

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Campus de Ourinhos

REGIS ROSSETTO FERRAZ DE BARROS

**VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO CANOAS II
(UGRHI-17) UTILIZANDO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO**

Ourinhos – SP

Agosto/2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“Júlio de Mesquita Filho”

Campus de Ourinhos

**VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO CANOAS II
(UGRHI-17) UTILIZANDO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E
GEOPROCESSAMENTO**

REGIS ROSSETTO FERRAZ DE BARROS

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à banca examinadora para obtenção do título
de Bacharel em Geografia pela Unesp –
Campus Experimental de Ourinhos.*

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Lilla Manzione

Ourinhos – SP

Agosto/2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos meus pais Dourival e Ednir, à minha irmã Laís e aos meus tios Francis, Edna e Eduardo, que muito contribuíram para a concretização dessa etapa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sabedoria e bênçãos proporcionadas em minha vida.

Aos meus pais e à minha irmã, Laís Rossetto, que sempre me incentivaram a buscar este sonho desde muito cedo, fornecendo todo o suporte necessário durante essa etapa da minha vida, me sustentando fisicamente e espiritualmente, acreditando no meu potencial.

Aos tios Edna e Francis, pelo apoio e pelas oportunidades oferecidas, as quais proporcionaram meu desenvolvimento intelectual e amadurecimento. Ao meu tio Eduardo Rossetto pelas viagens que muito contribuíram para a minha formação e também pela força. À minha tia Elaine Rossetto pelo incentivo a mim dado.

A todos os primos, Nadja, Rachel, Braulio, Yara, Yedda, os quais sempre estiveram ao meu lado, dividindo os bons e maus momentos.

Aos meus avós maternos, Fernando Rossetto e Odilia Ventura, pela felicidade de estarem vendo todos os netos cursando universidades.

Aos meus queridos amigos e colegas de Sorocaba, João Paulo, Doni, Thais, Flávia Ramires, Bruno, Fernanda Policarpo, Stephanie Andrade e João Botelho por acreditarem nesse sonho, me apoiando em todos os momentos.

Aos caros amigos, Leandro Nakama e família, Cláudia e família, Felipe e família, Daniel e Fabrício, pela amizade e por momentos de alegria e pelo apoio ainda que distante.

Aos meus colegas e amigos da Unesp de Ourinhos, Bruno Alonso, Gustavo Rossi, Cleiton, Targino Filho, Paulo Victor, Ana Maria, Juliana Spinelli, Douglas Domiciano, Lucas Vituri, Rafael Vituri, Julio Demarchi, Juliana Zanchetta, Iris Romagnoli, Larissa Gandara, Leandro Mendes, Diego Tanikawa, Claudiane Paes, Inêz Brandão, Wellington Leandro, Vinícius Queiroz, Antônio Guilherme, Laryssa Silva, Rafael Crepaldi, Marcos Praddo, Jakson, Aira Nava, Rita Ferreira e outros colegas da VII Turma, pela amizade, convivência e momentos de descontração.

Ao professor e orientador Prof. Dr. Rodrigo Lilla Manzione, pelo auxílio e atenção na organização e execução do projeto, pelas oportunidades que me foram concedidas para que esse trabalho fosse realizado.

Aos professores da unidade: Profª Drª Carla Cristina Reinaldo Gimenes de Senna, Profª Andréa Aparecida Zacharias, Profª Drª Maria Cristina Perusi, Prof. Dr. Edson Luis Piroli, Prof. Dr. Diego Maia, Profª Márcia Mello, Profª Luciene Rizzo e Profª Marcilene dos Santos, alguns destes grandes amigos que me deram motivação e bons conselhos.

Ao supervisor técnico de seção, da UNESP Ourinhos, Márcio Ribeiro Lopes, por ter atendido um de meus telefonemas, confirmando minha matrícula na instituição.

À minha família em Ourinhos, os amigos, José de Jesus, Fred Meneguetti e família, Lucas Santos, pelo acolhimento, pela amizade, convivência, e também aos colegas da Igreja Metodista em Ourinhos, os quais me receberam de braços abertos.

Aos outros colegas de Ourinhos, Professor Marcos Correa pela contribuição à minha formação, Professora Maria Angélica Baccili pela oportunidade de participar dos treinos de voleibol junto à equipe da cidade.

“Melhor é o fim das coisas do que o princípio delas” - Eclesiastes 7:8

VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DAS ÁGUAS DO RESERVATÓRIO CANOAS II (UGRHI-17) UTILIZANDO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO

RESUMO

A conservação dos sistemas hídricos possui relevante importância em diversas áreas do conhecimento, em especial pelo viés da gestão ambiental. A degradação em ritmo acelerado acaba comprometendo a qualidade dos recursos naturais, sobretudo da água, desencadeando alterações que podem provocar eutrofização pela elevação na quantidade de nutrientes, dissolvidos na água, oriundos de fonte pontuais e não pontuais. A eutrofização permite as populações de cianobactérias, algas, plantas aquáticas se desenvolver e aumentar, prejudicando o ambiente aquático. Nesse contexto, o estudo analisou o Reservatório Canoas II, localizada na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI-17). Pretendeu-se entender a dinâmica desse reservatório desde seu enchimento em 1999, identificando possíveis ocorrências de eutrofização atuais. Para isso utilizou-se imagens de satélite e operações em sistemas de informações geográficas, verificando modificações no espelho d'água do reservatório e indicando áreas críticas suscetíveis a ocorrência da eutrofização, com a finalidade de compreender a dinâmica do reservatório. Os resultados demonstraram nos braços da margem esquerda da represa ao longo de sua extensão, a presença de áreas mais críticas quanto ao acúmulo de sedimentos, proliferação de algas e recuo do espelho d'água. O uso do sensoriamento remoto e geoprocessamento proporcionaram resultados eficientes nesse estudo.

PALAVRAS-CHAVE: água, eutrofização, reservatório.

WATER CONDITIONS VERIFICATION IN THE CANOAS II RESERVOIR (UGRHI-17) USING REMOTE SENSING AND GEOPROCESSING TECHNIQUES

ABSTRACT

The conservation of hidric systems has relevant importance in many areas of knowledge, especially through the viewpoint of the environmental resources management. The fast rhythm of environmental degradation results in risks for the quality of natural resources, above all, the water, unleashing alterations that can cause eutrophication, dues to increase amount of nutrients, dissolved in water, provenient from pontual and non-pontual sources. The eutrophication allows developement and increasing populations of cyanobacteria, algae, aquatic plants, damaging the aquatic environment. In this context, this study analyzed Canoas II Reservoir, located at the Water Resources Management Unit Médio Paranapanema (UGRHI-17) in order to comprehend the dynamic of this reservoir since its filling up in 1999 and identify possible current occurrences of eutrophication. Satellite images and operations in geographic information systems (GIS) were used, verifying changes in water surface of the reservoir and indicate critical areas susceptible to the occurrence of eutrophication, it purposes understand the dynamics of the reservoir. The results are demonstrated that the left side of the reservoir along its length, presence of most critical areas for of sediment accumulation, alga proliferation and recoil of the water surface. Using of remote sensing and geoprocessing provided efficient results in this study.

KEYWORDS: water, eutrophication, reservoir.

Banca examinadora

Prof. Dr. Rodrigo Lilla Manzione (Orientador)

Prof. Dr. Edson Luis Piroli

Prof. Dr^a Marcilene dos Santos

Ourinhos, 4 de setembro, 2013.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	15
2.1 Problema de Estudo	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivos gerais	18
2.3 Objetivos específicos	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
3.1 A hidroeletricidade ao longo dos anos	19
3.1.1 A hidroeletricidade no Brasil	21
3.2 Dinâmica e tipos de reservatórios	25
3.3 Efeitos da antropização do meio na qualidade das águas	26
3.4 Eutrofização.....	26
3.5 Problemas e consequências da Eutrofização	29
3.6 O Rio Paranapanema	33
3.6.1 Exploração do potencial hidroelétrico do Rio Paranapanema	33
3.6.2 Sistemas em Cascata	36
3.6.3 A Bacia do Médio Paranapanema (UGRHI-17).....	36
3.7 Características gerais da UGRHI-17: uso do solo, águas superficiais, geração de energia elétrica, erosão, assoreamento e qualidade da água.....	38
3.7.1 Problemas presentes na gestão de recursos hídricos na UGRHI -17	40
3.8 O reservatório Canoas II	40
3.8.1 Canoas do Complexo ao Projeto	41
3.8.2 O empreendimento e sua construção	42
3.9 Sensoriamento remoto.....	42
3.9.1 Sensoriamento Remoto em sistemas aquáticos	44
3.10 Diagnósticos e recomendações	45
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
4.1 Coleta e análise dos dados.....	49
4.2 Dados das imagens utilizadas	49
4.2.1 Fase Pré-enchimento	49

4.2.2	Fase de Enchimento.....	50
4.2.3	Fase Pós-enchimento.....	50
4.3	Aplicativos utilizados.....	51
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
5.1	Identificação de áreas críticas via análise visual.....	52
5.2	Análise da fase de pré-enchimento do reservatório.....	55
5.3	Análise da fase de enchimento do reservatório.....	57
5.4	Análise da fase pós-enchimento do reservatório considerando efeitos da sazonalidade, comparando índices pluviométricos de anos com maiores volumes de chuva e anos com menores volumes de precipitação.....	61
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
	REFERÊNCIAS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Países com os maiores potenciais hidroelétricos no mundo.	21
Figura 2. O sistema interligado nacional.	22
Figura 3. Mapa do potencial por Bacia Hidrográfica.	24
Figura 4. Poluição pontual e difusa.	27
Figura 5. Estados tróficos de ambientes aquáticos.	30
Figura 6. Evolução do processo de eutrofização em um lago ou represa. Associação entre o uso e ocupação do solo e a eutrofização.	32
Figura 7. Os reservatórios do Rio Paranapanema em seu trecho médio.	34
Figura 8. Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), 2006.	34
Figura 9. Mapa de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo	35
Figura 10. Representação com informações sobre suscetibilidade na UGRHI - 17 Médio Paranapanema.	37
Figura 11. Composição utilizando as bandas R(5), G(4), B(3), Landsat 5 referente ao ano de 2009	39
Figura 12. Composição falsa-cor do Reservatório Canoas II, referente ao ano de 1999	41
Figura 13. Esquema com destaques às áreas com presença de vegetação aquática e potencial para a ocorrência de eutrofização Reservatório Canoas II, referente ao ano de 1999	53
Figura 14. Composição falsa-cor do Reservatório Canoas II, referente ao ano de 2001	53
Figura 15. Esquema de análise de áreas referentes à imagem de 2001	54
Figura 16. Presença de vegetação aquática próxima à região da barragem de Canoas II... ..	54
Figura 17. Composição falsa-cor do Reservatório Canoas II, referente ao ano de 2003	55
Figura 18. Esquema de análise de áreas referentes à imagem de 2003.....	55
Figura 19. Representação dos polígonos referentes a julho de 1993.....	55
Figura 20. Representação dos polígonos referentes a agosto de 1995.....	56
Figura 21. Representação dos polígonos referentes a agosto de 1997.....	56
Figura 22. Representação dos polígonos referentes a junho de 1998.	57
Figura 23. Representação dos polígonos referentes a setembro de 1998	58
Figura 24. Representação dos polígonos referentes a dezembro de 1998.	59
Figura 25. Representação dos polígonos referentes a maio de 1999.	59
Figura 26. Precipitação Anual em Palmital, SP.	62
Figura 27. Série temporal de Palmital, SP.	62
Figura 28. Representação dos polígonos referentes a julho de 2005.....	63
Figura 29. Representação dos polígonos referentes a janeiro de 2008.....	64

Figura 30. Representação dos polígonos referentes a janeiro de 2009.....	64
Figura 31. Presença de agricultura e propriedades nas proximidades das margens do Reservatório Canoas II.	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Maiores Consumidores de Hidroeletricidade de 2006 a 2007.....	20
Tabela 2. As maiores usinas em operação no Brasil.....	23
Tabela 3. Classificação trófica preliminar para lagos.	31
Tabela 4. Presença de Usinas Hidroelétricas na UGRHI-17.	39
Tabela 5. IQA e IVA (2005) Rio Paranapanema, Ourinhos, SP.....	40
Tabela 6. Variação das áreas – Fase Pré-enchimento (km ²).	57
Tabela 7. Variação das áreas – Fase de enchimento (km ²).	60
Tabela 8. Anos de maior e menor volume pluviométrico total (mm).	61
Tabela 9. Variação das áreas – Fase Pós-enchimento.	63

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Atribuições dos setores para o gerenciamento integrado.....	46
---	----

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A água é essencial para a sobrevivência dos organismos vivos, incluindo o homem, sendo responsável pela manutenção da vida e pelos processos que ocorrem na superfície terrestre, permitido por suas mudanças de estado físico, sólido, líquido e gasoso, no ciclo hidrológico. (TUNDISI, 2003).

No entanto, com o decorrer dos anos, o elevado crescimento da população e a expansão da economia, em escala global, proporcionaram uma melhoria do nível de desenvolvimento econômico, aumentando as necessidades de água para diversas esferas do âmbito socioeconômico, como por exemplo, o abastecimento público em áreas urbanas, o uso industrial, a produção de energia elétrica a partir da hidroeletricidade, o transporte, como é o caso da navegação, a irrigação, o desenvolvimento de atividades como a pesca e lazer, provocando a intensificação dos usos múltiplos excessivos da água, que promovem alterações em diversos aspectos e componentes do ciclo hidrológico.

A fim de suprir tal demanda, novas alternativas para a exploração de mananciais são implementadas e utilizadas até os dias de hoje, como construção de reservatórios, exploração de aquíferos, criação de canais para transposição de águas, requerendo, cada vez mais, avanços tecnológicos de alto custo para a utilização adequada do recurso água. Todavia, as tecnologias adotadas no saneamento básico e no tratamento de água não alcançam grande parte da população, que ainda conta com um saneamento inadequado e água de má qualidade.

Devido à contaminação das águas superficiais e subterrâneas, os ecossistemas aquáticos se tornam cada vez mais vulneráveis as ameaças ambientais, dentre algumas, a eutrofização, responsável por comprometer as reservas de água nas bacias hidrográficas. Este fenômeno proporciona o florescimento de algas e o crescimento descontrolado de plantas aquáticas, produzindo toxinas de modo a aumentar as concentrações de matéria orgânica, diminuir o teor de oxigênio na água, provocando a morte excessiva de peixes e demais organismos aquáticos, além de propagar demasiadamente doenças via veiculação hídrica e eliminar gases tóxicos como o metano e o ácido sulfídrico na atmosfera.

A construção de reservatórios a partir do século XX foi um dos principais empreendimentos realizados em diversos continentes, alterando ambientes através da inundação de áreas superiores a 400.000 km², concentrando grandes volumes de água (MARGALEF, 1983, STRAŠKRABA et al., 1993, apud TUNDISI, 2003). Atualmente, países desenvolvidos e em desenvolvimento vivem uma realidade oposta nessa questão. A tendência de criações de represas diminuiu nos países desenvolvidos, enquanto permanece frequente nos países em desenvolvimento visando o desenvolvimento socioeconômico (KENNEDY, 1999, apud NOGUEIRA et al. 2005, p. 84).

No Brasil, as represas estão associadas a uma ampla rede de produção de hidroeletricidade, inerente a sociedade, vinculados a interesses que se opõem as questões ambientais (KELMAN et al., 1999; TUNDISI, 1999, apud NOGUEIRA, 2005).

Entretanto, a bacia do rio Paraná é descrita por Agostinho et al. (2004) apud Nogueira, Henry & Jorcin (2005) como a maior concentração de reservatórios com áreas superiores a 100 km² e aproximadamente 130 barragens de médio e grande porte, além de conter a maior capacidade instalada de energia elétrica do país. Também é a de maior demanda. Com isso, a bacia vem sendo estudada por diversos autores, onde as pesquisas buscam entender a dinâmica desses novos ambientes, a fim de minimizar os impactos da construção destas, compreendendo o efeito dos represamentos a fim de melhorar a utilização de grandes volumes de água.

Segundo Tundisi (2003, p. 122), a pesquisa e o gerenciamento dos recursos hídricos devem dispor de uma base de dados fornecida pela pesquisa científica com o intuito de gerar informações inerentes às decisões dos gestores, de modo a sustentar a interação entre gestores e pesquisadores, possibilitando a implantação de políticas públicas e desenvolvendo mecanismos institucionais que permitam uma análise estratégica dos recursos hídricos, visando analisar os usos dos recursos hídricos, seus benefícios e a natureza social e econômica dos impactos nestes. Também deve ser pensado como enfrentar os conflitos do uso do solo dos mananciais, discorrendo sobre os usos múltiplos dos recursos hídricos, que tendem a aumentar devido às constantes pressões econômicas (SALATI et al., 1999), necessitando por muitas vezes, de um banco de dados e de um sistema de informações para serem resolvidos, de modo a permitir a análise da realidade, estudando alternativas a serem implantadas (TUNDISI, 2003, p. 124).

Assim, é possível adotar, cada vez mais, melhores alternativas que possam ser implantadas no gerenciamento e planejamento de recursos hídricos, consolidando decisões, através da geração de pesquisas cada vez mais pertinentes. Com isso será possível avaliar mudanças no uso do solo, como as atividades agrícolas, e o desmatamento nas margens dos reservatórios, compreendendo suas interferências nos corpos d'água, como o surgimento da eutrofização nas águas, fornecendo respostas para promover melhorias no uso do solo, e nos usos múltiplos dos recursos hídricos de forma sustentável.

1.1 Problema de Estudo

Os reservatórios podem ser entendidos como ecossistemas, uma vez que, interferem no regime hidrológico, promovendo alterações nas bacias hidrográficas em sua respectiva dinâmica ecológica (Henry, 1999 apud Nogueira et. al 2005).

No Brasil, o processo de desenvolvimento da construção de reservatórios se deu em larga escala na Região Sudeste, devido à necessidade de abastecimento e fornecimento de

hidroeletricidade à população e às indústrias, ambas apresentando a maior concentração demográfica do país.

Atualmente, somente na Região Metropolitana de São Paulo existem 23 reservatórios fornecendo à população $65\text{m}^3/\text{s}$ de água (Nogueira et. al 2005). A maior parte das represas está localizada em áreas de ocupação urbana irregular e desordenada, onde esses sistemas estão expostos às vulnerabilidades e impactos causados por esse processo, como o desmatamento, as descargas de nutrientes inorgânicos, em especial a do fósforo e do nitrogênio provenientes de fontes pontuais e não pontuais, que degradam as águas produzindo eutrofização, e conseqüentemente, impactos sociais, econômicos e ecológicos.

Entretanto, a redução do fenômeno nos corpos hídricos requer gastos elevados para a recuperação desses sistemas. Portanto, para controlar os diversos impactos e a eutrofização, é necessário iniciar ações de preservação das bacias hidrográficas, a fim de melhorar os usos múltiplos, reduzindo a toxicidade das águas, permitindo manter a potabilidade das águas, de modo a evitar elevados custos de tratamento para a obtenção de água para o consumo da população.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

O presente trabalho ve como objetivo realizar estudo sobre um dos reservatórios do rio Paranapanema, Canoas II, na região hidrográfica do Médio Paranapanema, entre os municípios de Andirá e Cambará no Paraná, Palmital, Ibirarema e Salto Grande em São Paulo, de modo a verificar, modificações no espelho d'água do reservatório, indicando áreas críticas suscetíveis à ocorrência da eutrofização, notáveis em alguns reservatórios, apontando suas possíveis causas e consequências na qualidade das águas.

2.2 Objetivos específicos

- Utilizar dados de precipitação a partir de série temporal com um intervalo de dez anos, gerando informações sobre o comportamento do espelho d'água comparando os dois anos mais chuvosos e os dois menos chuvosos e suas respectivas interferências no aspecto da represa;
- Usar de imagens dos satélites LANDSAT 5 TM e LANDSAT 7 ETM+ e de SIG para identificação de oscilações no reservatório;
- Verificar áreas afetadas pelas alterações de nível do reservatório, formação de lagoas marginais e presença de vegetação aquática;
- Desenvolver informações que contribuam para a gestão e planejamento de recursos hídricos, provendo melhorias no gerenciamento da eutrofização em reservatórios

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A hidroeletricidade ao longo dos anos

A hidroeletricidade é a eletricidade obtida através do aproveitamento da água represada. A energia potencial gravitacional é convertida em energia cinética, momento em que a água percorre as tubulações. Com a passagem da massa d'água pela turbina hidráulica ocorre a liberação de energia fazendo com que a água mova a turbina acionando um gerador elétrico, sendo transportada até a casa de força onde sua tensão é alterada, seguindo pelas linhas de transmissão para as cidades, onde a tensão é reduzida nas subestações para serem distribuídas para as residências.

Desde a antiguidade a partir do século II a. C. a energia hidráulica teve grande importância. Primeiramente, as rodas d'água geravam energia mecânica através da moagem de grãos, tendo um papel fundamental até meados do século XVI para o início da industrialização na Europa. Passou por uma modificação durante o século XIX quanto à geração cuja finalidade, agora, seria a produção de energia elétrica. Isso se deu justamente pelo esgotamento das matérias-primas para outras formas de obtenção de energia utilizadas até então. Por outro lado, já se iniciava a criação de turbinas para a geração de energia elétrica e a distribuição para longas distâncias, o que resultou num significativo rendimento econômico desse tipo de aproveitamento.

Segundo os dados da Agência Internacional de Energia (IEA) publicados no Atlas da Energia Elétrica do Brasil (2002, p. 52), nos últimos quarenta anos a oferta de energia hidroelétrica apresentou um aumento na Ásia, China e na América Latina, especialmente no Brasil, onde a hidroeletricidade corresponde à maior parte da produção de energia elétrica. Ao mesmo tempo os países desenvolvidos exploraram todos os seus potenciais, causando a diminuição na evolução do volume produzido em relação às outras fontes como o gás natural e nuclear. Em contrapartida, nessas últimas regiões o andamento dos empreendimentos foi afetado devido às questões ambientais em relação à implantação de usinas hidroelétricas de grande porte, dentre elas impactos locais sobre o modo de vida da população, flora, fauna, as vastas áreas alagadas e o aumento dos níveis dos rios e outras diversas alterações em seus respectivos cursos. Acerca dessa questão, têm-se o caso da China, que apesar das pressões, não realizou alteração no cronograma, sendo que uma de suas usinas, Três Gargantas, foi parcialmente concluída em maio de 2006 um semestre antes do previsto, finalmente concluída em agosto de 2012, contando com uma capacidade instalada de aproximadamente 18 mil MW, ultrapassando Itaipu Binacional com 14 mil MW. A tabela 1 e a figura 1 destacam os países com os maiores potenciais hidroelétricos e que mais consumiram hidroeletricidade no mundo entre 2006 e 2007, destacando países em desenvolvimento e desenvolvidos.

As primeiras hidroelétricas surgem no final do século XIX, na Europa e na América do Norte, cuja última localidade é mencionada com maior frequência, nas Cataratas no Niágara. Nessa época, o principal combustível era o carvão mineral e as pesquisas relacionadas à exploração de petróleo se iniciavam (ANEEL, 2002).

Sachs (2007 p. 152) cita a urbanização como a principal transformação social contemporânea, tendo que ao final do século XVII cerca de 3% da população mundial vivia nas cidades. Ainda estimou que a população mundial quadruplicasse num intervalo de tempo entre a década de 1950 e a virada do século XXI, prevendo o aumento da população urbana em contraposição à população rural.

Tabela 1. Maiores Consumidores de Hidroeletricidade de 2006 a 2007.¹

Países	2006	2007	Participação (%)
China	435,8	482,9	15,4%
Brasil	348,8	371,5	11,9%
Canadá	355,4	368,2	11,7%
Estados Unidos	292,2	250,8	8,0%
Rússia	175,2	179,0	5,7%
Noruega	119,8	135,3	4,3%
Índia	112,4	122,4	3,9%
Venezuela	82,3	83,9	2,7%
Japão	96,5	83,6	2,7%
Suécia	61,7	66,2	2,1%
Total	2.080,1	2.143,8	68,4%

Fonte: BP GLOBAL in Atlas da Energia Elétrica no Brasil, 2008, p 55.

¹ Maiores Consumidores de Hidroeletricidade de 2006 a 2007 em TWh.

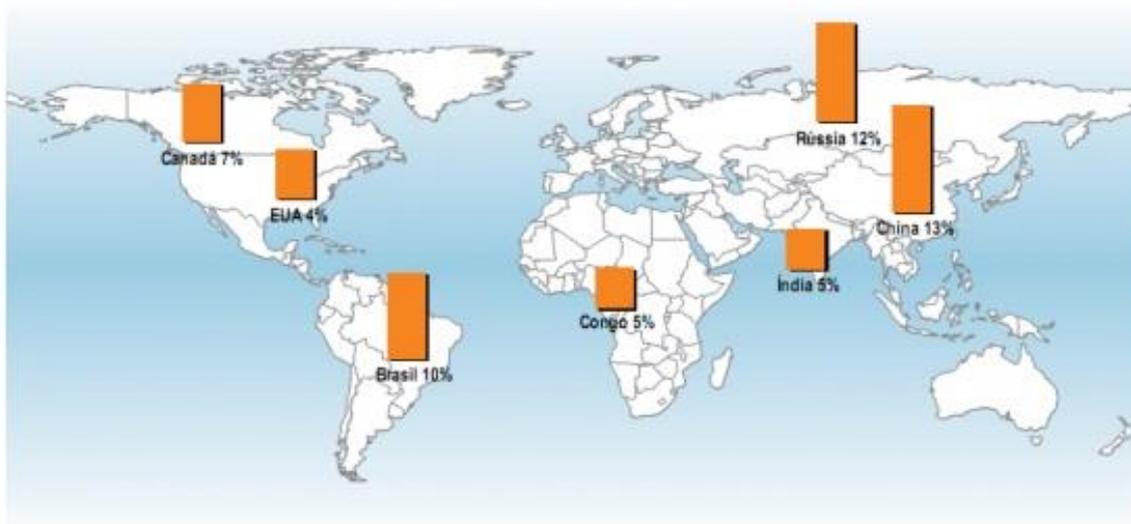


Figura 1. Países com os maiores potenciais hidroelétricos no mundo.

Fonte: ANEEL, 2008. p. 56.

3.1.1 A hidroeletricidade no Brasil

O Brasil é o quinto maior país do mundo, o terceiro maior país do continente americano e o maior da região meridional do mesmo continente, com uma área de aproximadamente 8,5 milhões de km² e faixa litorânea de aproximadamente 7 mil quilômetros, sendo cortado pela linha do Equador e pelo Trópico de Capricórnio, justificando suas variedades climáticas, vegetais, hidrológicas, geográficas, geológicas, entre outros. Com uma população de 184 milhões de habitantes também é o quinto país mais populoso do mundo (IBGE, 2010).

Conforme ANEEL (2008), 95% da população brasileira eram alcançados pela rede elétrica, 85% residencial. O contraste e as peculiaridades entre as regiões brasileiras fez com que os sistemas de geração e transmissão se desenvolvessem facilitando o acesso da população ao recurso. Uma das alternativas foi a criação do Sistema Interligado Nacional (SIN), um imenso sistema de linhas de transmissão pelos quais se distribui toda energia que é produzida no país. Esse sistema, por sua vez, abrange todas as regiões brasileiras, exceto a maior parte da Região Norte, a qual conta com Sistema Isolado já que possui uma floresta densa e rios caudalosos tornando inviável a implementação de malha elétrica para suprir a região.

O SIN abrange as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte do Norte. Em 2008, concentra aproximadamente 900 linhas de transmissão que somam 89,2 mil quilômetros nas tensões de 230, 345, 440, 500 e 750 kV (também chamada rede básica que, além das grandes linhas entre uma região e outra, é composta pelos ativos de conexão das usinas e aqueles necessários às interligações internacionais). Além disso, abriga 96,6% de toda a capacidade de produção de energia elétrica do país – oriunda de fontes internas ou de importações, principalmente do Paraguai por conta do controle compartilhado da usina hidroelétrica de Itaipu. (ANEEL, v. 3, 2008. p. 30).

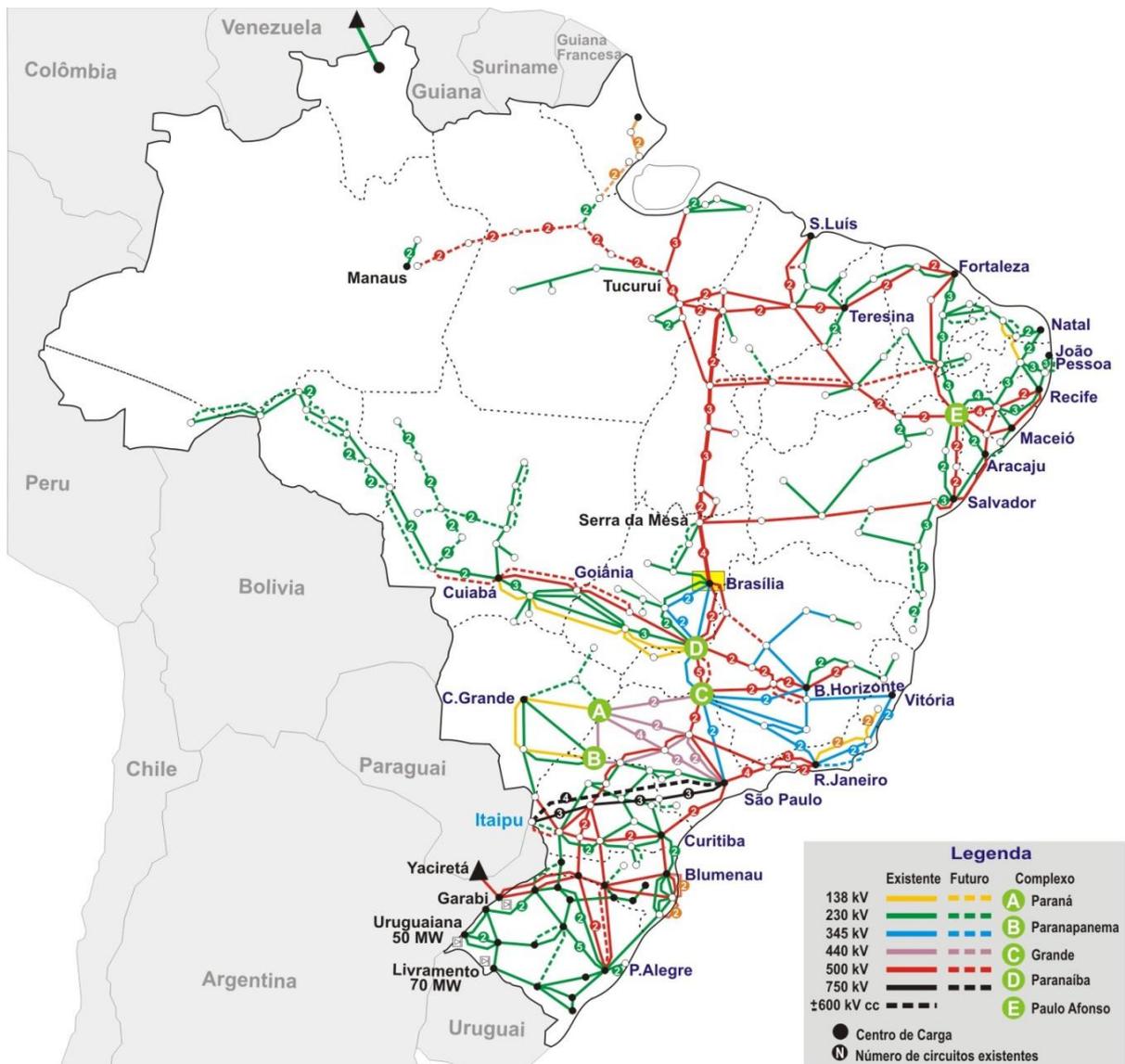


Figura 2. O sistema interligado nacional.

Fonte: ANEEL, 2008. Adaptado por Barros, 2013.

O controle das operações do SIN é realizado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), onde a ANEEL fiscaliza as companhias geradoras e transmissoras, de modo a promover o intercâmbio energético entre as regiões durante as épocas do ano, visto que, muitas destas sofrem estiagem devido ao regime climático e hidrológico. Sendo assim, as regiões perenes dão suporte a elas, destinando-as o excedente da produção energética.

Além disso, possibilitam a integração entre as usinas hidroelétricas e termoelétricas atendendo os momentos de picos de demanda.

Dados da Empresa de Pesquisa Energética (2007) in ANEEL (2008), indicam que a energia hidroelétrica produzida no Brasil representa 86,5%, conformando-a como base da produção elétrica no país. Para a ANEEL, (2008, p. 57), o país apresenta um potencial hidroelétrico de 260 mil MW, sendo 30% disso usinas outorgadas e construídas, visando à utilização de 126 mil MW até 2030.

Contudo, a maior parte desse potencial está localizada nas bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia não podendo ser exploradas devido às condições impróprias para o represamento, como uma grande área coberta por floresta densa, baixa declividade de rios, os quais são muito caudalosos, colocando em risco a população e a biodiversidade, vide figura 3. Entretanto, o desenvolvimento das hidroelétricas foi mais numeroso no Sul, Sudeste e Nordeste, como mostra a tabela 2, pois essas regiões começaram a ser exploradas nesse âmbito desde a década de 1950, devido à elevada densidade demográfica, ao relevo favorável e pela presença de indústrias nessas regiões, o que gerou uma demanda maior por energia.

Tabela 2. As maiores usinas em operação no Brasil – ANEEL, (2008).

Nomes	Potência (kW)	Região
Tucuruí I e II	8.370.000	Norte
Itaipu (parte brasileira)	6.300.000	Sul
Ilha Solteira	3.444.000	Sudeste
Xingó	3.162.000	Nordeste
Paulo Afonso IV	2.462.400	Nordeste
Itumbiara	2.082.000	Sudeste
São Simão	1.710.000	Sudeste
Jupiá	1.551.200	Sudeste
Porto Primavera	1.540.000	Sudeste

Fonte: ANEEL, 2008.

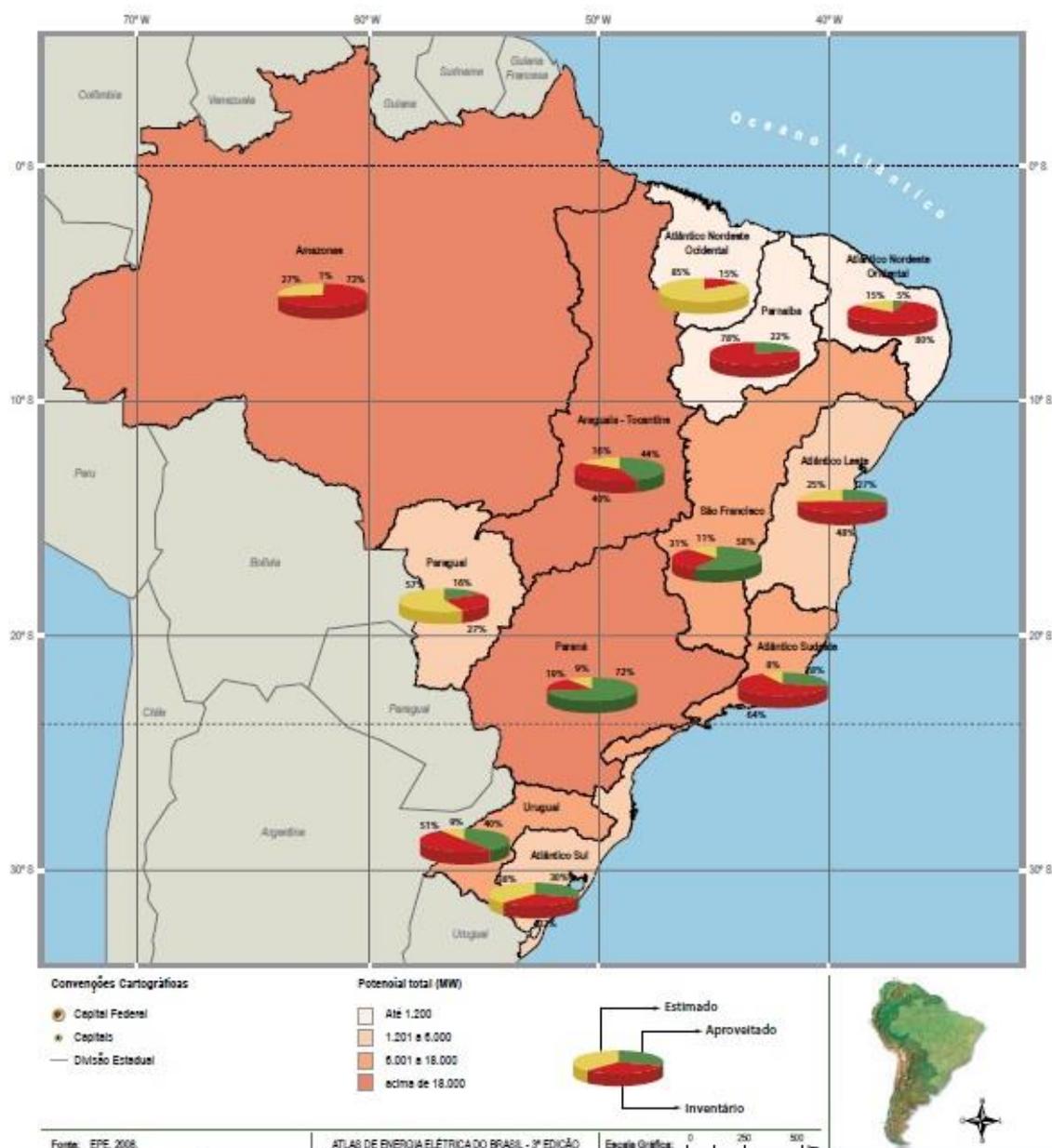


Figura 3. Mapa do potencial por Bacia Hidrográfica.

Fonte: ANEEL, 2008.

Diante dessas considerações, as bacias hidrográficas que apresentam os maiores valores de potencial hidrelétrico nem sempre são as mais aproveitadas, como é o caso da Bacia Amazônica, a qual dispõe de um potencial de 106 mil MW, valor maior que a potência instalada no Brasil (102 mil MW). Em contrapartida, as bacias mais aproveitadas são as bacias do Paraná e São Francisco localizadas no Sul, Sudeste e Nordeste, as quais abrigam diversos empreendimentos, ou seja, já se encontram em elevados níveis de exploração.

Segundo a Itaipu Binacional, a usina dispõe de 20 unidades geradoras e de uma potência instalada de 14.000 MW, responsável por 17,3% da energia consumida no Brasil e representando 72,5% do consumo paraguaio. Somente no ano de 2012 a usina produziu aproximadamente 98,2 milhões de megawatts-hora, um recorde mundial na produção de

energia. A usina fornece energia para o Brasil inteiro através de cinco linhas de transmissão, duas em corrente contínua ± 600 kV e três linhas de corrente alternada 765 kV, contendo três subestações até o destino final no Estado de São Paulo, as quais reduzem a tensão. A partir daí, a energia produzida é distribuída no SIN.

3.2 Dinâmica e tipos de reservatórios

Tundisi, (2003), aponta que alguns fatores físicos como a morfometria, as alterações no fluxo d'água, a circulação de nutrientes, o tempo de retenção hidráulica de um reservatório e o tipo e forma de barragem, contribuem para as influências na natureza, tanto em aspectos físicos e químicos implicando na estrutura e dinâmica do sistema.

Thornton, (1981) apud Aguiar; Gomes, (2006, p.2) mostram que os reservatórios apresentam três zonas que podem ser identificadas através da taxa de sedimentos existentes nessas áreas, fluvial, transição e lacustre, no qual a relação entre a sedimentação e os compartimentos do reservatório se dá através do tempo de retenção do fluxo de água.

[...] o tipo de represa construída também tem grande influência nos processos de mistura, o que pode ser verificado por meio da análise da estrutura térmica da coluna d'água. (NOGUEIRA; HENRY & JORCIN, 2005, p. 94).

Os reservatórios se enquadram em dois tipos: acumulação e fio d'água, sendo o primeiro comum próximo às nascentes dos rios, apresentando quedas elevadas, o que permite grande acumulação de água à montante da barragem e estocagem da água em períodos secos. Além disso, estão presentes nos sistemas em cascata, localizados a montante dos reservatórios posteriores, regulando a vazão que flui para estes, o que caracteriza a operação integrada de um conjunto de usinas. (ANEEL, 2002, p. 53).

Não obstante, as centrais hidroelétricas possuem uma classificação que considera o tamanho da queda, a vazão no caudal médio, o serviço desempenhado e o tipo de aproveitamento. As pequenas centrais hidroelétricas (PCHs) são compostas por usinas de pequeno porte cuja capacidade instalada esteja entre 1MW e 30MW, cuja área do reservatório não ultrapasse 3 km², ou 300 hectares. Já as usinas hidroelétricas (UHE), devem dispor de uma capacidade instalada superior a 30 MW, onde a área de seu reservatório seja superior a 3 km², ou 300 hectares, conforme ANEEL, Resolução nº 652 de 9 de dezembro de 2003.

Segundo o Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidroelétricas da Universidade Federal de Itajubá apud ANEEL, (2002, p. 49) as quedas são classificadas como altas superiores a 150m, médias, entre 15m e 150m e baixas, até 15 metros embora haja contradições dentro dessa classificação.

Por fim, a dimensão das redes de linhas de transmissão e a distância dos centros urbanos serão determinadas através do porte da usina, ou seja, quanto maior o porte mais

distante das cidades elas estarão, enquanto as PCHs abastecem pequenos centros consumidores, não necessitando de uma extensa rede de transmissão e de instalações aprimoradas.

3.3 Efeitos da antropização do meio na qualidade das águas

A ação antrópica no uso do solo afeta conseqüentemente as águas superficiais e subterrâneas, uma vez que as partículas oriundas dos fertilizantes na agricultura e dos poluentes da atmosfera são transportados através da água infiltrando no solo e escoando superficialmente até as águas superficiais, ou percolando por entre os poros, até se acumular na camada mais profunda do solo, escoando pelo subsolo, até atingir os embasamentos rochosos, que podem ser permeáveis e impermeáveis, e também os lençóis freáticos e os aquíferos. A partir daí pode ocorrer alteração na composição química da água, na disposição de nutrientes, na turbidez, e elevação na quantidade de sedimentos em suspensão ali presentes, podendo originar eutrofização, caracterizando uma forma de poluição.

Para Braga et. al. (2005) a alteração das características e de quaisquer ações ou interferências, provocadas ou não pela ação antrópica, na água é considerada poluição.

Outro efeito da antropização vivenciado nas áreas urbanas é a canalização dos recursos hídricos, utilizadas nessas áreas como justificativa para o controle de enchentes. Esse tipo de transposição hídrica provoca maior velocidade da água, maior escoamento superficial, drenando as águas pluviais que carregam partículas e materiais para esses canais, que causam poluição da água, assoreamentos. Além disso, para manter a declividade em um curso canalizado é necessário implantar degraus que evitem peixes de ir ao contra fluxo da água para se reproduzirem, perdendo dessa forma a fauna e flora aquática nos cursos canalizados.

3.4 Eutrofização

Para Tundisi, (2003, p. 72), a eutrofização presente em águas superficiais pode resultar de cargas pontuais, oriundas dos canais e dos rios, e não pontuais, no caso da deposição de sedimentos e do despejo de diversas substâncias, a partir de atividades desenvolvidas no entorno da bacia hidrográfica, bem como a drenagem agrícola, a ocupação irregular das margens dos cursos d'água notada em determinadas localidades, como a presença de indústrias e residências nessas áreas.

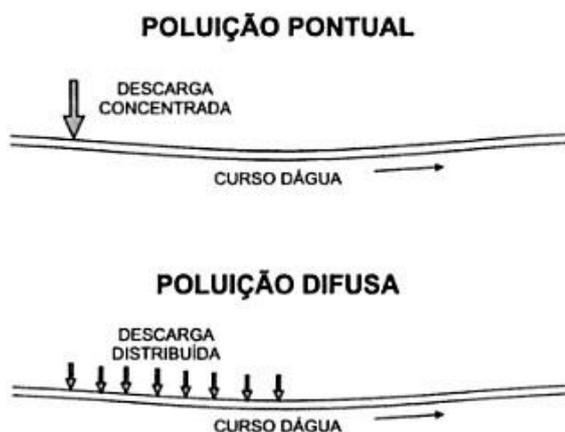


Figura 4. Poluição pontual e difusa.
 Fonte: VON SPERLING, M. (1996).

Alguns outros impactos que podem ser provocados por esse conjunto de ações, notória em grande parte dos reservatórios no mundo:

- [...] - Aumento do material em suspensão, proporcionando assoreamentos em rios lagos e represas
 - Impactos negativos sobre a diversidade biológica
 - Modificações no ciclo hidrológico, influenciando no volume dos reservatórios
 - Interrupções na flutuação de nível dos rios e nas áreas de inundação.
- TUNDISI, (2003), p. 72.

As algas azuis são responsáveis pelas ocorrências de florações liberando toxinas para o meio.

A possibilidade da ocorrência de eutrofização nos reservatórios irá depender do aporte de nutrientes, da disponibilidade da radiação solar na coluna d'água e do tempo de residência da água nestes, sendo este a relação entre o volume total do reservatório e a vazão do afluente. O cálculo do tempo de residência pode ser demonstrado através da seguinte equação:

$$T = V/Q$$

Onde: T representa o tempo de detenção (dias); V o volume do reservatório (m³); Q a Descarga ou vazão (m³/s)

“A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água”
 THOMANN & MUELLER, (1987) in VON SPERLING (1996), p. 151.

Thomann & Mueller, (1987) apud Von Sperling, (1996), entendem o termo algas como uma categoria abrangente para plantas aquáticas simples, sendo a maior parte

microscópicas incluindo plantas de movimentação livre, o fitoplâncton e algas bênticas aderidas. Dessa forma, as plantas aquáticas são classificadas em dois grupos. O primeiro grupo é designado plantas que se movem livremente com a água, o qual abrange o fitoplâncton microscópico, plantas flutuantes e algas cianofíceas. Já o segundo grupo é denominado plantas fixas envolvendo plantas aquáticas de diversos tamanhos, plantas microscópicas, algas bênticas, ambas enraizadas. O fenômeno pode ocorrer em rios, porém as condições ambientais desfavorecem a ocorrência da eutrofização devido à elevada velocidade e turbidez destes.

Von Sperling, (1996, p.151), descreve três etapas para a evolução da eutrofização de um lago ou represa, relacionando-os com o uso do solo da bacia hidrográfica a qual estão inseridos, que também são ilustrados na figura 5. A tabela 3 também traz os níveis de trofia para ambientes aquáticos, enfatizando os lagos. Essas etapas são subdivididas nos seguintes segmentos:

- **Ocupação de matas e florestas**

Nessa etapa considera-se a ocupação de matas e florestas no entorno do lago ou represa, onde estes apresentam pouca atividade biológica e mesmo sem a interferência humana acabam por reter sólidos proporcionando sedimentação que será acumulada no fundo, gerando uma camada de lodo. Isso faz com que ocorra o aumento pouco significativo dos níveis de nutrientes dispersos na água, simultaneamente da população de plantas aquáticas. Há que se considerar que essa região apresenta elevada capacidade de infiltração da água da chuva no solo resultando no processo de lixiviação dos nutrientes, os quais são absorvidos em grandes quantidades pelas raízes das plantas reduzindo o aporte de nutrientes no corpo hídrico.

- **Ocupação por agricultura**

Essa etapa é considerada intermediária na degradação de lagos e reservatórios e devido à substituição da mata por culturas destinadas ao consumo humano, ocorrendo uma retirada de nutrientes não compensada naturalmente, diminuindo a capacidade de infiltração de água no solo. Em consequência disso, são adicionados fertilizantes que contêm elevadas quantidades de nitrogênio e fósforo para aumentar a produção agrícola. Todavia, essas quantidades ultrapassam a capacidade de consumo dos vegetais, onde parte dos nutrientes se desloca até tais ambientes com uma velocidade superior através do escoamento superficial. Isso gera o aumento da população de algas, podendo apresentar aspectos positivos ou negativos para esses ambientes, conforme a função de seus usos e a capacidade de assimilação dos nutrientes da massa líquida.

- **Ocupação urbana**

Evidentemente que a ocupação urbana provocará consequências graves nesses ambientes, em grandes quantidades e de forma acelerada. Três problemas principais estão prioritariamente relacionados com a urbanização. A expansão das áreas urbanas irá reduzir a capacidade de infiltração da água, devido ao aumento da quantidade de construções, pavimentação, canalização, entre outros. Dessa maneira, as partículas de solo tendem a percorrer os fundos de vale, atingindo áreas menos elevadas, onde estão localizadas às drenagens, aonde irão se sedimentar devido à reduzida velocidade de escoamento horizontal culminando na formação de assoreamentos, que reduzem o volume d'água presente nesses corpos hídricos, facilitando o desenvolvimento de macrófitas que se fixam às margens desses deteriorando-os visualmente.

Outro problema presente nesse âmbito é a drenagem pluvial urbana, a qual transporta maior carga de nutrientes se comparado aos demais tipos de ocupação de uma determinada bacia, alimentando a superpopulação de algas.

Por fim, o despejo de esgotos das atividades urbanas nos recursos hídricos é o maior fator de degradação desses ambientes. Os esgotos contêm elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo provenientes de restos alimentares, fezes, urina, detergentes e outros compostos. Consequentemente, dependendo da capacidade de assimilação do corpo hídrico, poderá ocorrer o aumento descontrolado da população de algas (florações) podendo haver grande disponibilidade de radiação solar, facilitando a fotossíntese e criando uma camada superficial, impedindo que essa radiação chegue às camadas mais profundas desse ambiente causando a mortandade de algas que habitam essas áreas.

3.5 Problemas e consequências da Eutrofização

Azevedo, (2001), apud Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008, p. 526), as consequências da eutrofização podem ser resumidas em alguns segmentos conforme descrito abaixo:

- Ausência de oxigênio dissolvido na água, denominada anoxia, responsável por danificar a biota aquática, ocasionando mortandade em massa de peixes e invertebrados. Com isso, produz e libera gases tóxicos como o gás sulfídrico, H_2S e metano, CH_4 .
- Floração e desenvolvimento descontrolado de algas e macrófitas, sendo essas responsáveis por produzir toxinas nocivas ao ambiente aquático e à saúde humana.
- Elevada concentração de matéria orgânica na água exigindo tratamentos avançados, já que o tratamento com o uso de cloro pode favorecer a produção de substâncias cancerígenas.

- Aumento da turbidez, gerando eutrofização aparente devido à perda da transparência da água, o que tem consequências negativas no âmbito dos valores recreacionais, comum em lagos e represas. Esses valores estão atribuídos às atividades turísticas, pesca e de transporte, visto que o aumento da população de plantas aquáticas pode impedir a locomoção das embarcações.
- Diminuição das espécies de plantas, animais e da biodiversidade como um todo. Modificações na composição das espécies de peixes, simultaneamente, perda do valor comercial desses devido ao risco de contaminação.
- Redução do teor de oxigênio dissolvido, principalmente no fundo de lagos e represas, localizadas em áreas temperadas durante o outono.
- Risco de efeitos severos na saúde humana.

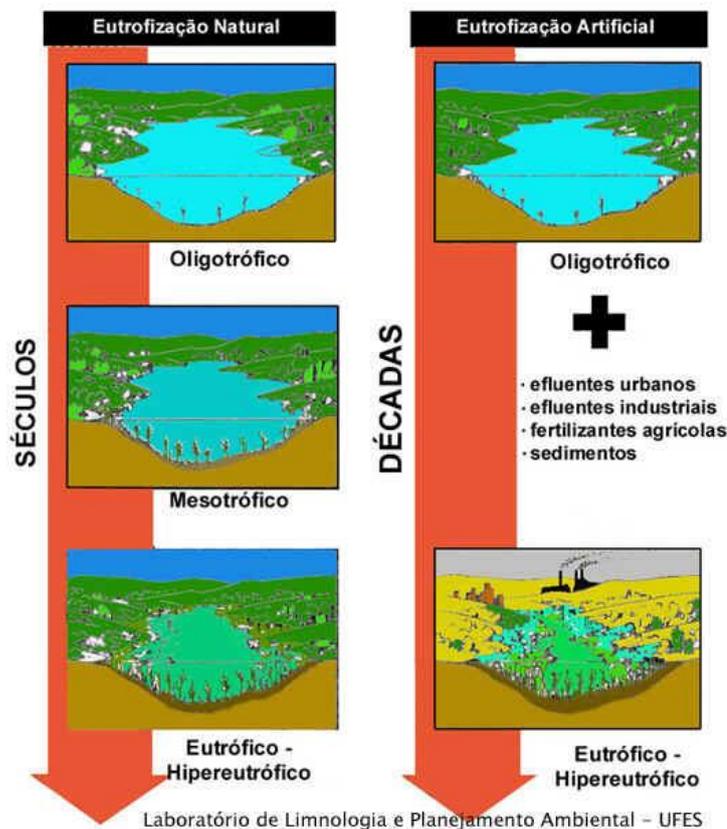


Figura 5. Estados tróficos de ambientes aquáticos.

Fonte: Laboratório de Limnologia e Planejamento Ambiental – UFES.
Disponível em: <<http://www.doc.ufes.br/>>.

Tabela 3. Classificação trófica preliminar para lagos – Organização Pan-americana da Saúde e Organização Nacional da Saúde (1986).

Trofia	Média de Fósforo total mgL⁻¹
Oligotrófico	< 30 mgL ⁻¹
Mesotrófico	30 - 50 mgL ⁻¹
Eutrófico	>50 mgL ⁻¹

Fonte: TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, (2008).

Henry et al. (1986) apud Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008, p. 519) apontam que os sistemas tropicais resistem melhor às cargas de fósforo se comparado aos sistemas temperados, estabelecendo uma ordem de magnitude específica através de suas características. Isto se explica devido a característica climática da região tropical, a qual não possui uma estação fria se comparada à região temperada, porém conta com um elevado volume pluviométrico, o que permite o aporte de sedimentos para os corpos d'água, sobretudo em áreas agrícolas e desmatadas, reduzindo a penetração da radiação solar na água.

[...] Lagos hipereutróficos respondem muito pouco ou lentamente a uma adição de nitrogênio e fósforo, em razão da alta taxa de mobilização já existente, do auto-sombreamento e da expressiva carga inorgânica. Lagos oligotróficos ou mesotróficos respondem mais rapidamente à adição de nutrientes por eutrofização. Isso também depende da circulação, uma vez que o sedimento, [...], pode funcionar como fonte de imobilização e de carga de nutrientes...(TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008, p. 513).

Portanto, nota-se que o fenômeno da eutrofização é constituído por uma série de processos estreitamente interligados cujo processo final é o desaparecimento gradual do lago ou reservatório. Von Sperling, (1996, p. 155), apresenta a acumulação de matérias e de vegetação oriundas da eutrofização e do assoreamento, tornando esses ambientes cada vez mais rasos, possibilitando a formação de áreas pantanosas, onde a partir desse momento se torna irreversível a recuperação da área afetada. Somado a isso a ação humana acelera o processo de forma abrupta, extinguindo o corpo hídrico no caso da não realização de dragagem de sedimentos e controle de áreas com suscetibilidade à erosão nas proximidades deste.

EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE EUTROFIZAÇÃO DE UM LAGO OU REPRESA

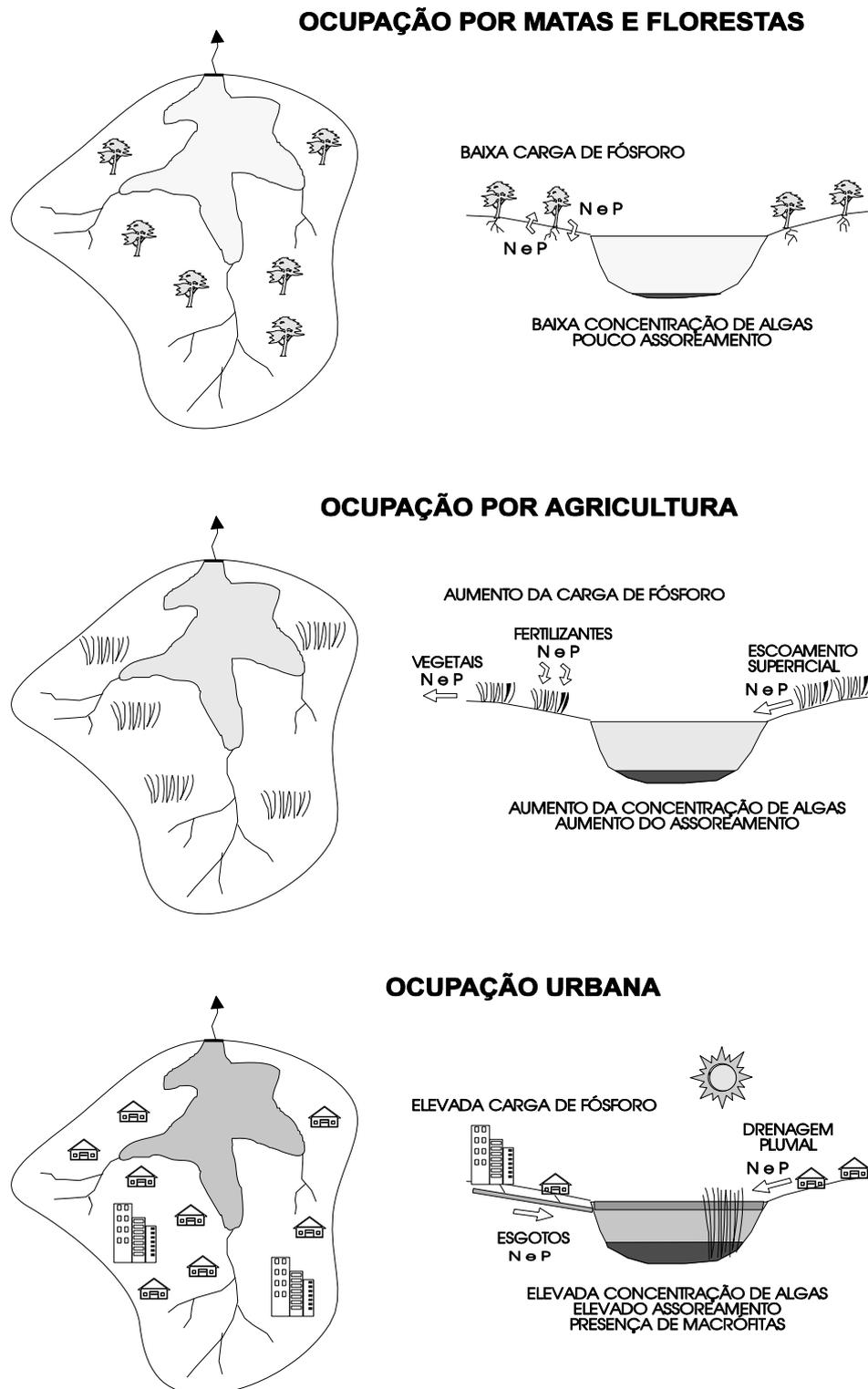


Figura 6. Evolução do processo de eutrofização em um lago ou represa. Associação entre o uso e ocupação do solo e a eutrofização. VON SPERLING, M. (1996), p. 152.

3.6 O Rio Paranapanema

O rio Paranapanema nasce no município de Capão Bonito, na Serra dos Agudos, a aproximadamente 900 metros acima do nível do mar, se estendendo por 929 quilômetros até sua foz no rio Paraná entre os municípios de Rosana, em São Paulo, e Diamante do Norte, no Paraná, conforme figura 8, apresentando uma declividade em todo o seu percurso de 61cm/km. Além de apresentar grande importância para os estados de São Paulo e do Paraná, servindo como divisa entre ambos é responsável por abrigar onze usinas hidroelétricas, sendo oito geradoras de um total de 2241MW operadas pela Duke Energy Brasil.

Alguns de seus principais afluentes são os rios: Itapetininga, Itararé e Tibagi.

Conforme a Agência Nacional de Águas (ANA), o Paranapanema é integrante da Bacia Hidrográfica do Paraná, a qual se estende numa área de 879.860 km², 25% em São Paulo, 21% no Paraná, 20% no Mato Grosso do Sul, 18% em Minas Gerais, 14% em Goiás, 1,5% em Santa Catarina e 0,5% no Distrito Federal, concentrando 32% da população do país, representando 54,6 milhões de pessoas, onde 90% são residentes na área urbana, em cidades como São Paulo, Curitiba, Brasília, Goiânia, Uberlândia, Campinas e Campo Grande.

No entanto, o crescimento desses grandes centros urbanos tem contribuído para a deterioração dos recursos hídricos, através do aumento da demanda e da diminuição da disponibilidade de água, uma vez que, esta acaba por estar contaminada por efluentes domésticos industriais e drenagens urbanas, que pode vir a provocar diversos problemas ambientais como a contaminação de mananciais e a própria eutrofização das águas.

3.6.1 Exploração do potencial hidroelétrico do Rio Paranapanema

Segundo Vieira, (2007, p. 54), em meados da década de 1940 houve uma preocupação com o suprimento elétrico no Estado de São Paulo, sobretudo na região centro ocidental deste, onde a Estrada de Ferro Sorocabana visava expandir a via eletrificada entre Botucatu e Bernardino de Campos iniciando, dessa forma, estudos de aproveitamento do rio Paranapanema no trecho de Salto Grande. Já em 1949, os projetos dos futuros, represamentos de Salto Grande e Jurumirim foram elaborados através da parceria entre a Companhia Federal de Comércio Indústria e Engenharia, Servix Engenharia LTDA e a Estrada de Ferro Sorocabana, no qual a concessão foi requerida pelo Decreto Federal nº 27.796 de 8 de fevereiro de 1950 para o aproveitamento dos referidos trechos. Posterior, no ano de 1952 uma comissão mista, parceria ente Brasil e Estados Unidos, que mais tarde se tornaria a USELPA (Usinas Elétricas Paranapanema S.A), avaliando o projeto do represamento de Salto Grande, com auxílio do BIRD (Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento). Dessa forma a usina de Salto Grande entra em operação em maio de

1958, seguida por Jurumirim em 1962, Chavantes, Taquarussu, Capivara e Chavantes. (CESP, 1987 apud Vieira, 2007). Na figura 7, o trecho médio do Rio Paranapanema é o que mais contém usinas hidroelétricas em comparação às regiões hidrográficas do Alto Paranapanema e Pontal.

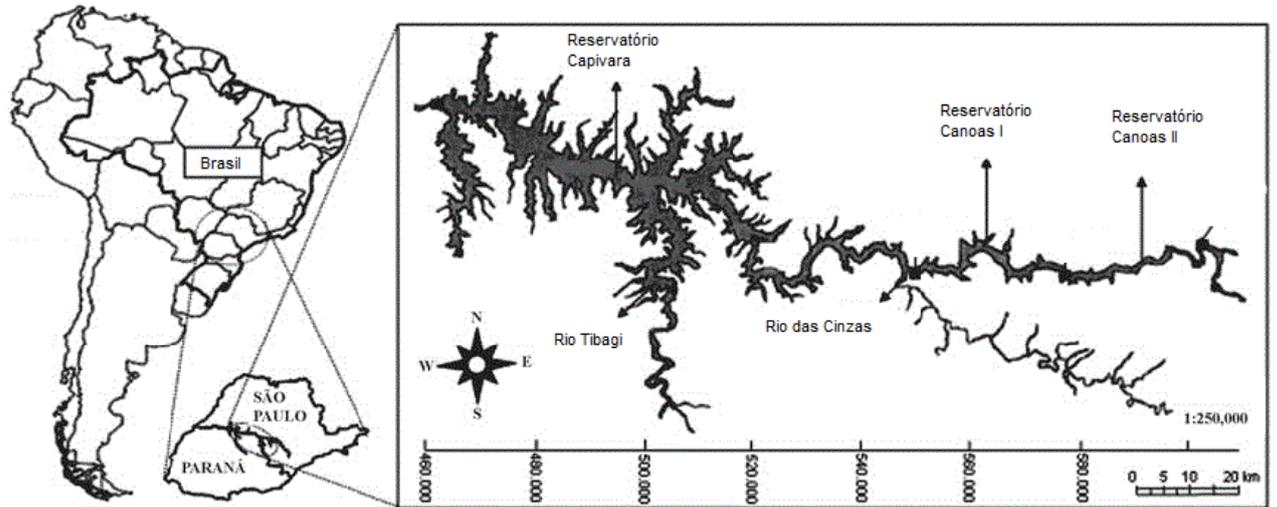


Figura 7. Os reservatórios do Rio Paranapanema em seu trecho médio.
Fonte: LOPES et al. 2007.



Figura 8. Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), 2006.

3.6.2 Sistemas em Cascata

Segundo Henry, (1999), apud Nogueira et al., (2005), a construção de barragens permite alagar áreas relativamente grandes onde as represas artificiais causam significativas modificações no regime hidrológico como um todo, em especial na dinâmica dos rios e das bacias hidrográficas. Esses sistemas possuem três características principais em relação ao seu funcionamento. A primeira característica se dá através da barragem como funcionamento dinâmico do sistema. A segunda é designada pela fase de enchimento do reservatório, que representa a base de sua dinâmica. Por fim, o tipo de operação do sistema relacionado aos seus usos múltiplos. Nesse sentido, os reservatórios também podem ser compreendidos como sistemas complexos que apresentam determinada autorganização, onde suas funções e estruturas sofrem atuação de forças climatológicas e hidrológicas, resultando na intervenção em diversos aspectos destes, como, volume, circulação, tempo de retenção e biomassa (Nogueira et al., 2005). Assim os reservatórios em cascata, comuns no Brasil, sobretudo no Sudeste, contam com uma dinâmica diferenciada apresentando lagos longitudinais, interligados, onde os níveis de barragens são decrescentes da montante para a jusante, o que favorece a diminuição dos poluentes ao longo desse sistema. Com isso, os reservatórios têm como uma de suas finalidades reterem os nutrientes e poluentes oriundos de fontes pontuais e não pontuais, a fim de melhorar a qualidade da água. Em contrapartida, favorece a ocorrência da eutrofização caso haja grande disponibilidade de nutrientes nos arredores da bacia devido ao uso agrícola (SIMÕES, 2007).

3.6.3 A Bacia do Médio Paranapanema (UGRHI-17)

Os Comitês de Bacia Hidrográfica, conforme Lei nº 9.433/97 devem articular e debater questões indispensáveis aos recursos hídricos de determinada bacia hidrográfica, dispondo de poder deliberativo para atuar em conflitos que envolvem recursos hídricos, além de aprovar e acompanhar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia, bem como a sua execução e tomando providências necessárias ao cumprimento de suas metas (Instituto de Águas do Paraná, 2012). O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema surge através da Lei das Águas; pela Resolução CNRH nº. 05, de 10 de abril de 2000 (modificada pela Resolução CNRH nº. 18, de 20 de dezembro de 2001, e pela Resolução CNRH nº. 24, de 24 de maio de 2002); e pela Resolução CNRH nº. 109 de 13 de abril de 2010.

Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI



Figura 9. Mapa de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo e localização da área de estudo UGRHI – 17 Médio Paranapanema.

Fonte: Sistema de Informações para o Gerenciamento dos Recursos Hídricos, Estado de São Paulo, 2013.

A proposta de instituição deste comitê se deu conforme as seguintes deliberações²:

- RESOLUÇÃO CONJUNTA Nº 066, DE 26 DE JANEIRO DE 2009 Constitui o Grupo de Trabalho para a gestão integrada da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema e dá outras providências.
- PROPOSTA DE INSTITUIÇÃO DO CBH-PARANAPANEMA – 2010
- RESOLUÇÃO CONJUNTA Nº 613, DE 09 DE NOVEMBRO 2010 Resolução Conjunta para a criação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema.

² Tais deliberações estão disponíveis no portal do CBH-PARANAPANEMA. Disponível em: <<http://paranapanema.org/cbh/historico/documentos/>>. Acesso em 4 de julho de 2013.

- RESOLUÇÃO CNRH Nº 120, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2010 Aprova a proposta de instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, e dá outras providências.
- Portaria CNRH Nº 066, DE 6 DE JULHO DE 2012 Designa os membros da Diretoria Provisória do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema
- DECRETO PRESIDENCIAL DE 5 DE JUNHO DE 2012 Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema, com área de atuação localizada nos Estados do Paraná e de São Paulo, e dá outras providências.

3.7 Características gerais da UGRHI-17: uso do solo, águas superficiais, geração de energia elétrica, erosão, assoreamento e qualidade da água

A região onde se insere a Bacia Hidrográfica do Paraná engloba os biomas da Mata Atlântica, podendo ser floresta ombrófila densa ou floresta estacional decidual e semidecidual, Cerrado, Floresta Ombrófila Mista. (Ab' Saber, 2003).

De acordo com dados levantados pela CETESB, (2006) in Caderno Síntese do Plano de Bacia do Médio Paranapanema (2007, p.12), o uso do solo se dá pelo predomínio de pastagens, presença significativa de culturas (soja, milho e cana-de-açúcar) e também a silvicultura presente na porção oriental da área. Conforme CPTI, (1999) in Caderno Síntese do Plano de Bacia do Médio Paranapanema, (2007, p. 14), os rios, caracterizam-se pelos períodos de cheias e de estiagens, apresentando uma Vazão Média Plurianual (Qmédia) equivalente a 193,87m³/s. Acerca disso, a unidade possui a maior quantidade de usinas hidroelétricas se comparada às outras unidades onde o Rio Paranapanema se insere, conforme tabela 4.

Tabela 4. Presença de Usinas Hidroelétricas na UGRHI-17.

UHE	Turbinas	Potência Instalada (MW)	Área do Reservatório (km ²)	Produção (MWh)
Chavantes	4 (Francis)	414	400	2573
Ourinhos	-	44	-	207 mil/ano*
Salto Grande	4 (Kaplan)	74	12	1012
Canoas II	3 (Bulbo)	72	22,5	866
Canoas I	3 (Bulbo)	83	30,85	1000
Capivara	4 (Francis)	640	576	10661

Fonte: Duke Energy, CBA, adaptado por Barros, R. R. F. 2013.³

Em relação aos processos erosivos na unidade os dados da CPTI, (1999) in Caderno Síntese do Plano de Bacia do Médio Paranapanema, (2007), demonstraram 993 casos de erosão dos quais 274 casos estavam atribuídos aos cursos hídricos. Entretanto a região onde se insere o Reservatório Canoas II, aparentemente apresenta uma baixa suscetibilidade, vide figura 10.

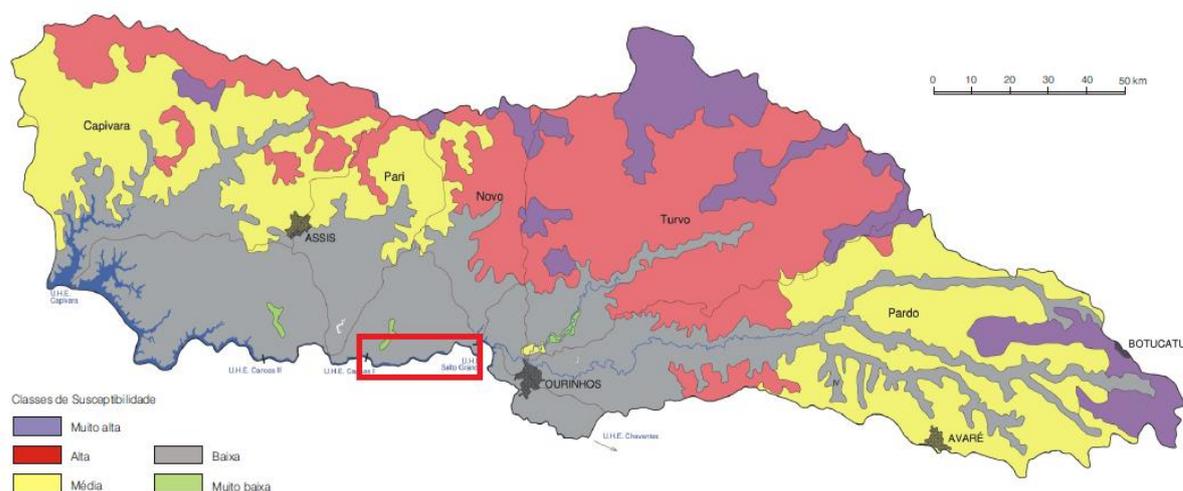


Figura 10. Representação com informações sobre suscetibilidade na UGRHI - 17 Médio Paranapanema. O retângulo vermelho indica a localização da área de estudo.

Fonte: CPTI, 1999 in Plano de Bacia do Médio Paranapanema, 2007. Adaptado por BARROS, R. R. F, 2013.

³ Na tabela elaborada pela Duke Energy não consta a UHE Ourinhos sob concessão da Companhia Brasileira de Alumínio, (CBA). Alguns dos dados sobre a UHE Ourinhos não são disponibilizados na página da CBA. Dados disponíveis em: <<http://www.dukeenergy.com.br/usinas/Paginas/Usinas.aspx>>. Acesso em 13 de agosto de 2013.

Quanto à qualidade da água a unidade apresenta índices satisfatórios, em especial o Rio Paranapanema, que segundo dados coletados pela CETESB no ano de 2005, conforme os dados da tabela 5, no município de Ourinhos, SP, apresentou uma qualidade considerada boa. Isso se deve ao seu volume e também em razão dos aproveitamentos e grandes reservatórios de acumulação existentes à montante dessa localidade. Nesse sentido, deve-se atentar em relação à disponibilidade de nutrientes, a qual deve ser baixa a fim de evitar a ocorrência de eutrofização. (CETESB, 2006 in Caderno Síntese do Plano de Bacia do Médio Paranapanema, 2007).

Tabela 5. IQA e IVA (2005) Rio Paranapanema, Ourinhos, SP CETESB, 2006.

Índices	Valores Médios	Situação
IQA	73	Boa
IVA	72	Boa

Fonte: CETESB, 2006 in Caderno Síntese do Plano de Bacia do Médio Paranapanema, 2007).

3.7.1 Problemas presentes na gestão de recursos hídricos na UGRHI -17

A seguir, a relação de problemas principais acerca dos recursos hídricos presentes em grande parte dos municípios inseridos na UGRHI-17 Médio Paranapanema.⁴

- A falta de coleta, tratamento de esgoto e de resíduos sólidos
- Áreas com extensões territoriais significativas com presença de erosão do solo e assoreamento
- A escassa realização de estudos e dados sobre os recursos hídricos na região
- A falta de gerenciamento de grande parte dos reservatórios no Médio Paranapanema
- A ausência de políticas públicas no âmbito dos usos múltiplos da água
- Educação ambiental e unidades de conservação ambiental
- A criação de uma gestão participativa

3.8 O reservatório Canoas II

O reservatório está localizado entre os municípios de Andirá e Cambará no Estado do Paraná, Palmital, Ibirarema e Salto Grande no Estado de São Paulo, figura 11. O início

⁴ Relação dos principais problemas no âmbito da gestão dos recursos hídricos na UGRHI-17 Médio Paranapanema disponível no Caderno Síntese do Plano de Bacia do Médio Paranapanema, (2007, p. 27).

da sua construção se deu em 1992, sendo concluída em 1999. Sua área corresponde a 22,5 km², dispondo de uma potência de 72MW, gerando ao mês 8.647 MWh.

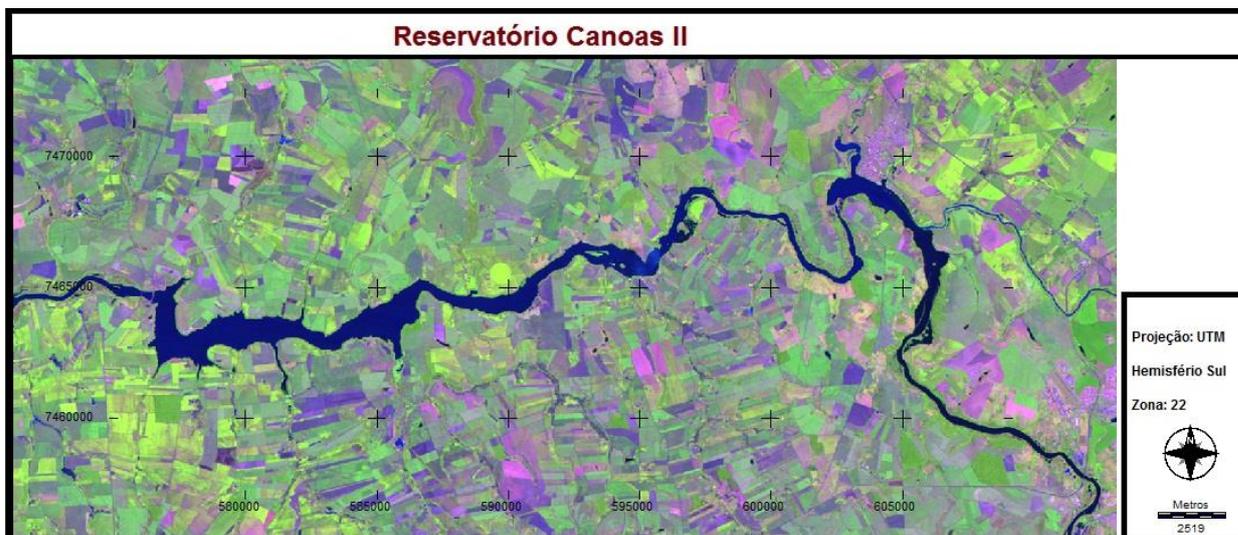


Figura 11. Composição utilizando as bandas R(5), G(4), B(3), Landsat 5 referente ao ano de 2009. Área de estudo compreendendo o Reservatório Canoas II na porção centro-ocidental e o Reservatório Salto Grande na parte oriental da imagem.

Organização: Barros, R. R. F. (2013).

3.8.1 Canoas do Complexo ao Projeto

Constituem o Complexo Canoas os reservatórios de Canoas I e Canoas II, onde até a primeira metade da década de 1990 possuía concessão da Companhia Energética de São Paulo (CESP), filiada a Eletrobrás, passando por um processo de privatização em 1999, que mediante a um leilão de privatização da Companhia de Geração de Energia Elétrica Paranapanema, (CGEEP), chega ao controle da Duke Energy International.

Obras, (1998) apud Vieira, (2007. p. 56), afirmam que juntas as usinas são detém a produção de aproximadamente 155 megawatts, o necessário para abastecer 350 mil pessoas, onde os investimentos totais do empreendimento foram estimados em 450 milhões de reais, sendo 340 milhões de reais oriundos da CESP e o restante proveniente da Companhia Brasileira de Alumínio, (CBA).

O Complexo Canoas se destaca no quesito tecnologia por ser um dos primeiros empreendimentos hidroelétricos a utilizar as modernas turbinas do tipo bulbo, as quais possuem melhor aproveitamento em quedas baixas, além de reduzir custos e tempo de construção em aproximadamente sete meses, gerando 20% mais energia. Entretanto, a CESP realizou vários estudos visando reduzir ao máximo a área de inundação de cerca de 105 km², cujas terras eram férteis, que contou com forte participação da população dos municípios paulistas e paranaenses localizados na região do Complexo Canoas, levando a empresa a modificar o projeto original, de modo a construir duas barragens reduzindo a produção de energia em 4%. No princípio a ideia original era criar um único reservatório

denominado Canoas Alto, onde se daria a parceria entre o governo brasileiro e técnicos estrangeiros. No entanto, isso não se concretizou já que os técnicos estrangeiros visaram à produção de energia sem levar em consideração os impactos sócio ambientais.

Já na década de 1980 houve uma preocupação em relação ao suprimento de energia no país, sobretudo, no Estado de São Paulo, devido à falta de investimentos do governo no setor, o que motiva a CESP a expandir os sistemas com finalidade de manter as zonas industriais. Com isso, a implantação do Complexo Canoas permitiu a integração do Sistema Interligado Brasileiro, em especial, o Sistema Interligado Sul Sudeste aumentando a oferta energética para os parques industriais, mantendo o desenvolvimento econômico. (CESP/ENGEVIX, 1989, p.20 apud Vieira, 2007, p.59).

3.8.2 O empreendimento e sua construção

Segundo, Engevix Engenharia S.A, (1990) apud Vieira, (2007, p. 60), foi elaborado um relatório de impacto ambiental no ano de 1990 com finalidade de construir as usinas que constituem o Complexo Canoas, dentro de um prazo de quatro anos, subdivididos em três etapas durante o ano de 1992.

A primeira etapa envolvia a construção do canteiro de obras, das estradas de serviços, alojamento. Nessa fase também se insere o desvio do Rio Paranapanema para a construção dos vertedouros e da barragem em si. Ao final dessa etapa tem-se o segundo desvio do mesmo para iniciar o alagamento do vale.

Já a segunda etapa é marcada pelo fechamento das comportas permitindo, dessa maneira, o enchimento do reservatório até o nível de operação deste entre 1998 e 1999.

A última etapa se deu pela entrada da usina em operação a partir da primeira das três unidades geradoras em maio de 1999.

3.9 Sensoriamento remoto

As pesquisas e alguns estudos desenvolvidos em diversas áreas da ciência, seja no campo das exatas, das biológicas, ou das humanas, vêm utilizando cada vez mais esta ciência para aprimorar dados e resultados, buscando soluções mais imediatas, previsões com maior exatidão, através do emprego de métodos de interpretação e análise de dados, e aplicação de conceitos em diversas áreas do sensoriamento remoto, como os recursos hídricos, a agricultura, a geologia, a pedologia, a agricultura e também no planejamento urbano. Nesse âmbito o sensoriamento remoto contribui muito para a Geografia, possibilitando elaborar diferentes tipos de mapas, com diferentes formas de interpretação.

Pelo seu caráter multidisciplinar em que o objeto de estudo é o espaço, a Geografia intensifica suas pesquisas, adotando em grande escala, o uso de imagens e análise de dados de satélite para suas análises, o que fez do sensoriamento remoto a tecnologia mais empregada por seus profissionais na leitura espacial, não necessitando mais do contato direto com o objeto de estudo.

A ciência do sensoriamento remoto pode fornecer nova e fundamental informação científica. Sob condições controladas, o sensoriamento remoto pode fornecer informação biofísica básica, incluindo localização x e y; elevação ou profundidade em z; biomassa; temperatura; e teor de água. Nesse sentido a ciência do sensoriamento remoto assemelha-se ao levantamento fornecendo informação básica que outras ciências podem usar ao conduzirem investigações científicas. Porém ao contrário do levantamento, os dados de sensoriamento remoto podem ser obtidos sistematicamente para áreas geográficas muito grandes ao invés de observações apenas pontuais. (JENSEN, 2009, p. 8).

Novo, (2007, p.9), aponta o uso do sensoriamento remoto na gestão de recursos hídricos como um dos desafios no século XXI no que tange a capacidade de seus métodos para estimar parâmetros para monitoramento da água. Ainda destaca que grande partes dos dados de sensoriamento remoto podem ser usados de forma operacional para o monitoramento da qualidade da água, extraindo informações de suas propriedades físicas, químicas, biológicas, ecológicas, geométricas e dinâmicas.

Monitorar o tipo, a quantidade e a distribuição de sedimentos em suspensão em corpos d'água interiores e costeiros é muito importante. Por exemplo, a erosão do solo em uma bacia hidrográfica lança uma carga de sedimentos nos corpos d'água, que resulta em assoreamentos mais rápidos dos principais rios, reservatórios, obras para controle de inundação e estuários. Isso Pode diminuir a vida útil dos reservatórios, lagos e dos mecanismos de controle de inundação, resultando na necessidade de dragagem de rios e estuários. (JENSEN, 2009), p. 417.

Jensen, (2009, p. 417), demonstra que dentre os principais parâmetros de monitoramento da qualidade da água está a turbidez, que leva em consideração a presença de sedimentos em suspensão na água, os quais podem afetar a qualidade da água e a sua potabilidade para seus usos múltiplos, já que estes transportam compostos orgânicos, fósforo, nitrogênio, indicando poluição. No ambiente aquático os sedimentos em suspensão podem reduzir a taxa de fotossíntese da vegetação aquática, uma vez que, impede a transmissão da radiação solar, prejudicando o equilíbrio do ecossistema aquático.

Contudo, é possível monitorar as concentrações de sedimentos em suspensão nos corpos d'água via sensoriamento remoto. Apesar de requerer a obtenção de medidas *in situ* dessas concentrações é possível estabelecer uma correlação entre as medidas e os dados de sensores remotos resultando numa relação quantitativa, onde a reflectância espectral dos sedimentos em suspensão informa características e quantidades, como o tamanho de partículas e absorção do material na água, enquanto a concentração dos sedimentos em suspensão nada mais é do que a medida *in situ* usando o Disco de Secchi.

Outros tipos de estudos podem ser realizados através do sensoriamento remoto da água, como o mapeamento batimétrico que utilizam sistemas ópticos passivos ou ativos dessa ferramenta, como exemplos, pode-se citar o SONAR, que reflete as ondas de som do

fundo, o LIDAR, que reflete a luz laser do fundo e também na banda do azul (0,45 -0,52 μ m) do sistema sensor Landsat Thematic Mapper, chamada de banda de penetração na água, sendo possível ver feições de áreas com profundidade entre 10 e 30 m, nesse intervalo de comprimento de onda, desde que a água esteja livre de constituintes orgânicos e inorgânicos, para evitar a ocorrência do espalhamento ou absorção que pode causar o escurecimento da topografia do fundo. (JENSEN, 2009, p. 425).

3.9.1 Sensoriamento Remoto em sistemas aquáticos

Nascimento et al. (2011, p. 86) destacam que o sensoriamento remoto da água envolve variações de magnitude da qualidade de radiação que parte desta, obtendo-se, dessa maneira, informação quantitativa de outras substâncias e suas representações quantitativas dispersas na água, a fim de distinguir o comportamento espectral destes no campo de luz, interferindo nas propriedades ópticas da água. Esses materiais dispersos ou dissolvidos na água se dividem em três componentes reconhecidos tais como fitoplâncton; material em suspensão e substâncias amarelas.

Para Morel & Prieur (1977) apud Nascimento et al. (2011, p. 86), os tipos de água são classificados em dois grupos, águas do Caso I e águas do Caso II. O primeiro grupo se dá em águas em que o fitoplâncton é o principal agente responsável pelas variações nas propriedades ópticas da água. Já o segundo grupo são influenciados por esse grupo de organismos, partículas relacionadas e substâncias amarelas (matéria orgânica dissolvida). Isso faz com que estudos tanto de águas costeiras como continentais requeiram demandas aos sensores, já que a relação entre a concentração dos componentes aquáticos e cor da água não é linear, isso torna necessário a avaliação de pequenas mudanças nessas respostas aprimorando as informações. Nesse contexto, o sensoriamento remoto aplicado aos sistemas aquáticos permite gerar informações, bem como mapas, de modo a realizar mensurações quanto às distribuições dos fatores ópticos da água através das reflectâncias espectrais, as quais derivam da influência dos parâmetros ópticos da qualidade da água (independentes do campo de luz, dependentes apenas do meio) nas propriedades ópticas inerentes. Entretanto, o uso do sensoriamento remoto para estudos aquáticos abrangem algumas dificuldades, como a mistura entre componentes orgânicos e inorgânicos e outros fenômenos que ocorrem no interior dos corpos hídricos que interferem na obtenção das respostas espectrais através da detecção do sinal, tornando necessário o uso de algoritmos de recuperação de diversos componentes para estimar as concentrações destes. (Butaka et al., 1995; IOCCG, 2000 apud Nascimento et al. 2011, p. 87).

Para Valério et al. (2011, p. 122), as interpretações dos dados obtidos remotamente pelos componentes da água deve identificar e isolar o sinal devido as variações no campo de luz incidente, no caso as propriedades ópticas aparentes. Já no caso de modelagem da cor da água a reflectância torna-se útil devido às propriedades opticamente inerentes. Além

disso, a interação dos componentes opticamente ativos dispostos na água interfere no comportamento espectral da luz que essa camada reflete ou absorve, enquanto que na água pura o comportamento espectral é dado pela absorção e espalhamento molecular nos comprimentos de onda curtos da radiação eletromagnética. Assim a reflectância de sensoriamento remoto possibilita uma relação intrínseca entre as imagens geradas pelos sensores de satélites com os dados in situ dos COAs presentes no sistema aquático analisado (MOBLEY, 2004 apud VALÉRIO et al. 2011, p. 123, 124).

3.10 Diagnósticos e recomendações

Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008, p. 327), os mecanismos de funcionamento da eutrofização estão relacionados com a morfometria dos reservatórios, ocorrendo nas localidades superiores do reservatório em razão da reduzida circulação e do maior tempo de residência e do acúmulo de matéria orgânica. Assim, as represas apresentam subsistemas que estão relacionados às interferências na qualidade da água. Canoas II está inserida em um sistema de cascata, onde ocorrem mecanismos de interação. Para Straškraba & Tundisi, (1999) apud Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008, p. 328), um desses mecanismos se dá pela inoculação de fitoplâncton para os reservatórios a jusante, diluição por causa do maior volume desses reservatórios, ocorrendo também intrusão de águas dos reservatórios de montante para os de jusante. Thomaz et al. (2005) apud Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008, p. 342), destaca a ocorrência de uma rápida colonização de macrófitas flutuantes após a estabilização do nível da água na fase de enchimento, dependendo da concentração de nutrientes, desenvolvendo-se em áreas alagadas próximas aos tributários, nesse caso tanto flutuantes quanto enraizadas.

Acerca do fenômeno da eutrofização, deve-se destacar a importância do controle de macrófitas aquáticas, responsáveis por ocuparem grandes extensões de represas com elevados índices de biomassa, causando problemas até para a geração de energia.

Nesse sentido o planejamento e a gestão dos recursos hídricos faz uso de estudos limnológicos, buscando a tomada de decisões no âmbito de ações de conservação dos ecossistemas aquáticos, dispondo de uma nova dimensão que faz uso de um banco de dados, séries históricas. Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008), afirmam que a eficiência do gerenciamento deve-se ao uso da Limnologia com caráter preditivo para prever, mitigar impactos, atuando de forma integrada, dentro de uma concepção sistêmica, considerando a bacia hidrográfica como unidade, considerando rios, represas, lagos e áreas alagadas, suas modificações, fornecendo alternativas ao planejamento, ao desenvolvimento econômico e social e à gestão regional, onde a bacia hidrográfica desempenha um papel descentralizador na conservação ambiental e integração institucional e da comunidade. Tundisi & Straškraba, 1995 apud Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008) enfatizam uma gestão adequada da bacia

hidrográfica permitindo a integração dos setores público, privado, dos usuários e das universidades, atribuindo responsabilidades participativas.

Setores	Atribuições
Universidades	Diagnóstico qualitativo e quantitativo dos problemas; elaboração do banco de dados e sistemas de informação; apoio na implementação de políticas públicas, apoio ao desenvolvimento metodológico e na introdução de novas tecnologias.
Setor Público	Implantação de políticas públicas nos comitês de bacia; implantação de projetos para a conservação, proteção e recuperação, informação ao público; educação sanitária e ambiental.
Setor Privado	Apoio na implementação de políticas públicas; desenvolvimento tecnológico e implantação de novos projetos; desenvolvimento tecnológico e implantação de novos projetos; financiamento de tecnologias em parceria
Usuários	Participação na mobilização para a conservação e recuperação; informações ao Ministério Público e ao setor público; participação no processo de educação sanitária.

Quadro 1. Atribuições dos setores para o gerenciamento integrado (Tundisi & Straškraba, 1995 in Tundisi & Matsumura Tundisi, 2008).

Quanto ao emprego de tecnologias, é importante caracterizar os ecossistemas aquáticos bem como compreender seu funcionamento, onde estas se tornam medidas de controle a estes ecossistemas. Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008, p. 553) levam em consideração para realizar essa análise alguns fatores:

- A sua área, sua relação com a bacia, seus principais pontos críticos de poluição, a organização dos usos do solo em seu entorno e suas relações com o aporte de sedimentos, transporte de poluentes
- As consequências do desmatamento para esses ecossistemas
- A carga de nutrientes, fósforo e nitrogênio nesses ambientes

- O tempo de retenção do reservatório
- A finalidade para múltiplos usos desse corpo hídrico e seus valores econômicos
- O seu desenvolvimento histórico
- Dados disponíveis, mapas, dados sobre a qualidade da água, dados climatológicos, dados de sensoriamento remoto, dados demográficos
- A taxa de sedimentação do reservatório
- Políticas de gerenciamento e legislação vigentes

Tundisi & Matsumura Tundisi, (2008, p. 553), mencionam projetos de manejo integrado do sistema em relação à eutrofização, os quais devem se preocupar com o controle da erosão, evitando a entrada de material em suspensão na represa, também através da conservação e restauração das áreas alagadas, nas proximidades das represas, já que várias espécies se estabelecem nessas áreas para fins de reprodução e alimento. Uma alternativa para o controle da sedimentação desses ambientes é a construção de pré-represas com finalidade de reter o material em suspensão e reduzir as cargas de fósforo e nitrogênio.

Também se insere o manejo da zona litoral, para o controle da população de macrófitas nas represas, evitando a anoxia de áreas rasas com pouca circulação, possibilitando a reprodução de peixes, a redução dos níveis de matéria orgânica promovendo sua reciclagem. Além disso, em pequenos reservatórios o tempo de retenção pode ser controlado através da abertura periódica das comportas na barragem, reduzindo as florescências de algas e macrófitas aquáticas. (REYNOLDS, 1997 apud TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008, p. 554). A técnica de inativação do fósforo foi uma das alternativas empregadas no âmbito das águas residuárias através do uso de sulfato de alumínio, apenas não sendo utilizado em águas de abastecimento público devido aos riscos causados à saúde humana, proporcionando a redução da carga interna e a florescência de organismos fitoplantônicos, bem como da carga orgânica, além de controlar os níveis de toxicidade (TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008, p. 557).

Assim, existem diversas tecnologias para monitorar corpos hídricos, dentre estas as de monitoramento, que auxiliam detectar problemas relacionados às fontes de poluição, sejam pontuais ou não pontuais, nas modificações no aspecto e estado desses sistemas fornecendo informações da dimensão dos impactos nesses corpos. Com isso, o monitoramento, por sua vez, é subdividido em dois componentes, sendo o primeiro denominado monitoramento de orientação, responsável pela coleta de informação para fins de avaliação do estado do sistema. O segundo é denominado monitoramento sistemático, que dispõe de uma análise de larga escala temporal, por meio de avaliação realizada em pontos fixos, proporcionando a geração de um volume de dados essenciais às análises das

correlações através de variáveis como ventos, precipitação, atividades humanas e os mecanismos de funcionamento dos ecossistemas aquático, bem como de sua estrutura. (STRAŠKRABA, 1993 apud TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008, p. 573).

Para Straškraba & Tundisi, (2000) a seleção de estratégias adequadas de gerenciamento são conduzidas através da abordagem sistêmica de determinação da qualidade da água, demonstrando a importância das modelagens ecológica e matemática. Esse tipo de abordagem é subdividido em três compartimentos. O primeiro engloba a confecção e análise do banco de dados, amostragem, a manipulação e determinação da precisão e sensibilidade ambos determinísticos e estocásticos permitindo definir os objetivos e critérios. O segundo abrange a análise dos dados coletados, constituído de várias tarefas como a estatística e banco de dados, relações com fluxo, tendências, mudanças estatísticas, podendo utilizar dados como vazão e radiação solar, relações estatísticas entre as variáveis incidindo na construção de modelos de entrada e saída. A partir daí é possível desenvolver simulações preventivas e modelos de otimização do gerenciamento. Dessa forma, o monitoramento deve constar da obtenção de dados de forma imediata, com baixos custos, inserção de todas as áreas críticas, erro mínimo de amostragem e identificação dos usuários da informação. Anteriormente, foram citados alguns dos principais modelos empregados em estudos limnológicos, sendo a maioria deles determinísticos, ou seja, há apenas uma alternativa em relação à quantidade de variáveis. Dentre esses modelos destacam-se os modelos estocásticos apresentando parâmetros não estimados estatisticamente. Já os modelos reducionistas se atentam para os detalhes do sistema, de caráter holístico, utilizando princípios gerais do sistema e teorias acerca do funcionamento dos ecossistemas, em outras palavras, uma unidade funcional única acima das partes. Assim, esses modelos compreendem o sistema como a soma das partes. Por outro lado, os modelos dinâmicos consideram a resposta do sistema a fatores externos, diferenças de estado com o tempo. Entretanto o modelo estatístico considera as variáveis interdependentes do tempo, como os modelos hidrodinâmicos, hidroquímicos e ecológicos. (TUNDISI & MATSUMURA TUNDISI, 2008, p. 563).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Coleta e análise dos dados

A elaboração desse estudo disponibilizou-se de uma revisão bibliográfica sobre o tema e com a aplicação de procedimentos práticos, desde a fase inicial até a obtenção do produto final.

Nesse sentido, realizou-se a aquisição gratuita das imagens LANDSAT 7 ETM+ e LANDSAT 5 TM e também do aplicativo Spring 5.2 (Câmara et al. 1996), na página online do Instituto de Pesquisas Espaciais <<http://www.inpe.br>>. Durante a fase pré-enchimento fez-se o uso do aplicativo Idrisi Taiga (Eastmann, 1998) para realizar três composições de imagens referentes aos anos de 199, 2001 e 2003.

Em seguida, desenvolveu-se o recorte espacial da área pretendida e construção do banco de dados, através do aplicativo Spring 5.2 para portar os dados espaciais para a elaboração do produto final. As coordenadas utilizadas nos registros das imagens foram obtidas a partir de cartas topográficas que possibilitou a criação do projeto, aplicando-as limite da área de estudo.

Criou-se os planos de informação para portar as categorias imagem, polígonos e linhas, dados raster e vetor. Na categoria imagem foram realizadas composições R(5), G(4), B(3), contando com a aplicação de contraste nas imagens e registro das imagens através da correção geométrica.

Em outro momento realizou-se a edição vetorial do limite do reservatório, das ilhas e das áreas críticas com o intuito de criar polígonos referentes às áreas de interesse gerando dados espaciais, obtendo ao final o produto final.

4.2 Dados das imagens utilizadas

4.2.1 Fase Pré-enchimento

- Aquisição e coleção das imagens LANDSAT ETM + referentes a 01/09/1999, 15/04/2001 e 20/03/2003, órbita/ponto 221/76;
- Composição das Bandas R(5), G(4), B(3), processadas nos aplicativos Idrisi Taiga (Eastman, 1998) e Spring (Câmara et al., 1996) permitindo a análise visual;
- Realização de seções das áreas possivelmente afetadas pela presença de vegetação aquática observando o aumento dessas áreas;
- Aquisição e coleção das imagens de imagens LANDSAT 5 TM, com resolução espacial de 30m referentes a 22/07/1993, 13/08/1995 e 18/08/1997, órbita/ponto 221/76;
- Composição das Bandas R(5), G(4), B(3), processadas no aplicativo Spring 5.2;

- Criação de polígonos obtendo as métricas da área ocupada pelo rio pelas ilhas existentes.

4.2.2 Fase de Enchimento

- Adição ao banco de dados de três imagens LANDSAT 5 TM com as referentes datas de aquisição: 02/06/1998, 22/09/1998 27/12/1998 e uma imagem referente a 20/05/1999;
- Composição das Bandas R(5), G(4), B(3), processadas no aplicativo Spring 5.2;
- Realização de edição vetorial do reservatório e das áreas críticas, para avaliar o aumento da área alagada, das áreas degradadas e das áreas de ilhas presentes;
- Criação de polígonos com os valores das áreas destes.

4.2.3 Fase Pós-enchimento

- Uso de série temporal de um intervalo de dez anos, entre os anos 1999 e 2009 com os volumes de precipitação mensal, total anual e acumuladas dos municípios paulistas próximos ao reservatório de Palmital, disponível na página <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline>>;
- Análise de dois anos com menores volumes pluviométricos, (1999 e 2008) e de dois anos mais chuvosos, (2005 e 2009), verificando interferências no reservatório;
- Uso de imagens com as referentes datas de aquisição: 15/07/2008, 13/02/2005 e 07/01/2009;
- Realização de composições R(5), G(4), B(3) através do uso do aplicativo Spring 5.2;
- Aplicação de contraste nas imagens;
- Edição vetorial do limite do reservatório;
- Criação de polígonos e obtenção dos valores das referentes áreas;
- Verificação de possibilidades e influências dos eventos de precipitação na mudança do aspecto e da área do reservatório;
- Criação de polígonos e obtenção das métricas das áreas afetadas, ilhas e espelho d'água;
- Elaboração de tabelas com os dados;

4.3 Aplicativos utilizados

- Idrisi Taiga
- Spring 5.2
- Corel Draw x4

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Identificação de áreas críticas via análise visual

O primeiro momento da análise se deu com a seleção das imagens de satélite LANDSAT 7 ETM+, utilizando as bandas 5, 4, 3, RGB, formando composições falsa-cor dos anos de 1999, 2001 e 2003, empregando-se a análise visual do reservatório como um todo, verificando algumas diferenças no padrão obtido em 1999, ano em que se iniciaram as operações do reservatório, conforme figura 12. Apesar de fornecer informações como uso intensivo do solo para práticas agrícolas, buscou-se apenas verificar, no referido momento o recuo de determinadas áreas do reservatório, bem como a ocupação dessas áreas por vegetação aquática.



Figura 12. Composição falsa-cor do Reservatório Canoas II, referente ao ano de 1999. Através dela é possível detectar a presença de vegetação aquática em alguns tributários.

Na imagem acima foi possível realizar a distinção entre a vegetação submersa e a vegetação aquática nas áreas em que se localizam os tributários da represa, devido à cor do pixel apresentar maior brilho. Com isso, as análises visuais permitiram constatar que a maior presença de possíveis áreas críticas com risco de eutrofização. Notou-se uma forte presença de vegetação aquática na margem esquerda do reservatório como apresentado na figura 13 nas seções destacadas.

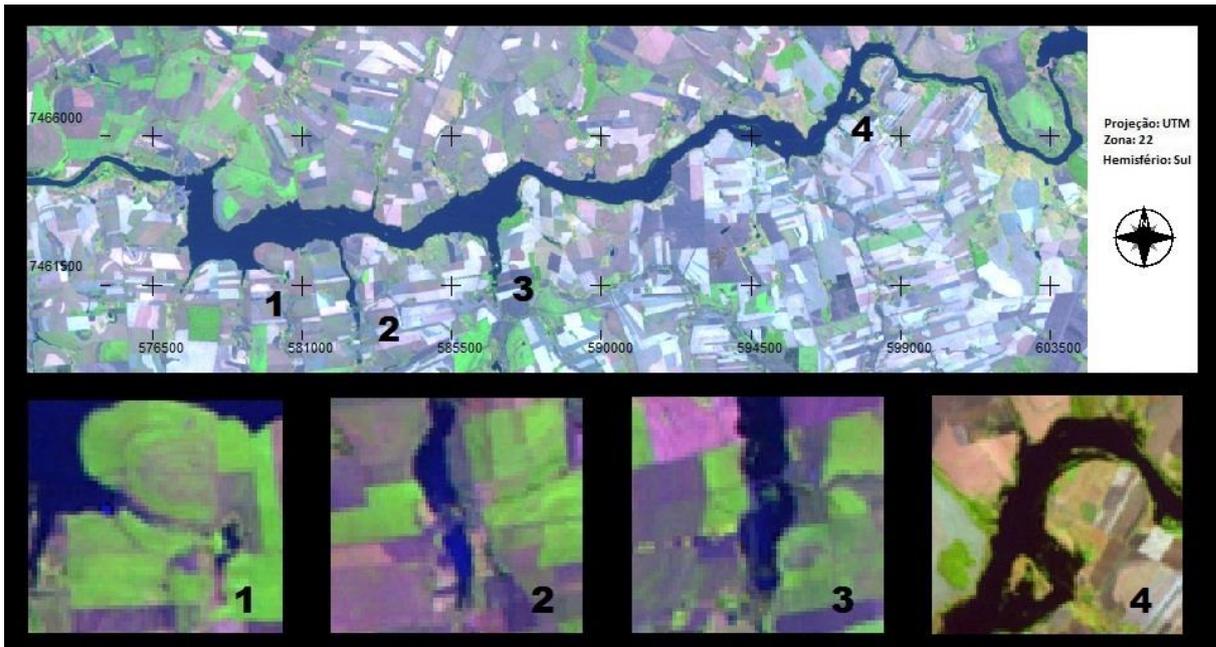


Figura 13. Esquema com destaques às áreas com presença de vegetação aquática e potencial para a ocorrência de eutrofização.

Organização: Barros, R. R. F. (2013).

Na sequência, na imagem de 2001, figura 14, também observou-se o reservatório no geral, onde notou-se a redução aparente do espelho d'água, simultaneamente a expansão de possíveis áreas ocupadas por vegetação aquática, o que pode explicar a ocorrência de tal recuo, conforme a análise comparativa entre as figuras 13 e 15.



Figura 14. Composição falsa-cor do Reservatório Canoas II, referente ao ano de 2001.

Destaque para o avanço das áreas ocupadas por vegetação aquática especialmente na margem esquerda do reservatório, indicando um possível recuo do espelho d'água.

Na imagem do ano de 2001 a margem esquerda, em especial, os braços tributários da represa apresentam forte brilho em tom verde, o que permite inferir que houve aumento da vegetação aquática, como aguapés (figura 16), nesses locais.

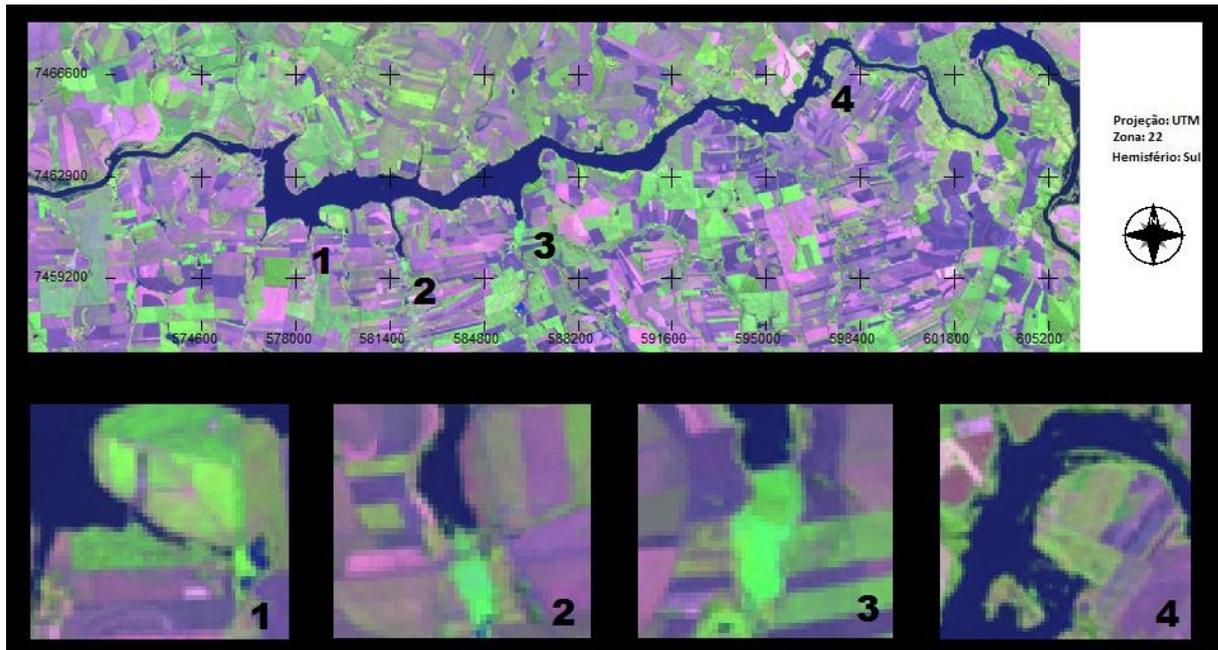


Figura 15. Esquema de análise de áreas referentes à imagem de 2001 comprovando o avanço das áreas com presença de vegetação aquática proporcionando risco de eutrofização.

Organização: Barros, R. R. F. (2013).



Figura 16. Presença de vegetação aquática próxima à região da barragem de Canoas II.

Foto: Carlos Augusto Razzaboni, (2012).

Disponível em: <<http://www.panoramio.com/user/7035837>>

A fase final dessa primeira etapa ocorreu através da análise da imagem referente ao ano de 2003, figura 17, permitindo pressupor que tanto o recuo do espelho d'água quanto o avanço das áreas com presença de vegetação aquática se mantiveram aparentemente estáveis, com poucas variações em comparação ao ano de 2001 demonstrado no esquema a seguir, conforme figura 18.



Figura 17. Composição falsa-cor do Reservatório Canoas II, referente ao ano de 2003.

Através dessa imagem notou-se uma aparente estabilidade da área ocupada por vegetação aquática na margem esquerda do reservatório. A seção inicial do reservatório apresenta a formação de áreas tampão, alagadiças com potencial para a ocorrência de eutrofização.

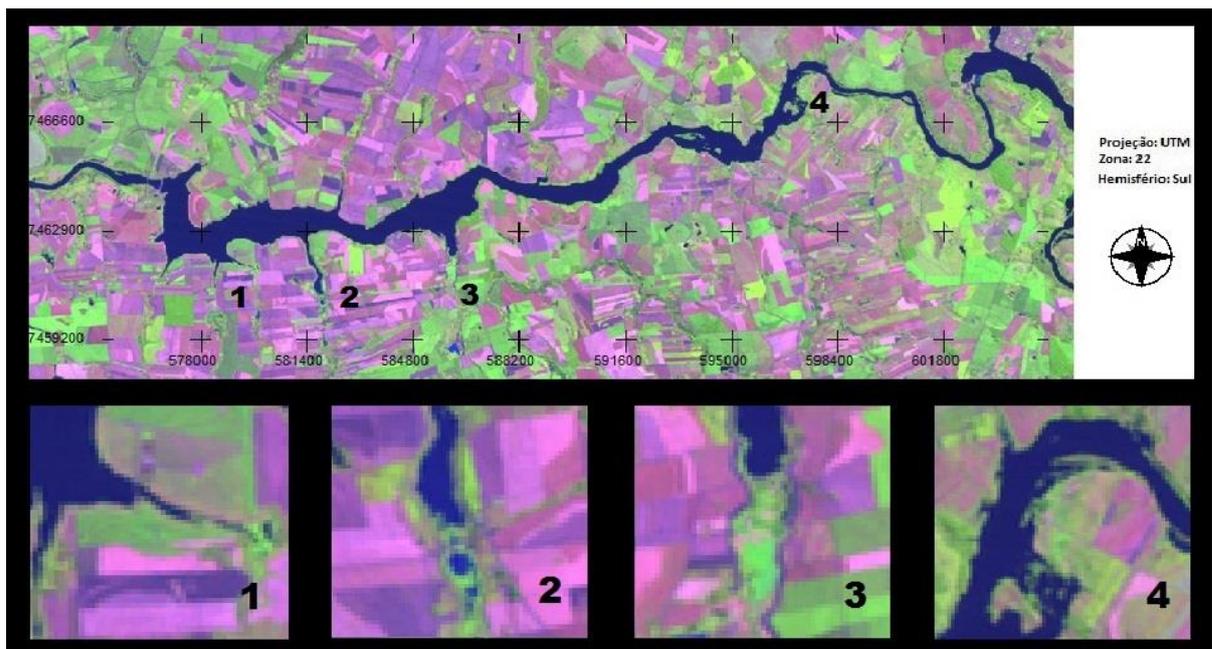


Figura 18. Esquema de análise de áreas referentes à imagem de 2003 indicando a estabilidade do avanço das áreas do espelho d'água e da vegetação aquática.

Organização: BARROS, R. R. F. (2013).

5.2 Análise da fase de pré-enchimento do reservatório

Nessa etapa, foram geradas composições falsa cor, utilizando as bandas R(5), G(4), B(3), referentes a julho de 1993, agosto de 1995 e agosto de 1997, período precedente à fase de enchimento do reservatório. Assim, foi gerado um novo plano de informação através do software Spring 5.2, permitindo a edição vetorial, por meio de linhas, do reservatório e das ilhas presentes no curso do Rio Paranapanema, ainda não represado. Ao concluir a

edição vetorial, foi criada uma categoria para portar os polígonos criados, no caso a área do espelho d'água e das ilhas presentes, desconsiderando nesse momento a existência de áreas críticas em razão da ausência do represamento e também a análise das séries temporais⁵. Desse modo, as métricas das áreas dos polígonos foram fornecidas via processamento de dados pelo SIG conforme tabela abaixo.

A partir dos polígonos, figuras 19, 20 e 21, foi possível obter os dados que constam na tabela 6, e não foram constatadas mudanças significativas tanto nas áreas das ilhas e do espelho d'água quanto no aspecto, já que o rio ainda não era represado.

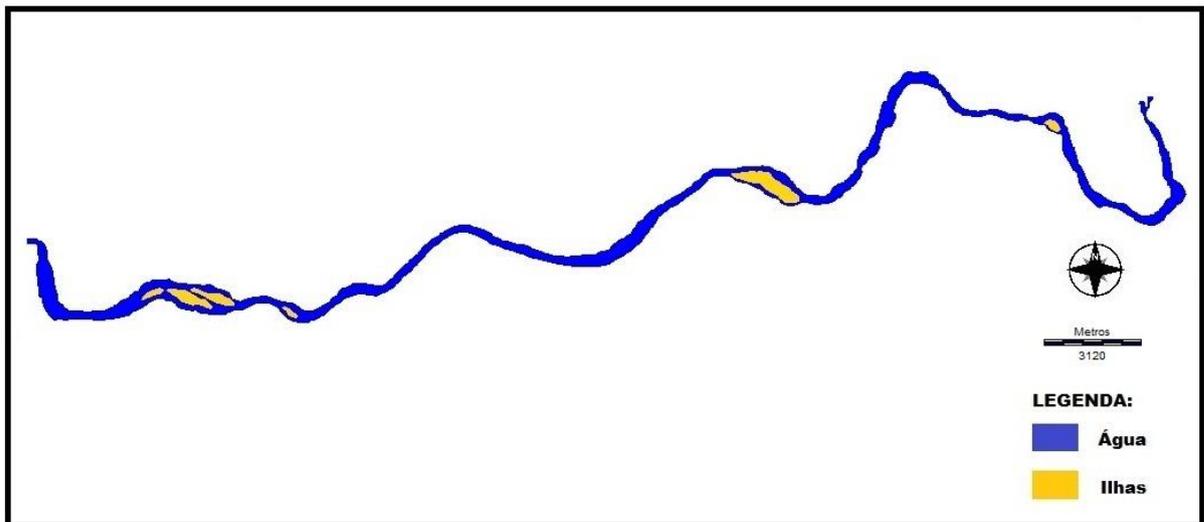


Figura 19. Representação dos polígonos referentes a julho de 1993.

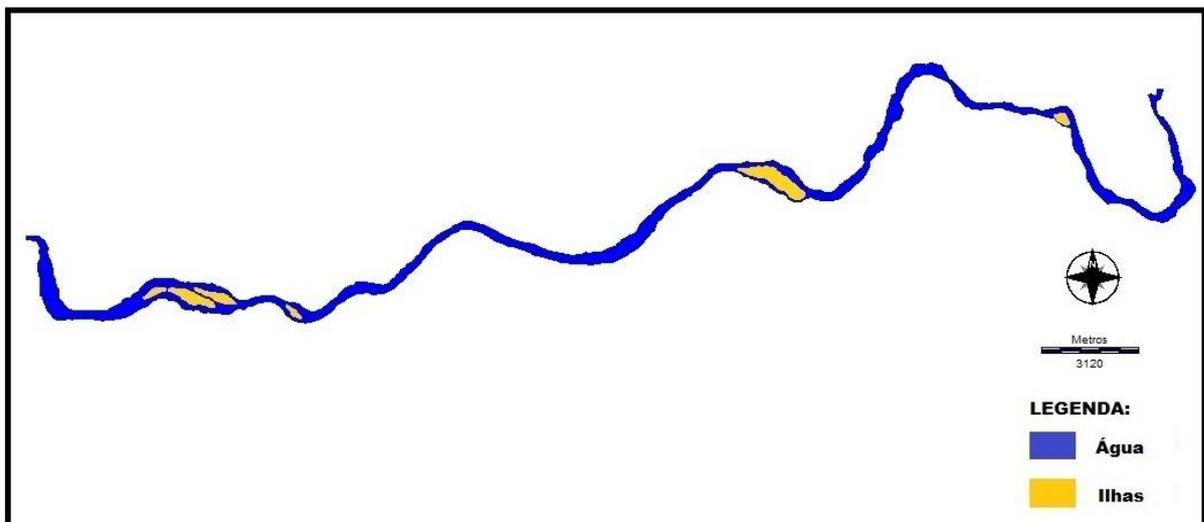


Figura 20. Representação dos polígonos criados referentes a agosto de 1995.

⁵ As séries temporais como dados pluviométricos disponibilizados pelo CIAGRO utilizados nesse trabalho contemplam um intervalo de tempo de dez anos, entre 1999 e 2009.

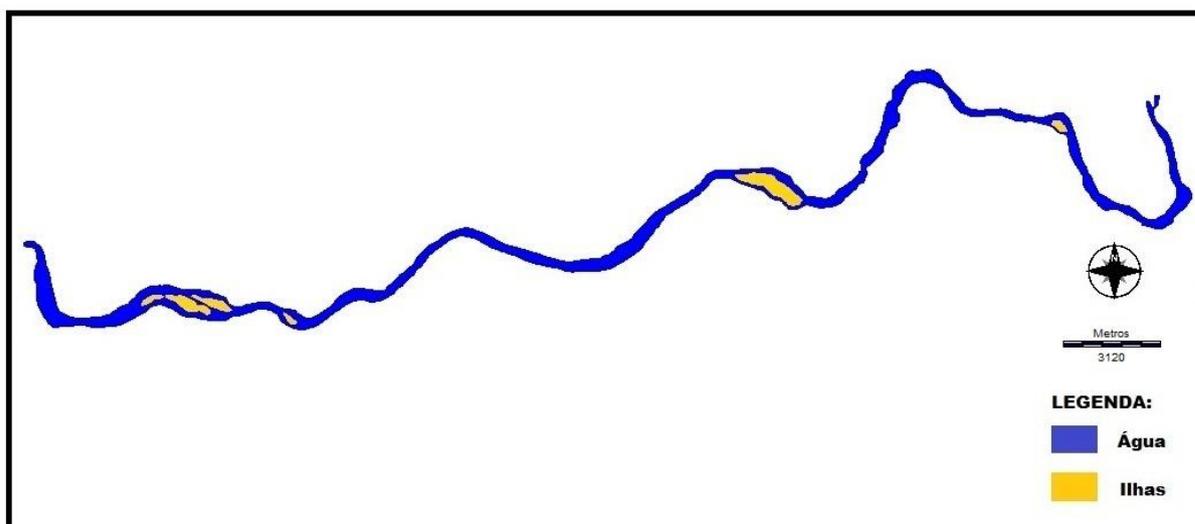


Figura 21. Representação dos polígonos referentes a agosto de 1997.

Tabela 6. Métricas das áreas fornecidas pelo Software – Fase Pré-enchimento (km²).

Data	Rio	Ilhas
07/1993	8,07	0,90
08/1995	7,97	0,89
08/1997	8,62	0,83

Elaboração: Barros, R. R. F. (2013).

Com base nos dados acima não houve mudanças significativas. Apesar das obras para a construção da barragem encontrar-se em estado vigente, para realizar o desvio do Rio Paranapanema, os valores oscilaram pouco não representando uma mudança significativa.

5.3 Análise da fase de enchimento do reservatório

A análise da fase de enchimento do reservatório utilizou os mesmos métodos da fase anterior, criação de composições falsa-cor, bandas R(5), G(4), B(3), de modo a efetuar a edição vetorial. Diferente da fase anterior, além de considerar a área ocupada pelo espelho d'água e das ilhas também foram consideradas as possíveis áreas críticas, onde através das imagens, notou-se a presença de sedimentos em suspensão na água, vegetação aquática e eutrofização. Nesse sentido, foi detectada a formação de pequenos lagos marginais devido à elevação no nível do lençol freático, além da determinação das possíveis áreas tampão com presença de vegetação aquática e também áreas com presença de vegetação submersa.

Em junho de 1998, as áreas próximas à barragem começam a apresentar pequenas variações no nível da água, formando áreas tampão, ou seja, zonas de alagamento sem contato direto com o reservatório. Na porção oriental da figura 22 ocorreu elevação do nível do lençol freático devido a ocorrência de pequenos lagos isolados próximos ao reservatório.

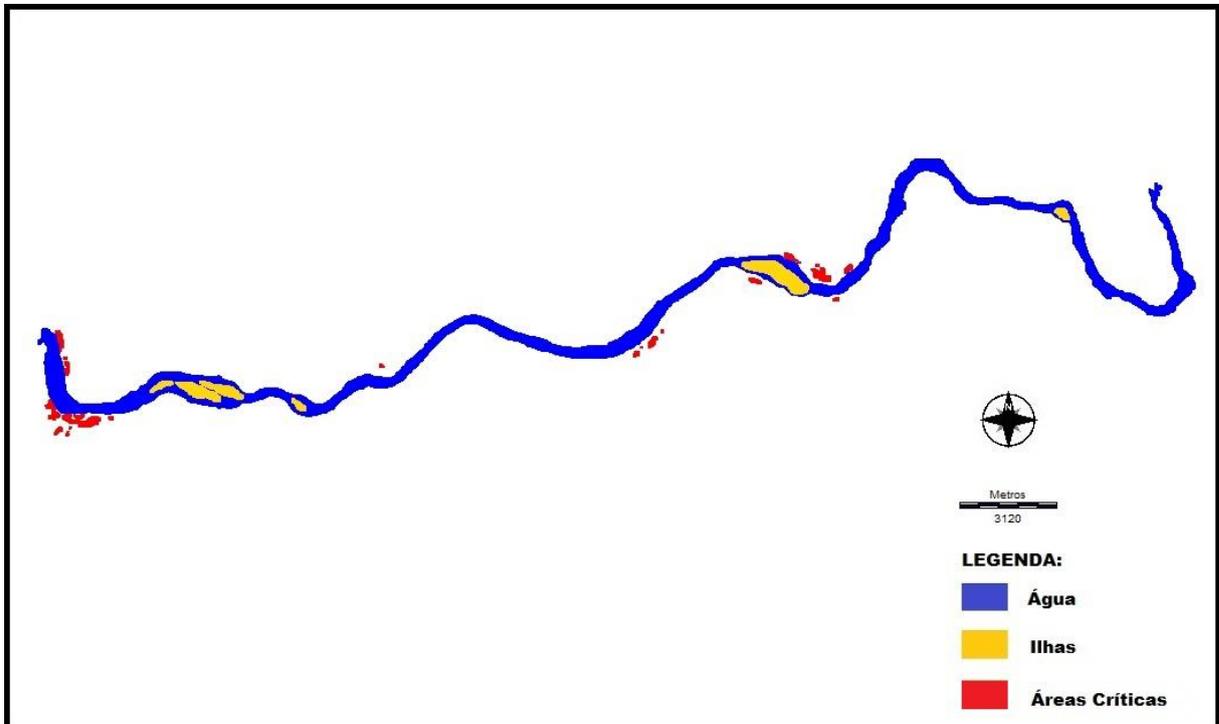


Figura 22. Representação dos polígonos referentes a junho de 1998. Início da formação de áreas críticas.

Em setembro de 1998, houve um aumento do volume da água próximo à barragem, ainda que não significativo na área total do espelho da água. Com isso, as áreas críticas e as ilhas também se mantiveram estáveis, conforme figura 23.

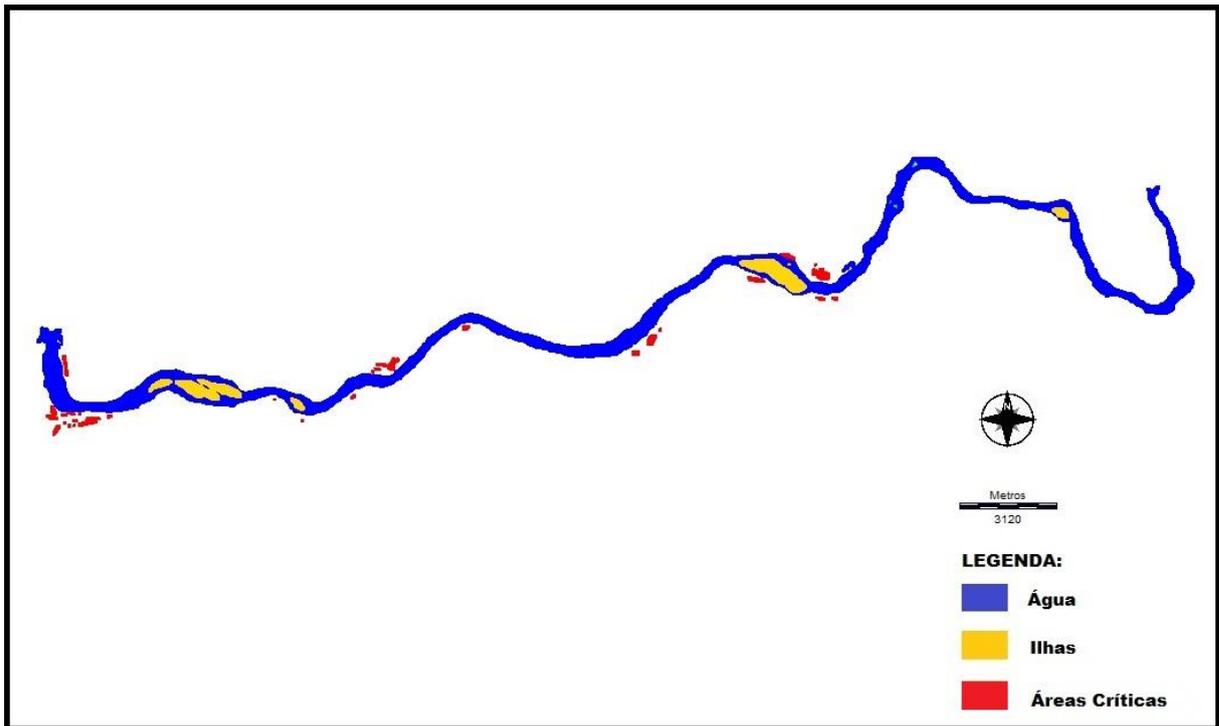


Figura 7. Representação dos polígonos referentes a setembro de 1998.

Em dezembro de 1998, as mudanças foram muito significativas em comparação aos meses anteriores. A figura 24 mostra o início do processo de inundação das áreas consideráveis relativamente próximas à barragem, culminando no aumento das áreas críticas, afetadas pelo processo de enchimento do reservatório, o que possibilitou o aumento de áreas tampão, de lagoas marginais e de áreas florestadas inundadas.

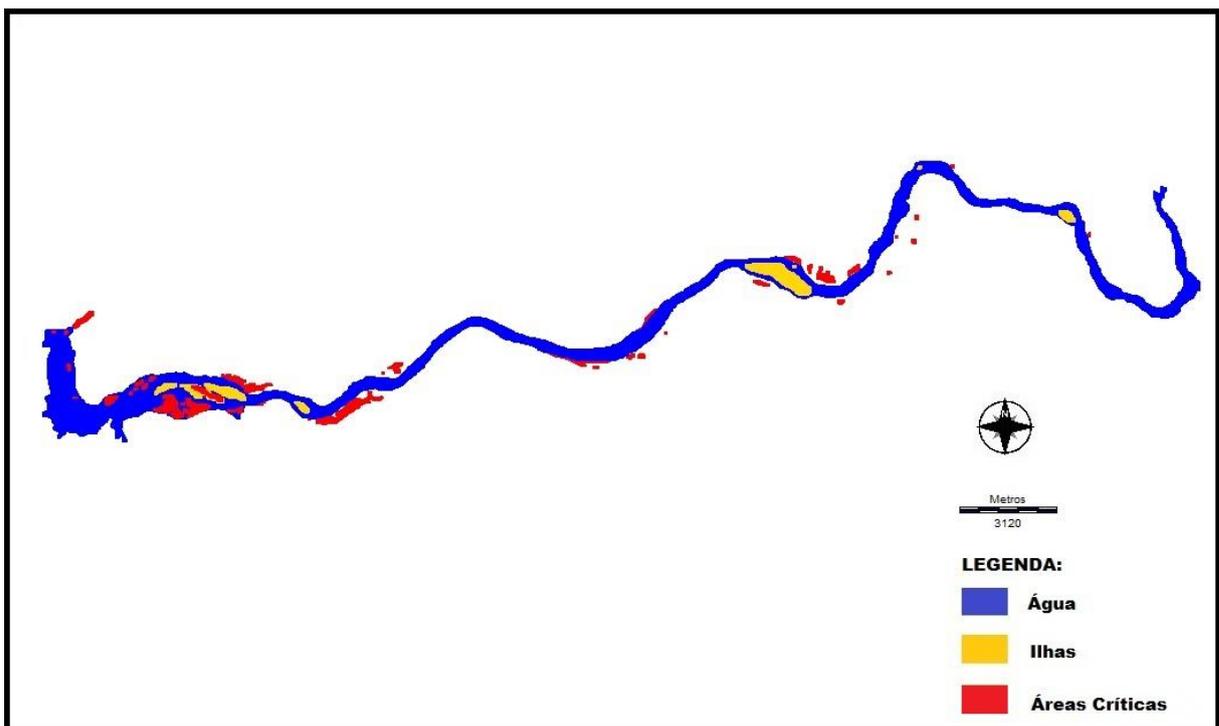


Figura 24. Representação dos polígonos criados referentes a dezembro de 1998.

Em maio de 1999 o Reservatório Canoas II entra em operação, figura 25. O nível do reservatório já está próximo do atual, as áreas críticas apresentam valores significativos, conforme tabela 7, e as três ilhas que existiam na parte ocidental da imagem desapareceram. A imagem abaixo mostra o possível alagamento de áreas florestadas.

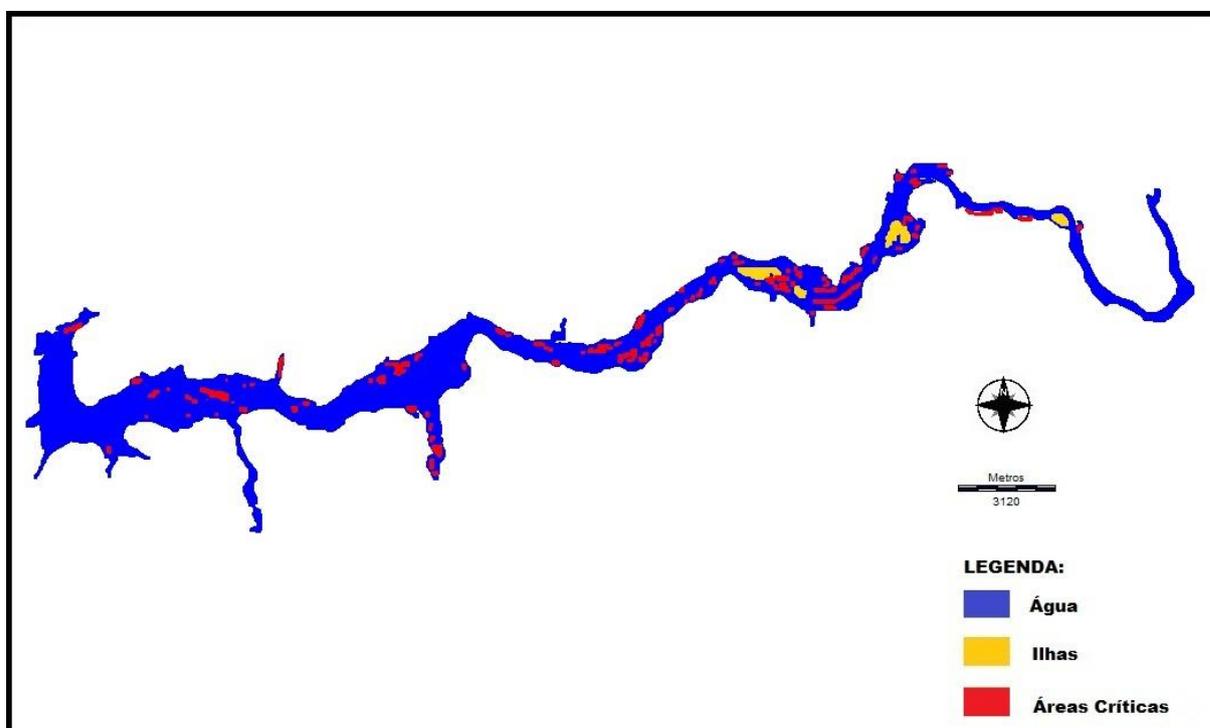


Figura 25. Representação dos polígonos referentes a maio de 1999.

Tabela 7. Variação das áreas – Fase de enchimento (km²).

Data	Espelho d'água	Ilhas	Áreas Críticas
06/1998	8,15	0,95	0,39
09/1998	8,18	0,92	0,37
12/1998	10,18	0,79	1,16
05/1999	20,93	0,36	1,07

Elaboração: Barros, R. R. F. (2013).

Com base nos dados obtidos, verificou-se que o aumento da área de inundação ocorreu a partir de dezembro, onde se observou mudanças no aspecto do espelho d'água, maior área inundada, aumento de áreas possivelmente críticas em razão do aumento do nível da água do reservatório que pode ter submergido a vegetação ciliar, já que esta não foi

devidamente retirada⁶. Em 1999, o reservatório entra em operação no mesmo mês, e ainda é possível notar áreas com risco de eutrofização, sobretudo em partes do reservatório com disposição de vegetação ciliar submersa e também em lagoas conectadas ao reservatório.

5.4 Análise da fase pós-enchimento do reservatório considerando efeitos da sazonalidade, comparando índices pluviométricos de anos com maiores volumes de chuva e anos com menores volumes de precipitação.

A fase pós-enchimento é datada a partir do início das operações de Canoas II, após maio de 1999. No entanto, foram empregados valores de precipitação da cidade paulista de Palmital, conforme tabela 8, visando correlacionar o volume de precipitação com o volume do espelho d'água e suas interferências em seu aspecto. Pelo fato de Palmital estar mais próximo à barragem foram considerados os dados de Palmital, uma vez que, os anos com maior quantidade de precipitação e os de menor quantidade não coincidem com os de Ibirarema, cidade vizinha, apesar de estarem próximos. Baseados nos índices relatados nos gráficos abaixo, figuras 26 e 27, foram selecionados como anos menos chuvosos 1999 e 2008. Conseqüentemente, também foram selecionados os anos com maiores índices pluviométricos. Os dados foram obtidos através do CIIAGRO, pela viabilidade de possuir estações climatológicas em ambas.

Tabela 8. Anos de maior e menor volume pluviométrico total (mm) entre 1999 e 2009

Ano	Precipitação (mm)
1999	1184,2
2005	1600
2008	1184,8
2009	1720,4

Fonte: CIIAGRO, Adpatado por: Barros, R. R. F.

⁶ A última imagem de satélite de 1998 é referente ao dia 27 de dezembro deste ano, coincidindo com uma passagem descrita na parte 3.7 Programa de Retirada da Área de Inundação, a qual consta numa Ação Civil Pública Ambiental “...nesta data, 23/12/98, existem áreas já parcialmente inundadas e ainda florestadas e restos vegetais queimados dentro da área de inundação...”. Disponível em: <<http://www.prsp.mpf.mp.br/prmmarilia/atuacao/acp/defesa-do-meio-ambiente/peticao-inicial-usinas-hidroeletricas>>.

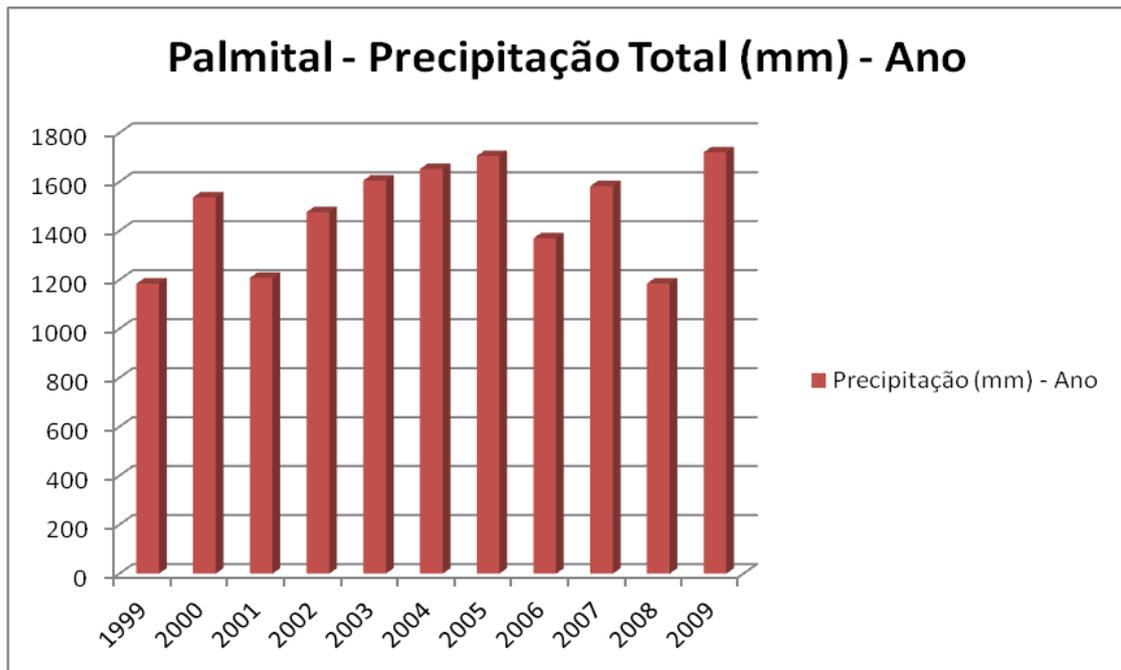


Figura 26. Precipitação Anual em Palmital, SP.
Fonte: CIIAGRO; adaptado por Barros, R. R. F. B.

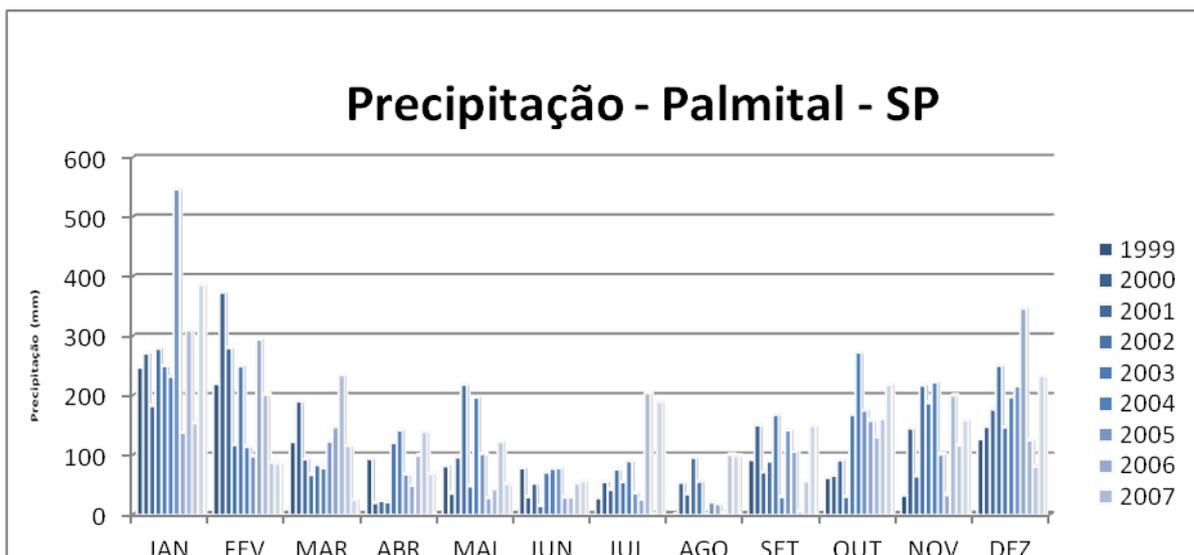


Figura 27. Série temporal de Palmital, SP.
Fonte: CIIAGRO; adaptado por Barros, R. R. F. B.

Conclui-se que o valor da precipitação total de 1999 foi inferior aos valores dos outros anos, não influenciando no tamanho do espelho d'água, uma vez que no ano de 2008 o valor da área do espelho d'água estava inferior do que o ano de 1999.

Tabela 9. Variação das áreas – Fase Pós-enchimento (km²)

Data	Espelho d'água	Ilhas	Áreas Críticas
05/1999	20,93	0,36	1,07
02/2005	21,02	0,25	0,56
07/2008	20,63	0,26	0,46
01/2009	21,32	0,34	0,63

Elaboração: Barros, R. R. F. (2013).

As figuras 28, 29 e 30 demonstram a estabilização das áreas críticas, as quais voltaram a retroceder com o passar do tempo. As áreas críticas passam a se concentrarem na porção meridional do reservatório, sobretudo nos braços tributários da margem esquerda do reservatório caracterizando os períodos mais vulneráveis durante a fase de enchimento em dezembro de 1998 e maio de 1999.

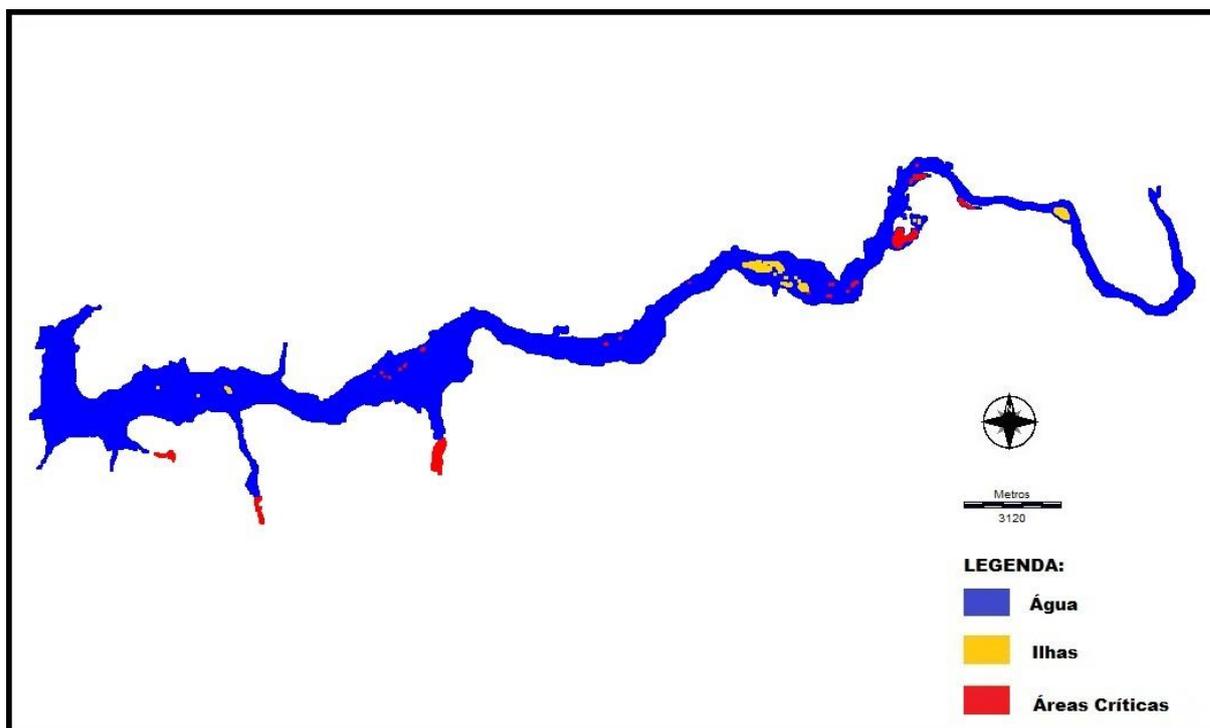


Figura 28. Representação dos polígonos referentes a fevereiro de 2005.

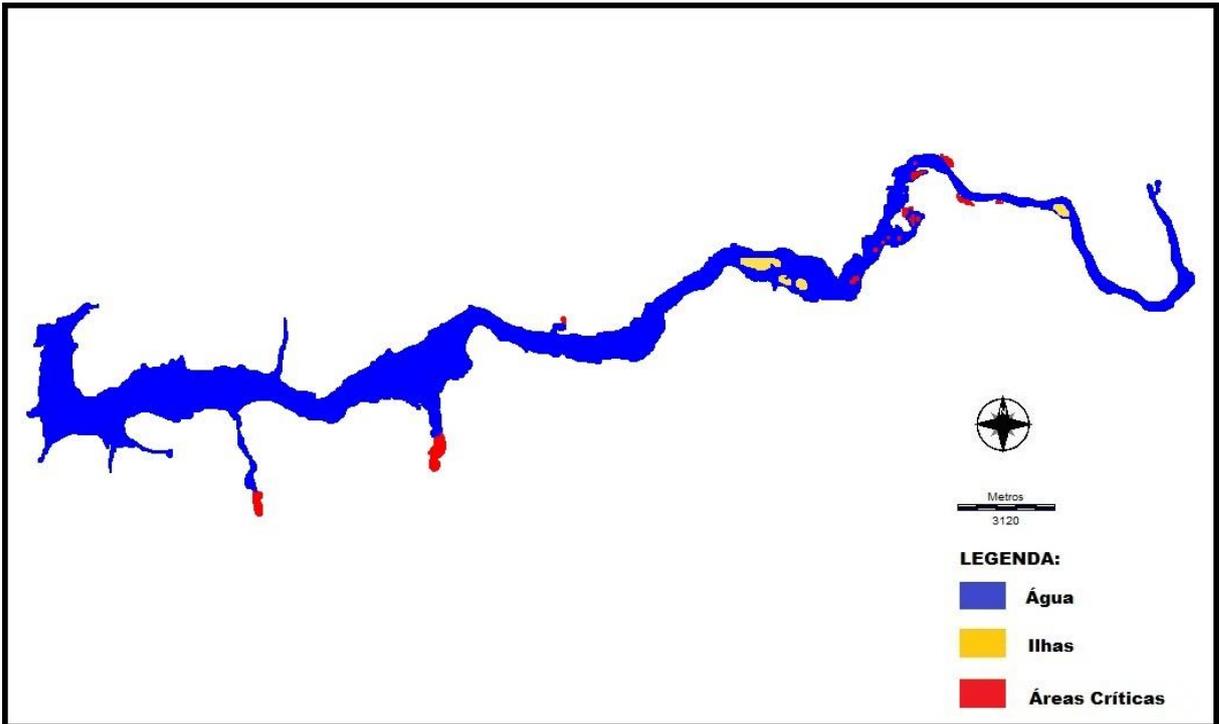


Figura 29. Representação dos polígonos referentes a julho de 2008.

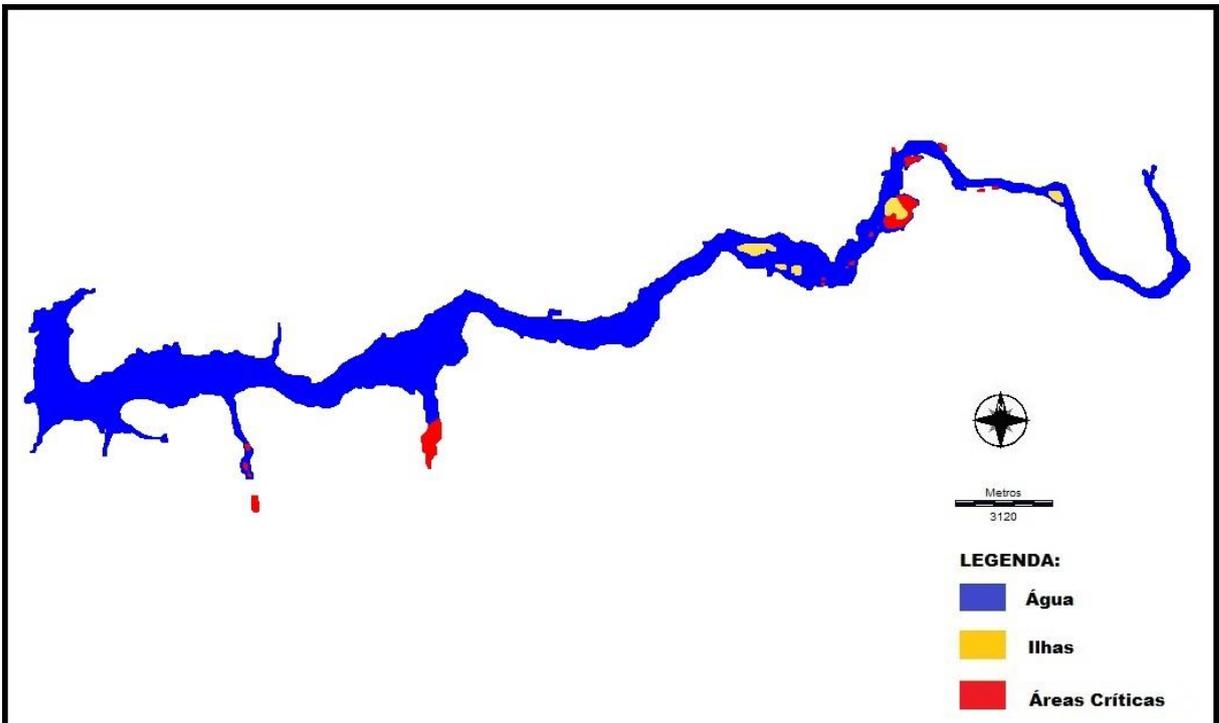


Figura 30. Representação dos polígonos referentes a janeiro de 2009.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Rio Paranapanema desempenha uma importância para a região estudada, dispondo de um elevado potencial hidráulico, servindo para diversos fins, contribuindo para a manutenção de atividades agrícolas localizadas nas proximidades de suas margens que fazem o uso de suas águas para irrigação. Os numerosos aproveitamentos hídricos, ao longo do seu curso, demonstra o valor de suas águas na geração de energia elétrica. Apesar de ser considerado o mais limpo dos maiores rios paulistas, possui um risco potencial para a poluição de suas águas, como já ocorre em alguns de seus tributários na região do Pontal do Paranapanema. Além disso, um dos principais problemas da região mencionada é a elevada suscetibilidade do solo, possibilitando o deslocamento de sedimentos para as drenagens, de modo a elevar a quantidade de nutrientes na água, podendo gerar consequências graves. Assim, grande parte do curso do Rio Paranapanema é ocupado por diversos usos, onde se deve dar atenção à conservação do solo, aos índices de desmatamento, o uso de agrotóxicos.

A proteção das áreas de preservação permanente é uma das principais preocupações que a região deve ter, uma vez que, algumas regiões próximas aos grandes reservatórios como Jurumirim, Chavantes, Capivara, em razão do valor turístico, sofrem com a “privatização” das margens e ilhas, ocupadas por empreendimentos imobiliários, proporcionando menores áreas vegetadas nas proximidades, risco de poluição por esgotos em razão da proximidade com as áreas residenciais.



Figura 31. Presença de agricultura e propriedades nas proximidades das margens do Reservatório Canoas II, em Andirá, PR, visto de Palmital, SP. Foto: Enrico Christimann, 2010.

Por outro lado, o Rio Paranapanema por ser considerado um rio caudaloso, apresenta elevados índices de matéria orgânica, além da sua capacidade de autodepuração ser capaz de sanar os problemas mencionados.

O uso do sensoriamento remoto e das técnicas de geoprocessamento foi indispensável nesse estudo, visto que possibilitou adquirir as imagens e o aplicativo Spring 5.2 de forma gratuita tornando o manejo dos dados espaciais facilitado. Foi possível constatar problemas em regiões específicas do reservatório, possivelmente por motivos relacionados com a falta de circulação da água, uso do solo, e outros devido a não tomada dos procedimentos corretos para o enchimento do reservatório, dos quais, a não retirada total da vegetação ciliar, queima de madeiras dentro da área futuramente submersa.

Portanto, é importante à gestão de reservatórios e dos recursos hídricos o desenvolvimento e aplicação de metodologias que possibilitem a criação de modelos eficientes, com baixos custos, através do cruzamento da gama de informações de diferentes modelos buscando um ponto em comum, gerando dados que sejam de utilidade pública no âmbito da gestão dos recursos hídricos.

Assim concluiu-se que durante o enchimento houve oscilação de nível do lençol freático proporcionando a formação de pequenas lagoas marginais. Contudo, algumas porções da margem esquerda foram as mais afetadas pelo avanço da vegetação aquática e redução do espelho d'água, sendo a fase mais crítica durante o ano de 1999. Após esse ano, alguns braços permaneceram estáveis e as áreas afetadas diminuíram. Além disso, notou-se que a precipitação não teve influência na variação das áreas de interesse analisadas nesse estudo.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 6ª Ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. 153 p.

AÇÃO CIVIL PÚBLICA AMBIENTAL. Autos n.º 1999.61.11.000368-5. Disponível em: <<http://www.prsp.mpf.mp.br/prmmarilia/atuacao/acp/defesa-do-meio-ambiente/peticao-inicial-usinas-hidroeletricas>>. Acesso em 26 de julho de 2013.

AGUIAR, A.M; GOMES, L.C. **Dinâmica sedimentar avaliada por sensoriamento remoto e sua influência no sistema aquático do reservatório de Itaipu-PR Brasil**. p.1-8 Disponível em:< <http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/aut/articles/068.pdf>>. Acesso em 16 ago. 2013

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Região Hidrográfica do Paraná**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/parana.aspx>>. Acesso em: 21 ago. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica no Brasil**. Ed.1. Brasília: ANEEL, 2002. 153 p. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em 23 de junho de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica no Brasil**. Ed.3. Brasília: ANEEL, 2008. 236p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em 23 de junho de 2013.

BRAGA, B; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; MIERZWA, J. C.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N; EIGER, S. O meio aquático. In: **Introdução a Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável**. Editora Pearson Prentice Hall. 2ª edição. 2005. p. 73-124.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MÉDIO PARANAPANEMA. **Caderno Síntese do Plano de Bacia do Médio Paranapanema (UGRHI – 17)**. São Paulo, 2007.

CENTRO DE INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS (CIIAGRO); Disponível em:<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>>. Acesso em Agosto de 2013.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows - Manual do usuário: introdução e exercícios tutoriais**. Editores da versão em português, Heinrich Hasenack e Eliseu Weber. Porto Alegre, UFRGS Centro de Recursos Idrisi, 1998. 240 p.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos. Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/lrh2000/anexos/unidadesdegerenciamentoderecurshidricosugrhi.htm>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - (IBGE). **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso em 19 de agosto de 2013.

INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ. **Comitê do Paranapanema elege nova diretoria**. Notícias. 10 de dezembro de 2012. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/noticias/makepdf.php?storyid=142>>. Acesso em 06 de julho de 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. EPIPHANIO, J. C.N.; FORMAGGIO, A. R.; SANTOS, A. R.; RUDORFF, B. F. T.; ALMEIDA, C.M.; GALVÃO, L. S. (Tradução). São José dos Campos: Parentese, 2009. 672p.

LOPES, C. M.; ALMEIDA, F. S.; ORSI, M. L.; BRITO, S. G. C.; SIROL, R. N.; SODRÉ, M. K. Fish passage ladders from Canoas Complex — Paranapanema River: evaluation of genetic structure maintenance of *Salminus brasiliensis* (Teleostei: Characiformes). In: **Neotropical Ichthyology**. v. 5, Porto Alegre, 2007. In: Scielo Brazil. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1679-62252007000200006&script=sci_arttext>. Acesso em 28 de julho de 2013.

NASCIMENTO, R. F. F.; ALCÂNTARA, E. H.; STECH, J. L.; KAMPEL, M. Uso de dados MERIS/ENVISAT em águas interiores. p. 81-118. In: ALCÂNTARA, E. H.; NOVO, E. M. L. M.; STECH, J. L. **Novas tecnologias para o monitoramento e estudo de reservatórios hidrelétricos e grandes lagos**. Rio de Janeiro: Parêntese, 2011. 328 p.

NOGUEIRA, M. G., JORCIN, A. VIANNA, N. C., BRITTO, Y. C. T. Reservatórios em cascata e os efeitos da limnologia e organização das comunidades bióticas (Fitoplâncton, Zooplâncton e Zoobentos) – Um estudo de caso no Rio Paranapanema (SP/PR). In NOGUEIRA, M. G.; HENRY, R.; JORCIN A. (Org.) **Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. p. 83-125. São Carlos: Rima, 2005.

NOVO, E. M. L. M. **Monitoramento da Quantidade e Qualidade da Água e Sensoriamento Remoto**. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (SBRH), 17., 2007, São Paulo. Anais. São Paulo: ABRH, 2007. Artigos, p. 1-20. Disponível em: <<http://mtc-m17.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17%4080/2007/12.03.20.57/doc/3.pdf>>. Acesso em 18 de agosto de 2013.

VALÉRIO, A. M.; STECH, J. L.; KAMPEL, M. Sensoriamento remoto orbital e de superfície para o estudo do comportamento do corpo e da água do reservatório de Manso, MT, Brasil. In: ALCÂNTARA, E. H.; NOVO, E. M. L. M.; STECH, J. L. **Novas tecnologias para o monitoramento e estudo de reservatórios hidrelétricos e grandes lagos**. Rio de Janeiro: Parêntese, 2011. 328 p.

VIEIRA, P. F. (ORG); SACHS, I. **Rumo à ecossocioeconomia teoria e prática do desenvolvimento**. São Paulo: Editora Cortez, 2007. 476 p.

SALATI, E.; LEMOS, H. M.; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil – capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo. Escrituras, 2006. cap.2, p 39-64.

STRAŠKRABA, M. & TUNDISI, J. G. 2000. **Gerenciamento da qualidade da água de represas**. In: TUNDISI, J. G. ed. Diretrizes para o gerenciamento de lagos. São Carlos, ILEC/IEE. v.9, 280p.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez**. Editora RiMa Artes e Textos, 2003, 248p.

VIEIRA, S. D. **As centrais hidrelétricas de Canoas I e II no Médio Vale Paranapanema: História e impactos sócio-econômicos**. Dissertação de mestrado em História. Faculdade de Ciências e Letras, Universidade Estadual Paulista. Assis, 2007. 325p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª Edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.