

APLICAÇÕES GIS NO MONITORAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA

Diego Erba*
Shuichi Endoh**
Yasuaki Okumura***
Osamu Mitamura****

Abstract

Geographic Information Systems – GIS – have been used with great advantages in different areas of knowledge, but in limnology, and more specifically for the water bodies monitoring, its use is still incipient. A water body monitoring is a complex process and for that reason is necessary to count with informations generated as combination of the environmental data that conform the environmental reality of the lake and its surrounding. Normally, thematic maps and reports are using for transmit graphical and alphanumeric data respectively. As GIS have the capacity of store, organize and process data that came from different sources, its constitute a very appropriate tool for the management of data with agility and insurance. The present work describes the developed and applied methodologies for the construction of a spatial data base oriented to the monitoring of water bodies, which was developed between the University of Shiga of the Japan and the University of the Valley of the River of the Bells of Brazil.

Key words: GIS, environment, water bodies.

Resumo

Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG – têm sido utilizados com grandes vantagens nas diferentes áreas do conhecimento, porém, na limnologia e mais especificamente no que se refere a monitoramento de corpos d'água, o seu uso ainda é incipiente. O monitoramento de lagos é um processo complexo para o qual é necessário contar com informações em forma de relatórios e cartas temáticas, documentos estes que muitas vezes surgem da combinação dos dados ambientais que conformam realidade do lago e seu entorno. Os SIG têm a capacidade de armazenar, organizar e processar dados provenientes de diferentes fontes de forma ágil e segura, sendo portanto uma ferramenta muito apropriada para atender aos citados requerimentos. O presente trabalho descreve as metodologias desenvolvidas e aplicadas para a estruturação de um banco de dados espacial orientado ao monitoramento de corpos d'água, o qual foi realizado de forma conjunta entre a Universidade de Shiga do Japão e a Universidade do Vale do Rio dos Sinos do Brasil.

Palavras-chave: SIG, meio-ambiente, corpos d'água.

1 – Introdução

O Biwa é um dos lagos mais velhos no mundo, podendo ser considerado o quarto após o mar Cáspio na Ásia Central, o lago Baikal na Rússia e o lago Tanganika na África do leste. A área do espelho d'água possui 670,5 km², e a bacia, 3.480 km². A fins de pesquisa, a mesma foi dividida em Área Norte (ao norte

da ponte Biwako Oohashi – Figura 1), a qual possui uma profundidade máxima de 103,58 m e média de 43 m, e a Área Sul (ao sul da citada ponte) com uma profundidade média de 4 m.

A estrutura do solo é complexa, e a taxa de sedimentação é de aproximadamente 2 milímetros por

* Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. Laboratório de Sensoriamento Remoto e Cartografia
Av. Unisinos, 950 – 93022-000 – diego@euler.unisinos.br

** University of Shiga. Center of Environmental Education and Lake Science.
2-5-1 Hiratsu, Otsu 520-0862 Japão – endoh@sue.shiga-u.ac.jp

*** Osaka Electro-Communication University. Center for Physics and Mathematics.
1130-70, Kiyotaki, Shijonawate, Osaka, 575 Japão – okumura@isc.osakac.ac.jp

**** University of Shiga Prefecture. Limnological Laboratory.
Hikone, Shiga, 522 Japão – mitamura@ses.usp.ac.jp

ano. Paralelamente, no lago existem fósseis pré-históricos e numerosas espécies de animais e plantas pouco comuns que se desenvolvem dentro de um contexto complicado de correntes horizontais e verticais. Desde o ponto de vista socio-econômico, o lago tem um papel extremamente importante pois é a fonte de água que abastece 14 milhões de pessoas que residem no distrito de Kinki, apresentando uma capacidade de 27.5 bilhões de m³

A Universidade de Shiga e uma série de instituições localizadas na província homônima têm uma longa tradição no monitoramento do lago Biwa, e contam com dados históricos cuja cronologia só foi interrompida durante os períodos das duas grandes guerras. Esse volume de dados permite fazer numerosas análises temporais e espaciais acerca do comportamento do corpo d'água, as quais certamente são facilitadas mediante o uso do geoprocessamento. Esta é a principal razão pela qual está sendo implementado um SIG para armazenamento e processamento dos dados físicos, químicos e biológicos do corpo d'água e seu entorno.

2 – Materiais e métodos

Os instrumentos e métodos disponíveis para a coleta de dados ambientais de corpos d'água podem

ser classificados, basicamente, em diretos e telemétricos (<http://www.sue.shiga-u.ac.jp/~endoh/doc/paper.htm>). Dentro do primeiro grupo, alguns são aplicados desde as proximidades do lago (medições de correntes por métodos topográficos, geração de imagens termais, medição de ventos, etc.) e outros diretamente sobre o espelho d'água mediante o uso de embarcações.

A diversidade de equipamentos utilizados e metodologias aplicadas para o levantamento gera uma massa heterogênea de dados, principalmente no que se refere às estruturas e formatos de arquivos, sendo necessário proceder à sua homogeneização antes da incorporação no banco alfanumérico.

Para o monitoramento do lago Biwa, a Universidade de Shiga realiza levantamentos em posições predefinidas do lago, os quais permitem efetuar estudos temporais e espaciais. Quando estes levantamentos estão destinados a coletar dados de todo o lago, utiliza-se uma grade regular de pontos cujas coordenadas geográficas variam de 2' em 2' em latitude e longitude (Figura 1). Por sua vez, em casos que envolvem estudos especiais, efetuam-se levantamentos em pontos que não pertencem à grade, os quais permitem gerar perfis, tal como mostram as Figuras 2 e 3.

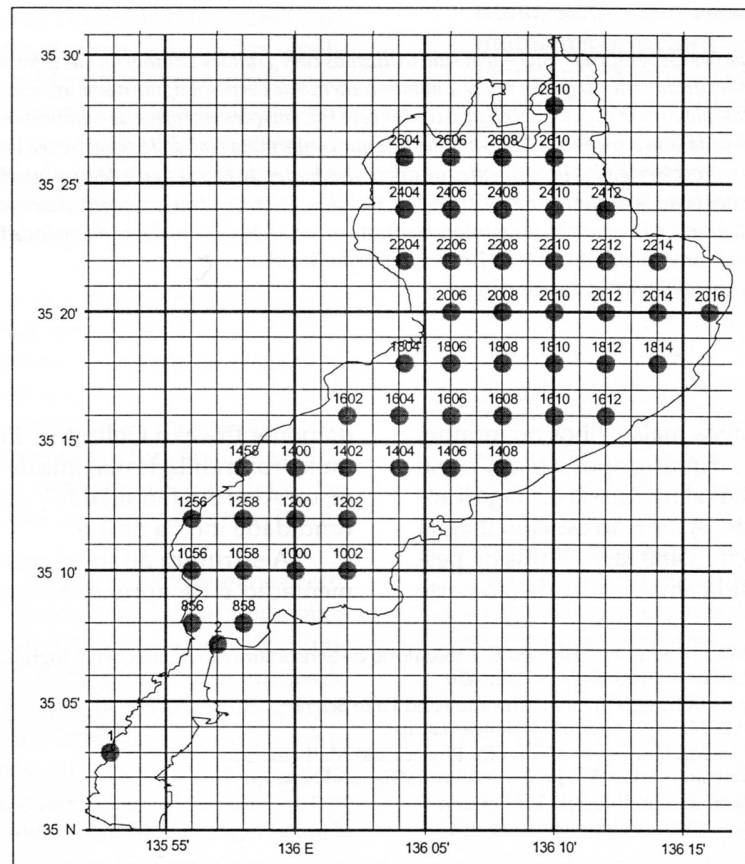


Figura 1 – Pontos de coleta de dados no lago Biwa

Nos diferentes casos, sobre cada ponto obtêm-se dados físicos, químicos e biológicos por medição direta. Para controlar a posição na hora do levantamento, os navios estão munidos de equipamento DGPS.

No caso do lago Biwa, a Universidade de Shiga usa o *TCT-profiler* para medição de temperatura, eletro-condutividade e turbidez em intervalos de 0.5 m ao longo da coluna da água. Para o levantamento, o *profiler* é suspenso por uma corda, movimentando-a para cima e para baixo abaixo da superfície do lago, e os dados medidos são armazenados automaticamente dentro da unidade do sensor.

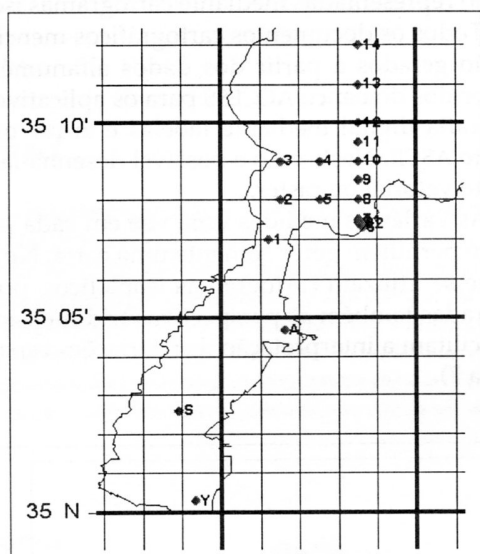


Figura 2 – Pontos de coleta – Perfil A

planimétricas dos mesmos através das coordenadas geográficas de latitude e longitude e das coordenadas de projeção cartográfica UTM [E,N]. Também foi colocado o campo Profundidade para registrar a máxima encontrada no ponto registrado (Figura 4).

A partir dessa definição, as variáveis físicas, químicas ou biológicas levantadas são registradas em tabelas independentes, cada uma das quais contendo o campo PONTO como elemento de relacionamento.

A determinação da posição do ponto de coleta se realiza mediante o sistema DGPS instalado no barco.

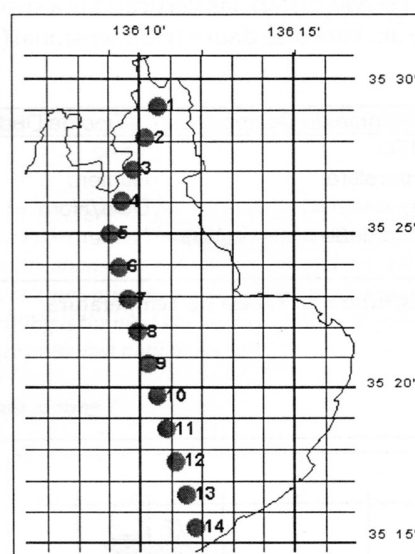


Figura 3 – Pontos de coleta – Perfil B

3 – Banco de dados alfanuméricos

De fundamental importância na estruturação de um banco de dados espacial é definir um critério para o relacionamento e georreferenciamento dos mesmos. Uma boa estrutura possibilita o cruzamento e a geração de diferentes planos de informação para análises, simulações e previsões.

No caso do lago Biwa, a regularidade que há na execução dos levantamentos permite que, a partir de uma tabela que contenha as denominações dos pontos bem como suas posições geográficas, seja possível relacionar todos os dados ambientais.

O aplicativo utilizado para atingir essa meta foi o banco de dados relacional Microsoft® ACCESS, o qual foi escolhido principalmente devido à facilidade de comunicação com os softwares utilizados para o mapeamento digital. A Tabela PONTOS DE COLETA foi estruturada de maneira tal que a partir dela sejam efetuados os relacionamentos bem como o georreferenciamento dos dados. Nela, o campo PONTO é a chave primária (o qual evita duplicações na entrada de dados), e o resto dos campos define as posições

	Nome do Campo	Tipo de Dados
☞	PONTO	Texto
	Long	Número
	Lat	Número
	E	Número
	N	Número
▶	Profundidade	Número

Figura 4 – Estrutura da Tabela de Pontos de Coleta

Dentro do universo de dados que compõem o banco, podem-se diferenciar dois grupos: aqueles que são medidos somente uma vez em cada ponto de levantamento do lago (por exemplo: transparência d'água, PH, ventos e dados químicos) e os que são medidos em função da profundidade em cada ponto. Isto exige a criação de diferentes estruturas de tabelas. No caso das variáveis que são medidas somente uma vez, um único valor para cada ponto é registrado, incluindo-se também a data do levantamento (Figura 5).

	Nome do Campo	Tipo de Dados
	PONTO	Texto
▶	Transparencia	Número
	Data	Data/Hora

Figura 5 – Estrutura da Tabela de Transparência

Já para dados que variam com a profundidade (como por exemplo: eletrocondutividade, turbidez e temperatura), foi necessário relacionar o PONTO com as sucessivas distâncias verticais até a superfície, criando-se um banco de dados tridimensional (Figura 6).

	Nome do Campo	Tipo de Dados
	PONTO	Texto
	Temperatura	Número
	Data	Data/Hora
	Profundidade	Número

Figura 6 – Estrutura da Tabela de Temperatura

4 – Mapeamento de variáveis ambientais

Dependendo das necessidades do estudo, a partir dos dados alfanuméricos podem ser gerados perfis ou cartas temáticas. Isto é possível devido a que o banco de dados foi estruturado para gerenciar coordenadas espaciais.

As cartas de ventos são cartas temáticas denominadas “de figuras proporcionais”, que utilizam símbolos orientados e escalados para a representação (normalmente setas). Já as variáveis que apresentam uma distribuição contínua como PH, transparência, etc., são representadas mediante cartogramas isopléticos. Todos os documentos cartográficos mencionados são gerados a partir dos dados alfanuméricos transferidos do banco ACCESS para os aplicativos de cartografia digital mediante tabelas e arquivos em formato ASCII. Neste caso é possível desenhá-las em formato vetorial ou raster

As variáveis medidas uma vez em cada ponto do lago permitem gerar somente uma carta. No caso em que se utilizam cartogramas isopléticos, podem ser geradas também as perspectivas tridimensionais que facilitam a interpretação das variações espaciais (Figura 7).

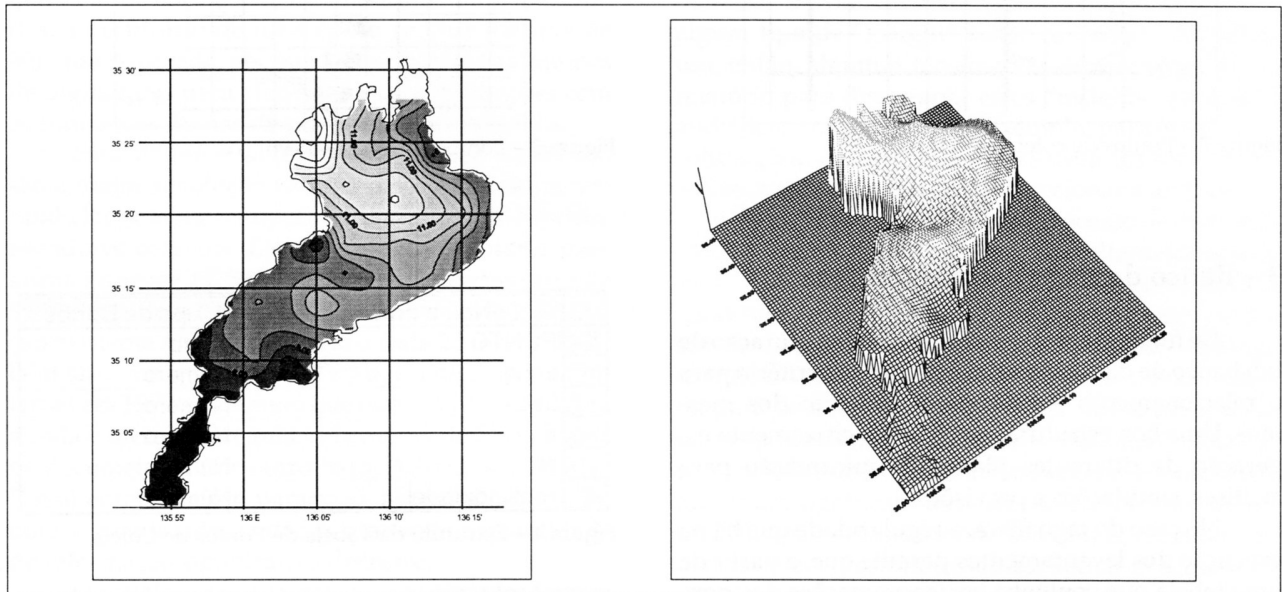


Figura 7 – Transparência d'água em 12/06/99

As variáveis medidas ao longo da vertical permitem desenhar uma carta para cada profundidade de interesse (no caso do lago Biwa, uma carta a cada 50 cm). Neste último caso, um detalhe importante que deve ser levado em conta no processo de geração das diferentes cartas é que é necessário utilizar os arqui-

vos vetoriais correspondentes às curvas de nível das profundidades escolhidas para o mapeamento, para “recortar” os arquivos das plantas gerados por interpolação. Isto vale tanto para arquivos raster quanto para arquivos vetoriais. Após a edição, a carta fica delimitada pela forma real do corpo d'água (Figura 8).

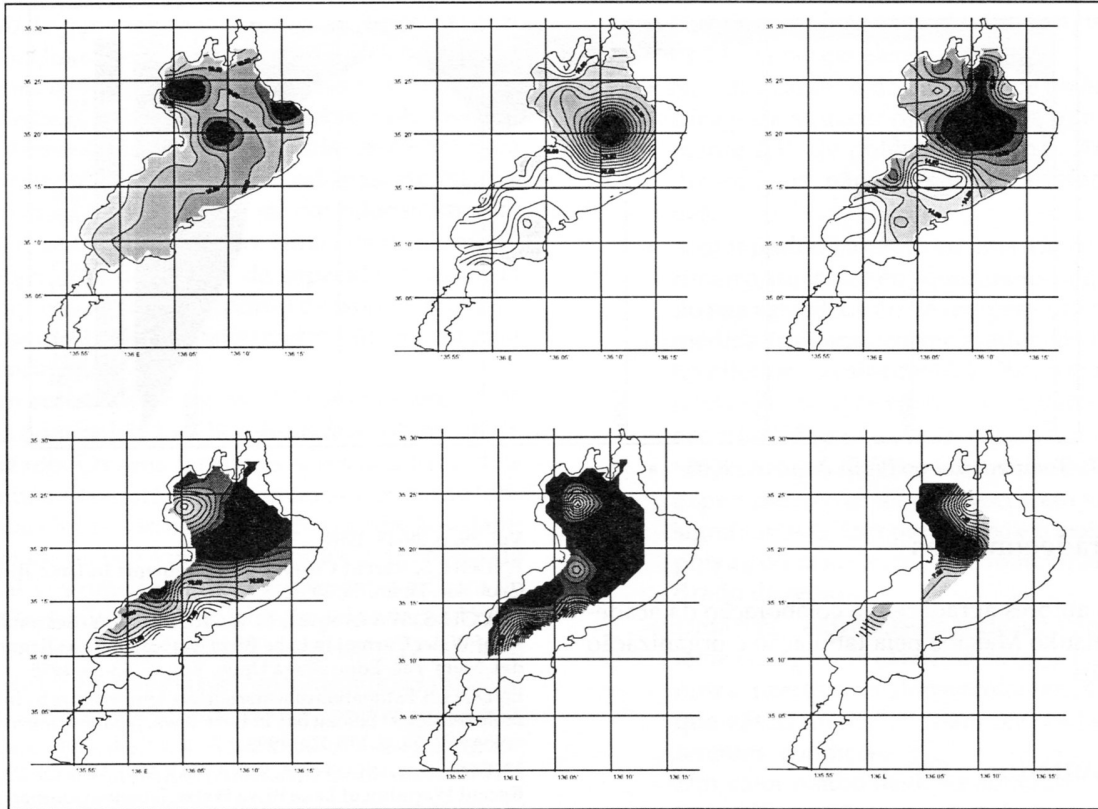


Figura 8 – Cartas de temperatura a 0 m, 10 m, 15 m, 20 m, 40 m e 70 m (dados de 22/06/00)

5 – Perfis

A técnica utilizada para o desenho dos perfis é ligeiramente diferente da utilizada para as cartas, pois, neste caso, é necessário calcular previamente as distâncias planimétricas existentes entre os pontos que o compõem e definir a relação das escalas vertical e horizontal de maneira que a representação seja de fácil

interpretação. Para isto foi criada, no próprio banco de dados, uma consulta mediante a qual é possível definir estas variáveis e gerar a tabela com os dados necessários para o desenho.

Da mesma forma que para as plantas, os perfis podem ser desenhados em formato vector (Figura 9) ou raster (Figura 10).

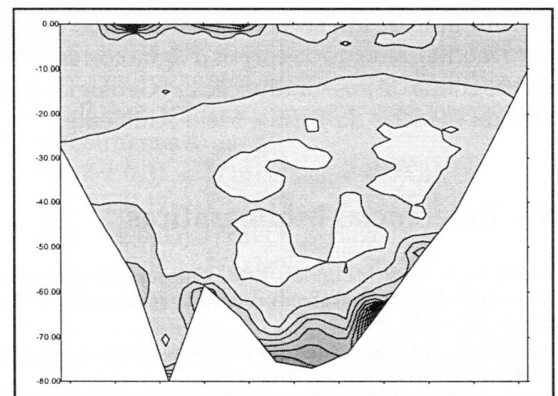
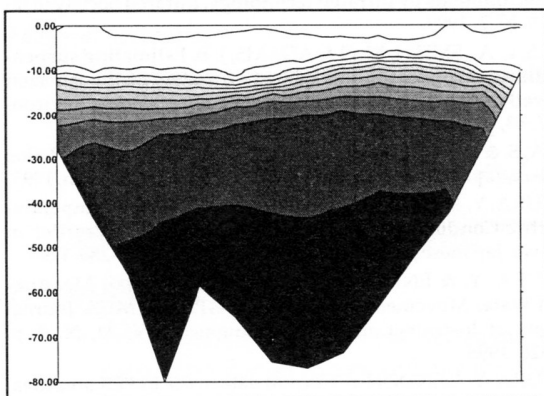


Figura 9 – Temperatura e Turbidez no Perfil B em 04/2000

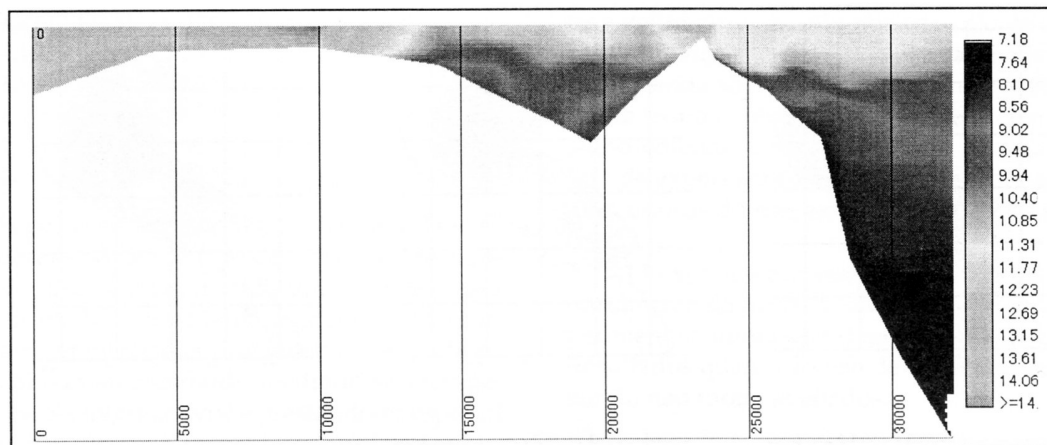


Figura 10 – Temperatura no Perfil A em 04/2000

6 – Agradecimentos

Os autores agradecem a colaboração da acadêmica Natsuko Makabe pela tabulação e organização dos dados.

7 – Resultados

A implementação do banco de dados foi o primeiro passo para o uso amplo do SIG nos processos de monitoramento do lago.

A disponibilidade dos dados em uma base única permitirá efetuar combinações, simulações e previsões através de modelos a serem estudados.

Quanto aos documentos cartográficos, as bases foram geradas segundo o sistema de coordenadas geográficas e UTM, o qual possibilita, a partir dos dados alfanuméricos georreferenciados, gerar qualquer tipo de carta temática de forma fácil e confiável.

A metodologia desenvolvida foi adaptada para o caso do lago maior do campus da UNISINOS, o qual foi estudado no âmbito da dissertação denominada Estruturação de um sistema de informação geográfica para monitoramento de corpos d'água correspondente ao Programa de Pós-Graduação em Geologia – PPGeo, área de Ciências da Terra e Meio-Ambiente.

8 – Referências bibliográficas

- ALMANZA, E. & MELACK, J. M. Chlorophyll differences in Mono Lake (California) observable on Landsat imagery. *Hidrobiologia* 122: 13-17 1985
- ARONOFF, S. *Geographic Information Systems: a management perspective*. WDL, Ottawa, 294p. 1991.
- CURRAN, P. J. & NOVO, E. M. The relationship between suspended sediment concentration and remotely sensed spectral radiance: a review. *J. Coastal Res.* 4: 351-368. 1988.
- ENDOH, S. & OKUMURA, Y. Measurements of Lake Current by using a Radar. *Mem. Fac. Educ. Shiga Univ.*, Vol. 37, 27-38, 1987
- ENDOH, S. et al. Physical, chemical and biological dynamics of substances at boundaries in Lake Biwa. *Mem. Educ. Shiga Univ.*, Vol. 39, p. 29-49, 1989.
- ENDOH, S. Recent Current Measurements in Lake Biwa. *Mem. Geol. Soc. Japan*, 36, 209-218, 1990.
- ENDOH, S., WATANABE, M. & OKUMURA, Y. Seasonal Variation of Water Current in Lake Biwa Evaluated by a Diagnostic Model. *Mem. Fac. Educ. Shiga Univ.*, Vol. 45, 43-56, 1995.
- ENDOH, S. Estimation of water surface temperature by infrared remote sensing at Shiozu Bay in Lake Biwa. *Japanese Journal of Limnology*. V 59, p. 115-124, 1998.
- ENDOH, S., YAMASHITA, S., KAWAKAMI, M. & OKUMURA, Y. Recent Warming of Lake Biwa Water. *Japanese Journal of Limnology*, 60-2, 223-228, 1999.
- GALAT, D. L. & VERDIN. Patchiness, collapse and succession of a cyanobacterial bloom evaluated by synoptic sampling and remote sensing. *J. Plankton. Res.* 11, p. 925-948, 1989.
- GITELSON, A. A. & KONDRATYEV K. Optical models of mesotrophic and eutrophic water bodies. *Int Jorunal of Remote Sensing* 12, V 12, p. 373-385. 1991.
- HAMILTON, M. K. et al. Estimation chlorophyll content and bathymetry of Lake Tahoe usin AVIRIS data. *Remote Sensing Environ*, V 44, p. 217-230, 1993.
- HASHITANI, H. et al. Temporal and sapatial distribution of nutrients and chlorophyll a during BITEX'93. In: *Baseline Data Overviews of BITEX'93*, p. 115-128, 1996.
- ITAKURA, Y. & ENDOH, S. Estimation of Water Surface Temperature by Infrared Remoto Sensing at Shiozu Bay in Lake Biwa. *Japanese Journal of Limnology*, 59, p. 115-124, 1998.
- ITAKURA, Yasumasa. Observation, measurement and estimation of environments by infrared technology. *Infrared Society of Japan*, V 9, N. 2, 1999.
- MERTES, L. A., SMITH, M. O & ADAMS, J. B. Estimating suspended sediments concentrations in surface waters of the Amazon River wetlands from Landsat images. *Remote Sensing Environment*, V 43, p. 1-21, 1993.
- OKUDA, S. & KUMAGAI, M. *Physical processes in a Large Lake: Lake Biwa, Japan*. American Geophysical Union, Publication, 1995.
- OKUMURA, Y. & ENDOH, S. Observations of Water Temperature, Electric-Conductivity and Turbidity using TCT Profiler in Lake Biwa. *Japanese Journal of Limnology*, 54-4, p. 269-280, 1993.
- OKUMURA, Y. & ENDOH, S. Telemetry Lagrangian Measurement of Water Movement in Lake Using GPS and MCA. *Journal of Society of Instrument and Control Engineers*, V 31, N. 9, p. 1324-1328, 1995.
- OKUMURA, Y. & ENDOH, S. Current data in the BITEX area measured by GPS buoy. *Lake Biwa Study Monograph*. 1996.
- OKUMURA, Y. & ENDOH, S. Meteorological station using buoy on a lake. *Journal of Society of Instrument and Control Engineers*, V 35, N. 4, p. 574-576, 1999.
- WEBER, E.; HASENACK, H. O geoprocessamento como ferramenta de avaliação. In: *IX COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias*, Anais. São Paulo/SP 1997