

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS A QUALIDADE DA ÁGUA DO BAIXO CURSO DO RIO TIBAGI – PR

Paulo Henrique Marques de Castro

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual de Londrina-PR.
paulocastro@uel.br

Adriana Castreghini de Freitas Pereira

Docente da Universidade Estadual de Londrina-PR.
adrianacfp@uel.br

Mirian Vizintim Fernandes Barros

Docente da Universidade Estadual de Londrina-PR.
vizintim@uel.br

RESUMO

A bacia do rio Tibagi, com área de 24713 km², nasce nos Campos Gerais, nos municípios de Palmeira e Ponta Grossa, no centro do estado do Paraná, e tem sua foz na margem esquerda do Rio Paranapanema, que faz divisa entre os estado do Paraná e São Paulo (SUDERHSA, 1997). Esta pesquisa propõe analisar parâmetros físicos, químicos e hidrobiológicos relacionados à qualidade das águas do baixo curso do rio Tibagi, por meio de uma metodologia que contemple a coleta de dados limnológicos atuais, e da análise espectral “*in situ*” e orbital para a estimativa da concentração de constituintes opticamente ativos na água, com o objetivo de avaliar a interferência dos impactos negativos pós a construção e operacionalização da Usina Hidrelétrica de Mauá.

É apresentada uma metodologia para avaliação de parâmetros indicadores da qualidade da água utilizando o sensoriamento remoto, que pode ser continuamente aplicada para monitoramento das águas do rio Tibagi. Os procedimentos metodológicos são orientados na utilização de imagens do satélite Landsat 8 para a extração dos valores espectrais dos pontos de amostragem, associados aos dados limnológicos e espectrais “*in situ*”.

O monitoramento da qualidade da água tem por finalidade a divulgação das condições de qualidade dos recursos hídricos e dar subsídios para a gestão destes recursos, bem como, integrar programas de saneamento e recuperação ambiental. Neste sentido, a metodologia proposta permite uma análise integrada do quadro recente de alterações antrópicas no rio Tibagi, que é uma importante fonte de abastecimento de água para alguns municípios do Estado do Paraná, principalmente Londrina.

Palavras-chave: análise espectral, Landsat 8, rio Tibagi, Usina Hidrelétrica de Mauá.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais interesses no uso de produtos de sensoriamento remoto em ambientes aquáticos é verificar a variação espacial e temporal da composição da água, possibilitando investigar a origem e o deslocamento de substâncias específicas em suspensão ou dissolvidas na água. Sedimentos em suspensão, pigmentos fotossintetizantes, matéria orgânica dissolvida e as moléculas de água em si, são os principais agentes que regem as propriedades ópticas inerentes da água e, portanto, são chamados de constituintes opticamente ativos (COAs) (RUDORFF, 2007; JENSEN, 2009). Corazza (2010) salienta que além das respostas espectrais obtidas *in situ* com uso de um espectrorradiômetro de campo faz-se necessário o estudo limnológico do reservatório para a compreensão de sua dinâmica aquática e posterior correlação com os dados espectrais, o que conduz ao aumento da confiabilidade na interpretação dos resultados obtidos.

O Brasil é um país cujo potencial hídrico estimula a implantação de reservatórios para suprir as necessidades de abastecimento d'água para fins diversos. Porém, a construção de barragens, provoca abruptas alterações nos regimes dos rios e consideráveis desequilíbrios na estrutura físico-

química e hidrobiológica do meio aquático, podendo gerar significativos impactos ambientais, muitas vezes negativos, a montante e a jusante do barramento (BASTOS, 1998).

A bacia do rio Tibagi, com área de 24713 km², nasce nos Campos Gerais, nos municípios de Palmeira e Ponta Grossa, no centro do Estado do Paraná, e tem sua foz na margem esquerda do rio Paranapanema, que faz divisa entre os Estado do Paraná e São Paulo. O fluxo da água toma direção norte indo desembocar na Usina Hidroelétrica de Capivara (CESP) no rio Paranapanema (23°01'12"S, 50°38'07"W), 550 km depois. Este desnível caracteriza um rio de forte correnteza, origem de seu nome indígena (rio de correnteza), e encaixado em seu leito. Um total de aproximadamente 65 tributários diretos e 1200 pequenos riachos compõe a rede hidrográfica do rio Tibagi. O ponto culminante da bacia do rio Tibagi, no entanto, está a aproximadamente 1200 metros de altitude, na região dos Campos Gerais, município de Castro. Desta região há um desnível a oeste e norte até atingir a faixa dos 300 metros de altitude, próximo à confluência com o rio Paranapanema (SUDERHSA, 1997).

A Usina Hidrelétrica Mauá é uma usina hidrelétrica brasileira localizada no rio Tibagi, logo a montante do local denominado Salto Mauá, nos municípios de Telêmaco Borba e Ortigueira no Estado do Paraná, a cerca de 50 km de Telêmaco Borba. Sua construção teve início no ano de 2008 e foi inaugurada em 2012. É controlada pelo CECS (Consórcio Energético Cruzeiro do Sul), com participação societária de 51% da Copel e 49% da Eletrosul. É a 6ª maior hidrelétrica em potência instalada em território paranaense, ficando atrás apenas das cinco usinas localizadas no rio Iguaçu.

A área escolhida para empregar a metodologia de análise espectral “*in situ*” e orbital para a estimativa da concentração de constituintes opticamente ativos da água do rio Tibagi, corresponde ao eixo da barragem da UHE Mauá, até proximidades da captação da SANEPAR, no município de Londrina-PR (Figura 1).

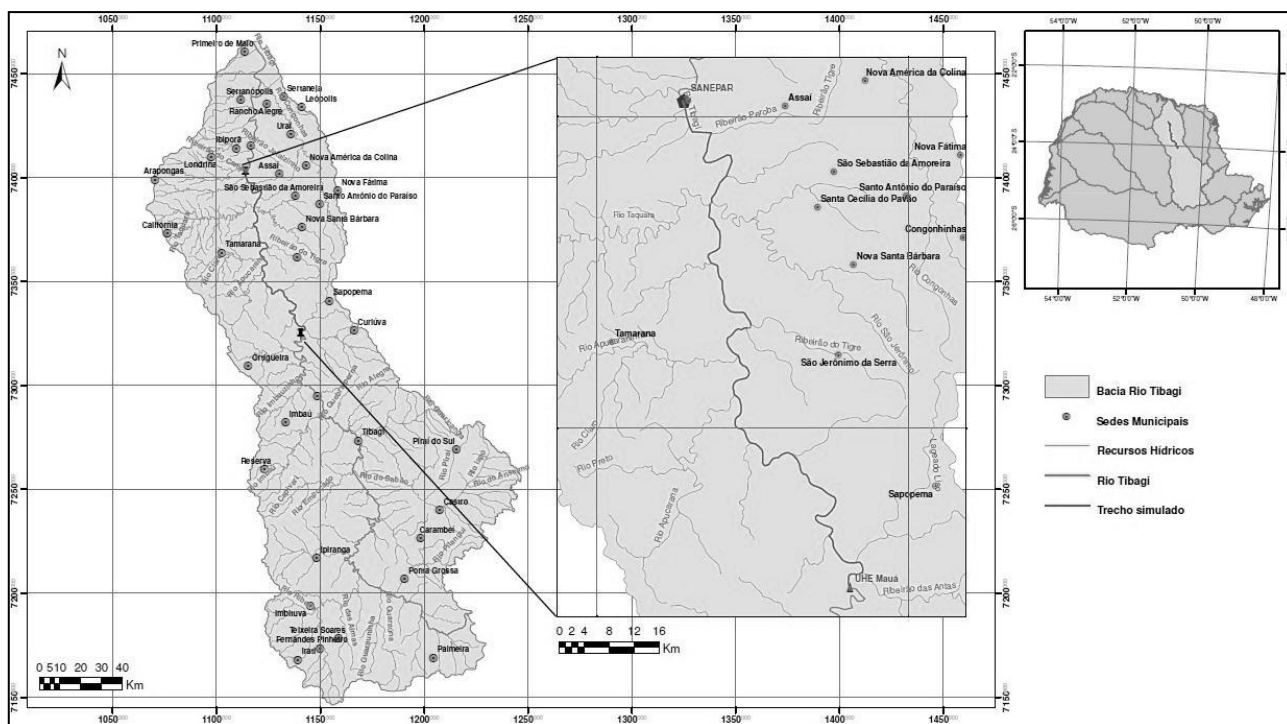


Figura 1 - Trecho do baixo curso do rio Tibagi, entre a UHE Mauá e o ponto de Captação Londrina. Fonte: autores.

O reservatório da UHE Mauá na bacia do rio Tibagi, em região subtropical, com formações florestais (vegetação ripária, floresta de galeria, formações aluviais e de terraços, áreas úmidas), capoeiras e campos (sujos e antrópicos) apresenta condições morfométricas específicas que, associadas à degradação da fitomassa remanescente e da matéria orgânica dos solos das áreas de inundação, pode contribuir para alterar a qualidade da água em relação às condições atuais. As formas dos reservatórios influenciam as dinâmicas dos processos químicos e biológicos nas águas e

nos sedimentos, levando-se em conta os efeitos da ação do vento (fetch) e dos mecanismos de circulação da água (LACTEC, 2009).

O monitoramento da qualidade da água, principalmente em áreas de abastecimento, faz-se necessário uma vez que existe o potencial risco a saúde humana. A utilização de técnicas de sensoriamento remoto auxiliam no acompanhamento da dinâmica das florações e de demais constituintes opticamente ativos, como os sólidos em suspensão. As utilizações dos produtos gerados a partir do sensoriamento remoto podem fornecer uma visão sinótica do ecossistema, adquirindo informações multitemporais em escala local.

As alterações hidrodinâmicas decorrentes da construção de reservatórios, associado ao crescimento populacional em grandes centros urbanos, como a Região Metropolitana de Londrina (RML), conduzem a modificações nas características físicas, químicas e biológicas dos sistemas aquáticos, podendo favorecer, por exemplo, o crescimento acelerado de organismos fitoplanctônicos, e interferir em demais fatores condicionantes à qualidade da água.

O rio Tibagi vem tendo, ao longo dos anos, a sua capacidade de assimilação e diluição extrapolada pelo despejo de cargas domésticas, industriais e agrícolas, em particular ao parâmetro fósforo total. Atualmente, apesar destes corpos de água terem apresentado ótimas condições de oxigenação das águas, pH dentro da faixa ótima, baixos teores de matéria orgânica e ausência de toxicidade a organismos sensíveis à poluição, este rio está mais suscetível aos processos de eutrofização, sendo que, em períodos de estiagem, vem trazendo problemas ao abastecimento da cidade de Londrina. Além disto, a construção de barragens para a formação de reservatórios pode comprometer a sua capacidade de depuração das águas acelerando os processos de eutrofização, com a possibilidade da ocorrência de florações de algas e cianobactérias (IAP, 2012).

O município de Londrina atua por meio de delegação da prestação dos serviços de água e esgoto, sendo os serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários desde 1.973, prestados pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, por meio de Contrato de Concessão de Serviços Públicos. Anteriormente, os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário eram executados pelo SAS – Serviço Autárquico de Saneamento ligado a Prefeitura Municipal.

O sistema de abastecimento de água da cidade de Londrina atende 100% da população urbana com rede de distribuição de água, contando com dois sistemas produtores com captação superficial, sendo um deles do rio Tibagi, e 7 poços profundos na sede municipal. A vazão total de captação é de aproximadamente 7.545 m³/h, sendo a do rio Tibagi a mais expressiva, representando em média 4.500,00 m³/h do total (PMSB, 2008). Diante disto, um fator a ser considerado com relação à preservação da qualidade dos mananciais, é o risco de contaminação da água no ponto de captação da SANEPAR localizado no rio Tibagi, uma vez que, a grande área de contribuição da bacia a montante deste ponto, aumenta este risco de interferência na qualidade da água devido à ação antrópica.

Em 21 de julho de 2008, o Consórcio Energético Cruzeiro do Sul (CECS) assinou a ordem de serviço para início das obras, e em 23 de novembro de 2012 teve início da geração comercial da unidade geradora 1. Estudos antecedentes à construção e operação da UHE Mauá, realizados pelo Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), como o *Relatório de previsão de possíveis impactos da qualidade da água do rio Tibagi, após a construção da UHE Mauá*, apontam prejuízos à qualidade da água, no entanto, sendo baixa a probabilidade do reservatório alterar os padrões no local de Captação Londrina considerando os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA No 357/05 para os rios de classe 2, que corresponde ao enquadramento atual do rio Tibagi. Neste caso, a extensão do trecho até a jusante do canal de fuga da UHE Mauá, bem como as condições hidráulicas e hidrológicas entre os dois locais seria suficiente para depurar os parâmetros mais sensíveis à existência do reservatório. O trecho mais afetado após a construção da UHE indicado pelo relatório, supostamente compreenderia os 20 primeiros quilômetros mais próximos, e ainda sim, somente em relação aos parâmetros de fósforo, DBO e fitoplâncton, estando estes abaixo do limite estabelecido na resolução.

Mediante a tais condições ambientais a metodologia permitirá analisar parâmetros físicos, químicos e hidrobiológicos relacionados à qualidade das águas do baixo curso do rio Tibagi, por meio da coleta de dados limnológicos atuais, e da análise espectral “*in situ*” e orbital para a estimativa da concentração de constituintes opticamente ativos, avaliando a interferência dos impactos negativos pós a construção e operacionalização da UHE Mauá, associados ao crescimento populacional e expansão urbana da Região Metropolitana de Londrina (RML).

2. METODOLOGIA

De forma a auxiliar estudos sobre a água, várias pesquisas e métodos de sensoriamento remoto vêm sendo desenvolvidas, visando à obtenção de medidas espaciais quantitativas de importantes variáveis hidrológicas (JENSEN, 2009).

Ao penetrar na coluna d’água, a radiação é submetida a profundas alterações, tanto na sua intensidade quanto na sua composição espectral. Segundo Jensen (2009), a água pura não contém matéria orgânica ou inorgânica, já os corpos d’água naturais apresentam uma variedade desses constituintes, como o rio Tibagi

A resposta espectral das águas interiores está relacionada às substâncias presentes na coluna destes corpos d’água, possibilitando a extração de informações sobre as águas a partir desses dados espectrais. Estes elementos chamados de componentes opticamente ativos são os responsáveis pelas diferentes respostas espectrais da água captada pelos sensores (Tabela 1).

Tabela 1- Capacidade de sensoriamento remoto para medir operacionalmente parâmetros limnológicos a serem avaliados

PARÂMETROS	CAPACIDADE DE SENSORIAMENTO REMOTO
FÍSICOS	
Total de sólidos em suspensão	SIM
Turbidez	SIM
Transparência	SIM
Temperatura da água/ar	SIM
QUÍMICOS	
Condutividade elétrica	SIM
Fósforo total	NÃO
Demanda Bioquímica de Oxigênio	NÃO
Potencial Hidrogeniônico	NÃO
HIDROBIOLÓGICOS	
Clorofila <i>a</i>	SIM

Fonte: Adaptado NOVO, 2007.

São utilizadas as imagens orbitais do satélite Landsat 8 (Tabela 2), lançado em 11 de fevereiro de 2013 na Missão de Continuidade dos Dados Landsat (LDCM). Esse novo satélite traz alguns avanços, com dois novos sensores: o sensor espectral OLI e o sensor termal TIRS, as melhoras na resolução espectral são muito positivas. Foram adicionadas duas bandas espectrais: a new coastal (banda 1), projetada especificamente para os recursos hídricos e investigação da zona costeira, e um novo canal de infravermelho (banda 9), para a detecção de nuvens cirros. Tais adições provocaram mudanças nos intervalos dentro do espectro dos canais de todas as bandas. Há também uma nova banda de Garantia de Qualidade (Banda QA), que fornece informações sobre a presença de nuvens, água e neve. A partir do sensor termal TIRS, foram criadas duas bandas espectrais para o comprimento de onda antes coberto por uma única banda nos sensores TM e ETM (USGS, 2013).

Outra inovação importante foi quanto à resolução radiométrica. Os sensores OLI e TIRS proporcionam um melhor desempenho radiométrico, quantificado em uma faixa dinâmica de 12 bits. Essa melhoria (uma vez que as imagens anteriores possuíam 8 bits) possibilita uma maior

caracterização de alvos da imagem, e podem contribuir bastante para a diminuição do efeito de sombras.

Em relação à resolução espacial, esta foi a única com poucas inovações em relação às imagens anteriores. As bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 9 possuem uma resolução de 30 metros; as bandas termal 10 e 11 possuem uma resolução de 100 metros; e a banda 8 (pancromática) possui uma resolução de 15 metros (NASA, 2013).

Tabela 2 – Característica técnicas do satélite Landsat 8

Órbita	Circular, Heliosíncrone, Descendente, 98,2° de Inclinação, Período de 99 minutos, Altitude de 705 Km
Horário de Imageamento	10 h 00 min AM
Bandas do Sensor	Pancromático P&B: Banda 8; Multiespectral: Bandas 1-7 e 9; Termal: Bandas 10-11
Resolução Espacial	Pancromático P&B: 15,0 m (bandas 8); Multiespectral: 30,0 m (banda 1-7 e 9); Termal: 100,0 m (bandas 10-11)
Sensibilidade Espectral	Pancromático: 500-680 nm (Banda8); Multiespectral: 430-450 nm (Banda1), 450-510 nm (Banda2), 530-590nm (Banda3), 640-690 nm (Banda4 Vermelho), 850-880 nm (Banda5 Infravermelho próximo), 1570-1650 nm (Banda6 SWIR1), 2110-2290 nm (Banda7 SWIR2), 1360-1380 nm (Banda9 Cirrus); Termal: 10600-11190 nm (Banda10 TIRS1), 11500-12510 nm (Banda11 TIRS2)
Resolução Radiométrica	16 bits
Tamanho de Cena Básica	185,0 x 185,0 km
Largura de Faixa Imageada	185 km
Frequência de Revisita	Aproximadamente 16 dias, dependendo da latitude

Fonte: USGS, 2015

Em geral, os procedimentos metodológicos são orientados conforme as seguintes etapas:

- a) Definição dos pontos de amostragem “*in situ*”;
- b) Aquisição e tratamento das imagens de satélite Landsat 8, que serão utilizadas para a extração dos valores espectrais dos pontos de amostragem em dois períodos distintos, preferencialmente que correspondam às épocas de cheia e seca, adquiridas no mesmo dia ou próximas ao dia de coleta dos dados limnológicos e espectrais “*in situ*”;
- c) Coleta dos dados espectrais e dos parâmetros limnológicos “*in situ*” descritos na tabela 1, nos dois períodos;
- d) Tratamento estatístico dos dados para correlação entre os dados limnológicos e espectrais “*in situ*” e orbitais;
- e) Elaboração de mapas da concentração dos diferentes constituintes opticamente ativos;
- f) Elaboração de modelos matemáticos por meio de geoestatística, para a estimativa da concentração de constituintes opticamente ativos por meio de análise espectral de imagens Landsat 8.

Essas etapas são compreendidas melhor no fluxograma representado na figura 2, que se repetirá para as análises dos dois períodos (seca e cheia).

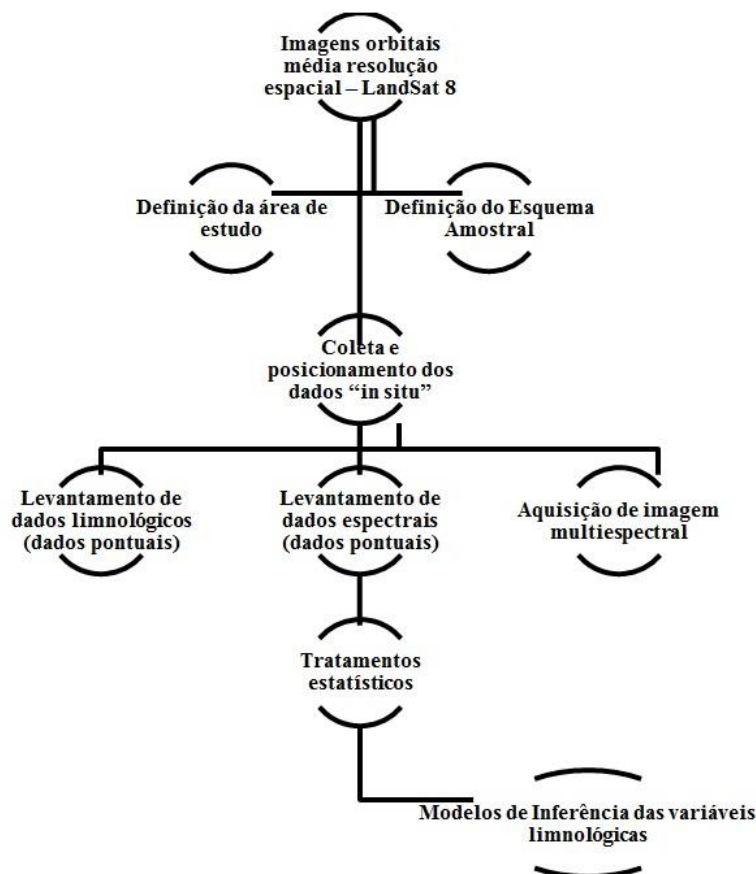


Figura 2: Fluxograma das etapas metodológicas. Fonte: adaptado PEREIRA, 2008.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água em reservatórios depende de vários processos, os quais estão relacionados com as características morfológicas dos sistemas, com os mecanismos de circulação e estratificação térmica e química, com as relações entre as profundidades das zonas eufótica (região iluminada), afótica (região escura) e máxima, com o tempo de residência da água (TR) e com as interações sedimento/água, que são também reguladas pelo grau de oxigênio da coluna d'água e pelo potencial de oxidação do sedimento (TUNDISI, 2008).

A existência de várias agências públicas e privadas coletando dados sobre a qualidade e quantidade de água cria um problema adicional para a gestão que é a ausência de protocolos unificados no tocante às metodologias de coleta e análise de dados, o que na maioria das vezes torna difícil sua assimilação e análise visando à gestão dos recursos hídricos. É nesse contexto que a tecnologia de sensoriamento remoto se insere como fonte de informação a ser integrada às convencionais. Embora a tecnologia de sensoriamento remoto esteja disponível e seja amplamente utilizada em vários campos do conhecimento, como é o caso da gestão da produção agrícola, previsão meteorológica, sistemas de alerta de fogo e de desflorestamento, seu uso pela comunidade gestora de recursos hídricos é ainda insipiente (NOVO, 2007).

No tocante a área de estudo, torna-se relevante o emprego de uma metodologia estruturada em técnicas de sensoriamento remoto para realizar análises espectrais “*in situ*” e orbitais, além da coleta de dados limnológicos, para a estimativa da concentração de constituintes opticamente ativos e demais parâmetros físicos e químicos da água do rio Tibagi, principalmente nas proximidades da captação de água da SANEPAR em Londrina – PR, e a jusante, no reservatório da UHE Mauá. Essas áreas correspondem a um ambiente lótico e outro lêntico, respectivamente, sendo o último menos propenso a interferências ambientais na resposta espectral em relação ao comportamento do alvo.

Com base nestes parâmetros será possível estabelecer um cenário atual oriundo das alterações ocorridas na dinâmica hidrológica do baixo curso do rio Tibagi, decorrentes da construção e operacionalização da UHE Mauá, principalmente em relação aos parâmetros de qualidade da água, associando com as informações divulgadas nos relatórios técnicos de previsão possíveis impactos da qualidade da água do rio Tibagi, após a construção da UHE Mauá, para averiguá-las condizentes, ou não, com a realidade atual.

No demais, diante de problemas como este, a utilização de recursos de sensoriamento remoto para auxiliar no monitoramento da qualidade das águas superficiais de usos múltiplos, desponta como instrumento de grande interesse por parte da sociedade como um todo, uma vez que permite monitorar e controlar a qualidade de um recurso natural de vital importância para as condições de saúde pública (NOVO, 2005).

Além disso, busca-se estabelecer uma metodologia para avaliação de parâmetros indicadores da qualidade da água, que possa ser continuamente usado para monitoramento das águas do rio Tibagi, levando em consideração os impactos advindos da construção da UHE Mauá. O monitoramento da qualidade da água tem por finalidade a divulgação das condições de qualidade dos recursos hídricos e dar subsídios para a gestão destes recursos, bem como, integrar programas de saneamento e recuperação ambiental. O monitoramento auxilia as ações do licenciamento e da fiscalização, evidenciando o cumprimento ou não da legislação em vigor, detectando modificações ambientais, servindo como vigilância ou sistema de alerta dos problemas, e avaliando intervenções. O licenciamento por si só não promove a gestão numa bacia hidrográfica, a qual somente se efetiva pelo tripé: monitoramento, fiscalização e licenciamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tomando por base os elevados custos financeiros para a realização de monitoramento e análises técnicas em campo, que ocorrem devido às dificuldades de acessar determinadas áreas, o sensoriamento remoto torna-se a alternativa como uma ferramenta de menor custo e com maior acessibilidade para realizar levantamentos técnicos, mapeamentos e monitoramentos para planejamento ambiental. No monitoramento de ambientes aquáticos é possível integrar uma grande quantidade de dados remotos aos dados convencionais limnológicos, tornando-se parte de um sistema de gestão que tende a evoluir constantemente com o emprego de novas técnicas.

Em relação à aplicação da referida metodologia no baixo curso do rio Tibagi, deve-se levar em consideração as peculiaridades dos ambientes lóticos, uma vez que a morfologia da calha do rio, entre outros fatores, favorecem diferenças de velocidade de fluxo da água, que pode interferir diretamente na disponibilidade dos componentes opticamente ativos e na depuração de demais componentes químicos ou hidrobiológicos.

REFERÊNCIAS

BASTOS, R. K. X. Impactos da construção de centrais hidrelétricas relacionados com a água: pressupostos para a avaliação e proposição de medidas mitigadoras. In: Simpósio Brasileiro de Biodiversidade - V.11, N1, 2012 - pág. 40 Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, 1., 1998, Poços de Caldas. Anais. São Paulo: CMGB, 1998.

CONAMA. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente - Publicada no DOU nº 53, de 17 de março de 2005.

CORAZZA, R. Relações entre variáveis espectrais e limnológicas no reservatório da usina hidrelétrica dona Francisca-RS, 2010. Dissertação (mestrado em geografia). Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil, 2010.

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Monitoramento da qualidade da água do rio Tibagi e Barra Grande, na área de influência do futuro reservatório de Mauá e município de Londrina– PR, no período de abril de 2010 a dezembro de 2011.** Governo do Estado do Paraná - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Curitiba, 2012.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais.** São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. **Modelagem Matemática da Qualidade da Água Para UHE Mauá.** Curitiba, 2009.

LACTEC – Instituto de Tecnologia Para o Desenvolvimento. **Diagnóstico das condições limnológicas e da qualidade da água superficial e subterrânea na região do empreendimento UHE Mauá – Relatório fase rio.** CECS/2011.

LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. **Previsão de possíveis impactos na qualidade da água do rio Tibagi, após a construção da UHE Mauá.** Curitiba, 2009.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). Landsat Data Continuity Mission: Continuously Observing Your World. 2013. Disponível em: . Acesso em: Jan. 2015.

NOVO, E. M. L de M. **Sensoriamento Remoto Aplicado à Ecologia Aquática.** In: ROLAND, F.; CESAR, D.; MARINHO, M. (Orgs) Lições de Limnologia. São Carlos: RIMA, 2005.

NOVO, E. M. L. M. **Monitoramento de Quantidade e Qualidade da Água e Sensoriamento Remoto.** XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2007.

PEREIRA, A. C. de F. **Desenvolvimento de método para inferência de características físicas da água associadas às variações espectrais. Caso de Estudo: Reservatório de Itupararanga/SP.** Tese de doutorado - Presidente Prudente, 2008, 206 p.

PMSB - **Plano Municipal de Saneamento Básico Relatório de Diagnóstico da Situação do Saneamento de Londrina –PR.** 2008.

RUDORFF, C.M.; ARRAUT, E.M.; BARBOSA C.C.; CARVALHO, J.C.; FILHO, W.P.; NOVO, E.M.L.M. **Avaliação de algoritmos bio-óticos em massas d'água amazônicas.** (Submetido ao Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2004, Goiânia).

SUREHMA. Superintendência dos Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Portaria nº 20, de 12 de maio de 1992. **Enquadra os cursos d'água da BACIA DO RIO IGUAÇU.** Curitiba, 1992.

TUNDISI, J. G. TUNDISI, T. M. **Represas Artificiais.** In: TUNDISI, J. G. TUNDISI, T. M. Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Landsat Project Description. Disponível em: Acesso em: Jan. 2015.