade do fluxo da água no mesmo (AGUIAR, 2009).

Na avaliação de assoreamento de reservatórios, a determinação da descarga sólida total é muito importante, sendo feita a partir de valores obtidos em medições para a carga amostrada em suspensão e de material do leito (BICALHO, 2006). Descarga sólida total é a quantidade de sedimentos sólidos transportados que passa em uma seção transversal de um curso d'água num determinado tempo, que inclui a descarga em suspensão medida, descarga não-medida e descarga do leito (CARVALHO, 2008).

A descarga de sólidos em suspensão, normalmente, representa entre 80 a 90% da carga sólida dos leitos. Esta porcentagem varia de acordo com curso d'água e posição da seção de avaliação do mesmo, em função da velocidade da água, tipo de escoamento, profundidade, granulometria e outros fatores (CARVALHO, 2008).

Segundo Williams (1989 apud AGUIAR, 2009), a variação da concentração de sólidos em suspensão e a descarga líquida de um leito são influenciados diretamente pela intensidade e distribuição de precipitações pluviométricas na bacia hidrográfica. Outros fatores não menos importantes são o uso do solo e a topografia da bacia hidrográfica e as condições de umidade do solo.

Lima *et al.* (2004) propôs os seguintes valores para classificar corpos de água em relação à concentração de sólidos em suspensão em leitos (Tabela2):

Tabela 2 - Parâmetros utilizados para a análise dos valores de concentração de sólidos em suspensão.

Classificação	CSS (mgL <sup>-1</sup> )
Muito baixa	<50
Baixa	50 a 100
Moderada	100 a 150
Alta	150 a 300
Muito alta	>300

Fonte: LIMA *et al.* (2004).

Para se fazerem estudos sedimentológicos é de fundamental importância ter-se calculado a descarga sólida total, que normalmente é obtida pela soma da descarga sólida em suspensão e a descarga do leito. Descarga sólida em suspensão é a quantidade de sedimento em suspensão que passa numa seção transversal de um determinado curso d'água, num determinado tempo, já descarga sólida do leito ou descarga sólida de arrasto é a quantidade de carga do leito que passa em uma seção transversal numa unidade de tempo.

É muito difícil se obter uma estimativa com precisão de dados sedimentométricos de um reservatório, pois é necessário realizar várias fases de obtenção de descarga sólida. Segundo Carvalho (2008), não se tem ainda estabelecida uma metodologia adequada para uma análise de consistência. Os erros são decorridos da escolha errada de equipamentos ou equipamentos defeituosos, erro na medição de vazões, erro de operação na amostragem ou na análise do sedimento, ou ainda erro na escolha da fórmula adequada para cálculo da descarga do leito.

Para o cálculo da descarga sólida total, um dos métodos mais utilizados é o método simplificado de Colby, pois exige somente amostragens de sólidos em suspensão para efetuar o cálculo. O mesmo utiliza dados de descarga líquida como: velocidade média da água, profundidade média do leito, largura da seção e concentração de sólidos em suspensão medidos. Segundo Andrade *et al.* (2001) o método de Colby é considerado vantajoso por sua simplicidade na realização de estimativa de produção de sólidos.

Existe uma complexidade muito grande para calcular a descarga sólida de arrasto de um leito, pois enquanto o sólido em suspensão se movimenta livremente pela ação da corrente, a descarga sólida de arrasto sofre ações de resistência entre as próprias partículas e interferência do próprio leito. A mesma representa a menor parcela da descarga sólida total, que corresponde, normalmente, 5 a 10% da carga sólida dos leitos (CARVALHO, 2008).

Em reservatórios, a descarga sólida de arrasto se deposita na área de remanso, diminuindo a regularização e a capacidade reservada para a geração de energia, formando delta que geralmente tem grande volume que se deposita acima do volume morto. (CARVALHO, 2008).

Segundo Bicalho (2006) a descarga sólida total transportada pelos cursos d'água pode ser determinada por diversos métodos: estimativa da erosão por modelos de perda do solo, dados medidos nos rios, levantamentos topo-batimétricos de reservatórios ou da regionalização dos dados. A maneira mais confiável de se conhecer a quantidade da descarga sólida transportada pelos cursos d'água é fazendo medições periódicas.

Jansson (1995 apud BICALHO, 2006) realizou um estudo analisando a produção de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos através dos dados de vazão, durante a estação seca e a chuvosa. Os resultados das coletas na estação seca, com os parâmetros nas condições de vazões mínimas e sem erosão, foram comparados aos que foram obtidos nas coletas realizadas na estação chuvosa, em função das precipitações. Porém o autor afirmou que não se verificou uma relação única entre a vazão e a concentração de sólidos em suspensão, pois para os picos de vazão encontraram diferentes valores de concentração de sólidos em suspensão.

Para Martins e Coiado (1999) existe uma boa correlação entre vazão líquida e concentração de sólidos em suspensão.

Para calcular a descarga sólida transportada de um leito, em que as amostragens são pontuais, devem considerar as profundidades e a velocidade da água no local da amostra. É preciso lembrar que, tanto os valores de descarga sólida transportada em leito quanto os valores de vazão, são considerados instantâneos e são inter-relacionados. Para calcular a descarga sólida em suspensão, as duas principais grandezas são a concentração de sólidos em suspensão e a descarga líquida (vazão). (CARVALHO, 2008).

Outro parâmetro limnológico muito importante para avaliação da qualidade de água é a turbidez da água.

A turbidez, em sua maior parte, é provocada pela ação das chuvas, que, por meio de seus caminhos de escoamento na superfície do solo, carregam partículas de areia e argila. (PAVANELLI, 2001).

A turbidez da água é uma consequência direta do arraste e deposição dos sólidos em suspensão nos lagos e reservatórios, apresentando danos ecológicos temporários como: impedimento à penetração da luz solar e, portanto, dificultando a fotossíntese; recobrimento dos ovos de peixes e outros animais aquáticos e dos seus habitats, entre outros.

Ao contrário da transparência da água, a turbidez reflete de maneira indireta o teor de material orgânico e inorgânico em suspensão na água (WETZEL, 2001).

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água. Esta dificuldade é causada por matérias sólidas em suspensão como: silte, argila, colóides, matérias orgânicas e inorgânicas.

O turbidímetro mede a turbidez comparando o espalhamento de um feixe de luz que passa pela amostra de água a ser analisada, com uma amostra de suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento maior será a turbidez.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Portaria nº 357 de março de 2005, determinou parâmetros para qualidade das águas no Brasil. Entre os parâmetros determinados destaca a turbidez da água para o consumo humano (Tabela 3).

Tabela 3 - Parâmetros de turbidez recomendada para alguns usos da água doce.

Classes	Uso da água	Unidades Nefelométricas de Turbidez – (NTU).
Classe 1	Para abastecimento humano, após tratamento simplificado	Até 40
Classe 2	Para abastecimento humano, após tratamento convencional	Até 100
Classe 3	Para abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado	Até 100
Classe 4	Para navegação e harmonia paisagística	Não especificado

Fonte: Resolução CONAMA 357 (2005).

## **Caracterização da área de estudo**

O Rio Claro é um dos principais afluentes do Rio Paranaíba. Localiza-se no Sudeste Goiano e possui uma extensão de aproximadamente 400 km, nasce no Noroeste do Estado de Goiás, na Serra do Caiapó, na divisa dos Municípios de Jataí e Caiapônia, corre para a direção sudeste, passando pelos municípios de Caiapônia, Perolândia, Jataí, Aparecida do Rio Doce, Caçu, Cachoeira Alta, Paranaiguara e São Simão, desaguando no Rio Paranaíba. Nesse percurso tem várias cachoeiras e seu leito é bastante rochoso.

O Rio Claro possui um grande potencial hidrelétrico, com várias usinas instaladas como: PCH (Pequena Central Hidrelétrica) Jataí, PCH Irara, UHE Caçu, UHE Barra dos Coqueiros e UHE Foz do Rio Claro.

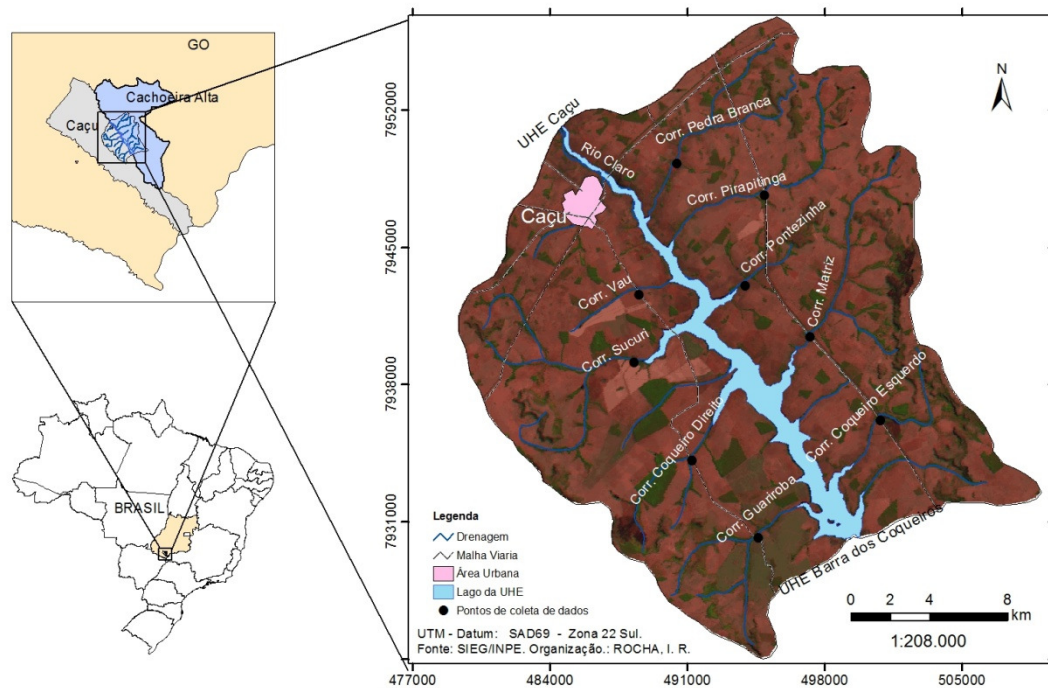
A bacia hidrográfica estudada localiza-se no baixo curso do Rio Claro, no Sudeste do Estado de Goiás, nos municípios de Caçu e Cachoeira Alta e é delimitada, ao norte e ao sul, pelos seus devidos divisores de água, ou seja, as sub-bacias dos córregos da margem direita que são: sub bacia do Córrego do Vau, sub bacia do Córrego Sucuri, sub bacia do Córrego Coqueiro da margem direita e sub bacia do Córrego da Guariroba. Os da margem esquerda são: sub bacia do Córrego da Pedra Branca, sub bacia do Córrego Pirapitinga, sub bacia do Córrego da Pontezinha, sub bacia do Córrego da Matriz e sub bacia do Córrego Coqueiros da margem esquerda; entre as longitudes 50° 55' W e 51° 10' W, e a oeste pela usina UHE Caçu localizada na coordenada 18° 30' S e 51° 09' W e a leste pela usina UHE Barra dos Coqueiros localizada na coordenada 18° 43' S e 51° 00' W (Figura 1).

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.

A UHE Barra dos Coqueiros é uma usina de potência de 90 MW, de propriedade da Gerdau Aços Longos S/A, que entrou em funcionamento no início do ano de 2010.

O nível da água no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros é controlado pela vazão do reservatório da UHE Caçu, que foi construída imediatamente após a área de inundação do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. A UHE Caçu é uma usina de propriedade do mesmo grupo da UHE Barra dos Coqueiros, que tem por objetivo produção de energia (potência de 66 MW) e controlar a vazão para manter o nível do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.

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

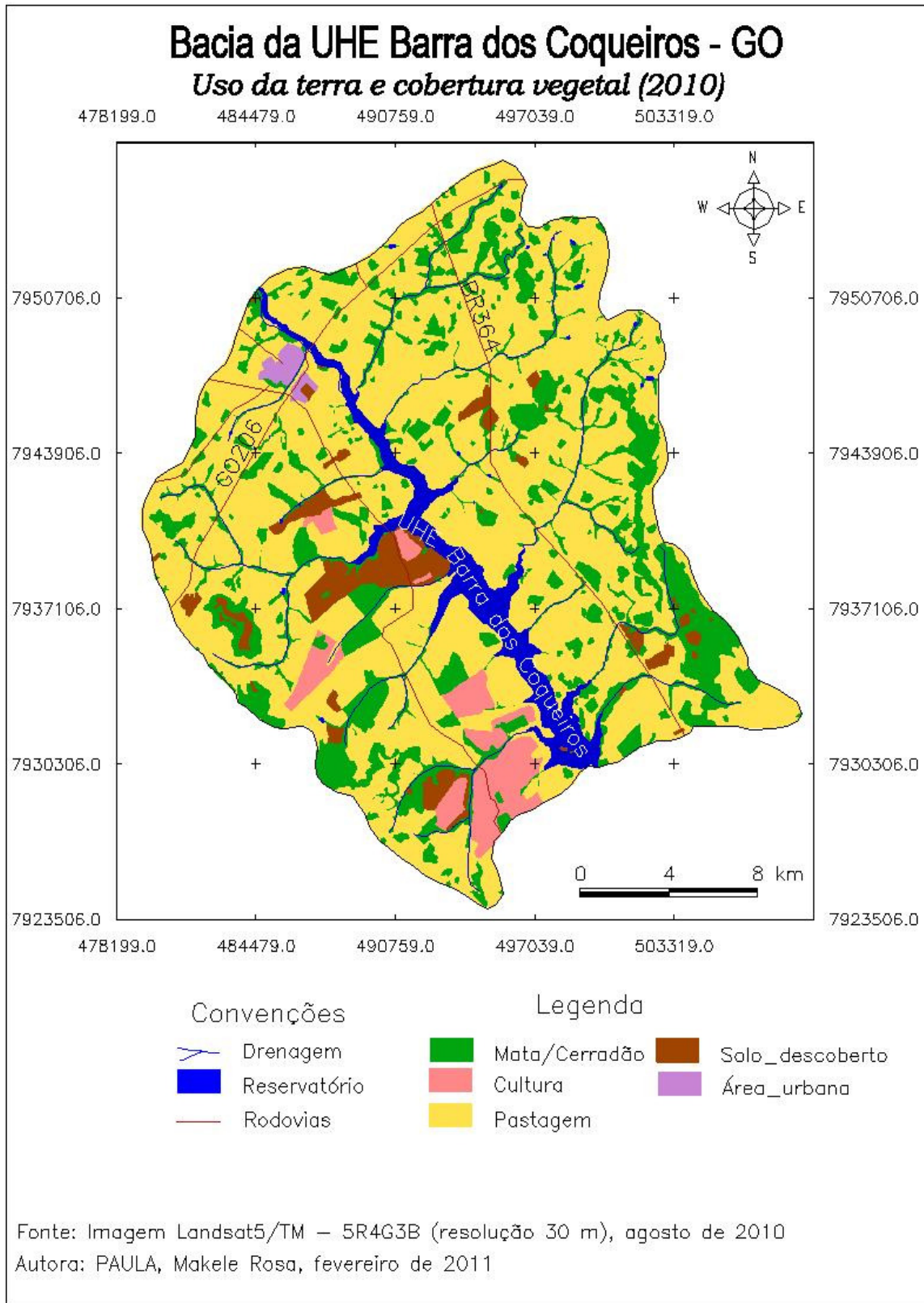


Fonte: ROCHA, I. R., (2011).

A bacia hidrográfica do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros tem uma área aproximada de 531 Km<sup>2</sup>, sendo que, destes, a área inundada pelo reservatório é de 25,48 Km<sup>2</sup>, (NOVELIS, 2006).

A bacia em estudo tinha aproximadamente, no ano de 2010 (Figura 2), 65% da sua área ocupada com pastagens, 22% com cobertura natural (cerrado), 8% com culturas, principalmente de cana de açúcar, 4,6% coberto com água pelo represamento do rio Claro para formação do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros e ainda 0,5% de área urbana da cidade de Caçu (PAULA *et al.*, 2011). O solo descoberto que aparece na Figura 2, representa, de modo geral, áreas de preparação do solo para o cultivo ou áreas plantadas com cana-de-açúcar, uma vez que a imagem é do mês de agosto de 2010, período de colheita de cana-de-açúcar.

Figura 2 - Uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros em agosto de 2010.



Fonte: PAULA, M. R., (2011).

O uso da terra na área de estudo é predominante em criação extensiva de gado de corte. Um elemento relativamente novo no uso da terra nessa área refere-se à inserção do



cultivo de cana-de-açúcar. A ampliação do cultivo se justifica pela instalação de uma unidade industrial do setor sucroenergético no município de Caçu, como parte da expansão desse setor para as terras do Cerrado goiano.

Outra mudança no uso da terra é o aumento da área coberta com água, causada pela formação do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, que entrou em funcionamento no início do ano de 2010. Como consequência, ainda há a perda de parte da vegetação ciliar ao longo do rio e seus afluentes.

Na foto 1, observam os principais usos da terra da bacia analisada, sendo no ponto 1 área de serra com vegetação nativa (cerrado), no ponto 2 canavial, ponto 3 área inundada com o afogamento de matas ciliares, ponto 4 pastagens e ponto 5 área inundada sem mata ciliar.

Foto 1 - Principais usos da terra da bacia da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

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 cinza-escuro, 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 estratificação 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 plano-paralela 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).

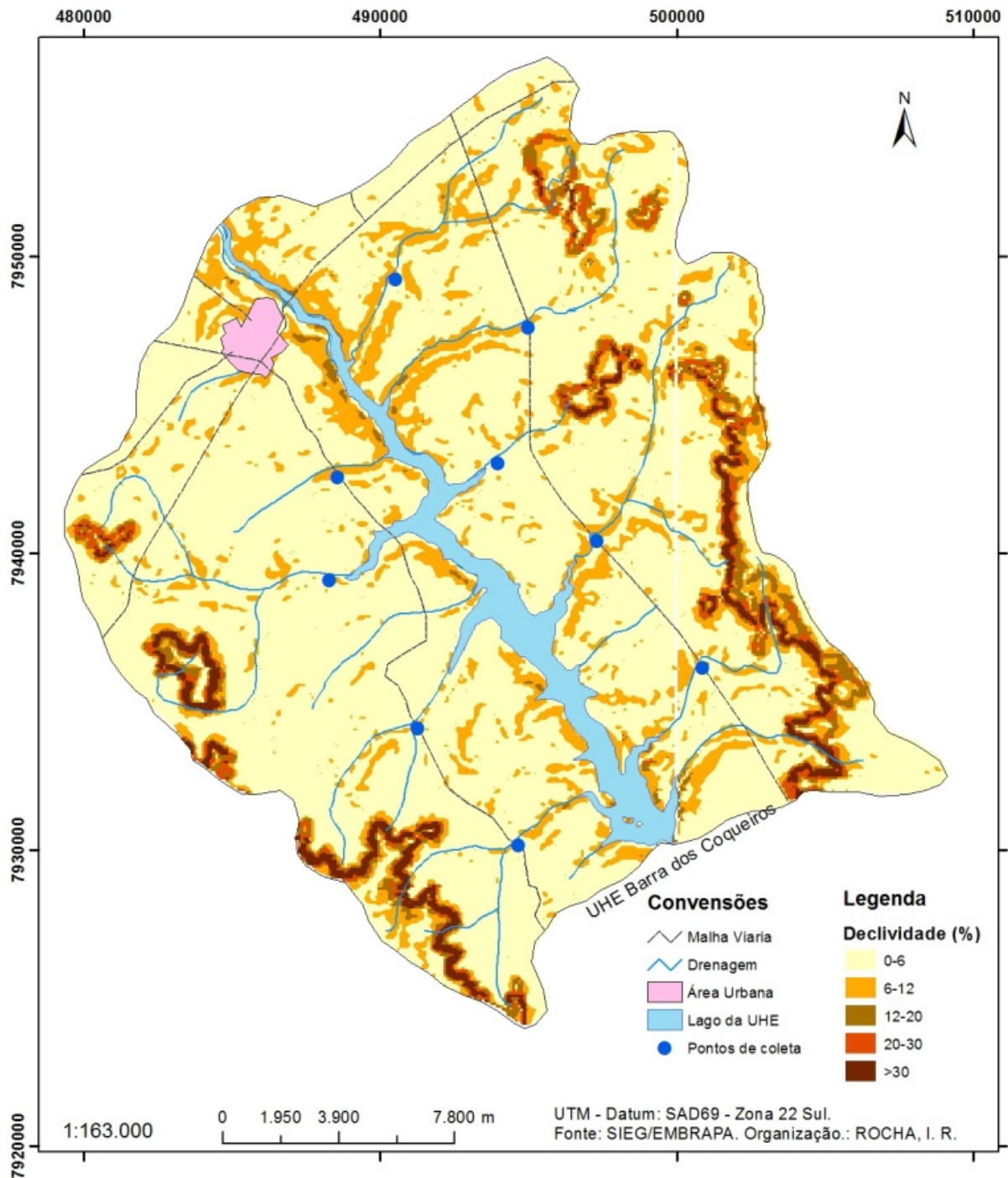
Segundo Fernandes (2004), a Formação Marília é constituída por arenitos finos a médios, predominantemente mal selecionados, imaturos, com frações grossas e grânulos em quantidades subordinadas, sobretudo, nas zonas marginais da bacia. Formam estratos de aspecto maciço, de cores beges a rosa (pálidas) 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 (SRAIIB-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 (Figura 3).

Figura 3 - Mapa de declividade da bacia da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: ROCHA, I. R. (2011)

Já 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 hipsométrica 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 2). 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 2 - Bordas da bacia com Morros Testemunhos.

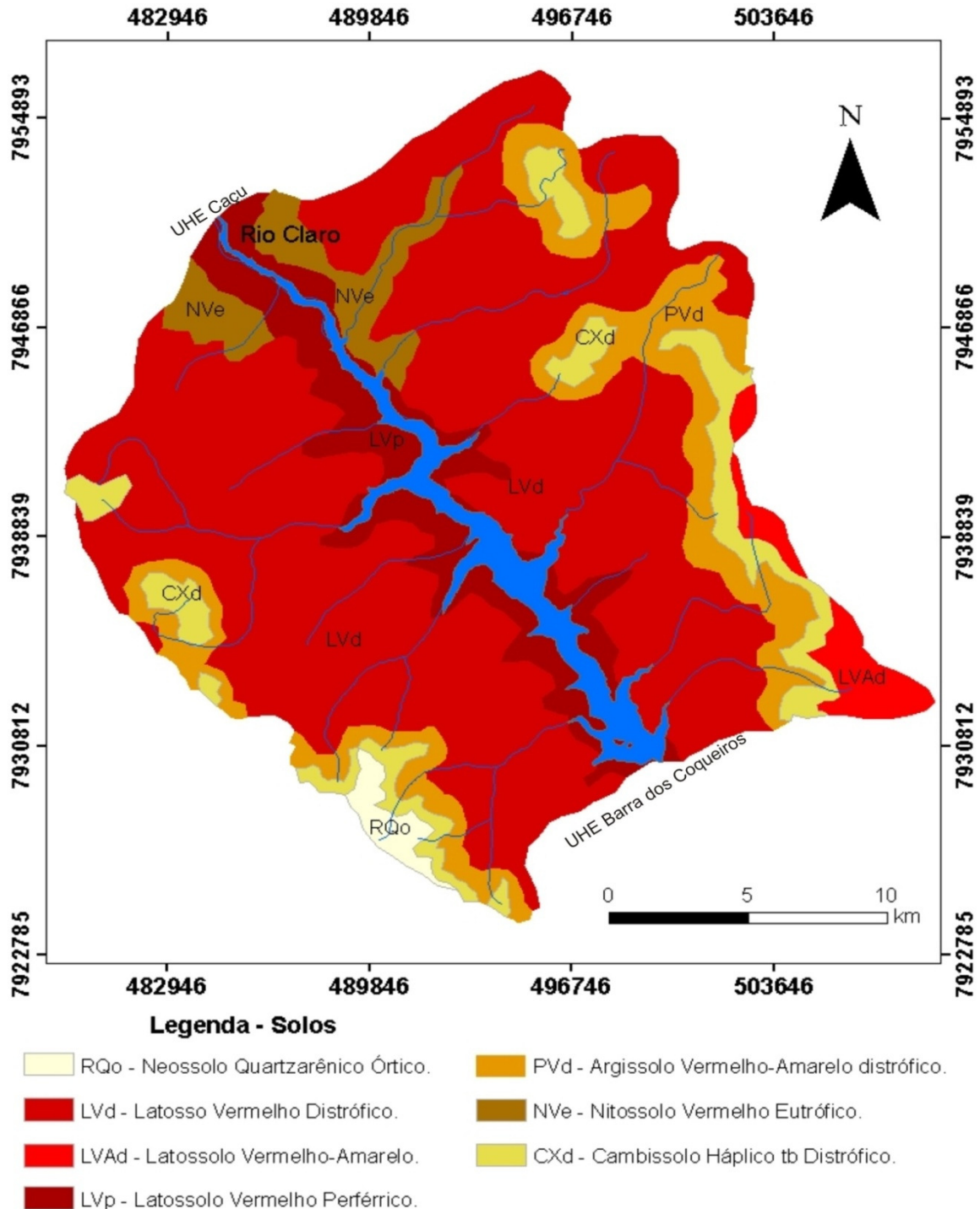


Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Na bacia são encontrados sete tipos de solos (Figura 4): Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho Periférico, Argissolo

Vermelho-Amarelo, Neossolo Quartzarênico Órtico, Nitossolo Vermelho Eutrófico e Cambissolo Háptico Distrófico. Sendo que a grande maioria da bacia é coberta por Latossolos; já os Neossolo Quartzarênico Órtico o Cambissolo Háptico Distrófico e o Argissolo Vermelho-Amarelo localizam-se nas encostas da bacia em locais com relevos ondulados.

Figura 4 - Mapa de solos da bacia da UHE Barra dos Coqueiros.



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  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $\geq 36\%$  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 ( $V \geq 50\%$ ) na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), com serosidade comum, estruturação granular, derivados de basaltos, com relevo ondulado.

Já os Cambissolo Háplico Distrófico são solos com argila de atividade baixa e baixa saturação por bases, derivados de arenitos, associados a relevo forte ondulado.

Em termos de clima, segundo Mariano *et al.*, (2003), predominam na região sudoeste de Goiás duas estações climáticas bem distintas: sendo um período chuvoso (outubro a março) com variação de 1200 mm a 1800 mm. Já outra em período mais seco (abril 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 °C,

com poucas invasões de ar frio de origem polar. Já no inverno, são comuns dias frios com temperaturas mínimas abaixo de 10°C, 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).

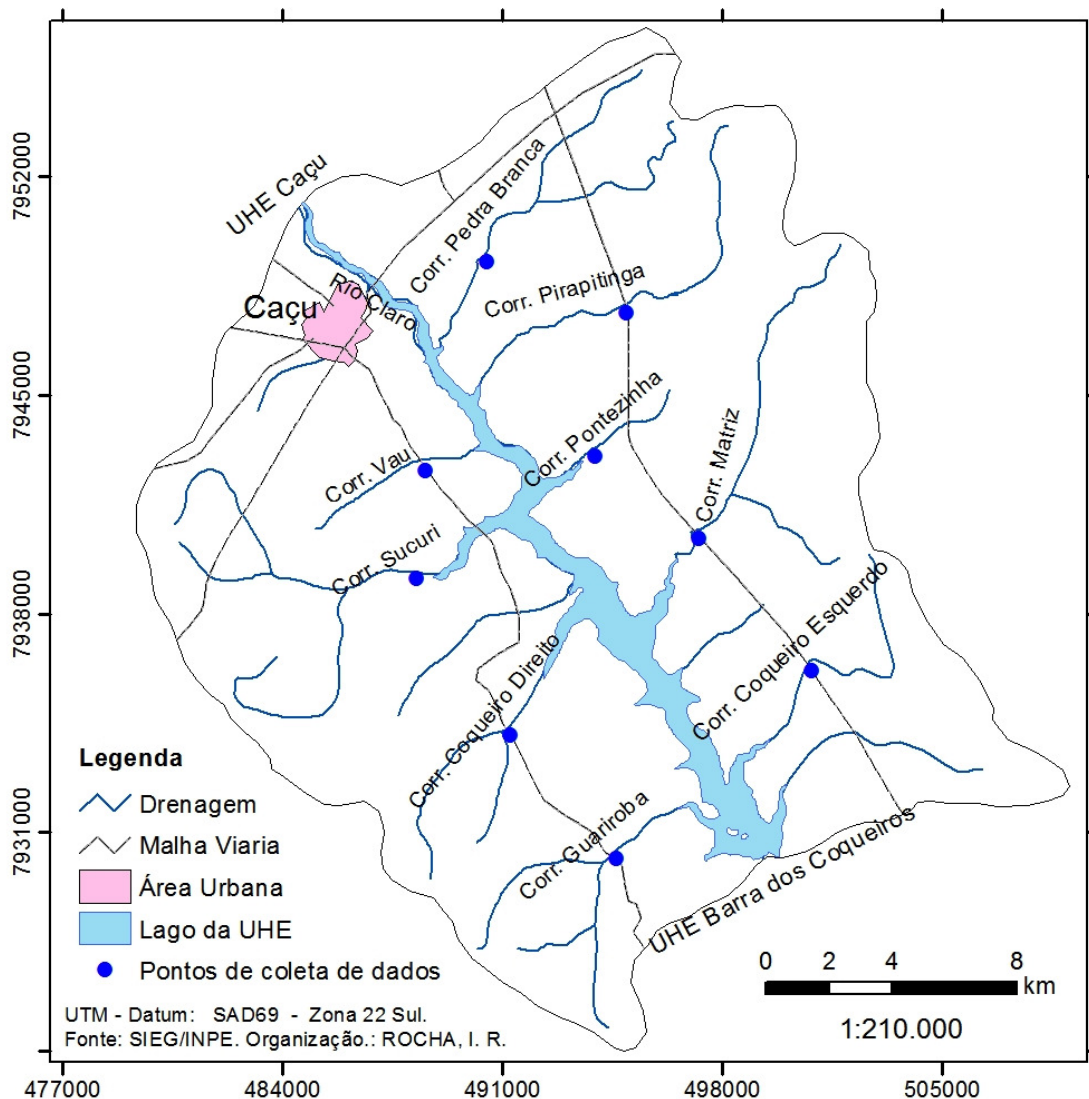
Na região do Sudoeste Goiano, Lobato (2002) *apud* Mariano (2005) observou que as temperaturas médias anuais variam de 20,0 °C a 23,0 °C.

NOVELIS (2006) também afirma que as temperaturas médias não apresentam grande variação durante o ano, variando em torno de 22,5 °C. Os ventos, em geral, são fracos e a radiação solar é bastante intensa.

## Procedimentos metodológicos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, após o reconhecimento da área por imagens de satélites, definiu-se quais seriam as nove sub-bacias que seriam avaliadas de acordo com espacialização da Figura 5 e acessibilidade aos possíveis locais próximos às principais estradas que cortam a bacia e trechos retílineos dos afluentes onde fosse possível realizar as medidas de vazão pelo método do flutuador.

Figura 5 - Pontos de coleta de dados.



Fonte: ROCHA, I. R. (2011).

As datas para coleta de dados em campo foram definidas observando a disponibilidade do transporte da UFG – Campus Jataí. Sempre que possível, a variação entre uma coleta e outra foi próximo de 30 dias.



Foram realizadas 06 coletas de dados, no intervalo entre março e agosto de 2011, referente ao final de período chuvoso e final do período de estiagem, onde foram determinadas as vazões dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, pelo método descrito a seguir. Nessas ocasiões, além da medição da vazão, foram coletadas amostras de água nos principais afluentes, para determinação da quantidade de sólidos em suspensão em laboratório.

As determinações de vazão foram realizadas a partir do método de flutuadores, de acordo com a proposta de Ramos (2003) e Palhares *et. al.* (2007). Tal método se justifica devido à falta de equipamento para determinação de vazão como molinete hidrométrico, Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) ou ainda Acoustic Doppler Profiler (ADP) e por falta de postos fluviométricos em cada afluente, para o conhecimento de medidas como o nível d'água (profundidade), a velocidade da corrente e a descarga líquida diária.

Para determinação da vazão dos principais afluentes, foram definidas duas seções transversais em cada leito para determinação das profundidades. Em local retilíneo dos leitos, com a maior uniformidade possível do leito.

Nestas seções foram medidas, com a utilização de uma régua de 4 metros, as profundidades a cada cinquenta centímetros de distância horizontal, para decomposição em figuras geométricas (triângulos e trapézios) para cálculo da área inundada da seção, fazendo a área média das seções para determinação da vazão. As seções em geral, (Fotos 3 e 4) estão a uma distância de cinco metros uma da outra.

Os tempos para determinação de velocidade foram medidos entre uma seção e outra, fazendo média de sete determinações de tempo. Foi utilizado como flutuador uma garrafa pet de 250 ml, contendo aproximadamente dois terços de água.

Para calcular a vazão foi utilizada a seguinte fórmula, conforme Palhares *et al.* (2007).

(1)

$$Q = A \times V \times C$$

Onde:

$$Q = \text{Vazão (m}^3\text{s}^{-1}\text{)}$$

$$A = \text{Área média da seção (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Velocidade da água } (\Delta s / \Delta t) \text{ (m/s)}$$

$\Delta s$  = distância em metros e  $\Delta t$  = tempo médio em segundos para determinação da velocidade da água.

C = Coeficiente de rugosidade (0,7 para fundo com vegetação 0,8 para fundo pedregoso e 0,9 para fundo barrento).

Foto 3 - Determinação da velocidade da água com o uso de flutuador.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Foto 4 - Determinação da profundidade com régua para medição da vazão pelo método do flutuador.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Para calcular a vazão do Córrego do Vau, foi utilizada uma manilha de 1,45 m de diâmetro, localizada sob uma estrada vicinal no município de Caçu, (Fotos 5 e 6). Esta manilha foi utilizada por falta de um local no córrego com o leito mais definido, já que nas proximidades o acesso ao leito era difícil e seu leito não era bem definido em outros locais. Como na manilha passa toda a água do córrego de maneira bem definida, adequamos a fórmula para o cálculo da vazão utilizando o flutuador e medindo a altura (h) da lâmina d'água na manilha.

Foto 5 – Estrada vicinal cruzando o Córrego do Vau.



Foto 6 – Manilha no Córrego do Vau sob estrada vicinal.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Para calcular a vazão do Córrego Vau foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Q = A_c \times V \quad (2)$$

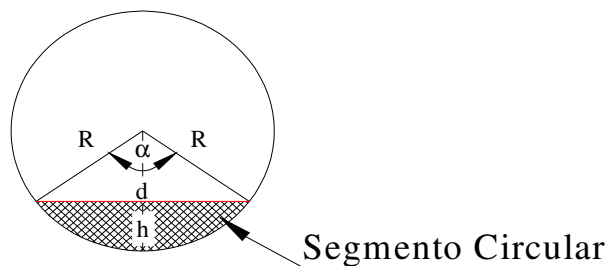
Onde:

$$Q = \text{Vazão (m}^3\text{s}^{-1}\text{)}$$

$$V = \text{Velocidade da água } (\Delta s / \Delta t) \text{ (m/s)}$$

$\Delta s$  = distância em metros e  $\Delta t$  = tempo médio em segundos para determinação da velocidade da água.

$A_c$  = Área do segmento circular em (m<sup>2</sup>), onde:



$$d = R - h \quad (3)$$

$$\alpha = 2 \cdot \text{Arc Cos } \frac{d}{R} \quad (4)$$

$$\text{Setor Circular} = \frac{\alpha \cdot \pi \cdot R^2}{360} \quad (5)$$

$$\text{Triângulo} = \frac{R^2 \cdot \text{Sen } \alpha}{2} \quad (6)$$

$$\text{Segmento Circular} = \text{Setor Circular} - \text{Triângulo} \quad (7)$$

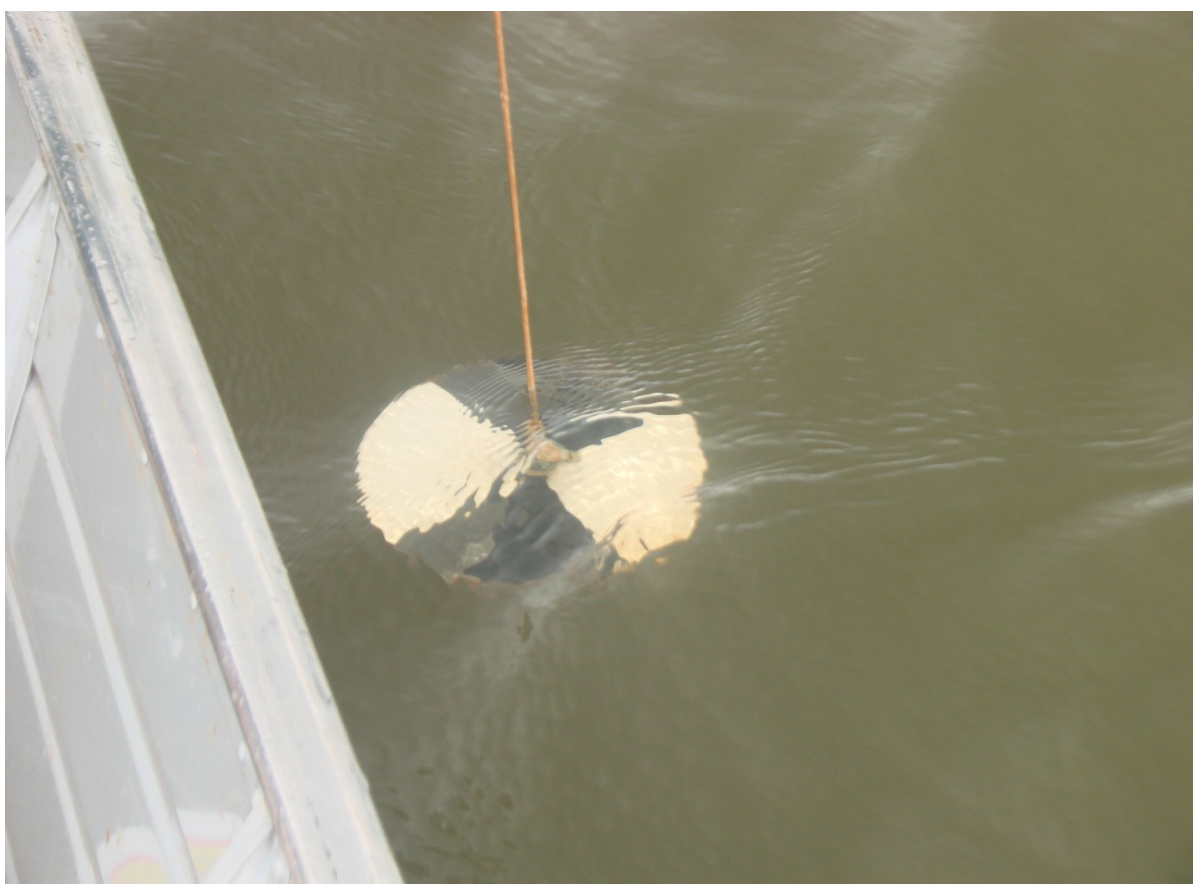
Para se compreender a distribuição espacial e temporal da concentração de sólido em suspensão, turbidez e visibilidade da água no lago, foram realizadas duas coletas de dados em períodos distintos: uma no mês de março (período chuvoso) e outra em agosto (período seco) no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, com o auxílio de barcos com motor de popa. O reservatório foi amostrado em 40 pontos de coleta, e a localização desses pontos foi definida de modo a abranger todos os compartimentos aquáticos do reservatório.

Em cada ponto de amostragem, foram coletadas amostras de água para determinação de sólido em suspensão e turbidez, de acordo os procedimentos previstos em Wetzel e Likens

(1991), e APHA (1998), registrando-se as coordenadas de cada ponto de amostragem com GPS (Global Position System).

As medidas de transparência de água do lago foram realizadas com disco de Secchi (foto 7), de acordo com a proposta de Esteves (1988), que consiste em afundar um disco subdividido em quatro partes pintado nas cores branco e preto, com 25 cm de diâmetro, e verificar a que profundidade ele desaparece do campo de visão do observador, sendo aí a profundidade do disco de Secchi.

Foto 7 - Disco de Secchi.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

A Turbidez foi determinada pelo aparelho Turbidímetro Portátil – HI 93703 (Foto 8), conferindo uma aparência turva à mesma, fazendo a medida do espalhamento de luz produzido pela presença de partículas coloidais ou em suspensão, que indica a presença de materiais sólidos como: argila, silte e areia e materiais orgânicos como: húmus ou ainda inorgânicos como óxidos. Os valores são expressos em Unidades Nefelométricas de Turbidez – (NTU).

Foto 8 - Turbidímetro portátil.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

As amostras de água coletadas em cada ponto de amostragem foram acondicionadas em frascos plásticos (Foto 9), armazenadas em uma caixa de isopor com gelo e transportadas para o Laboratório de Geociências Aplicadas (LGA) do Departamento de Geografia do Campus Jataí da Universidade Federal de Goiás (CAJ/UFG) para realização das análises de concentração de sólido em suspensão e turbidez.

Foto 9 - Coleta de água para determinação de sólidos em suspensão – Córrego Coqueiro da margem direita.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Para a determinação da concentração de sólido em suspensão na água, as amostras de água foram filtradas utilizando-se uma bomba de sucção a vácuo, com pré-filtro em microfibra de vidro modelo AP20 com retenção nominal de 0,8 a 8 micrômetros e com 47 mm de diâmetro (Foto 10).

Os filtros foram secos em estufa a 100°C por uma hora, pesados em balança analítica para se ter o peso inicial (Foto 11). Posteriormente, com o auxílio de uma bomba de sucção a vácuo, foram filtrados 200 mL de água de cada amostra, após secar em estufa a 60 °C por 24 h, obtém o peso final, por diferença de pesagem, obtém-se a concentração de sólidos em suspensão em  $\text{mgL}^{-1}$ , utilizando a seguinte equação:

$$\text{CSS} = \frac{(\text{Pf} - \text{Pi})}{V} * 1000 \quad (8)$$

Onde:

Pf = é o peso final (g)

Pi = é o peso inicial dos filtros (g)

V = representa o volume de água filtrada (L).

Foto 10 - Bomba de sucção a vácuo com filtro.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).



Foto 11 - Balança analítica e filtros utilizados para determinar a concentração de sólidos em suspensão.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Com o objetivo de tornar a coleta e a análise mais isenta de erros pontuais, as análises e amostras foram duplicadas e o resultado da CSS foi determinado pela média das duas amostras.

Esta metodologia, segundo Carvalho (2008), permite uma análise mais correta para determinação de sólido em suspensão, com precisão considerável e muito comumente utilizável em análise de concentração, principalmente utilizada em leitos com pequenas quantidades de sólido em suspensão.

A obtenção da descarga sólida total foi realizada pelo método simplificado de Colby (1957), de acordo com o sistema métrico proposto por Carvalho (2008) utilizando software específico para o mesmo.

Os valores de descarga sólida total foram obtidos com o uso da seguinte equação:

$$Q_{st} = 0,0864 * Q * C_{ss} \quad (9)$$

Onde:

$Q_{st}$  = descarga sólida total ( $t \cdot dia^{-1}$ );

$Q$  = descarga líquida ou vazão ( $m^3 s^{-1}$ );

$C_{ss}$  = concentração de sólidos em suspensão ( $\text{mgL}^{-1}$ ).

Para quantificar a produção específica de sólido em suspensão de cada sub-bacia em  $\text{t km}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , foi utilizada a área da bacia de contribuição e a descarga sólida total, de acordo com a metodologia proposta por Carvalho (1994) e utilizada por Aguiar (2009), com o uso da seguinte equação:

$$P_{ss} = Q_{st} / A \quad (10)$$

Onde:

$P_{ss}$  = produção específica de sólidos em suspensão ( $\text{t km}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );

$Q_{st}$  = descarga sólida total ( $\text{t.dia}^{-1}$ );

$A$  = área da sub-bacia ( $\text{km}^2$ ).

Para a elaboração dos mapas de variação espaço-temporal (concentração de sólido em suspensão, turbidez e visibilidade da água), criou-se um banco de dados geográficos georreferenciado de acordo com a proposta de Cabral (2006), que corresponde fisicamente a um diretório onde foram armazenados os dados das variáveis que se querem comparar, e as coordenadas geográficas do local onde a amostra foi coletada.

A primeira fase do trabalho teórico consistiu em ordenar os dados numa planilha do software *Msexcel*. Com as tabelas prontas, executou-se a segunda etapa do trabalho, que consistiu na geração de mapas através do modelo matemático “Inverso do quadrado da Distância”.

O método do “Inverso do quadrado da Distância” foi utilizado por levar em consideração as características espaciais de autocorrelação das variáveis regionalizadas, não estimando valores de  $Z_i$  maiores ou menores que os valores máximos e mínimos dos dados; sendo que o peso dado durante a interpolação é tal que a influência de um ponto amostrado em relação a outro diminui exponencialmente conforme aumenta a distância ao nó da grade a ser estimado.

Para calcular as áreas das principais sub-bacias que compõem o reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, foi necessário utilizar a ferramenta de “edição vetorial” de categoria temático, do Software Spring, para criar um arquivo tipo “shp” realizando recortes dos limites das áreas das mesmas, geradas em polígonos recortados conforme o auxílio de imagem de satélite Landsat – 5, e das cartas de curvas de níveis adquiridas do banco de dados do SIEG. Após essa etapa de recorte, utilizou-se de outra ferramenta da mesma categoria, tipo temático, para calcular as medidas de classes e obter o valor em  $\text{km}^2$  de cada polígono criado dessas principais sub-bacias.

## Resultados e discussão

### Análise dos afluentes

As sub-bacias dos nove afluentes analisadas representam aproximadamente 72% da área total da bacia da UHE Barra dos Coqueiros (Tabela 4), sendo que os outros 28% de área não foram analisadas devido a seus cursos d'água serem muito pequenos ou estarem em área urbana.

Entre as sub-bacias analisadas, a sub-bacia do Córrego Sucuri é a maior, representando 13,50 % da área total, seguida da sub-bacia do Córrego Matriz com 12,43%.

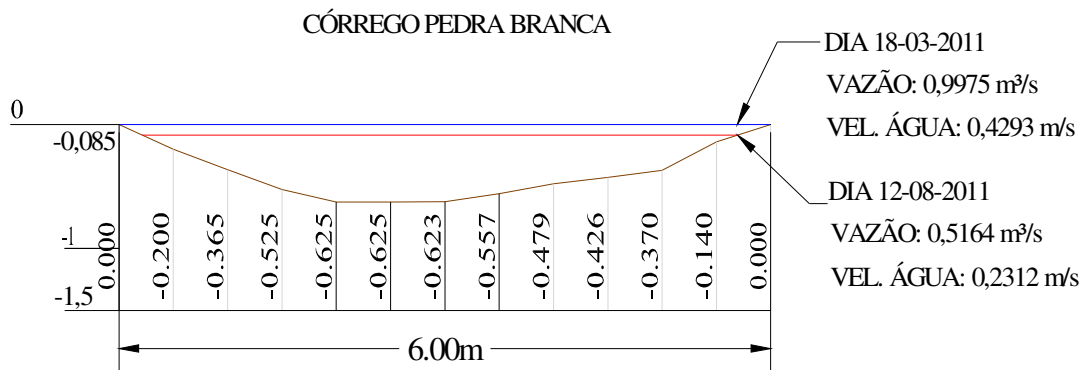
Tabela 4 - Área das sub-bacias da UHE Barra dos Coqueiros com sua representação em % da área total.

Sub-bacia	Área em Km <sup>2</sup>	Representação da bacia (%)
Córrego Pedra Branca	50,17	9,42
Córrego Pirapitinga	47,36	8,89
Córrego Pontezinha	18,83	3,54
Córrego Matriz	66,19	12,43
Córrego Coqueiro M. Esquerda	26,90	5,05
Córrego Guariroba	50,60	9,50
Córrego Coqueiro M. Direita	36,79	6,91
Córrego Sucuri	71,89	13,5
Córrego Vau	13,50	2,54
Total analisado	382,24	71,78

Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

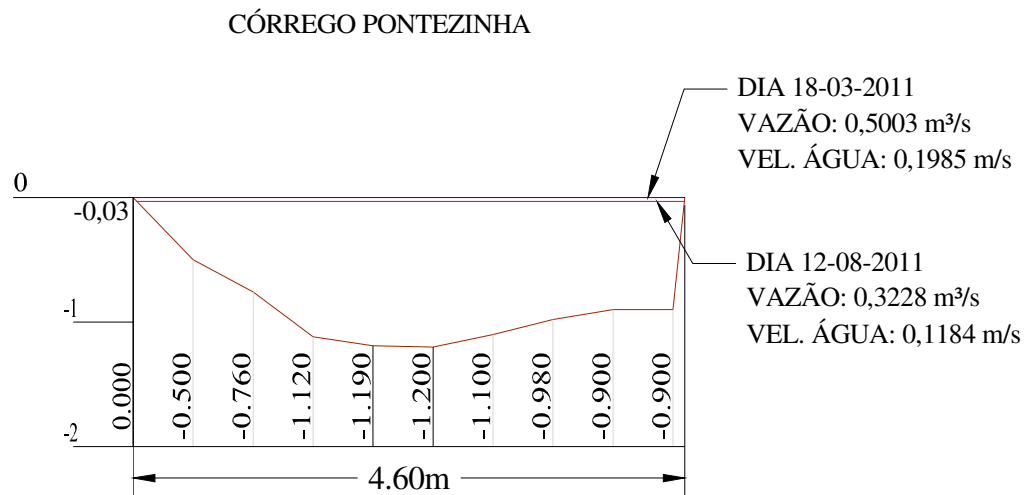
Nos croquis topográficos (Figuras 6 a 14) das seções dos principais afluentes do Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros podem ser observadas as características dos leitos quanto à largura e profundidade nas coletas dos meses de março e agosto de 2011, representando o período chuvoso e o período seco.

Figura 6 - Croqui topográfico do Córrego Pedra Branca.



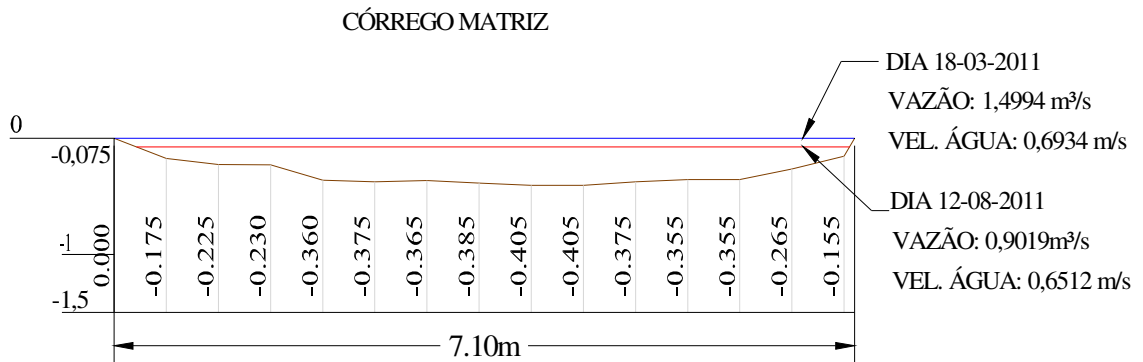
Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 7 - Croqui topográfico do Córrego Pontezinha.



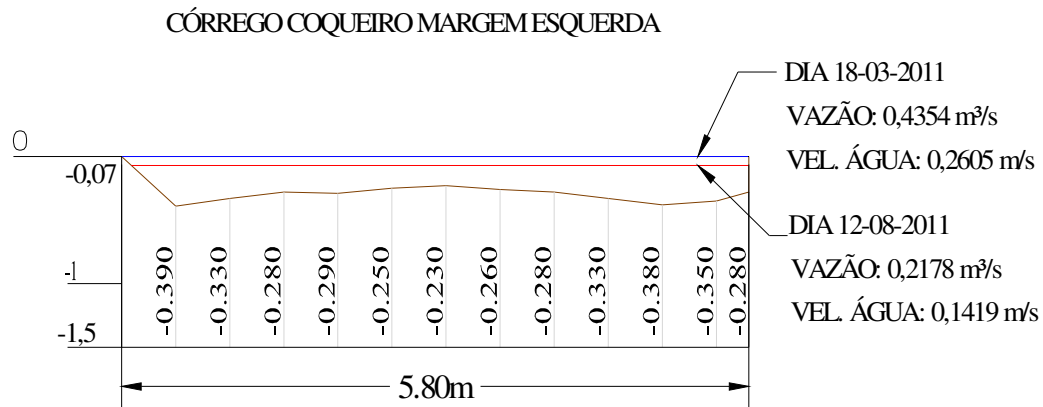
Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 8 - Croqui topográfico do Córrego Matriz.



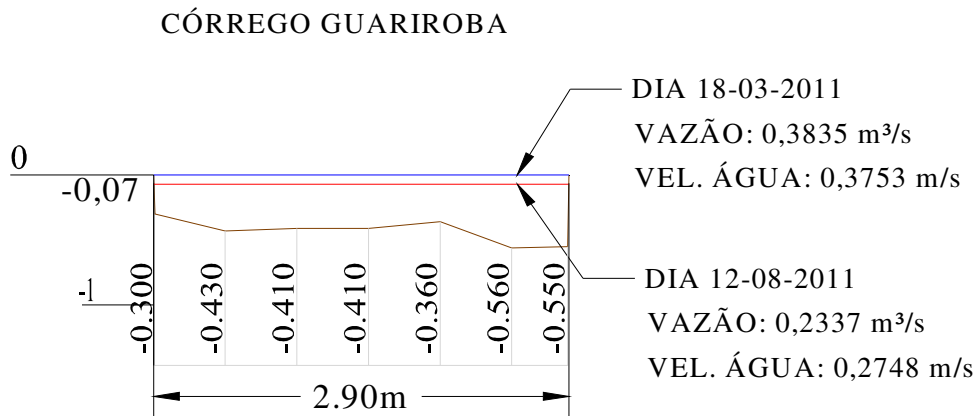
Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 9 - Croqui topográfico do Córrego Coqueiro da margem esquerda.



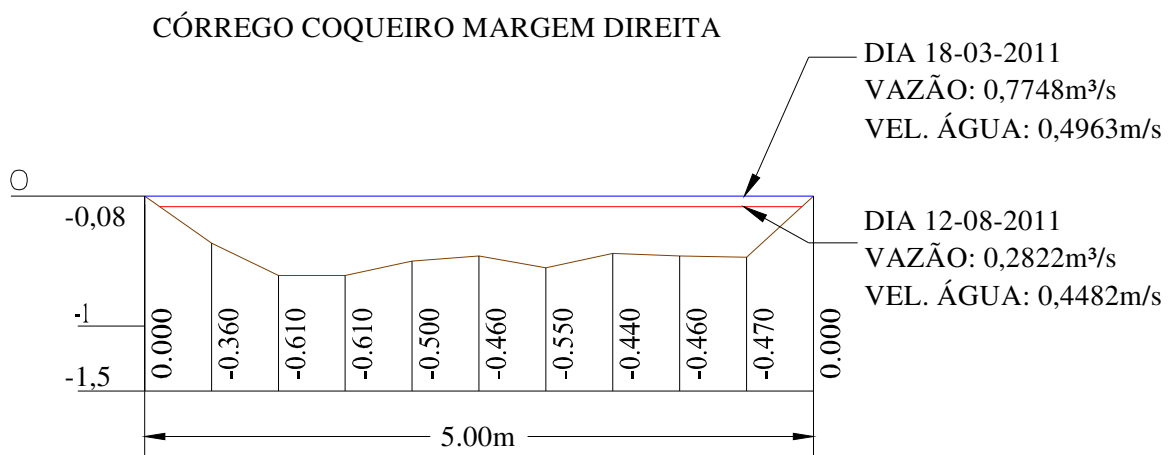
Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 10 - Croqui topográfico do Córrego Guariroba.



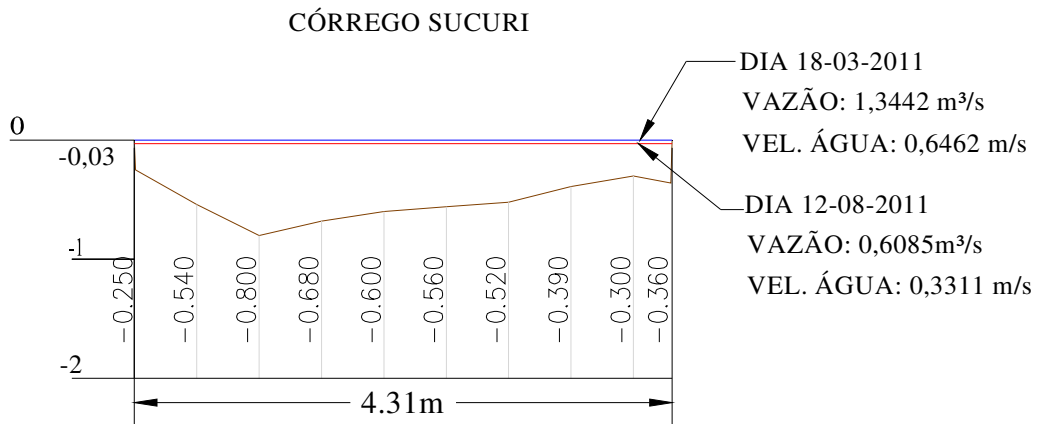
Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 11- Croqui topográfico do Córrego Coqueiro da margem direita.



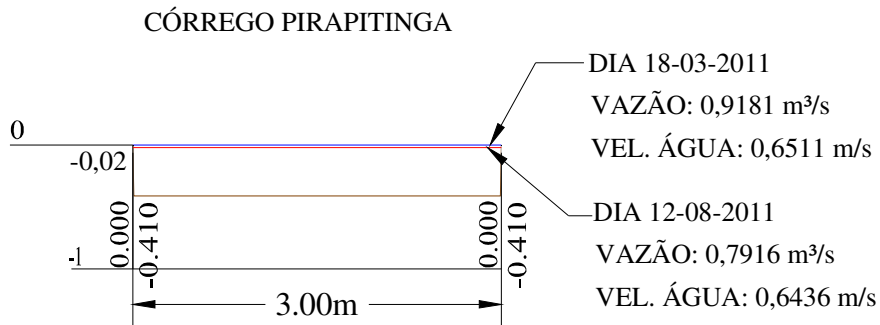
Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 12- Croqui topográfico do Córrego Sucuri.



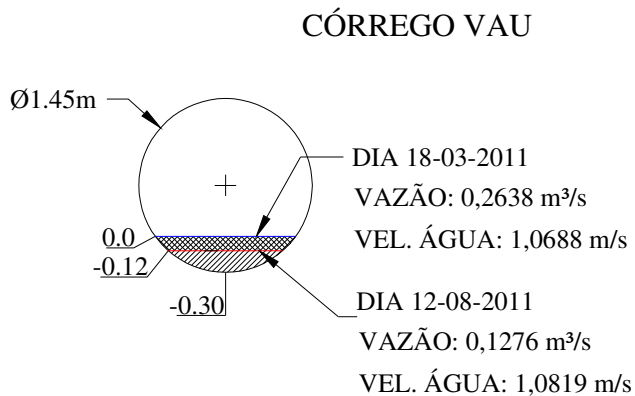
Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 13 - Croqui topográfico do Córrego Pirapitinga.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 14 - Croqui topográfico do Córrego Vau.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Destaca-se que os Córregos Pedra Branca, Pontezinha, Matriz, Coqueiros margem esquerda, Guariroba e Sucuri têm barro no fundo do leito, sendo aplicado o fator de correção

0,9 para o cálculo de vazão; o Córrego Coqueiros da margem direita tem vegetação em seu fundo de leito, sendo aplicado o fator de correção 0,7 para o cálculo de vazão; no Córrego Pirapitinga, o controle das vazões foi feito em um bueiro sob a BR 364, enquanto no Córrego Vau, esse controle foi feito em uma manilha, sendo que para estes não foi aplicado fator de correção.

Como pode-se observar nas Figuras 06 a 14, as secções dos principais córregos afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros não varia muito a largura do leito entre o período chuvoso e o período seco. O que varia é a velocidade da água, que gera um aumento da vazão líquida de cada córrego. Em todos os córregos, a vazão diminuiu no período seco, mas a diferença do nível de água no geral foi pouco significativa.

Todos os afluentes analisados têm seus leitos bem definidos e não se alteram muito no período chuvoso, a não ser em algumas chuvas com maior intensidade, como pode ser observado na Foto 12 (em destaque, marcas de enchente no Córrego Coqueiros da margem direita, foto esta tirada em março de 2011).

Foto 12 - Marcas de enchentes no córrego Coqueiros da margem direita.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Entre os córregos analisados, o Córrego Matriz (Foto 13) tem o leito mais largo e, conseqüentemente, com pouca profundidade. A velocidade da água também é bastante alta em relação às demais, com uma das maiores vazões (Figura 8).

Os motivos para esse fato é que o Córrego Matriz tem uma das maiores sub-bacia dentre todas as analisadas, com área de 66,19 Km<sup>2</sup>, além de que a associação das características do terreno, como: relevo, solo, formação rochosa e ocupação da terra, além de que as nascentes desse córrego se encontram em áreas com formação de Cambissolo Háplico Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, cujas formações propiciam a erosão com maior facilidade. Nas margens deste córrego, basicamente não existem mais matas ciliares e a pecuária desta sub-bacia é bem intensificada, com o gado bebendo água diretamente no córrego, propiciando o processo de erosão laminar e em sulcos. Tudo isso facilita para o carreamento de sólidos em seu leito.

Foto 13 - Características do leito do Córrego Matriz.



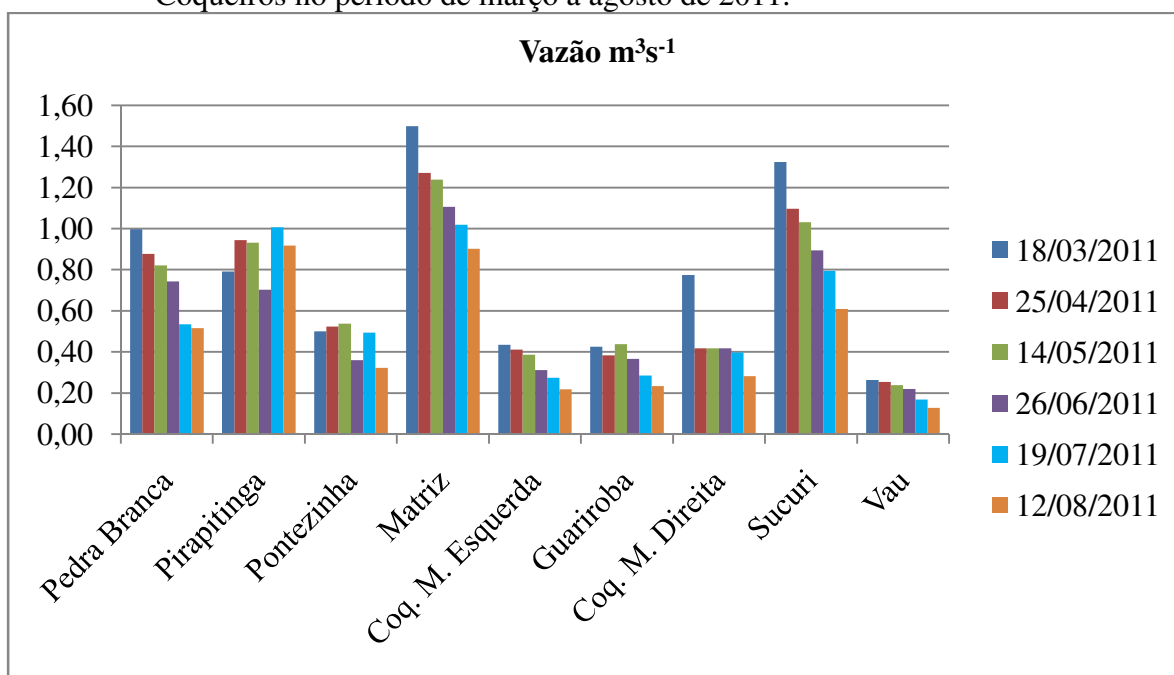
Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

De acordo com dados de vazões líquidas obtidas para o período avaliado (Gráfico 1), é possível verificar que os maiores índices ocorreram no dia 18-03-2011. Os maiores índices devem-se à intensidade de chuva que ocorrem normalmente nesse período, destacando-se



principalmente nos pontos de amostragem dos Córregos Matriz e Sucuri, por serem as duas maiores sub-bacias da bacia analisada. Já os menores índices ocorreram nos dias 19-07-2011 e 12-08-2011, período com menores índices de precipitações pluviométricas. Em termos de vazão, o córrego do Vau foi o que apresentou menor índice, devido ser o que tem a menor sub-bacia, ocupando 2,54% da área total analisada.

Gráfico 1 - Vazão líquida dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros no período de março a agosto de 2011.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

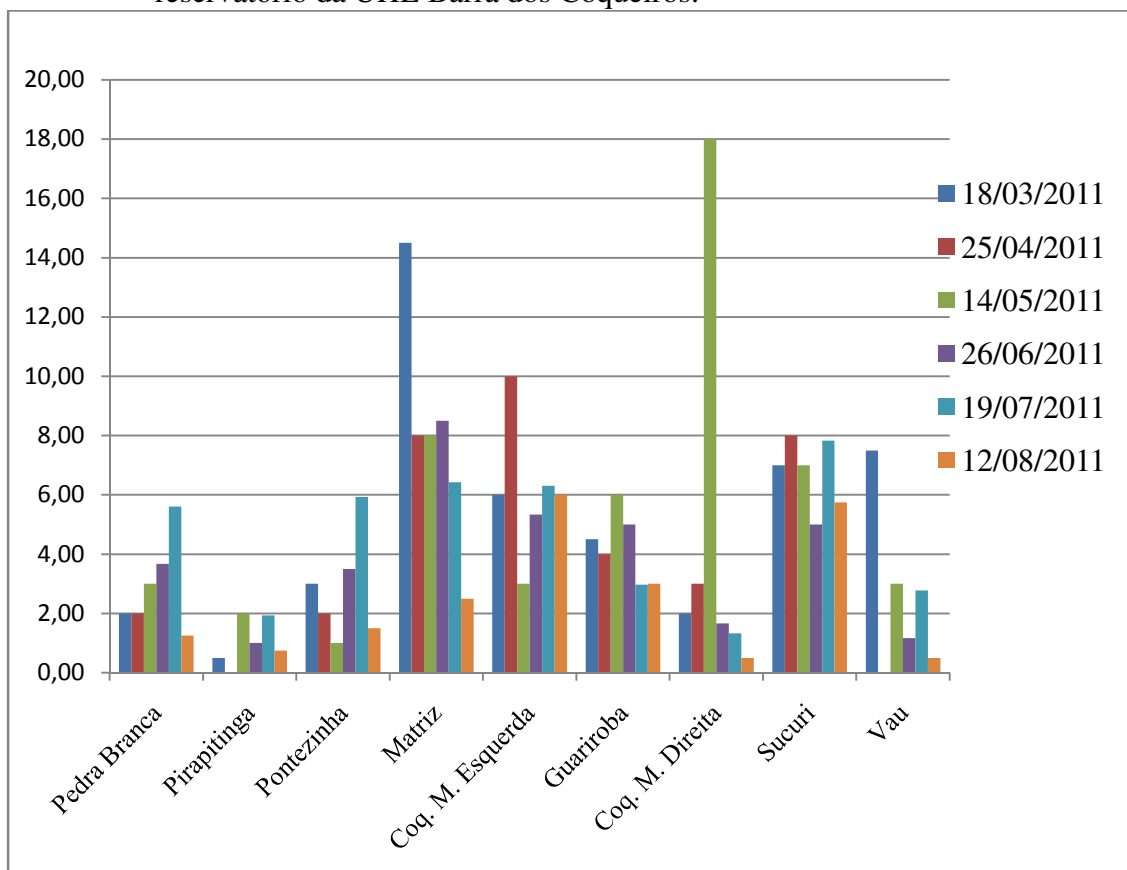
Os resultados da determinação de vazão dos Córregos Pirapitinga e Pontezinha não têm padrão regular como dos demais córregos analisados, ou seja, tendência de decréscimo ao longo do tempo analisado. Isso ocorreu porque as determinações de vazões do Córrego Pirapitinga foram determinadas em um bueiro sob a BR 364, onde a velocidade da água era irregular na seção transversal, causando diferentes velocidades, apesar de sempre serem feitas pelo menos oito tomadas de tempo para determinação da velocidade.

O mesmo aconteceu com as determinações de vazão do Córrego Pontezinha, onde foi realizado em seu leito natural, sob uma ponte em uma estrada vicinal, pela falta de um local retilíneo no leito em que a velocidade da água fosse regular. Observa-se que a velocidade da água é a menor entre os córregos analisados.

Quanto aos dados de concentração de sólido em suspensão (CSS) dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, observa-se no Gráfico 2, que os

maiores índices de modo geral aconteceram nos córregos Matriz, com índice de  $14,5 \text{ mgL}^{-1}$ , e Sucuri, com índice de  $8,0 \text{ mgL}^{-1}$ , coincidindo com os córregos de maior vazão, com exceção do Córrego Coqueiro da Margem direita na coleta do mês de maio.

Gráfico 2 - Concentração de Sólidos em Suspensão ( $\text{mgL}^{-1}$ ) dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

A elevada concentração de sólido em suspensão no Córrego do Coqueiro na margem direita no dia 14/05/2011 justifica-se em função da liberação de água represada acima do ponto de controle de vazão e coleta. No dia anterior a esta coleta de dados foi liberada a passagem de água através de um novo bueiro (Foto 14 e 15) para o trânsito de veículos, em uma estrada vicinal que cruza este córrego, mudando, assim, o curso normal do córrego. A água estava represada para construção desse bueiro e, com a liberação do mesmo, houve a mudança de canal de escoamento, gerando assim um grande carreamento de sólidos em suspensão nos dias posteriores, até a normalização do mesmo.

Foto 14 - Mudança do leito do Córrego Coqueiro da margem direita no mês de maio de 2011.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Foto 15 - Movimentação de terra para construção de bueiro no Córrego Coqueiro da margem direita no mês de maio de 2011.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

A concentração de sólido em suspensão está diretamente ligada à constituição do solo e ao uso da terra. Como toda a bacia do reservatório sofre com o elevado grau de antropização do uso da terra, devido ao modelo agropastoril implantado, desde os anos 70 do século passado e a implantação de culturas de cana-de-açúcar, a partir do ano 2000. Principalmente nas sub-bacias dos córregos Sucuri, Coqueiros da margem direita e Guariroba, isso proporcionou a degradação e compactação do solo, propiciando a um escoamento superficial elevado, ocasionando maiores índices de erosão em áreas de baixa vulnerabilidade.

Quanto à classificação dos solos da bacia, os principais tipos de solos da mesma são: os Latossolos, Argissolos, Neossolos Quartzarenicos e os Cambissolos. De acordo com a EMBRAPA (2009), os Latossolos são solos profundos, bem drenados, com alto grau de intemperização, e ocorrem em relevos planos e suavemente-ondulados, possuindo propriedades físicas favoráveis à utilização agrícola. Esse tipo de solo representa grande parte da bacia. Os Argissolos são constituídos de material mineral, com profundidade variável desde forte a imperfeitamente drenado.

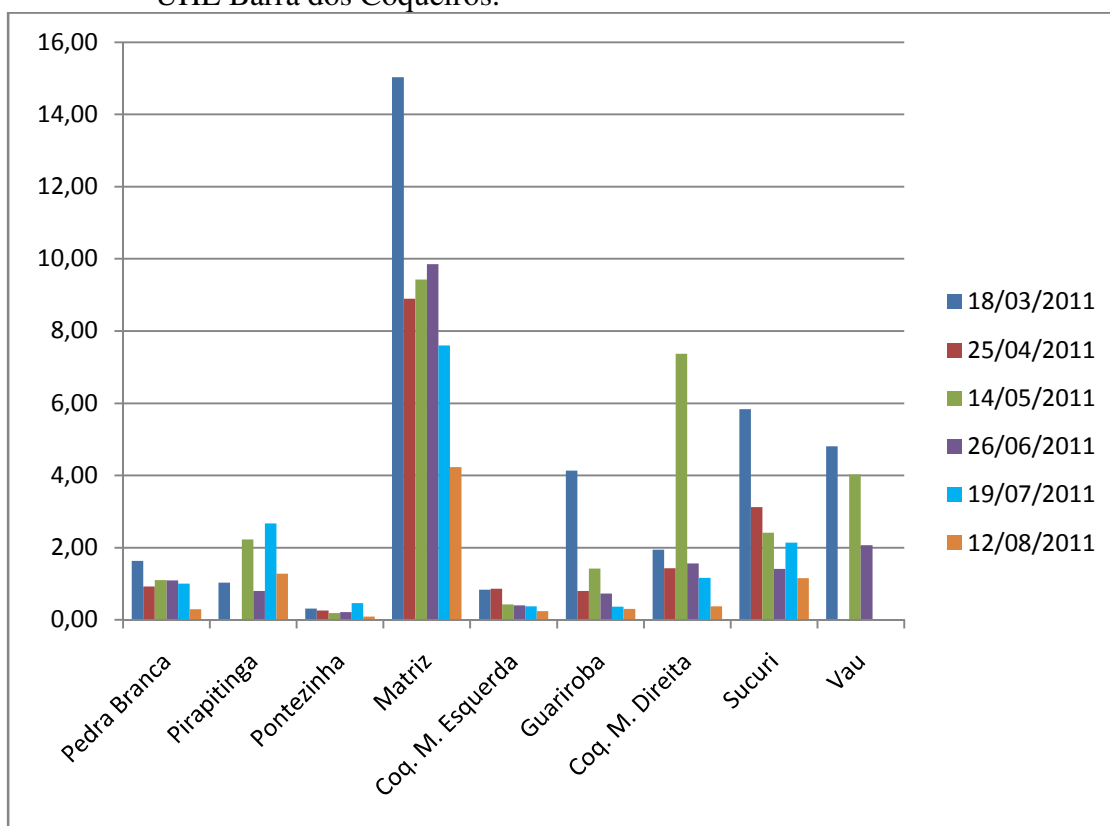
Os Neossolos Quartzarênicos aparecem em menores proporções em algumas nascentes da bacia. São solos profundos, originados do produto da meteorização física do arenito da Formação Vale do Rio do Peixe, enquanto os Cambissolos são solos com argila, derivados de arenitos, com relevo forte ondulado, propiciando a degradação.

Com esses resultados, de acordo com LIMA *et al.* (2004) os principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros têm uma concentração baixa de sólidos em suspensão. Mesmo em seus picos máximos de contribuição de sólidos em suspensão, não atingiram  $20 \text{ mgL}^{-1}$ , tendo em vista que contribuições menores que  $50 \text{ mgL}^{-1}$  são consideradas muito baixas, em ambientes lóticos.

Apesar do uso intenso da terra na bacia, como grande parte da mesma tem solos tipo Latossolo, que propicia uma utilização maior sem uma desagregação intensa do mesmo, e os relevos em grande parte da bacia são planícies, dificultando a lixiviação do mesmo e o transporte de sólidos em suspensão pela ação da chuva, isso explica o baixo transporte dos mesmos nos afluentes da bacia.

Quanto à análise dos dados de Descarga Sólida Total (DST) dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, calculada pelo método simplificado de Colby, observa-se que a maior quantidade de DST encontrada foi no Córrego Matriz (Gráfico 3), com níveis bem acima dos outros afluentes.

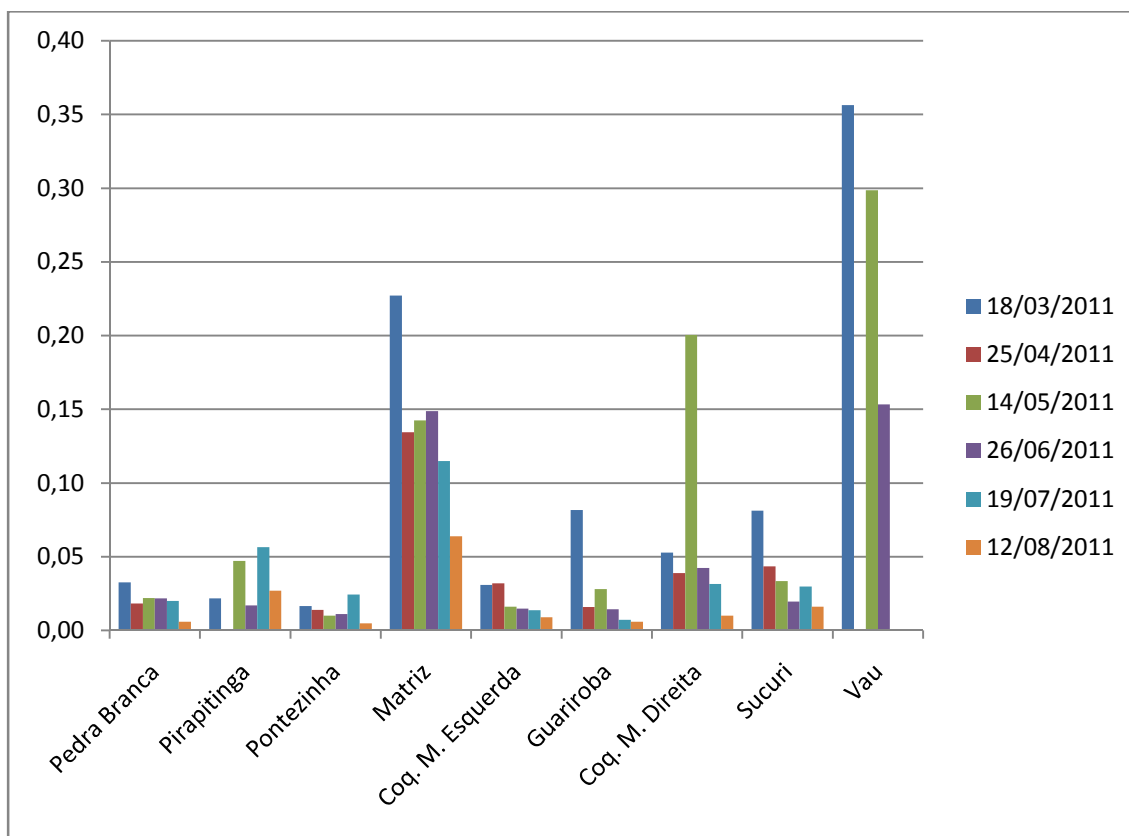
Gráfico 3 - Descarga sólida total ( $t \text{ dia}^{-1}$ ) dos principais afluentes do lago do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

A descarga sólida total é gerada principalmente pela concentração de sólidos em suspensão e pelas características do leito quanto a sua largura, profundidade média, velocidade da água e a vazão, além da extensão da sub-bacia e do uso da terra. Assim sendo, o Córrego Matriz tem os maiores índices, devido ao seu leito mais largo e pouca profundidade, onde a velocidade da água também é bastante alta em relação às demais, com uma das maiores vazões. Isso facilita o carreamento de sólidos em suspensão em seu leito.

Quanto à produção específica de sólidos em suspensão que cada sub-bacia poderia produzir em função da sua área, que representa a relação entre o processo de perdas de sólido por suspensão e a área de cada sub-bacia, a maior produção por  $\text{Km}^2$  é do Córrego do Vau, que tem a menor área de sub-bacia. Porém, o Córrego Matriz que tem a maior sub-bacia, os maiores índices de concentração de sólidos em suspensão e de descarga sólida total, tem a maior média de produção de sólido em suspensão por área, devido às características do solo, uso da terra e falta de áreas de preservação permanente em suas margens (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Produção de sólidos em suspensão por  $t\ km^{-2}\ dia^{-1}$ .

Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

O Córrego do Vau tem índices elevados de produção de sólidos em suspensão. Essa perda de solo, provavelmente, está relacionada à velocidade da água no ponto de coleta de dados, onde a mesma atingiu índices por volta de  $1\ ms^{-1}$ , as maiores velocidades entre os córregos analisados.

### Análise do reservatório

Para se verificarem tendências e compreender o aporte e distribuição de sólidos em suspensão no reservatório, assim como as prováveis áreas fontes, o mesmo foi analisado em dois períodos distintos: período chuvoso e período seco. Os parâmetros limnológicos (Concentração de Sólidos em Suspensão, Turbidez e transparência da água) medidos no primeiro e segundo levantamento a campo são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetros limnológicos medidos no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros

PONTOS	Latitude	Longitude	CSS (mgL <sup>-1</sup> ) Período chuvoso	CSS (mgL <sup>-1</sup> ) Período seco	TRANSP. ÁGUA (m) Período chuvoso	TRANSP. ÁGUA (m) Período seco	TURBIDEZ (NTU) Período chuvoso	TURBIDEZ (NTU) Período seco
1	484663,36	7949510,73	26.50	1.50	0.17	1.67	69.00	0.00
2	485232,22	7948946,03	24.50	1.75	0.19	1.67	64.00	1.25
3	486457,47	7948137,54	28.50	2.25	0.17	1.70	71.00	1.45
4	487072,17	7947431,15	28.00	0.25	0.21	1.64	65.00	0.93
5	488022,37	7947131,08	19.00	1.85	0.19	1.67	61.00	2.00
6	488824,61	7945803,73	30.50	0.50	0.20	1.70	71.00	0.47
7	489960,26	7944318,02	23.00	1.85	0.16	1.80	62.00	2.64
8	490472,86	7942928,16	26.00	3.00	0.19	1.40	61.00	1.00
9	491239,68	7942430,14	21.50	2.25	0.17	1.90	66.00	0.68
10	492300,31	7941475,78	24.00	0.50	0.20	1.80	68.00	1.00
11	493492,22	7938989,87	27.50	1.50	0.19	1.65	69.00	0.41
12	495736,42	7937364,54	25.50	0.50	0.20	1.60	69.00	3.68
13	496380,30	7935337,05	13.00	2.00	0.20	1.85	63.00	0.00
14	497284,65	7933267,88	13.50	1.50	0.20	2.00	51.00	1.02
15	497495,10	7932353,11	30.00	0.75	0.19	2.03	72.00	0.50
16	498282,76	7932073,89	24.50	0.50	0.21	1.90	65.00	2.64
17	498472,38	7931459,19	15.50	1.25	0.16	2.30	58.00	1.13
18	497559,70	7931365,41	29.00	7.50	0.19	1.70	68.00	1.10
19	496872,06	7932523,98	24.00	1.00	0.18	2.10	70.00	0.06
20	495513,45	7934657,74	24.00	2.25	0.20	2.67	69.00	0.61
21	494896,66	7935968,42	16.00	3.00	0.19	2.10	62.00	3.57
22	492948,35	7937158,25	20.50	1.75	0.21	1.80	53.00	0.68
23	493558,89	7937808,38	23.50	0.25	0.20	2.45	62.00	0.00
24	493219,24	7938364,74	14.50	1.00	0.21	3.00	68.00	0.00
25	492039,84	7939289,92	23.00	0.25	0.20	2.58	64.00	1.43
26	490818,76	7940225,53	11.00	1.75	0.22	2.46	58.00	0.00
27	491579,33	7941106,96	26.00	1.25	0.20	2.40	66.00	0.00
28	490191,55	7942701,03	7.50	1.75	0.19	2.68	60.00	0.27
29	489533,09	7944063,80	23.50	0.50	0.16	2.60	64.00	0.00
30	488928,80	7944778,53	13.00	1.50	0.21	2.50	59.00	0.00
31	486813,79	7947870,82	17.50	0.75	0.20	3.00	64.00	0.00
33	487839,00	7947122,75	9.00	1.75	0.27	2.30	52.00	0.00
34	488255,75	7946472,62	17.00	0.75	0.21	3.50	63.00	0.00
35	488482,87	7945522,43	18.50	2.00	0.19	3.00	64.00	0.00
36	488737,09	7944684,76	16.00	2.00	0.21	2.20	63.00	0.16
37	489387,22	7944395,12	18.50	2.25	0.22	2.00	56.00	0.00
38	490154,05	7943717,90	21.00	1.50	0.18	2.58	63.00	0.00
40	491637,67	7941913,37	17.00	0.75	0.21	1.90	56.00	0.00

Valores mínimos	7.50	0.25	0.16	1.40	51.00	0.00
Valores máximos	30.50	7.50	0.30	3.50	72.00	3.70
Valores médios	20.80	1.50	0.20	2.20	63.40	0.80
Desvio padrão	6.03	1.25	0.02	0.49	5.33	0.99

Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Por intermédio da análise dos dados limnológicos obtidos no reservatório (Quadro 1), verificou-se que o reservatório da UHE Barra dos Coqueiros apresenta localidades mais homogêneas no período seco e menos homogêneas no período úmido.

A máxima concentração de sólidos em suspensão encontrada no período chuvoso foi de  $36 \text{ mgL}^{-1}$ , a mínima foi de  $7,5 \text{ mgL}^{-1}$ , enquanto a média foi de  $21,63 \text{ mgL}^{-1}$ , com desvio padrão entre as amostras de  $6,28 \text{ mgL}^{-1}$ . Já no período seco, foi encontrada a maior CSS, de  $7,5 \text{ mgL}^{-1}$ . A mínima foi de  $0,25 \text{ mgL}^{-1}$ , enquanto a média foi de  $1,43 \text{ mgL}^{-1}$  e o desvio padrão foi de  $1,21 \text{ mgL}^{-1}$ .

Os resultados encontrados de transparência da água com o disco de Secchi, a maior visibilidade verificada no período chuvoso foi de 0,27m, enquanto a menor foi de 0,16m e a visibilidade média nesse período foi de 0,20m, com um desvio padrão pequeno de 0,02m. Já no período seco, a maior visibilidade subiu para 3,50m, enquanto a menor subiu para 1,38m e a visibilidade média encontrada foi de 2,20m, com um desvio padrão de 0,49m.

Quanto à turbidez verificada nos períodos distintos no reservatório, no período chuvoso, o maior índice encontrado foi de 74 NTU, e o menor foi de 51 NTU enquanto a média encontrada foi de 63,63 NTU com um desvio padrão de 5,49 NTU. No período seco, o maior índice encontrado foi de 3,68 NTU, o menor foi 0,00 NTU com média de 0,76 NTU e desvio padrão de 0,97 NTU.

É possível perceber uma diferença na transparência da água, com a utilização do disco de Secchi entre os valores de máxima e mínima, no período chuvoso e no seco.

As diferentes características de transparência da água podem estar associadas a diferentes tipos de uso da terra nas áreas de captação dos braços do reservatório. Conforme destaca PAULA *et al.*, (2011), a bacia analisada tem o solo ocupado principalmente pela pecuária e plantio de cana-de-açúcar, como pode ser observado nas Fotos 16 e 17. Essas ocupações que facilitam a desagregação do solo pela ação das chuvas e o transporte de sólidos para o lago. Outro agravante é a falta de matas ciliares em grande parte da borda do lago como mostram as fotos 16 e 17.



Foto 16 - Ocupação do solo por pecuária nas margens do lago.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Foto 17 - Orla do lago sem mata ciliar e ao fundo solo descoberto sendo preparado para o plantio de cana-de-açúcar.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Conforme Dekker (1993), a presença de altos valores de concentração de CSS provoca maior turbidez na água, impedindo a penetração da luz, fato este comprovado em Barra dos Coqueiros, quando se relaciona a CSS e a transparência da água. Isso demonstra 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 e turbidez em reservatórios, são fortemente reguladas pela descarga fluvial. Essa é portanto, uma das condições necessárias para o entendimento de outros processos existentes nos corpos de água lênticos (Pereira Filho, 2000).

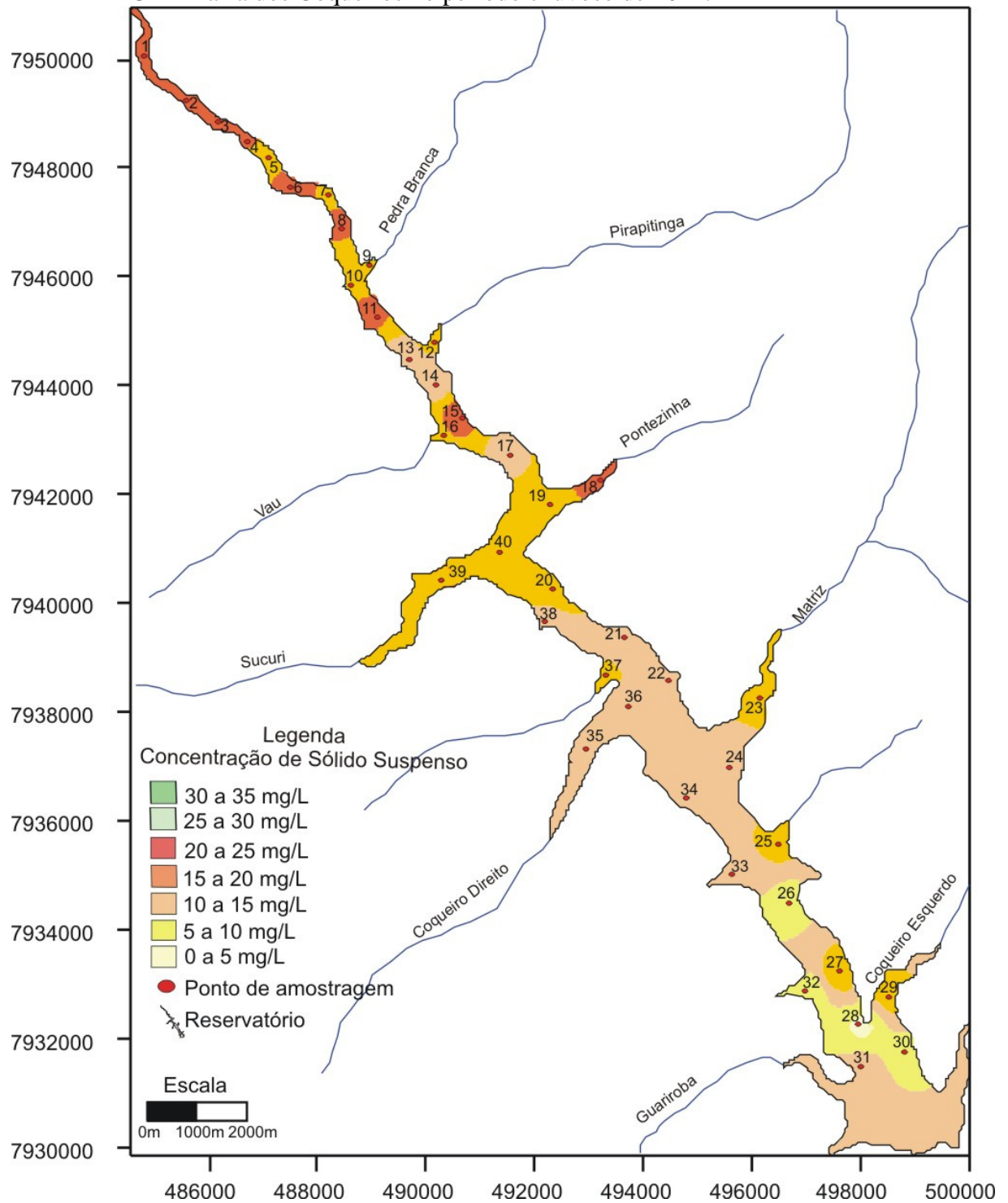
A partir da análise espacial e temporal dos dados de CSS em relação ao período úmido e seco (Figuras 15 a 20 e Quadro 1), a principal área de aporte de material em suspensão no período chuvoso foi o Córrego do Pontezinha (Figura 15). Isso é devido ao uso do solo nessa sub-bacia, tendo em vista que a mesma é ocupada por pastagens e o gado bebe água diretamente no lago, favorecendo o carreamento de sólido em suspensão nos sulcos do solo criados pelo pisoteamento do gado, e pela falta de práticas conservacionistas como curvas de nível e matas ciliares.

Os índices de concentração de sólidos em suspensão em todo lago são muito mais altos no período chuvoso que no período seco. Em geral, a concentração de sólidos em suspensão variou de 7,5 a 30,5 mgL<sup>-1</sup> no período chuvoso, e 0,25 a 7,5 mgL<sup>-1</sup> no período seco.

Já na amostra coletada no período seco (Figura 16), o córrego Pontezinha foi o afluente que mais contribuiu com CSS para o lago. Isso pode ser explicado pela grande presença de gado nas margens do lago nesta região. Como pôde ser observado, o gado usa as margens para beber água diretamente no lago, o que, nesse caso, acaba por movimentar e liberar partículas de solo na água. Nessa região do lago, os índices atingem até 10 mgL<sup>-1</sup>, enquanto nas outras regiões do reservatório, principalmente em áreas mais próximas à barragem, a quantidade de concentração de sólidos em suspensão é muito baixa, com índices variando entre 0 a 5 mgL<sup>-1</sup>.

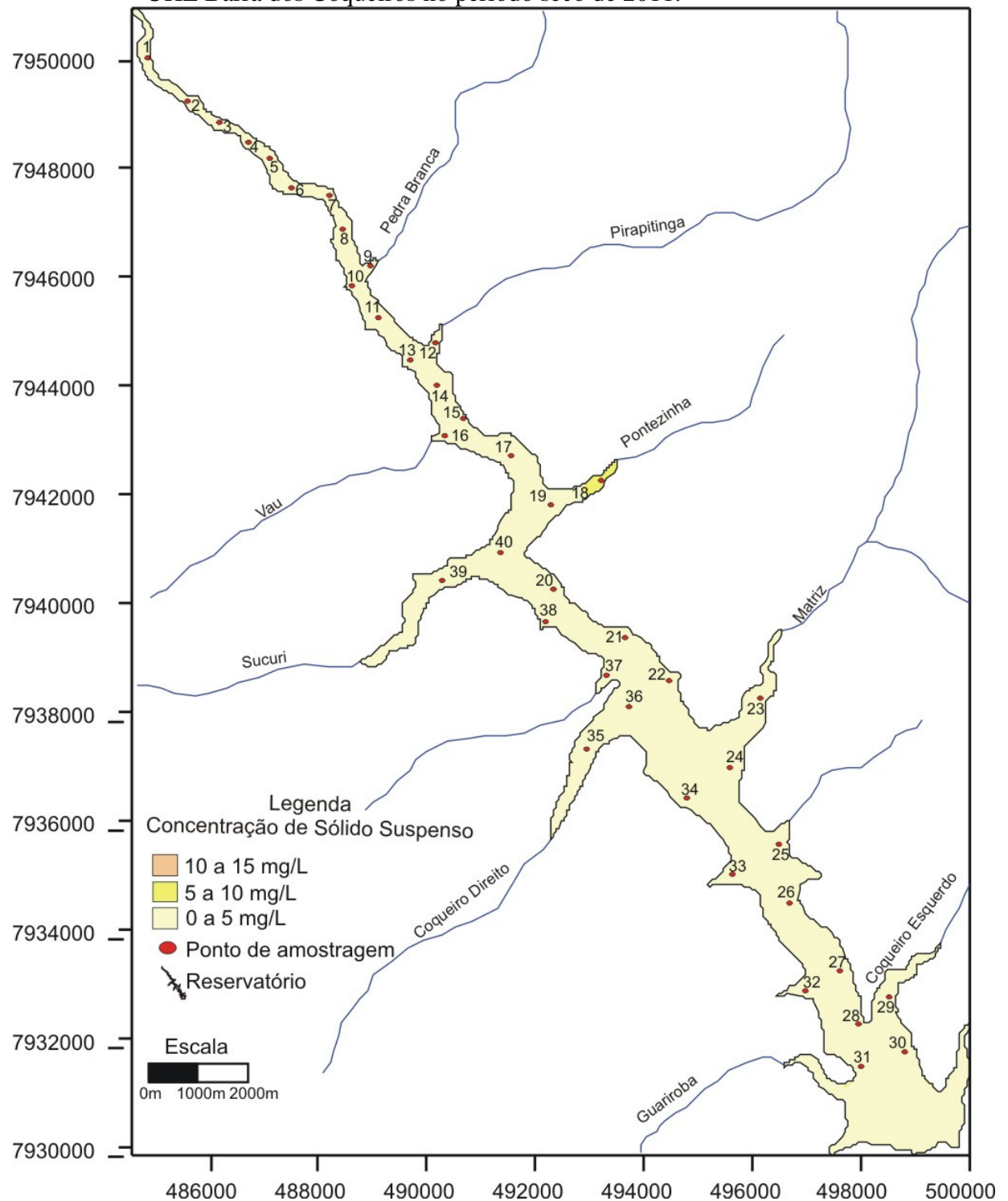
A mesma condição foi constatada por MIRANDA *et al.*, (2011), no Reservatório de Três Irmãos, no Estado de São Paulo, onde a criação de gados nas proximidades do lago propicia a intensificação de problemas de erosão, principalmente devido à criação de caminhos gerados pelo pisoteamento do gado nas margens do lago. Já, quanto ao plantio de cana-de-açúcar, o problema acontece principalmente no período de preparação do solo para o plantio, onde o solo fica desnudo, intensificando a produção e o transporte de sedimento, principalmente no período chuvoso.

Figura 15 - Distribuições dos valores de Concentração de Sólidos em Suspensão no lago da UHE Barra dos Coqueiros no período chuvoso de 2011.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 16 - Distribuições dos valores de Concentração de Sólidos em Suspensão no lago da UHE Barra dos Coqueiros no período seco de 2011.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Quanto à CSS estudada, no contexto geral em que se encontra o reservatório em relação aos segmentos inundados do rio, é possível afirmar que o principal setor de um

ecossistema lântico ocorre entre o barramento e os Córregos Matriz e Coqueiro da margem direita, sofrendo pouca influência do reservatório da UHE Caçu, que retém grande parte dos sólidos de todo o trecho superior e médio da bacia do Rio Claro, devido estar à montante.

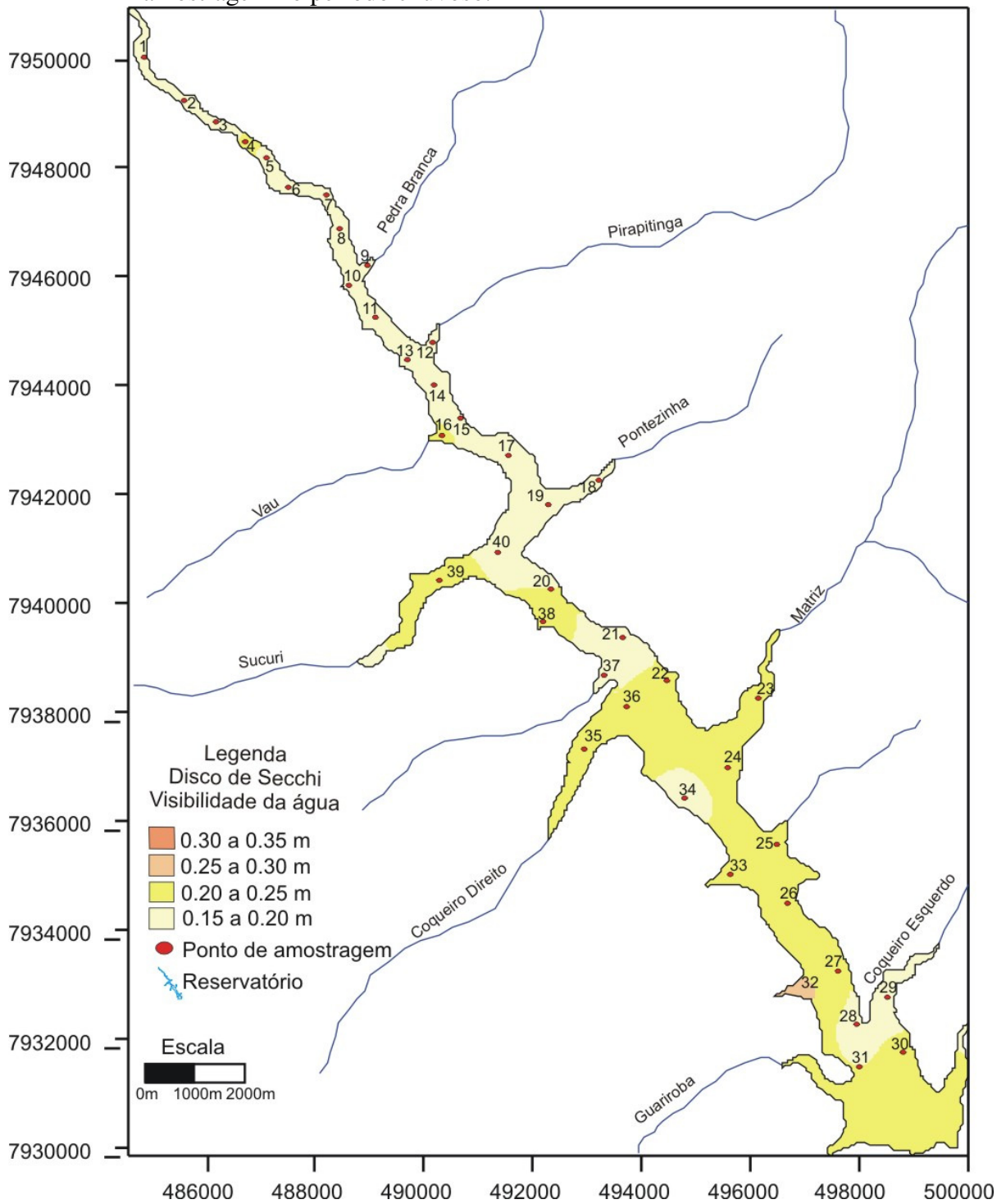
Outro fator que pode ser considerado é que, nesse setor do lago, encontram-se as maiores seções transversais, possivelmente as menores velocidades de escoamento da água e a deposição de material pelítico. Com isso, grande parte da água que chega a esse trecho do reservatório já passou pelo processo de precipitação do material particulado em suspensão. Assim, tem-se maior disponibilidade de luz nesse trecho, o que reflete em valores mais elevados para os parâmetros medidos com disco de Secchi e valores menores para a CSS.

A transparência da água do lago, no período chuvoso de 2011 (Figura 17), medida pelo disco de Secchi, indicou pouca transparência da água, variando entre 0,15 e 0,30 m de transparência de amplitude ótica em toda a extensão do lago estudado. Os maiores índices foram observados próximo à foz do Córrego Coqueiro da margem esquerda, ou seja, menor transparência da água.

Já, na coleta do período seco (Figura 18), a transparência da água aumentou muito. A mesma variou entre 1,4 e 3,5 m. Do Córrego Coqueiros da margem direita e do Matriz até o barramento da UHE Caçu, os índices de transparência da água são menores que 2 metros de profundidade.

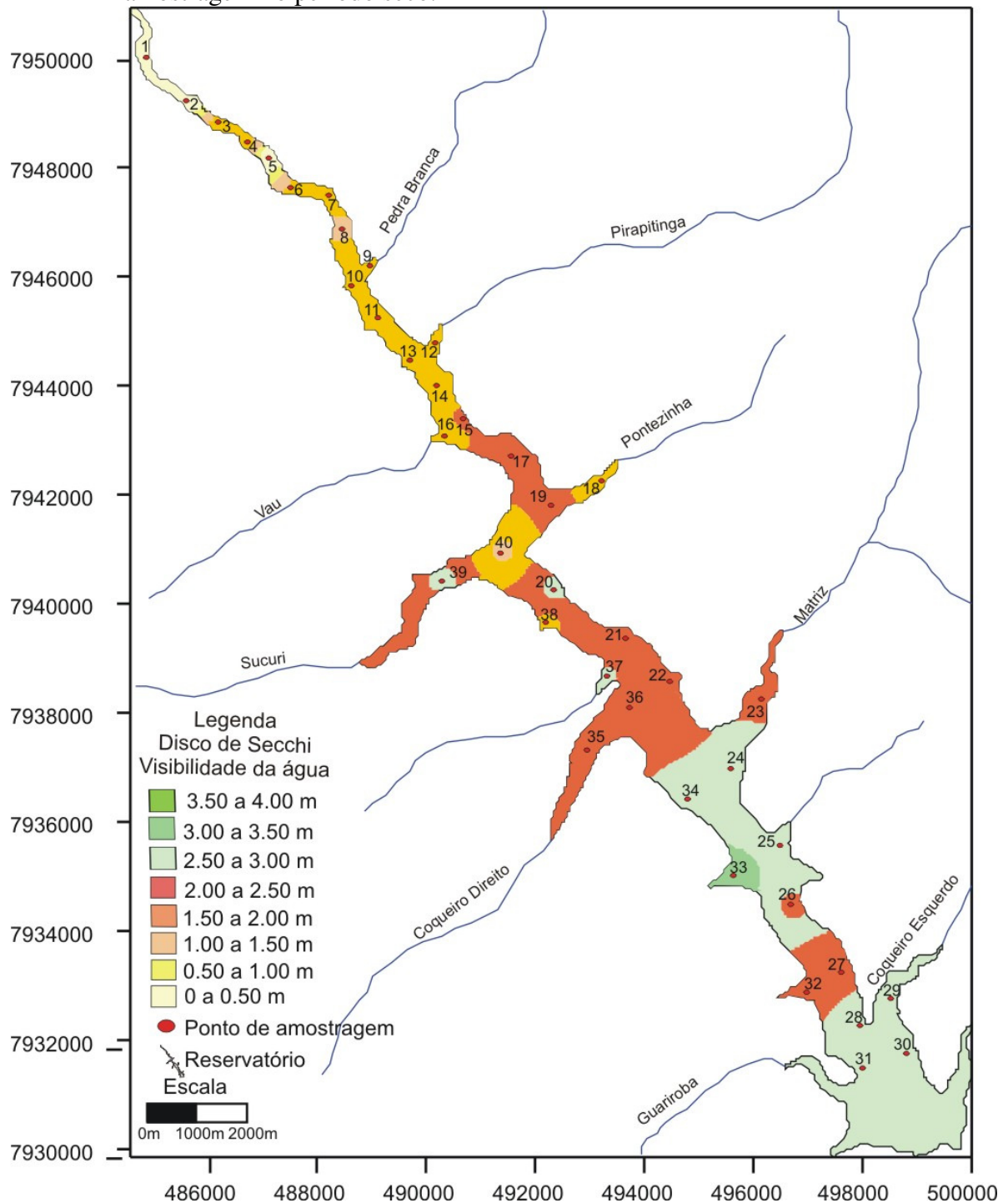
Considerando-se as condições do período de chuva, observa-se que a visibilidade da água se comporta de maneira uniforme. A baixa transparência da água registrada pela profundidade do disco de Secchi, em algumas áreas, também é identificada pelo aumento da CSS. Casos semelhantes foram constatados por Novo e Braga (1991, 1995) nas amostras de água do reservatório de Barra Bonita, São Paulo.

Figura 17 - Distribuições dos valores de transparência da água no reservatório, referente à amostragem no período chuvoso.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Figura 18 - Distribuições dos valores de transparência da água no reservatório, referente à amostragem no período seco.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Segundo estudos realizados pela EMBRAPA (2009), quanto mais turva é a água, maior a quantidade de material em suspensão. Pode-se observar, pelas Figuras 19 e 20, que a turbidez d'água variou de 51 a 72 NTU no lago, no período chuvoso. Os maiores valores de turbidez ocorreram na parte montante do lago, principalmente perto da foz do Córrego Sucuri.

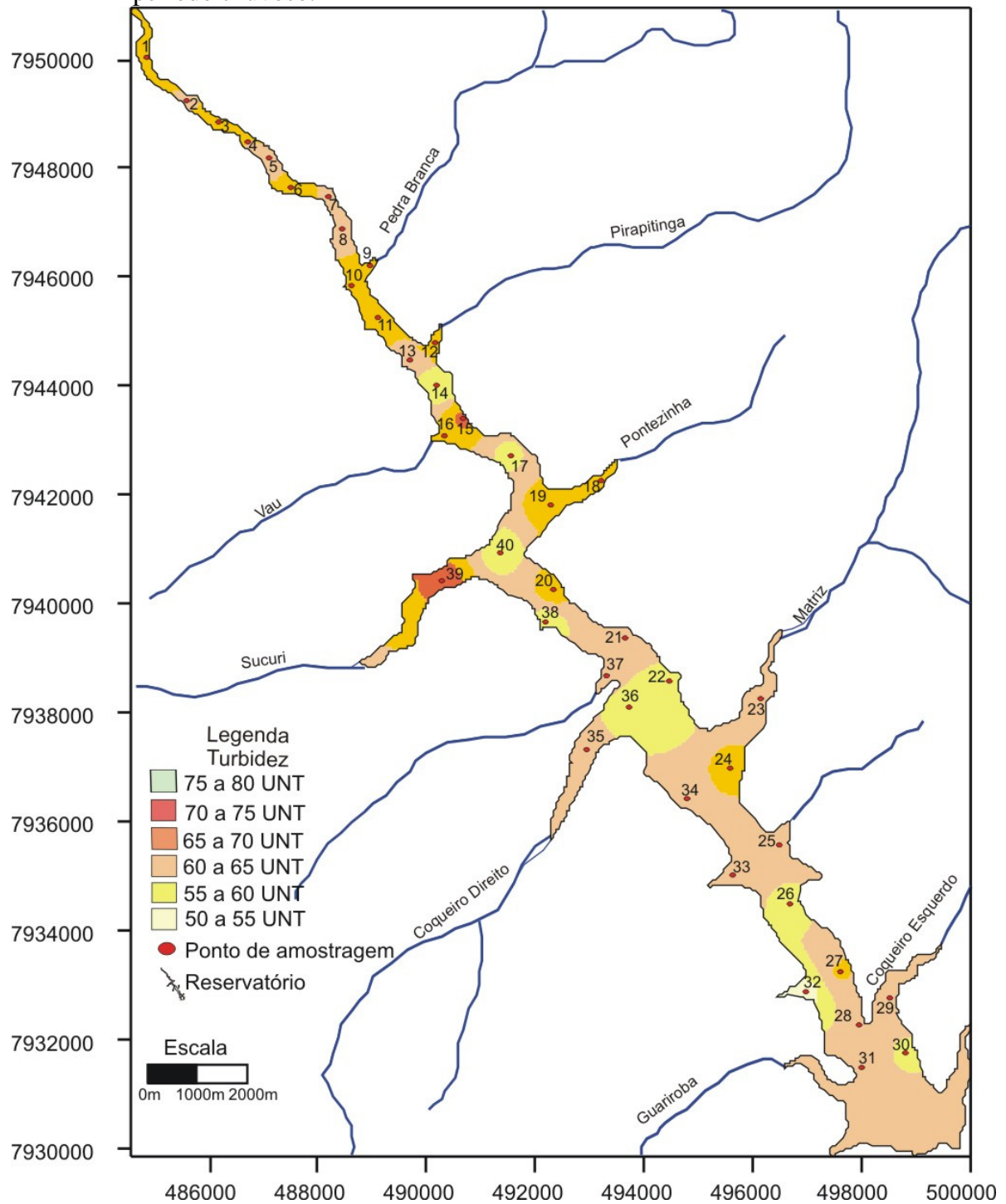


Os menores valores de turbidez aconteceram entre a barragem e os Córregos Coqueiro da margem direita e Matriz, tendo em vista que a grande quantidade de sedimentos é depositado na entrada do reservatório e nas barras dos afluentes com o reservatório, pois ocorre uma diminuição da velocidade de escoamento da água em direção à jusante (barramento), devido ao aumento da seção.

Este mesmo resultado foi observado por OTTONI *et al.*, (2011), em análise da variação de sedimentos em cursos d'água nos aproveitamentos hidrelétricos em operação no estado de São Paulo, onde o maior volume de sedimentos depositado nos reservatórios está localizado na entrada dos mesmos.

Mesmo com a grande quantidade de chuva no mês de março, os índices de turbidez do lago da UHE Barra dos Coqueiros estão inseridos dentro dos padrões propostos pelo CONAMA 357/2005 como apropriados para o abastecimento humano, com índices inferiores a 75 NTU para os corpos de água doce.

Figura 19 - Distribuições dos valores de turbidez no reservatório, referente à amostragem no período chuvoso.

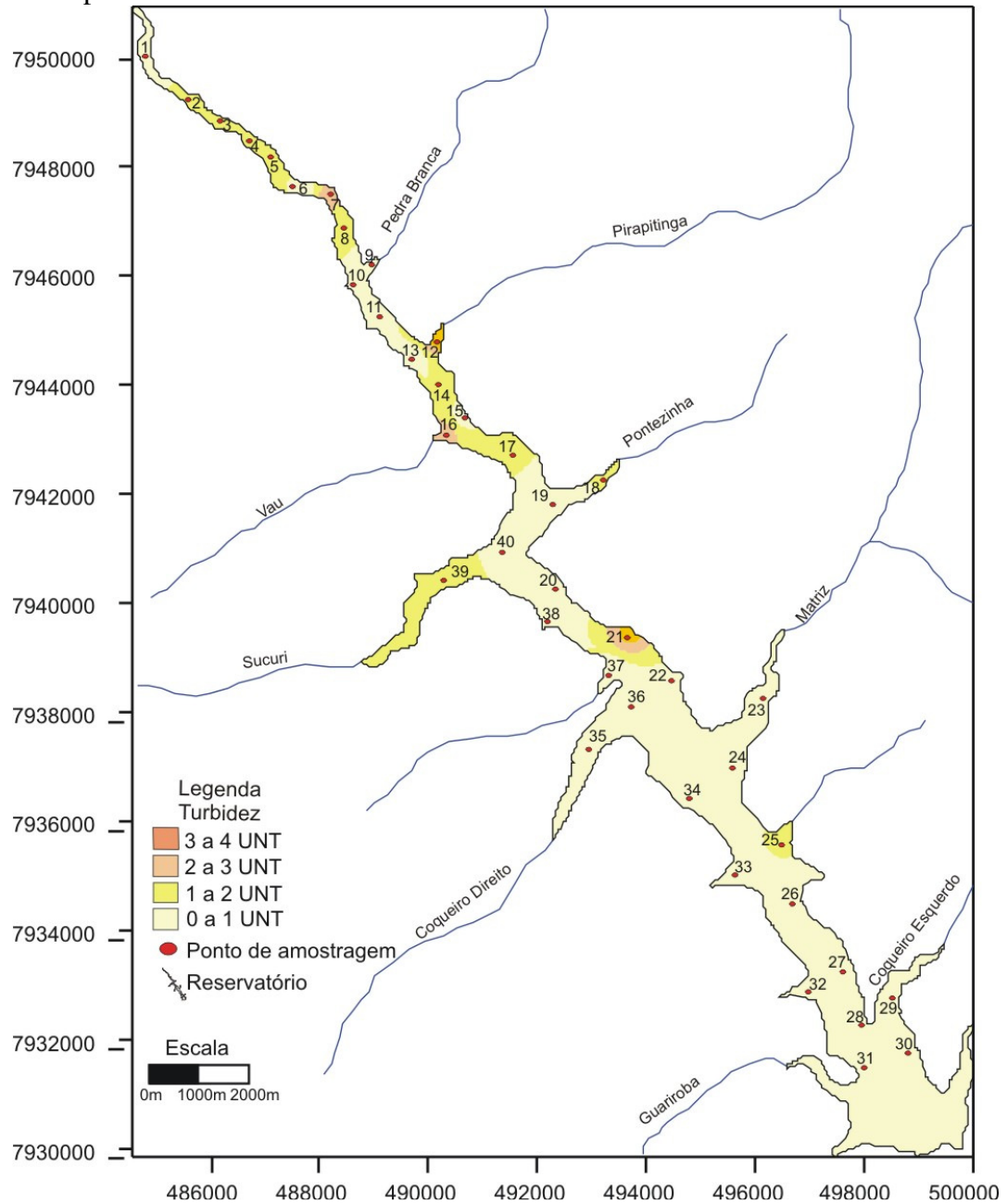


Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Já na coleta do período seco, os dados de turbidez do lago da UHE Barra dos Coqueiros (Figura 20) são muito baixos, variando de 0 a 4 NTU. De acordo com a resolução CONAMA 357, a qual define que águas com turbidez até 40 NTU, são consideradas de

Classe 1, que servem para o abastecimento humano, após tratamento simplificado, comprovando os dados de CSS e transparência da água.

Figura 20 - Distribuições dos valores de turbidez no reservatório, referente à amostragem no período seco.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Estes dados se justificam devido ao fato de que há mais de dois meses não chovia na região, além de que, com a retenção da água em sistemas lânticos, propicia que sedimentos se depositem no fundo do lago.

De modo geral, as amostras localizadas na área de influência dos córregos Matriz e Coqueiro da Margem esquerda até o barramento da UHE Barra dos Coqueiros apresentaram os maiores índices de visibilidade da água e as menores concentrações de sedimentos em suspensão e menores índices de turbidez em ambos os períodos.

Os índices mais altos de turbidez foram encontrados próximos à foz do Córrego da Pontezinha e entre a foz dos Córregos Pirapitinga e Pedra Branca, com índices variando em torno de 3,5 NTU. Um dos fatos que podem justificar isso é a formação dos solos da região, que é Nitossolo Vermelho Eutrófico e com relevo mais ondulado de toda a margem do lago.

Em geral, na parte mais a montante do lago, foram observados índices mais elevados de turbidez, provavelmente devido ao menor volume de água, por causa do período seco na região. Porém, deve-se salientar que, como a vazão de entrada de água no reservatório da UHE Barra dos Coqueiros proveniente do Rio Claro, que regula o nível do reservatório, é controlada pela vazão das turbinas da UHE Caçu. Quanto maior a vazão, maior será o volume de sólido em suspensão entrando no reservatório e, quanto menor a vazão, menor o fluxo de sedimento na entrada do reservatório.

Já os menores índices de turbidez observados variam em torno de 0,5 NTU no período seco, em grande parte do lago e, principalmente, na área mais próxima da barragem, onde o lago, mesmo em época de seca e com pouca água represada, ainda tem um grande volume de água.

A água do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros pode ser classificada, conforme os parâmetros de turbidez, de acordo com a Resolução CONAMA 357, como boa para o abastecimento humano, após tratamento simplificado.

Pela análise espacial das Figuras 15 a 20, podemos concluir que o resultado da metodologia utilizada para calcular a concentração de sólidos em suspensão tem boa relação com os dados de turbidez e transparência da água, utilizando o disco de Secchi.

O maior valor de CSS encontrado no período chuvoso foi  $30,5 \text{ mgL}^{-1}$ , enquanto que, no período seco, foi de  $7,5 \text{ mgL}^{-1}$ . O menor índice de CSS encontrado no período chuvoso foi  $7,5 \text{ mgL}^{-1}$ , enquanto que, no período seco, foi de  $0,25 \text{ mgL}^{-1}$ . A média de CSS encontrado no período chuvoso foi de  $20,8 \text{ mgL}^{-1}$ , já a média no período seco foi apenas de  $1,5 \text{ mgL}^{-1}$ .

Quanto aos índices de turbidez da água, o valor máximo encontrado no período chuvoso foi de 72 NTU, e no período seco, foi 3,7 NTU, enquanto os valores mínimos foram de 51 NTU no período chuvoso e 0 NTU no período seco. Os valores de turbidez média no período chuvoso foi 63,4 NTU enquanto, no período seco, foi 0,8 NTU. valores estes considerados baixos, de acordo com a resolução CONAMA N° 357

Enquanto o valor máximo de transparência da água, utilizando o disco de Secchi, alcançado nas amostras do período chuvoso foi de 0,30 m de amplitude ótica, no período seco, o valor máximo encontrado foi de 3,50 m. O menor valor de transparência encontrado no período chuvoso foi de 0,16 m e, no período seco, de 1,40 m.

Apesar de parecer que existe uma correlação grande entre os dados de CSS, turbidez e transparência da água (utilizando o disco de Secchi), a correlação existente no período úmido pode ser considerada média e, no período seco, baixa. Conforme pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2 - Correlação entre CSS, Turbidez e transparência da água.

Variável	Período chuvoso			Período seco		
	CSS	Turbidez	Secchi	CSS	Turbidez	Secchi
CSS		0,15	0,38		0,09	0,66
Turbidez			0,36			0,30

Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Principalmente no período seco, nas áreas mais próximas à barragem, foram encontrados os menores índices de CSS e de turbidez e maior foi a transparência de água com o uso do disco de Secchi, mostrando que, quanto maior for a profundidade do lago, menor a velocidade de água no local, menor será o índice de CSS e turbidez e maior a transparência da água. Tudo isso está relacionado à decorrência da construção do reservatório e da possível suavização da topografia do fundo e processo de assoreamento do lago.

Casos semelhantes foram constatados por Novo e Braga (1991, 1995) nas amostras de água do reservatório de Barra Bonita, São Paulo e por Cabral *et al* (2006) no reservatório de Cachoeira Dourada.

Quanto à descarga sólida total dos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, o Córrego Matriz tem os maiores índices em todas as coletas. Isso está relacionado diretamente com a vazão líquida dos córregos, com o tipo do solo, geologia e geomorfologia da sub-bacia do córrego e, principalmente, pelo uso do solo e pela falta de mata ciliar, que naquela sub-bacia é utilizada principalmente com pecuária extensiva.

O Córrego Matriz tem as maiores vazões, uma das maiores velocidade da correnteza da água, baixa profundidade, maior largura e maiores concentração de sólidos em suspensão entre os afluentes analisados.

Enquanto, no reservatório de Barra dos Coqueiros, pode-se afirmar que as concentrações de sólidos em suspensão e a transparência da água variaram de acordo com a influência das descargas de águas vindas dos principais afluentes, devido à intensidade pluviométrica na bacia e aos diferentes uso da terra, destacados nos trabalhos desenvolvidos por Paula e Cabral (2011) Rocha e Cabral (2011).

### **Dificuldades e problemas encontrados na pesquisa**

Uma das maiores dificuldades encontradas na pesquisa de campo foi a distância de Jataí, onde residimos e o reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, que distancia em aproximadamente 200 km. Destes, para percorrer a orla do lago, são aproximadamente 80 km de estradas vicinais de chão com muitos buracos, areia e barro na época das chuvas, causando muito problemas no deslocamento (Foto 18).

Foto 18 - Barro nas estradas vicinais que margeiam o lago da UHE Barra dos Coqueiros.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

Nas coletas no lago, outros fatores que dificultaram os trabalhos foram chuvas e ventos, que causam ondas, colocando em risco a tripulação nos barcos, além do perigo de raios (Foto 19).

Foto 19 - Chuvas com vento no lago.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

A princípio, pretendíamos fazer uma correlação da quantidade de precipitação pluvial na bacia com a quantidade de sólidos em suspensão. Para isso, implantamos 9 pluviômetros, um em cada sub-bacia analisada (Foto 20). Estes seriam monitorados por moradores das fazendas da região. Porém, esse monitoramento (anotação da quantidade de chuvas em milímetro), não estava acontecendo de maneira correta, pois, em período de chuva, passavam sem anotar vários dias e, em algum dia, havia anotação de chuvas de até 390 mm diários, fato este impossível de acontecer, gerando descredenciamento de todos os outros dados coletados.

Foto 20 - Pluviômetro implantado nas sub-bacias.



Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

O monitoramento dos afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, quanto à vazão mensal e a quantidade de sólidos em suspensão começou a ser feita em agosto de 2010 (quadro 3). Porém, os dados de julho de 2010 a fevereiro de 2011 não foram aproveitados nesta pesquisa, devido a um erro na interpretação da metodologia para determinação de sólidos em suspensão, não sendo realizados a secagem e pesagem do filtro antes da filtração, e utilizávamos o peso médio dos filtros. Em fevereiro de 2011, após vários testes, concluímos que não deveríamos utilizar o peso médio, devido à variação muito grande no mesmo, e decidimos por descartar todos os dados já coletados até aquela data, pela não confiabilidade dos mesmos.



Quadro 3 - Dados de vazão do período de agosto de 2010 a fevereiro de 2011.

Córregos	Pedra Branca	Piratininga	Pontezinha	Matriz	Guariroba	Coqueiros da Margem direita	Sucuri	Vau
	Vazão líquida ( $m^3 s^{-1}$ )							
18/08/2010	0,49	0,47	0,29		0,20	0,24		0,16
20/09/2010	0,58	0,43	0,29	0,64	0,13	0,22	0,61	
27/10/2010		0,61	0,42	1,38	0,16	0,20	0,76	0,19
22/11/2010		0,48	0,24	0,93	0,18	0,21	0,59	0,16
18/12/2010	0,79	0,45	0,32	1,31	0,28	0,45	1,31	0,28
12/01/2011	1,03	0,80	0,39	1,39	0,31	0,44	1,27	0,19
11/02/2011	0,87	0,85	0,59	1,32	0,28	0,36	0,81	0,17

Fonte: BRAGA, C.C. (2011).

## Considerações finais

As maiores sub-bacias entre as analisadas são a sub-bacia do Córrego Sucuri com 71,89 Km<sup>2</sup> de área e a do Córrego Matriz, com área de 66,19 Km<sup>2</sup>, enquanto as menores sub-bacia são do Córrego Vau, com 13,50 Km<sup>2</sup> e do Córrego Pontezinha, com 18,83 Km<sup>2</sup>.

Os maiores índices de vazões nos principais afluentes do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, dentro do período avaliado, aconteceram no dia 18-03-2011, período de maior volume de chuvas na região. O Córrego Matriz teve maior vazão, de 1,50 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, enquanto as menores vazões aconteceram no dia 12-08-2011, no Córrego Vau, com vazão de 0,13 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

Os Córregos Matriz e Sucuri são os afluentes que mais contribuíram com a concentração de sólidos em suspensão para o reservatório da UHE Barra dos Coqueiros. De acordo com os dados avaliados, esses córregos também têm a maior vazão e as maiores sub-bacias entre as analisadas.

A sub-bacia do Córrego Matriz tem uma agropecuária intensiva, com poucas matas ciliares e com gado 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 biocombustível. Essa ocupação do solo facilita a remoção e deslocamento, através das chuvas, de partículas do solo para os leitos de água.

A descarga sólida total é gerada principalmente pela concentração de sólidos em suspensão e pelas características do leito quanto a sua largura, profundidade média, a velocidade da água e a vazão. O Córrego Matriz tem os maiores índices, com a produção de 15,03 toneladas de sedimento por dia, devido ao seu leito mais largo e pouca profundidade, onde a velocidade da água também é bastante alta em relação às demais, com uma das maiores vazões. Isso facilita o carreamento de sólidos em suspensão em seu leito.

Quanto à distribuição espacial e temporal da CSS, turbidez e transparência da água do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros, destacamos que:

1º Os valores de CSS encontrados no período chuvoso variaram de 7,5 a 30,5 mgL<sup>-1</sup>, enquanto que, no período seco, variam de 0,25 a 7,5 mgL<sup>-1</sup>.

2º Os índices de turbidez da água no período chuvoso variaram de 51 a 72 NTU e, no período seco, de 0 a 3,7 NTU.

3º A transparência da água, utilizando o disco de Secchi, nas amostras do período chuvoso, variou de 0,16 a 0,30 m de amplitude ótica. Já, no período seco, variou de 1,4 a 3,5 m.

De acordo com a resolução CONAMA Nº 357/2005, a água do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros no período avaliado (março a agosto de 2011), está inserida nas classes 1, 2 e 3 da referida resolução, sendo consideradas águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; ou ainda pode ser utilizada para irrigação de culturas, pesca amadora e recreação.

## **Recomendações**

A principal mudança que deveria ser implantada nas áreas do entorno do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros é a mudança do uso da terra, principalmente nas margens do lago, pois, em grande parte da encosta do lago ou dos principais afluentes do reservatório, não existem matas ciliares, como determina a Lei Florestal Brasileira.

O plantio de vegetação às margens do lago e córregos devem ser realizadas de acordo com a Resolução CONAMA nº 302, de 20 de março de 2002, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente (APP) de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Segundo essa resolução, a APP, nos limites de reservatórios, tem a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem das populações humanas.

Conforme determina a Resolução CONAMA 302, as APPs nos limites dos reservatórios artificiais têm que ter largura mínima de cem metros de projeção horizontal para áreas rurais, como é o caso do reservatório da UHE Barra dos Coqueiros.

A implantação de matas ciliares é a ação preventiva mais importante para contenção de sedimentos. Essa ação preventiva, com certeza, diminuiria as principais fontes de produção de sedimentos que, na bacia analisada, é decorrente da pecuária e do plantio de cana-de-açúcar, diminuindo conseqüentemente a taxa de assoreamento do lago.

Outro fato que deve ser destacado é a necessidade de políticas públicas mais eficientes para fiscalização da implantação e manutenção das matas ciliares nas margens dos afluentes e reservatório.

Recomendamos a pesquisadores que, para pesquisas que envolvam coletas de dados de precipitações pluviais, seja implantada uma rede de pluviógrafos, e não de pluviômetros, para que não haja interferência de anotações erradas.

## Referências

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

AGUIAR, A. M. **Análises hidrogeomorfológicas e hidrossedimentológicas para comparação de duas bacias hidrográficas contribuintes do reservatório de Itaipu**. São Paulo 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods**. 19, Washington, DC. Edition. APHA, 1995.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. **Standard methods**. 20. For the examination of water and wastewater. Washington, DC. Edition. APHA, 1998.

ANDRADE, F. T. B., SILVA, J. F. R., COELHO, L. S. Produção de sedimentos nas bacias dos rios Pindaré, Meirim, Grajaú e Itepecuru – MA. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2001, Aracaju. **Anais...**, Aracaju, SE, 2001.

ANGST, F. **Estudos hidrossedimentológicos e de qualidade de água no Rio Piquiri**. Cascavel, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999.

BICALHO, C. C. **Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do Rio Descoberto**. Brasília, 2006. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 302**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA N° 357**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2011.

BRASIL. **Lei Federal n° 8.171**, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. Disponível em: <[http://www.adagri.ce.gov.br/Docs/federal/lei8171\\_17011991.pdf](http://www.adagri.ce.gov.br/Docs/federal/lei8171_17011991.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2011.

BREUNIG, F.M.; WACHHOLZ, F.; PEREIRA FILHO, W.; PRADO, B.R. Caracterização limnológica do Reservatório Rodolfo Costa e Silva – Itaara/RS-Brasil. (85-97) **REVISTA GEOGRÁFICA ACADÊMICA** v. 5, n. 1, 2011. Disponível em: <[http://www.rga.ggf.br/index.php?journal=rga&page=article&op=view&path\[\]=129&path\[\]=91](http://www.rga.ggf.br/index.php?journal=rga&page=article&op=view&path[]=129&path[]=91)>. Acesso em: 14 out. 2011.

BROOKS, K.N.; FFOLLIOTT, P.F.; GREGERSEN, H.M. & THAMES, J.L. **Hydrology and the management of watersheds**. Ames, Iowa State University Press, 1991. 392p.

CABRAL, J. B. P. **Análise da sedimentação e aplicação de método de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no reservatório de Cachoeira Dourada - GO/MG.** Curitiba, 2006. Tese (Doutor em Geologia) - Universidade Federal do Paraná.

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

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios.** Brasília: ANEEL. 2000. 140p. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/GuiaAsso.pdf>>. Acesso em 10 jan. 2011.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JÚNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de práticas sedimentométricas.** Brasília: ANEEL. 2000. 154p. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia\\_prat\\_port.pdf](https://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Guia_prat_port.pdf)> . Acesso em 10 jan. 2011.

CAVENAGHI, A. L.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARVALHO, F. T.; GALO, M. L. B. T.; TRINDADE, M. L. B.; CORRÊA, M. R.; SANTOS, S. C. A.; Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-Guaçu. **Revista Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 225-231, 2005.

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

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.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. Disponível em: <[http://www.solos.ufmt.br/docs/esp/SIBCs\\_2009.pdf](http://www.solos.ufmt.br/docs/esp/SIBCs_2009.pdf)>. Acesso em 10 set. 2011.

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

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, A. G. O processo de transporte e deposição de sedimentos nas calhas fluviais dos tributários laterais ao reservatório da hidrelétrica Sérgio Motta, Rio Paraná, Brasil. In: **I SIMPOSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO OESTE.** Cuiabá, 2007. Disponível em:<[http://www.abrh.org.br/novo/i\\_simp\\_rec\\_hidric\\_norte\\_centro\\_oeste43.pdf](http://www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_norte_centro_oeste43.pdf)> Acesso em: 27 jul. 2011.

FURQUIM, J. E; WERNECK LIMA ... [et al.]. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia-Tocantins.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, Brasília, DF: ANEEL: ANA, 2004. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes\\_2010.asp](http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes_2010.asp)>. Acesso em: 18 abr. 2011.

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.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia.** 2. Ed- Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

ICOLD, International Commission on Large Dams. **Sedimentation control of reservoirs. Guidelines.** Bulletin 67. Paris. 1989.

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.

LIMA, J. E. F. W.; SANTOS, P. M. C.; CARVALHO, N. O.; SILVA, E. M. **Diagnóstico do fluxo de sedimentos em suspensão na Bacia Araguaia Tocantins – Planaltina, DF:** Embrapa Cerrados, Brasília, DF: ANEEL: ANA, 2004.

LOPES, J. D. S., LIMA, F. Z. **Pequenas barragens de terra: planejamento, dimensionamento e construção.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005.

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.

MARTINS, M. E.; COIADO, E. M.; Produção de sedimentos em microbacia agrícola cultivada com cana-de-açúcar. In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1999, Belo Horizonte - MG. **Anais...** ABRH. Belo Horizonte, 1999.

MIRANDA, R. B., GOUVÊA, T. H., SCARPINELLA, G. A., MAUAD, F. F.; Medidas mitigadoras do processo de assoreamento em reservatórios hidrelétricos: estudo de caso no Reservatório de Três Irmãos - SP. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, **Anais...** ABRH, Maceió, AL, 2011.

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

NOVO, E.M.L.M; BRAGA, C.Z.F. **Relatório do Projeto Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos.** São José Dos Campos. 75p. INPE – Instituto Nacional de Pesquisas espaciais. 1991.

NOVO, E.M.L.M; BRAGA, C.Z.F. **Segundo Relatório do Projeto Sensoriamento Remoto de Sistemas Aquáticos.** São José dos Campos. 102p. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1995.

OTTONI, A. B., FERREIRA, A. C., NETO, C. N., SILVA, F. G. B., SILVA, D. S.; Análise da variação dos sedimentos dos cursos d'água nos aproveitamentos hidrelétricos em operação. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, **Anais...ABRH**, Maceió, AL, 2011.

PAIVA, J. B. D. et al. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre, ABRH, 2001, 625 p.

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 COMPLEX, 2011, Goiânia. **Anais...Universidade Federal de Goiás**. Goiânia, GO, 2011.

PALHARES, J. C. P.; **Medição da vazão em rios pelo método do flutuador**. Manual Técnico 455. Concórdia SC: EMBRAPA, 2007.

PAVANELLI, G.; **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação da água com cor ou turbidez elevada**. São Carlos, 2001. Dissertação (Mestrado em Hidráulica em Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

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, 2000, 138 p. Tese (Doutoramento em Geografia) - Universidade de São Paulo.

PORTELA, M. M., MARQUES, P., CARVALHO, F. F. Hietogramas de projecto para análise de cheias baseada no modelo do hidrograma unitário do soil conservation servise (SCS). In: **CONGRESSO DA ÁGUA**. Lisboa, 2000. Disponível em: <[http://www.civil.ist.utl.pt/~mps/Mod\\_hid/Bibliografia/artigo%20hietogramas.pdf](http://www.civil.ist.utl.pt/~mps/Mod_hid/Bibliografia/artigo%20hietogramas.pdf)>. Acesso em 20 ago. 2010.

PRUSKI, F. F., GRIELBELER, N. P., SILVA, D. D. Comparação entre dois métodos para a determinação do volume de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, p. 403-410. 2001. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v25n2a16.pdf>>. Acesso em 20 ago.2010.

RAMOS, M. M., OLIVEIRA, R. A. **Medição da vazão em pequenos cursos d'água**. SENAR, Brasília, 2003.

ROCHA, I. R., CABRAL, J. B. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros – GO. In: XIX Seminário de Iniciação Científica / VIII COMPLEX, 2011, Goiânia. **Anais...Universidade Federal de Goiás**. Goiânia, GO, 2011.

SALGADO, M. P. G.; BATISTA, G. T. Análise da microbacia do Ribeirão Grande por meio de geotecnologias. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2009, Taubaté. **Anais...** Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrográficas. Taubaté, SP, 2009, p. 65-72.

SCOPEL, I., ASSUNÇÃO. H. F. Erosividade no estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. REUNIÃO LATINO AMERICA DE AGROMETEOROLOGIA, XI. II. 1999, Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: UFSC, 1999. p.1-9.

SEVA, O. Estranhas catedrais. Notas sobre o capital hidrelétrico, a natureza e a sociedade. **Revista Ciência e Cultura**, [online], Campinas-SP, vol. 60, no. 3, pp. 44-50. 2008. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v60n3/a14v60n3.pdf>>. Acesso em 15 jul. 2011.

SIEG. **Sistema Estadual de Estatísticas Informações Geografias de Goiás**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br>>. Acesso em: 22 jul. 2009.

SILVA, P. M. O.; MELLO, C. R. de; SILVA, A. M. da; COELHO, G. Modelagem da hidrografia de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande PB, v. 12, n. 3, 2008.

SILVA, S. A. **Avaliação do assoreamento do Lago Bonsucesso, Jataí - GO**. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) - Setor de Ciências da Terra, Curso de Pós-Graduação, Geologia Ambiental, Universidade Federal do Paraná.

SIVIERO, M. R. L.; COIADO, E. M.; A produção de sedimentos a montante de uma seção no Rio Atibaia associada à descarga sólida transportada. In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1999, Belo Horizonte - MG. **Anais...** ABRH. Belo Horizonte, 1999.

TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. Conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, SP: Centro Universitário de Araraquara, n-20. 2007.

TUCCI, C. E. M.; (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora da UFRGS e EDUSP ABRH, 1993, 952 p.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001. Disponível em: <<http://comiteitajai.org.br/dspace/handle/123456789/273>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, v. 70, p. 24-35, 2006.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI T. M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

WETZEL, R.G; LIKENS, G.E. **Limnological analysis**. 2ed. New York. Springer Verlag. 391p. 1991.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and river ecosystems**. California, USA: Academic Press, 2001.