



XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# GEOTECNOLOGIAS NA GESTÃO DE RESERVATÓRIOS: UMA REVISÃO PAP011992

*Helio Leandro Lopes*

*Maria do Carmo Martins Sobral*

*Gustavo Lira de Melo*

*Günter Gunkel*

*Ana Lucia Bezerra Candeias*



Technische Universität Berlin



UFPE



XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Itens abordados

- Revisão das geotecnologias à ciência limnológica e a gestão de reservatórios.
- Informações integradas ao quadro da diretiva da água, (ligação dessas informações à Resolução 357/2005)
- Ferramenta para a tomada de decisão da qualidade da água em grandes reservatórios.



XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste

27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# CONAMA -RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005

Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005,  
págs. 58-63 (Alterada pela Resolução  
410/2009 e pela 430/2011)

Dispõe sobre a classificação dos corpos de  
água e diretrizes ambientais para o seu  
enquadramento, bem como estabelece  
as condições e padrões de lançamento  
de efluentes, e dá outras providências.

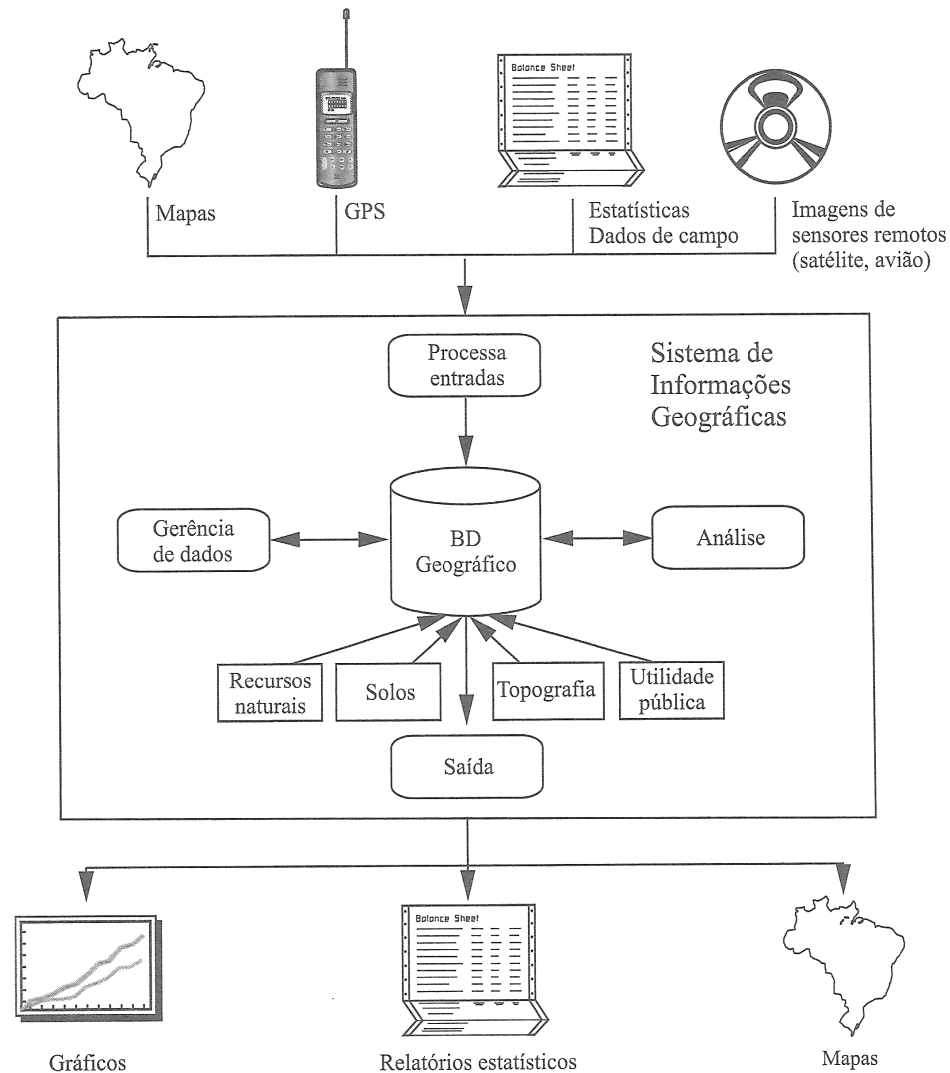
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>





XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Uma Arquitetura de SIG



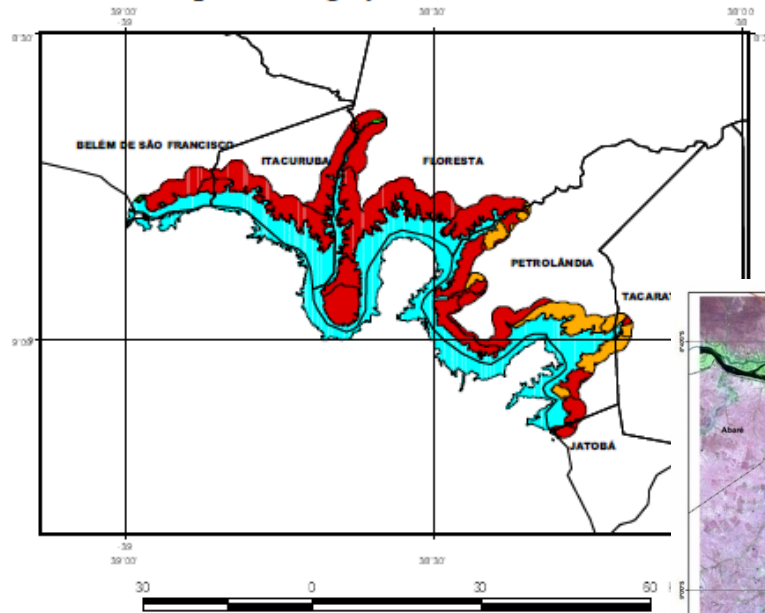
Fonte: Miranda (2010)





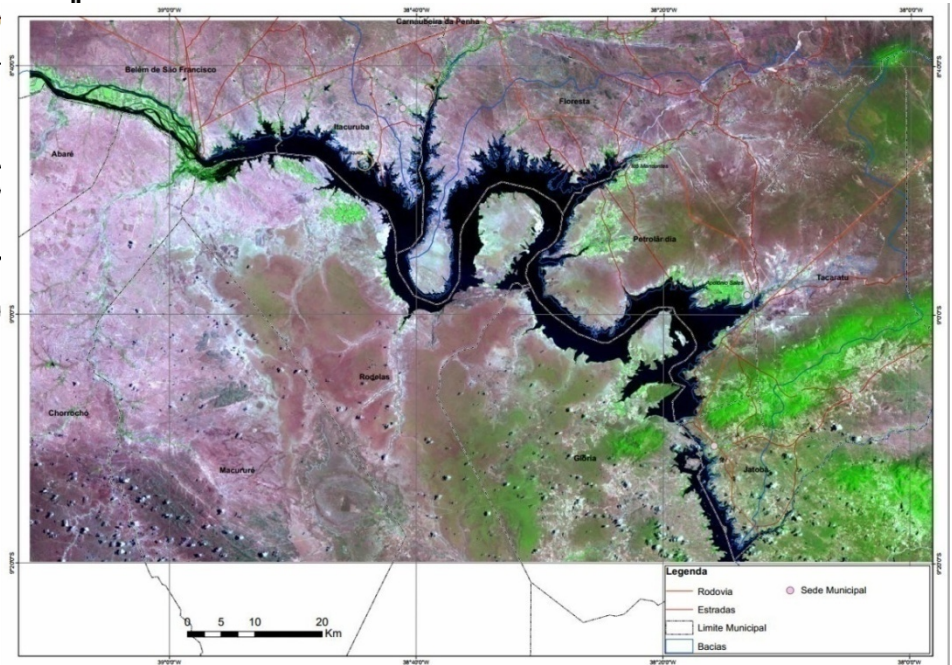
**XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste**  
 27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

## Potencial para irrigação



### Legenda

- Municípios\_PE
- Potencial de Irrigação
- AGUA
- POTENCIAL MEDIO
- POTENCIAL MUITO BAIXO



Technische Universität Berlin

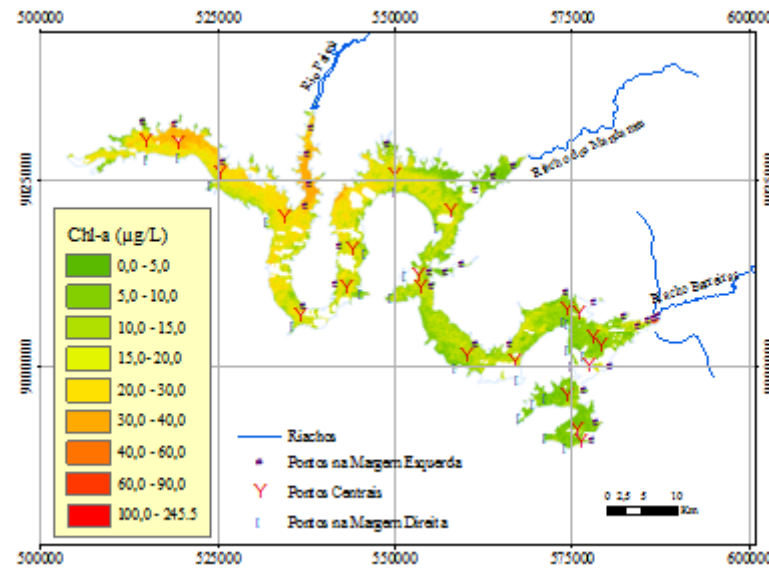
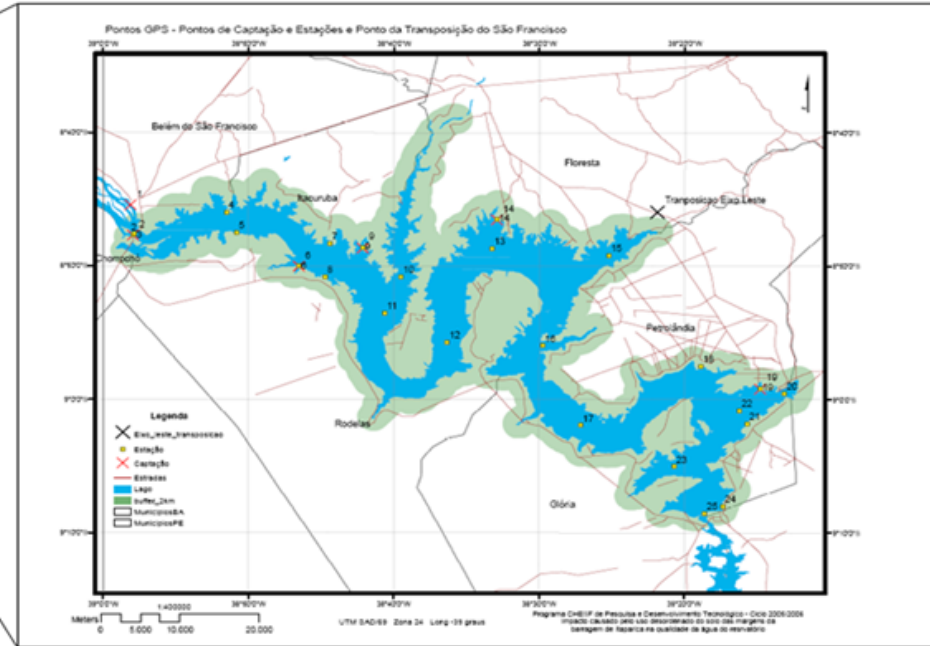


UFPE



# XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste

27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB



Mapa da concentração de clorofila-a para o reservatório de Itaparica de 20/11/2009 (Lopes et al. (SBSR, 2012))





XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Monitoramento da qualidade da água (Chen *et al.*, 2007)

1. Identificação de medições de qualidade da água e de indicadores do grau de degradação do corpo hídrico;
2. Monitoramento da qualidade da água usando dados de sensoriamento remoto;
3. Distribuição espacial de informação de qualidade da água em relação ao ecossistema aquático e mudanças ambientais;
4. Ligação alfanumérica (tabelas) entre monitoramento da qualidade da água e políticas de recursos hídricos; e
5. Avaliação completa de monitoramento da qualidade da água usando sensoriamento remoto na diretiva dos recursos hídricos.



Technische Universität Berlin





XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Avaliação de Impactos Ambientais em Ecossistemas Aquáticos

## Fases (Atkinson e Canter, 2011)

Triagem e escopo

Descrição do projeto

Descrição das condições de base

Identificação do Impacto

Predição da magnitude do impacto

Avaliação da significância do impacto

Controle e mitigação do impacto

Participação e consulta pública

Monitoramento e auditoria





# Avaliação de Impactos Ambientais em Ecossistemas Aquáticos

FASE	POSSÍVEL USO DO SIG
Triagem e escopo	Captura de dados, modelagem espacial, cálculo na magnitude do impacto, e avaliação de impacto.
Descrição do projeto	Relações do projeto no contexto geográfico.
Descrição das condições de base	Documentação e exibição de inventários biofísicos (exemplo: vegetação, habitat, uso do solo, características da superfície da água etc), hidrologia, solo, mapas de propriedades, topografia, rodovia, e outros.



# Avaliação de Impactos Ambientais em Ecossistemas Aquáticos , cont.

FASE	POSSÍVEL USO DO SIG
Identificação do Impacto	Uso de análise de camadas para mostrar a distribuição espacial de poluentes por meio de mapas, ou integrar os resultados de modelagem da qualidade da água e análise de sustentabilidade do habitat.
Predição da magnitude do impacto	Avaliação quantitativa do recurso afetado por poluentes. Criação de mapas de magnitude do impacto derivado dos resultados de riscos e da modelagem da qualidade da água com outros dados em camadas, tal como susceptibilidade dos solos a erosão ou a salinização e a magnitude do impacto no corpo hídrico.



# Avaliação de Impactos Ambientais em Ecossistemas Aquáticos , cont.

FASE	POSSÍVEL USO DO SIG
Avaliação da significância do impacto	Útil para a exibição da significância do impacto e como essa variação muda com diferentes alternativas, incluindo a opção "testemunha".
Controle e mitigação do impacto	Identificação de áreas onde medidas de mitigação deveriam ser aplicadas. O SIG também pode ser utilizado para mostrar a localização geográfica e extensão das atividades de mitigação, temporal.



# Avaliação de Impactos Ambientais em Ecossistemas Aquáticos , cont.

---

FASE	POSSÍVEL USO DO SIG
Participação e consulta pública	Preparação do material de apresentação, para explicar o projeto ao público, e também para permitir uma resposta rápida a questões e mudanças sugeridas.
Monitoramento e auditoria	Projetar o programa de monitoramento, para processar e armazenar dados de monitoramento, para comparar cenários atuais com cenários preditos, e para apresentação de dados mostrando a variação local de poluentes no tempo.

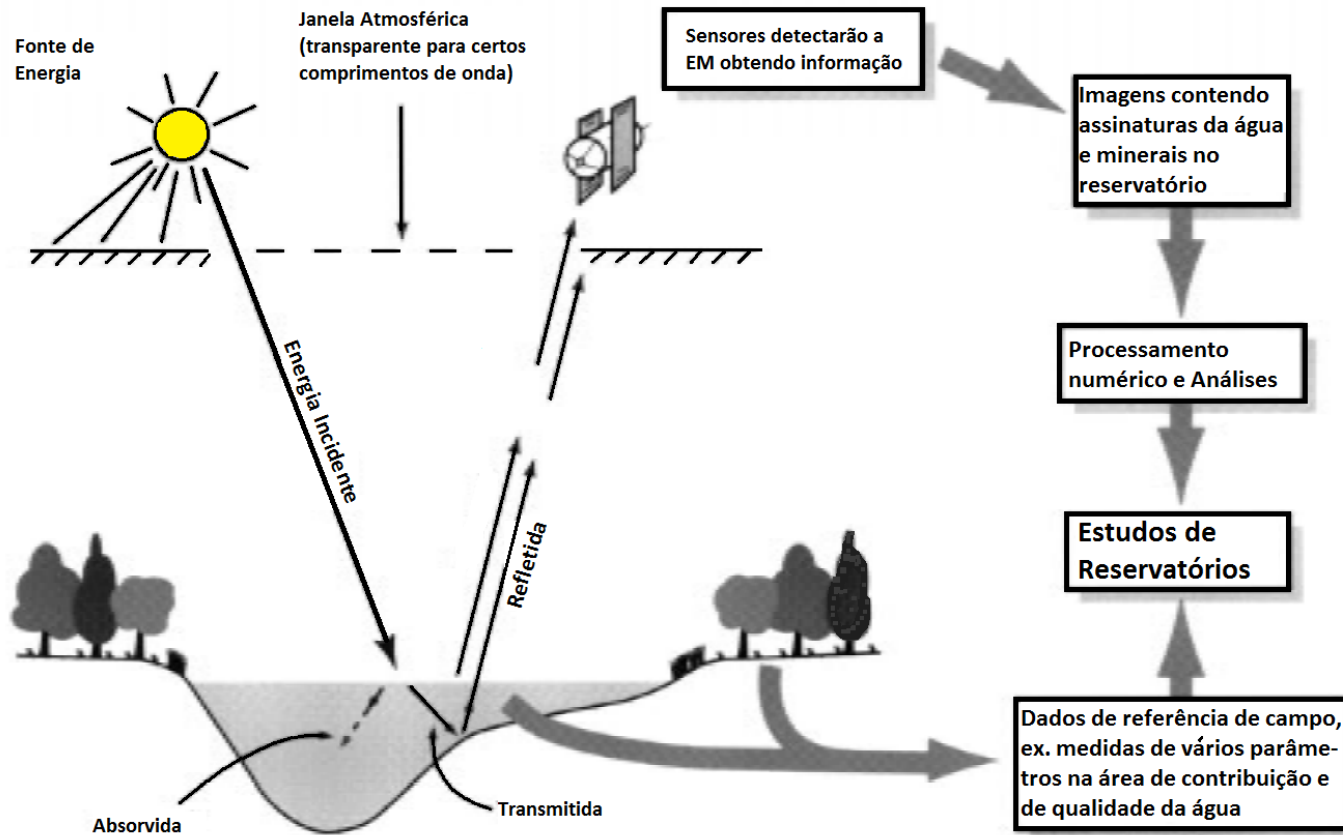
---

Fonte: Adaptado de Atkinson e Canter (2011).



XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Interação da energia com a massa aquática no estudo de reservatórios



Fonte: Baban (1999).



XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Comprimentos de onda do sensor TM

BANDA	NOME DA BANDA	FAIXA ESPECTRAL	CARACTERÍSTICAS
TM 1	Azul/Verde	0,45-0,52	Boa penetração na água, forte absorção pela vegetação
TM 2	Verde	0,52-0,60	Forte reflectância pela vegetação
TM 3	Vermelho	0,63-0,69	Extrema absorção da vegetação
TM 4	Infravermelho próximo	0,76-0,90	Alto contraste solo-água, extrema reflectância da vegetação
TM 5	Infravermelho médio próximo	1,55-1,75	Sensibilidade forte a umidade
TM 6	Infravermelho termal	10,4-12,5	Sensibilidade forte a umidade do solo e vegetação
TM 7	Infravermelho médio	2,08-2,35	Boa discriminação geológica





XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Imagens de Sensoriamento Remoto

- fornecem de informações que se assemelham com a realidade o mais próximo possível;

possibilidade de gerar medidas múltiplas (radiância/reflectância), que integram diversas características ecológicas do reservatório;



# Imagens de Sensoriamento Remoto, cont.

- habilidade de prover informações referentes à categorização e classificação das terras, como também elementos geomórficos requeridos na gestão de reservatórios;
- formato digital de dados de sensoriamento remoto faz com que haja facilidade de recuperação e análise de uma grande quantidade de informação com baixo custo e em um período curto de tempo.





# Considerações Finais

- O Brasil possui corpos hídricos como reservatórios que contemplam superfícies de dezenas de quilômetros quadrados.
- O monitoramento por técnicas convencionais é muito dispendiosa em termos de tempo quanto de custos como também para comparação entre pontos amostrais.
- O sensoriamento remoto aliado a técnicas de geoprocessamento traz vantagens relacionadas a essas duas exigências.
- Existe uma necessidade de modelagem de algoritmos para cada corpo hídrico principalmente pelas peculiaridades geográficas existentes à sua área de influência, ressaltando o erro existente em cada modelo.



# Considerações Finais, cont.

- O sensoriamento remoto não substitui o monitoramento de campo, mas faz parte do sistema de monitoramento integrado de um determinado corpo hídrico.
- Necessidade de estudo de parâmetros de qualidade de água em reservatórios por meio de sensoriamento remoto interligado aos limiares estabelecidos na Resolução Conama 357/2005.
- Estudos são necessários com bases estatísticas visando identificar a precisão dos modelos de determinação de parâmetros de qualidade de água relacionados aos limites aceitáveis para cada um.



XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Considerações Finais, cont.

- Verifica-se que há estudos em andamento na Europa principalmente com relação a clorofila-a, objetivando o seu mapeamento para relacionar com os padrões da Diretiva Quadro da Água.
- É visto o papel importante das geotecnologias na política de recursos hídricos notadamente no monitoramento e geração de informações fundamentais à tomada de decisão dos gestores.



XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste  
27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB

# Agradecimentos

- Este estudo faz parte da tese do primeiro autor (UFPE – Recursos Hídricos – Eng. Civil) interligada com o programa de pesquisa teuto-brasileiro INNOVATE (Interplay among multiple uses of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and Terrestrial Ecosystems).
- O estudo é apoiado pelo Ministério Federal de Educação e Pesquisa da Alemanha. A bolsa de doutorado sandwich é financiada pelo CNPq/DAAD (Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico).





# Referências

- AHMED, M. H.; EL LEITHY, B. M.; THOMPSON, J. R.; FLOWER, R. J.; RAMDANI, M.; AYACHE, F.; HASSAN, S. M. (2009). Application of remote sensing to site characterisation and environmental change analysis of North African coastal lagoons. *Hydrobiologia*, v.622, p.147–171.
- ALCÂNTARA, E. H.; NOVO, E. M. L. DE M.; STECH, J. L. (2011). Novas tecnologias para o monitoramento e estudo de reservatórios hidrelétricos e grandes lagos. Rio de Janeiro: Parênteses, 328p.
- ALEXANDRIDIS, T. K.; TAKAVAKOGLU, V.; CRISMAN, T. L.; ZALIDIS, G. C. (2007). Remote Sensing and GIS Techniques for Selecting a Sustainable Scenario for Lake Koronia, Greece. *Environmental Management*, v. 39, p.278-290.
- ANDERSON, M. C.; NORMAN, J. M.; KUSTAS, W. P.; HOUBORG, R.; STARKS, P. J.; AGAM, N. (2008). A thermal-based remote sensing technique for routine mapping of land-surface carbon, water and energy fluxes from field to regional scales. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, p. 4227-4241.
- ARTIGAS, F.; MARTI, A.; YAO, N.; PECHMANN, I. (2008). Chlorophyll Detection and Mapping of Shallow Water Impoundments Using Image Spectrometry. *Research Letters in Ecology*, pp. 1 - 4.
- ATKINSON, S. F.; CANTER, L. W. (2011). Assessing the cumulative effects of projects using geographic information systems. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 31, p. 457-464.
- BABAN, S. M. J. (1999). Use of remote sensing and geographical information systems in developing lake management strategies. *Hydrobiologia*, v. 395/396, p. 211-226.
- BAKER, D.; YOUNG, J.; AROCENA, J. M. (2000). An Integrated Approach to Reservoir Management: The Williston Reservoir Case Study. *Environmental Management*, v. 25, n. 5, p. 565–578.
- BARRETT, E. C.; CURTIS, L. F. (1992). Introduction to Environmental Remote Sensing. London: Chapman & Hall, 3ª Ed. 426 p.
- BERGAMINO, N.; HORION, S.; STENUITE, S.; CORNET, Y.; LOISELLE, S.; PLISNIER, P.-D.; DESCY, J.-P. (2010). Spatio-temporal dynamics of phytoplankton and primary production in Lake Tanganyika using a MODIS based bio-optical time series. *Remote Sensing of Environment*, v. 114, p. 772–780.
- BURRAGE, D.M.; HERON, M.L.; HACKER, J.M.; MILLER, J.L.; STIEGLITZ, T.C.; STEINBERG, C.R.; PRYTZ, A. (2003). Structure and influence of tropical river plumes in the Great Barrier Reef: application and performance of an airborne sea surface salinity mapping system. *Remote Sensing of Environment*, v. 85, p. 204-220.
- CENTENO, J. A. S. (2004). Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais. Curitiba: Ed. Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, 219p.
- CHEN, Q.; ZHANG, Y.; HALLIKAINEN, M. (2007). Water quality monitoring using remote sensing in support of the EU water framework directive (WFD): A case study in the Gulf of Finland. *Environment Monitoring Assessment*, v. 124, p.157–166.
- CHEN, S.; FANG, L.; LI, H.; CHEN, W.; HUANG, W. (2011b). Evaluation of a three-band model for estimating chlorophyll-a concentration in tidal reaches of the Pearl River Estuary, China. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v.66, p.356-364.
- CHENG, K.-S.; LEI, T.-C. (2001). Reservoir trophic state evaluation using landsat tm images. *Journal of the American water resources association*, v. 37, n. 05, p. 1321-1334.
- DUAN, H.; ZHANG, Y.; ZHANG, B.; SONG, K.; WANG, Z.; LIU, D.; LI, F. (2008). Estimation of chlorophyll-a concentration and trophic states for inland lakes in Northeast China from Landsat TM data and field spectral measurements. *International Journal of Remote Sensing*, v. 29, n. 3, p. 767–786.
- FRIESE, M.; MIGDALL, S.; BACH, H.; KRÄTZ, D.; BORCHARDT, D.; HANK, T.; MAUSER, W. (2010). Water quality assessment using hyperspectral techniques for the river main and its riparian water. *Proc. Hyperspectral 2010 Workshop (ESA SP-683, May 2010)*, Frascati, Italy, 17–19 March 2010. Disponível em: [http://earth.esa.int/workshops/hyperspectral\\_2010/papers/s4\\_1frieze.pdf](http://earth.esa.int/workshops/hyperspectral_2010/papers/s4_1frieze.pdf) Acessado em: 04 nov 2011.
- FUCHS, H.; MAGDON, P.; KLEINN, C.; FLESSA, H. (2009). Estimating aboveground carbon in a catchment of the Siberian forest tundra: Combining satellite imagery and field inventory. *Remote Sensing of Environment*, v. 113, p. 518–531.
- FUKUE, M.; SATO, Y.; MULLIGAN, C. Monitoring of surface water quality, sustainable built environment. UNESCO: EOLSS. Acesso em: 23/05/2011. Disponível em: <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C15/E1-32-07-02.pdf>
- GIARDINO, C.; PEPE, M.; BRIVIO, P. A.; GHEZZI, P.; ZILIOLO, E. (2001). Detecting chlorophyll, Secchi disk depth and surface temperature in a sub-alpine lake using Landsat imagery. *The Science of the Total Environment*, v.268, p. 19-29.
- GITELSON, A.; STARK, R.; DOR, I. (1997). Quantitative near-surface remote sensing of wastewater quality in oxidation ponds and reservoirs: a case study of the Naan system. *Water Environment Research*, v.69, p. 1263-1271.
- GITELSON, A. A.; DALL'OLMO, G.; MOSES, W.; RUNDQUIST, D. C.; BARROW, T.; FISHER, T. R.; GURLIN, D.; HOLZ, J. (2008). A simple semi-analytical model for remote estimation of chlorophyll-a in turbid waters: Validation. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, p. 3582–3593.
- GODDIJN-MURPHY, L.; DAILLOUX, D.; WHITE, M.; BOWERS, D. (2009). Fundamentals of in Situ Digital Camera Methodology for Water Quality Monitoring of Coast and Ocean. *Sensors*, v. 9, p. 5825-5843.
- GREGOR, J.; MARSÁLEK, B. (2004). Freshwater phytoplankton quantification by chlorophyll *a*: a comparative study of in vitro, in vivo and in situ methods. *Water Research*, v. 38, p. 517-522.
- HADJIMITSIS, D. G.; CLAYTON, C. (2011). Field Spectroscopy for Assisting Water Quality Monitoring and Assessment in Water Treatment Reservoirs Using Atmospheric Corrected Satellite Remotely Sensed Imagery. *Remote Sensing*, v. 3, p. 362-377.



# Referências

- HILTON, J.; BUCKLAND, P.; IRONS, G. P. (2002). An assessment of a simple method for estimating the relative contributions of point and diffuse source phosphorus to in-river phosphorus loads. *Hydrobiologia*, v. 472, p. 77–83.
- HONISCH, M.; HELLMER, C.; WEISS, K. (2002). Response of surface and subsurface water quality to land use changes. *Geoderma*, v. 105, p. 277–298.
- JESSEL, B.; JACOBS, J. (2005). Land use scenario development and stakeholder involvement as tools for watershed management within the Havel River Basin. *Limnologia*, v. 35, p. 220–233.
- JOHNSON, LYNN E. (2009). *Geographic information systems in water resources engineering*. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida, EUA. 340p.
- KAY, J.E.; KAMPF, S. K.; HANDCOCK, R. N.; CHERKAUER, K. A.; GILLESPIE, A. R.; BURGESS, S. J. (2005). Accuracy of lake and stream temperatures estimated from thermal infrared images. *Journal of the American Water Resources Association*, n. 41, v. 5, p.1161-1175.
- KLOIBER, S. M.; BREZONIK, P. L.; BAUER, M. E. (2002). Application of Landsat imagery to regional-scale assessments of lake clarity. *Water Research*, v. 36, p. 4330–4340.
- LE, C. F.; LI, Y. M.; ZHA, Y.; SUN, D. Y.; HUANG, C. C.; LU, H. (2009). A Four-Band Semi-Analytical Model for Estimating Chlorophyll-A in Highly Turbid Lakes: The Case of Taihu Lake, China. *Remote Sensing of Environment*, v. 113, n. 6, p. 1175–1182.
- LEE, Z. P. (2009). Applying narrowband remote-sensing reflectance models to wideband data. *Applied Optics*, v. 48, n. 17.
- LEUVEN, R.S.E.W.; POUDEVIGNE, I.; TEEUW, R. M. (2002). *Application of geographical information systems and remote sensing in river studies*. Leiden: Backhuys Publishers, 247p.
- LI, L.; SENGPIEL, R. E.; PASCUAL, D. L.; TEDESCO, L. P.; WILSON, J. S.; SOYEUX, E. (2010). Using hyperspectral remote sensing to estimate chlorophyll- a and phycocyanin in a mesotrophic reservoir. *International Journal of Remote Sensing*, v. 31, n. 15, 4147-4162.
- LILLESAND, T M.; KIEFER, R. W. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*. New York: John Wiley & Sons, 3rd ed., U.S.A, 750 p.
- LOPES, H. L.; CANDEIAS, A. L. B.; ACCIOLY, L. J. O.; SOBRAL, M. DO C. M.; PACHECO, A. P. (2010). Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.11, p.1210–1219.
- MA, R.; DAI, J. (2005). Investigation of chlorophyll-a and total suspended matter concentrations using Landsat ETM and field spectral measurement in Taihu Lake, China. *International Journal of Remote Sensing*, v. 26, n. 13, p. 2779-2795.
- MATSUOKA, Y.; KAWAMURA, H.; SAKAIDA, F.; HOSODA K. (2011). Retrieval of high-resolution sea surface temperature data for Sendai Bay, Japan, using the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). *Remote Sensing of Environment* v. 115, p. 205–213.
- MEERSMANS, J.; DE RIDDER, F.; CANTERS, F.; DE BAETS, S.; VAN MOLLE, M. (2008). A multiple regression approach to assess the spatial distribution of Soil Organic Carbon (SOC) at the regional scale (Flanders, Belgium). *Geoderma*, v.143, p.1- 13.
- MELO, G. L. (2007). *Estudo da qualidade da água no reservatório de Itaparica localizado na Bacia do Rio São Francisco*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 97p.
- MELO, G. L. (2011). *Avaliação da qualidade da água em reservatórios de bacias hidrográficas do nordeste setentrional interligadas com o rio São Francisco*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 144p.
- MIRANDA, J. I. (2010). *Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas*. Brasília, DF: Embrapa Informática Tecnológica, 2ª Ed., 425p.
- NELLIS, M. D.; HARRINGTON JR., J. A.; WU, J. (1998). Remote sensing of temporal and spatial variations in pool size, suspended sediment, turbidity, and Secchi depth in Tuttle Creek Reservoir, Kansas: 1993. *Geomorphology*, v. 21, p. 281-293.
- NOVO, E. M. L. DE M. (2008). *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. São Paulo: Ed Blucher, 3ª Ed., 363p.
- ONDERKA, M.; PEKÁROVÁ, P. (2008). Retrieval of suspended particulate matter concentrations in the Danube River from Landsat ETM data. *Science of The Total Environment*, v. 397, p. 238- 243.
- ÖZYAVUZ, M. (2011). Determination of Temporal Changes in Lakes Mert and Erikli Using Remote Sensing and Geographic Information Systems. *Journal of Coastal Research*, v. 27, n. 01, p. 174–181.
- PAES, R. F. De C.; CANDEIAS, A. L. B.; SOBRAL, M. DO C. M. (2010). *Sistemas de informações geográficas para subsidiar a tomada de decisão na gestão ambiental de reservatórios*. III Simposio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife.
- POWELL, S. L.; COHEN, W. B.; HEALEY, S. P.; KENNEDY, R. E.; MOISEN, G. G.; PIERCE, K.B.; OHMANN, J. L. (2010). Quantification of live aboveground biomass with Landsat time-series and field inventory data: A comparison of empirical modeling approaches. *Remote Sensing of Environment*, v. 114, p. 100–110.
- SÁNCHEZ, L. E. (2008). *Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 445p.
- SASS, G.Z.; CREED, I.F.; S.E. BAYLEY; DEVITO, K. J. (2007). Understanding variation in trophic status of lakes on the Boreal Plain: A 20 year retrospective. *Remote Sensing of Environment*, v. 109, p. 127 – 141.
- SILVEIRA, C. S.; DA SILVA, V. V. (2010). Dinâmicas de regeneração, degeneração e desmatamento da vegetação provocadas por fatores climáticos: análise geoecológica através de SIG. *Revista Arvore*, v.34, n.6, p.1025-1034.





# Referências

- SOBRAL, M. C. M.; GUNKEL, G.; BARROS, A. M. DE L.; PAES, R.; FIGUEIREDO, R. DE C. (2008). Classificação de corpos d'água segundo a Diretiva-Quadro da Água da União Européia – 2000/60/CE. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, n. 11, p. 30-39.
- SONG, K.; DONGMEI, L.; LIU, D.; WANG, Z.; LI, L.; ZHANG, B.; WANG, Y. (2010). Retrieval of total suspended matter (TSM) using remotely sensed images in shitoukoumen reservoir, northeast china, *IEEE*, p. 405-408.
- TRIPATHI, N. K.; VENKOBACHAR, C.; SINGH, R. K.; SINGH, S. P. (1998). Monitoring the pollution of river Ganga by tanneries using the multiband ground truth radiometer. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v.53, p. 204-216.
- XINGTANG, H.; BING, Z.; XIA, Z.; QINGXI, T.; LANFEN, Z.; QIAO, W.; JIANLIN, Y. (2004). A new architecture for Remote sensing environmental Monitoring System REMS: Design and Implementation. *IEEE Geoscience and Remote Sensing*, v. 3, 2015-2018.
- WANG, F.; HAN, L.; KUNG, H.-T.; VAN ARSDALE, R. B. (2006). Applications of Landsat-5 TM imagery in assessing and mapping water quality in Reelfoot Lake, Tennessee. *International Journal of Remote Sensing*, v. 27, n. 23, pp. 5269–5283.
- WANG, H.; HLADIK, C. M.; HUANG, W.; MILLA, K.; EDMISTON, L.; HARWELL, M. A.; SCHALLES, J. F. (2010). Detecting the spatial and temporal variability of chlorophyll- a concentration and total suspended solids in Apalachicola Bay, Florida using MODIS imagery. *International Journal of Remote Sensing*, v. 31, n. 2, p. 439-453.
- WANG, M.; SHI, W.; TANG, J. (2011). Water property monitoring and assessment for China's inland Lake Taihu from MODIS-Aqua measurements. *Remote Sensing of Environment* v. 115, p. 841- 854.
- WARNER, L. L., DIAB, R. D. (2002). Use of geographic information systems in an environmental impact assessment of an overhead power line. *Impact Assessment of Project Appraisal*, v. 20, p. 39–47.
- ZHANG, J.; ZHENGJUN, L.; XIAOXIA, S. (2009a). Changing landscape in the Three Gorges Reservoir Area of Yangtze River from 1977 to 2005: Land use/land cover, vegetation cover changes estimated using multi-source satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 11 p. 403-412.
- ZHANG, Y.; WANG, Y.; WANG, Y.; XI, H. (2009b). Investigating the Impacts of Landuse-landcover (LULC) Change in the Pearl River Delta Region on Water Quality in the Pearl River Estuary and Hong Kong's Coast. *Remote Sensing*, v. 1, p. 1055-1064.
- ZHANG, Y.; LIN, S.; QIAN, X.; WANG, Q.; QIAN, Y.; LIU, J.; GE, Y. (2011). Temporal and spatial variability of chlorophyll a concentration in Lake Taihu using MODIS time-series data. *Hydrobiologia* v. 661, p.235–250.
- ZHENGJUN, W.; JIANMING, H.; GUISEN, D. (2008). Use of satellite imagery to assess the trophic state of Miyun Reservoir, Beijing, China. *Environmental Pollution*, v. 155, p. 13-19.



**XI Simposio de Recursos Hídricos do Nordeste**  
*27 a 30 de novembro de 2012 - João Pessoa - PB*

Agradeço a sua atenção

