

## **Estudo de macrófitas aquáticas utilizando imagens orbitais em um trecho do rio Paraíba do Sul**

Júlio César Silva Miranda<sup>1</sup>  
Sandra Maria Fonseca da Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP - Caixa Postal 8088 – 12244-000 – São José dos Campos - SP, Brasil  
julio.c.miranda@hotmail.com

**Abstract:** The aquatic macrophytes are essential for the perfect balance of various aquatic environments, participating in the cycling of nutrients. They also serve as a shelter for reproduction and growth of numerous organisms, finding the waters of the Paraíba do Sul river favorable conditions to its development, mainly due to discharge of domestic effluents containing nutrients, which in excess collaborate to the uncontrolled growth of these opportunistic plants. Therefore, this study aimed to analyze the dynamics of growth of macrophytes in a stretch of the Paraíba do Sul River in São José dos Campos city between 2006 and 2014. Through satellite images, high resolution and easy manipulation as the Google Earth program, images were analyzed on different dates, creating maps of the occupied areas by aquatic plants and calculating the areas occupied in the studied place. However, as a continuous process of eutrophication of water resources occur, it will not be effective the control of aquatic macrophytes, which always have necessary substrates for their development, leading to consequences such as obstruction of watercourses, hampering fishing, navigation providing structural risks in the headwaters of the bridges with their growing proliferation especially in periods of drought, leading to impaired use of their waters and for the Rio de Janeiro city which uses about 80% to its consumption.

**Palavras-chave:** remote sensing, aquatic macrophytes, sensoriamento remoto, macrofitas aquáticas.

### **1. Introdução**

Estudos mostram que mais de 85% da população brasileira vive em áreas urbanas, cujas águas de superfícies sofrem contaminação devido às atividades antrópicas crescentes, como despejo de grandes quantidades de resíduos industriais e domésticos nos rios (Pitrat, 2010). Além disso, materiais particulados em suspensão nos rios e substâncias dissolvidas atuam como integradores de processos antrópicos (Berner e Berner, 1996), devido as suas composições químicas, podendo ser transportado ou absorvido por outros ambientes (Pinto et al., 2009).

De acordo com Noemberg et al. (1999), embora as plantas aquáticas venham a ter uma grande importância junto ao ecossistema, sua proliferação, devido a eutrofização do meio aquático, é rápida, resultando em problemas como a obstrução do fluxo de água, dificultando a navegação, diminuição da pesca em função da quantidade de biomassa e queda de oxigênio. Segundo esses autores, é importante determinar a distribuição de bancos de plantas aquáticas, bem como quantificá-las e identificá-las, em função desses problemas, e dados de sensoriamento remoto podem ser uma ferramenta poderosa para a obtenção precisa das áreas comprometidas. As macrofitas aquáticas provocam uma diminuição na turbulência da água, e, como consequência, ocorre a perda das trocas gasosas entre a água e o ar, mudanças no ambiente e na qualidade da água, impactando negativamente o meio, e pode causar a obstrução de turbinas de hidrelétricas e a saúde das populações residentes na região (Costa et al., 1996).

Silva et al. (2011) afirmam que o monitoramento por meio do sensoriamento remoto em locais de difícil acesso, como em planícies de inundações, se torna uma ferramenta muito importante para os estudos e acompanhamento do crescimento das comunidades de macrófitas aquáticas. Rosa (2003) ressalta que a utilização do sensoriamento remoto como ferramenta para visualização de dados da terra permite verificar controle de inundações, identificar áreas com processos erosivos avançados, avaliar impactos ambientais. Alves et al. (2009) afirmam

que essa tecnologia proporciona uma visão espacial e temporal do espaço, além de ser de grande ajuda na obtenção de informações do meio ambiente em locais de difícil acesso. Segundo Galo (2002), o sensoriamento remoto também é utilizado no estudo de corpos d'água, para detecção de particulados em suspensão e vegetação aquática.

Considerando essa discussão, este artigo tem como objetivo mostrar a dinâmica de crescimento das macrofitas aquáticas no rio Paraíba do Sul utilizando de imagens de satélite, no sentido de monitorar sua dinâmica visando compreender as relações existentes entre dinâmica e problemas ambientais.

## 2. Metodologia de Trabalho

### 2.1 Área de estudo

Com sua localização na região sudeste do Brasil, a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul compreende parte dos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Ao longo do trecho no estado de São Paulo existe a formação de lagos oriundos da extração de areia em cavas e em bacias sedimentares (SÃO PAULO, 1999).

O rio Paraíba do Sul é responsável pelo abastecimento de, aproximadamente, 80% do consumo de água da região metropolitana do Rio de Janeiro e pela produção de cerca de 20% de energia por usinas hidrelétricas. Mostra-se um rio de grande importância, localizado na principal bacia hidrográfica entre os dois maiores centros urbanos e industriais do País.

A proliferação de macrofitas aquáticas é recorrente no Rio Paraíba do Sul, como verificado por AGEVAP (2012), que cita o comprometimento a estrutura das pontes da região, pela fixação das macrofitas nos seus pilares de sustentação. A AGEVAP (2007) menciona que a infestação costuma se agravar no período de estiagem e está associada à poluição das águas. Essa situação também foi constatado pela ANA (2006), que solicitou a redução das vazões de reservatórios a montante para limpeza e remoção da vegetação aquática acumulada. Assim, essa pesquisa se concentrou em analisar a ocorrência de macrófitas em um trecho do rio Paraíba do Sul, que atravessa a cidade de São José dos Campos (figura 1). Optou-se por esse trecho em função da ocorrência de plantas aquáticas favorecida pelas características naturais do rio, em forma de meandros, que forma grandes bancos de vegetação ao longo do trecho.



Figura 1- Trecho do rio Paraíba do Sul, na cidade de São José dos Campos-SP, ressaltando-se, no círculo vermelho, a área de estudo.

## 2.2 Levantamento de Dados

Para realização deste estudo, foram utilizadas imagens de alta resolução, disponíveis no Google Earth, obtidas em junho de 2006, abril de 2010 e fevereiro de 2014. Nas visitas de campo, foram fotografados os pontos de coleta de amostras utilizando-se câmera fotográfica e um aplicativo de GPS Altimeter, em celular Iphone 4S, para medição de coordenadas geográficas.

## 2.3 Mapeamento Multitemporal

Foram utilizadas imagens dos anos de 2006, 2010 e 2014, estas imagens temporais foram selecionadas devido ao seu maior grau de definição no trecho estudado, fornecido pelo programa Google Earth e tratadas no programa Arc Gis.

## 2.4 Trabalho de Campo

### 2.4.1 Pontos de amostragem

O trecho de estudo do rio Paraíba do Sul foi visitado durante trabalho de campo realizado entre fevereiro de outubro de 2014 (Figura 2), para registro da dinâmica de crescimento das macrófitas aquáticas na cidade de São José dos Campos-SP, registrando os dados obtidos em planilha de campo para comparação com imagens do Google Earth.

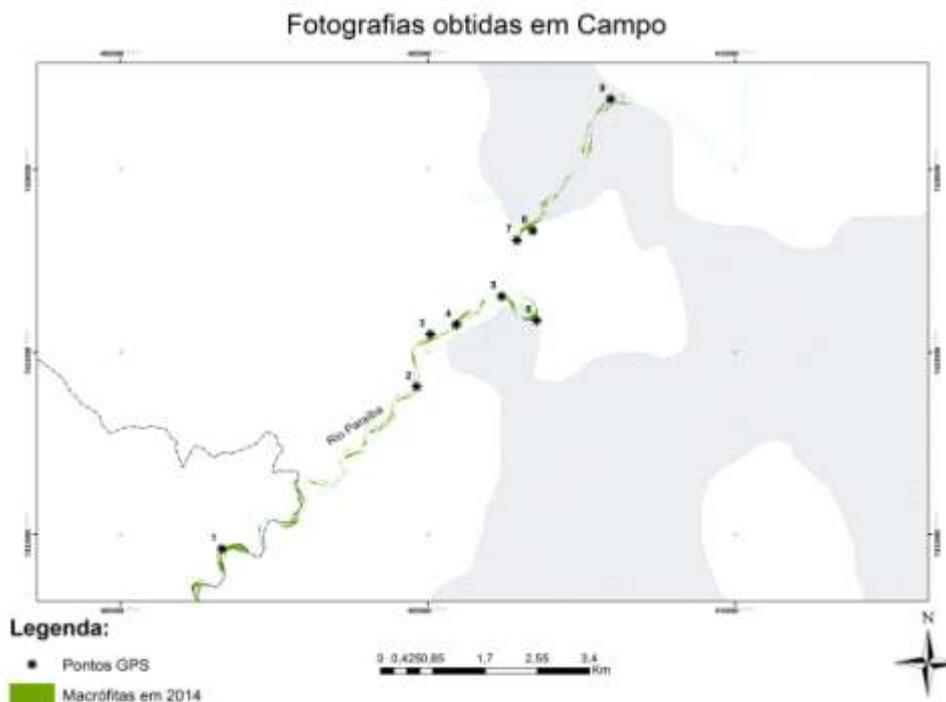
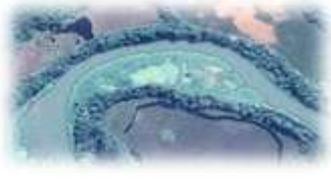


Figura 2- Os números representam os pontos do rio Paraíba do Sul visitados em campo.

## 2.5 Análise dos Dados

Utilizando as informações produzidas, foi possível analisar as alterações em relação as áreas ocupadas pelas macrófitas, comparando as imagens de satélite com visitas de campo nos pontos de amostragem em locais de difícil acesso. Dessa forma, foi possível confirmar as áreas de ocorrência das macrófitas.

Tabela 1 - Localização geográfica dos pontos visitados, fotografias obtidas in locu e imagens do Google Earth no rio Paraíba do Sul, no trecho de São José dos Campos-SP, dos pontos visitados.

Pontos	Coordenadas	Foto de Campo	Imagem Google Earth
1	<b>23° 13' 12" S 45° 57' 40" W</b>		
2	<b>23° 11' 46" S 45° 55' 48" W</b>		
3	<b>23° 11' 18" S 45° 55' 40" W</b>		
4	<b>23° 11' 13" S 45° 55' 25" W</b>		
5	<b>23° 10' 58" S 45° 54' 59" W</b>		
6	<b>23° 10' 28" S 45° 54' 50" W</b>		
7	<b>23° 10' 23" S 45° 54' 41" W</b>		
8	<b>23° 11' 11" S 45° 54' 39" W</b>		
9	<b>23° 9' 13" S 45° 53' 56" W</b>		

### 3. Resultados e Discussão

O mapeamento das macrófitas em um trecho do rio Paraíba do Sul, na cidade de São José dos Campos, SP, é apresentado na figura 3. Pode observar uma diminuição na área ocupada pelas macrófitas aquática (figura 4) de 77%, entre 2006 e 2010 e um aumento significativo na taxa de crescimento, de 284%, na área ocupada pelas macrófitas aquáticas no período de 2010 à 2014. Essas alterações podem ser explicadas pelas características ambientais/climáticas, verificadas nesse período, na área de estudo, o que favoreceu o crescimento das macrófitas aquáticas ao longo do trecho estudado.

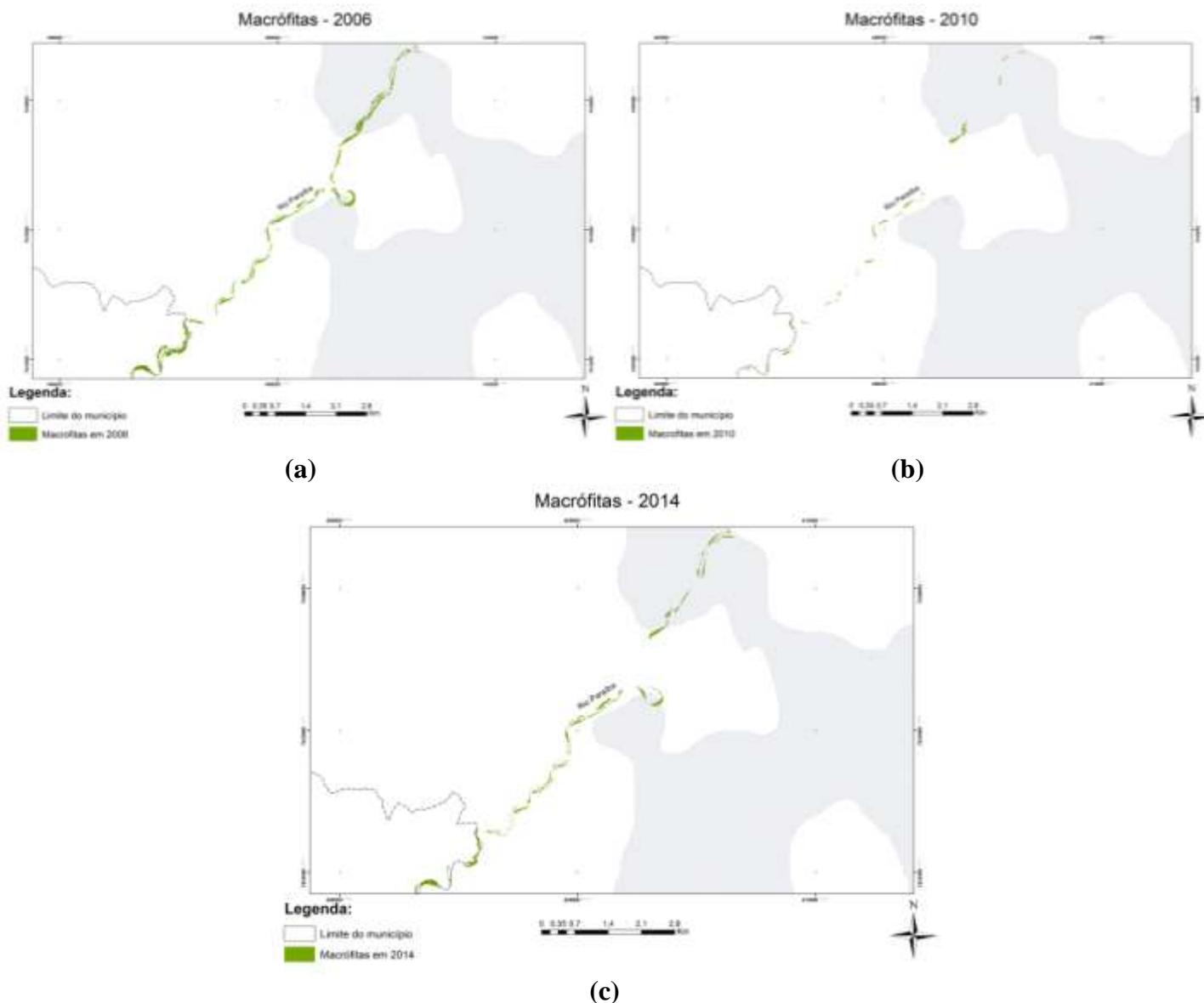


Figura 3- Mapeamento das áreas de macrófitas: (a) no ano de 2006; (b) em 2010; e (c) em 2014.

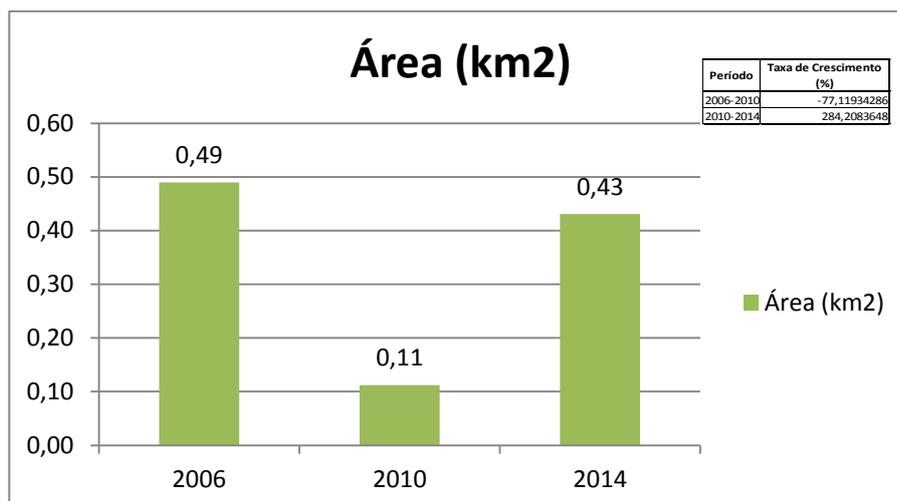


Figura 4- Área de ocupação das macrofitas aquáticas

Nos estudos realizados por Thomaz e Bini (1998), a elevação dos níveis d'água tende a controlar plantas aquáticas por afogamento, reduzindo a zona eufótica no meio. Nessa pesquisa, pode-se observar, que ocorreram fortes chuvas, no ano de 2010, que atingiram a Região do Vale do Paraíba. Uma consequência dessas chuvas foi o aumento do nível do rio Paraíba do Sul e do nível do reservatório de Paraibuna, localizado no município de Paraibuna, Vale do Paraíba, à montante da cidade de São José dos Campos. No dia 31 de janeiro de 2010, o Reservatório atingiu um volume útil de 105,09%, extravasando para o seu vertedouro (figura 5), o que causou um aumento das vazões de saída e contribuiu para o aumento do nível do rio à jusante desse reservatório (AGEVAP, 2011).

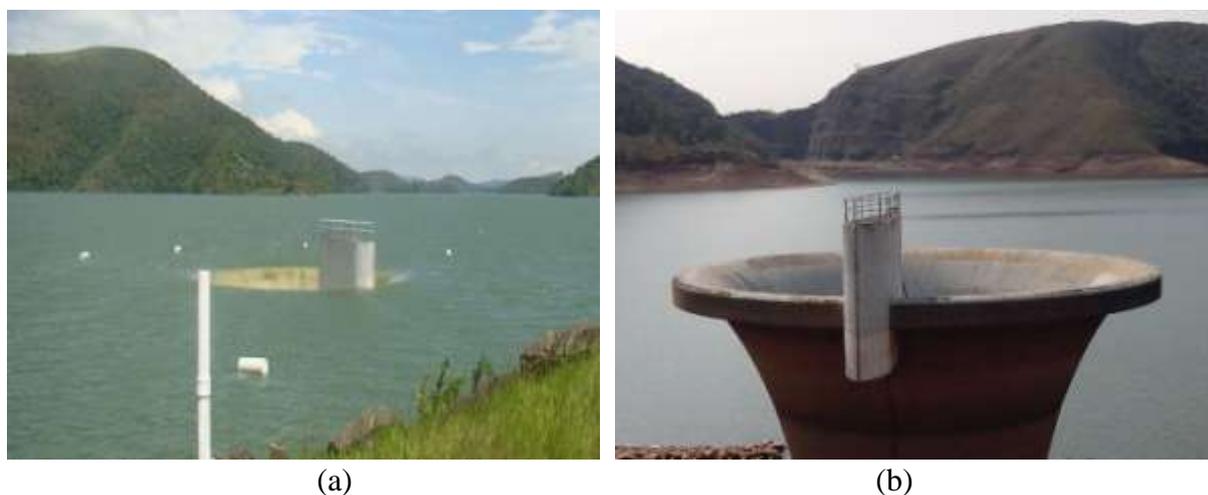


Figura 5- Fotografias do extravasamento da represa de Paraibuna pela Tulipa: (a) em 2010; (b) em 2014.

Assim, essa situação foi uma das causas para a diminuição da área de macrofitas em 2010. Outro aspecto refere-se à limpeza desse trecho do Rio, realizado pela Prefeitura Municipal de São José dos Campos, em 2006 (AGEVA, 2007). O Poder Público local realizou uma retirada mecânica das macrofitas das cabeceiras das pontes existentes na área de estudo, pois em função de seu grande volume existente, estava ocorrendo um comprometimento da estabilidade de sua estrutura. No mapeamento realizado para o ano de 2006 (figura 4), é visível a grande área ocupada por essas espécies. A limpeza contribuiu para

que houvesse uma diminuição dessas macrófitas na área de estudo. A recomposição que ocorreu em quatro anos (até 2010), associada às chuvas intensas daquele ano, não foi suficiente para aumentar a área ocupada, entre 2006 e 2010.

Atualmente, a escassez de chuvas na região sudeste do País está causando a diminuição dos níveis dos reservatórios, como verificado no dia 27 de outubro de 2014. Nesse dia, o reservatório de Paraibuna atingiu o pior índice de armazenamento de sua história, com volume útil de 5,70%, (ANA, 2014), o que causou uma queda de vazão e conseqüentemente diminuição no nível da calha do rio Paraíba do Sul. Essa estiagem, que se iniciou no ano passado, favoreceu o crescimento e proliferação de macrofitas aquáticas em 2014, pois essas são plantas oportunistas e formam ilhas flutuantes em seus meandros e nas cabeceiras das pontes. Isso dificulta a navegação, pesca e captação de água, e causa uma maior concentração de nutrientes em uma menor área de ocupação de águas. Como resultado, observou-se, no ano de 2014, uma diminuição da área ocupada por macrófitas no trecho estudado.

#### 4. Conclusões

De acordo com os resultados deste trabalho foi possível identificar, com o uso de imagens de satélite, áreas ocupadas por vegetação aquática flutuante em um trecho do rio Paraíba do Sul, se mostrando o sensoriamento remoto uma ferramenta importante para o monitoramento em áreas de difícil acesso, em paralelo a trabalhos de campo, o que proporcionou estudos com uma visão espacial e temporal da área de estudo.

Com a queda nos níveis dos reservatórios, favorecida pelas características climáticas da Região, foi observado que, neste período, as plantas aquáticas tendem a se proliferar ao longo do rio. Essa situação pode comprometer a segurança das pontes no trecho estudado do Rio Paraíba do Sul, ocasionando problemas para navegação, captação das águas para tratamento e para o consumo.

Assim, a conscientização ambiental se faz necessário para a manutenção da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul, que diariamente recebe todos os tipos de materiais e nutrientes, contribuindo para eutrofização e crescimento de espécies oportunistas de plantas aquáticas e proliferação de vetores causadores de doenças nos seres humanos, pelo acúmulo de lixo e matéria orgânica. Estudos futuros são necessários para se verificar o crescente aumento das macrófitas aquáticas e acompanhamento da qualidade das águas no rio Paraíba do Sul, seus riscos e estratégias de controle dos recursos naturais.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade do Vale do Paraíba e ao Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento pela infraestrutura disponibilizada para a realização dessa pesquisa.

#### 6. Referências Bibliográficas

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Relatório Final Técnico - Bacia do Rio Paraíba do Sul - **Infestação de Macrófitas Relatório Final**, 54 p., 2007.

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Relatório Técnico - Bacia do Rio Paraíba do Sul - **Subsídios às Ações de Melhoria da Gestão**, 256 p., 2011.

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul - Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul– **Estudos para identificação, localização e quantificação das causas da proliferação de plantas aquáticas, principalmente macrófitas, ao longo da calha do Rio Paraíba do Sul, inclusive braços mortos, reservatórios e afluentes**, 56 p., 2012.

ANA – Agência Nacional de Águas (2006). **Nota Informativa nº 007-AG-2006**, de 16/07/2006, sobre infestação de macrófitas na calha do rio Paraíba do Sul.

ANA – Agência Nacional de Águas (2014). **Boletim diário**. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsDiarios/PBSul\\_27-10-2014.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/saladesituacao/BoletinsDiarios/PBSul_27-10-2014.pdf)>. Acesso em 21/09/2014.

Alves, C. D.; Pereira, M. N.; Florenzano, T. G. Mapeamento das novas formas de ocupação urbana por meio da análise orientada a objeto. Estudo de caso: aglomeração urbana de Piracicaba. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009. **Anais**. p. 569-576, 2009

Berner, E.K. & Berner, R.A. **Global Environment: Water, Air and Global Geochemical Cycles**. Prentice Hall, Inc. 453p, 1996

Costa, M. P. F.; Ahern, F. J.; Novo, E. M. L. M.; Pietsch, R. W.; Noerrnberg, M. A.- Efeito dos dados de multipolarização SAR-C aero-transportado na separabilidade do retroespalhamento de plantas aquáticas do reservatório de Tucuruí - Amazônia. - **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, INPE, p. 107-113, 1996.

Galo, M.L.B.T.; Velini, E.D.; Trindade, M.L.B.; Santos, S.C.A.. Uso do sensoriamento remoto orbital no monitoramento da dispersão de macrófitas nos reservatórios do complexo Tietê. **Planta Daninha**, v. 20. p. 7-20, 2002.

Noerrnberg M.A.; Novo, E.M.L.M.; Krug, T. Aplicação de sistemas radar no monitoramento de infestações de plantas aquáticas em reservatórios: vantagens e limitações. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 5, p.41-54, 1999.

Pinto, A.G.N., Horbe A.M.C., Silva M.S.R., Miranda S.A.F., Pascoaloto D., Santos H.M.C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amazon.**, 39:627-638, 2009.

Pitratt D.M.J.J. **Avaliação da contaminação por metais em rios: estudo de caso da bacia do rio Passaúna**. Dissertação de Mestrado, Setor de Tecnologia – DHS – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 231 p, 2010.

Rosa, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: EDUFU, 5 ed. p. 228, 2003.

SÃO PAULO. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obra. **Documento Estratégico de Negociação - Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição na bacia do rio Paraíba do Sul**, 1999.

Silva, T.S.F., Costa, M.P. Melack, J., Novo, E.M.M. Influência de variações na intensidade do pulso de inundação sobre a cobertura e crescimento da vegetação herbácea aquática na Amazônia. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 1., São José dos Campos. **Anais**. São José dos Campos: INPE. p.3205-3212, 2011.

Thomaz, S.M. & Bini, L.M. Análise crítica dos estudos sobre macrófitas aquáticas desenvolvidos no Brasil. In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (eds.). **Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas**. Eduem, Maringá. Pp. 19-38, 2003.