

## DELINEAMENTO AMOSTRAL NO MONITORAMENTO DE RESERVATÓRIO DE USO MÚLTIPLO UTILIZANDO VALORES DIGITAIS ACUMULADOS EM IMAGENS OLI/ LANDSAT 8

## SAMPLING DESIGN ON MONITORING OF MULTIPLE-USE OF RESERVOIR USING CUMULATIVE VALUE IN OLI/ LANDSAT 8 IMAGES

Tati de Almeida<sup>1</sup>, Rejane Ennes Cicerelli<sup>1</sup>, Henrique Llacer Roig<sup>1</sup>, Gustavo Baptista<sup>1</sup>,  
Marina Rolim Bilich Neumann<sup>2</sup>

1- Laboratório de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial (LSRAE), Instituto de Geociências (IGD), Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, 70910-900 Brasília, Brasil; E-mails: tati\_almeida@unb.br; rejaneig@unb.br; roig@unb.br, gmbaptista@unb.br;

2- Universidade de Brasília – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Campus Darcy Ribeiro, ICC - Ala Central - CEP 70.910-900 - Brasília – DF, marinabilich@unb.br

### RESUMO

O uso do sensoriamento remoto para estudos em ambientes aquáticos tem se mostrado de grande valia para diversas aplicações. Uma das aplicações é a determinação da localização de coleta de amostras de campo, uma vez que as imagens de satélite apresentam atributos capazes de avaliar a variabilidade da superfície da água considerando uma área extensa. Desse modo, este trabalho propôs definir um método de seleção de elementos amostrais no Lago Paranoá, localizado em Brasília-DF no Brasil, baseada na variabilidade de imagens no espectro do visível e infravermelho oriundos do sensor Landsat-8/OLI. O trabalho foi pautado na seleção de imagens em períodos sazonais distintos, as quais foram somadas, compondo um único produto denominado valores digitais acumulados. Posteriormente foi aplicado um método de classificação não supervisionada que discriminou 5 classes com características distintas. Como resultado foram obtidos 16 pontos que garantiram a realização de trabalhos de campo para

obtenção de variáveis limnológicas em locais que apresentam variações na qualidade da água.

Palavras chave: valores acumulados; delineamento amostral; qualidade de água; Lago Paranoá

#### ABSTRACT

The remote sensing for studies in water bodies has showed to be of great value for several applications. The determination of the sampling location of field samples is an example, since the satellite images have attributes capable of evaluating the spectral variability of the water surface considering an extensive area. Thus, this paper will define a method of selection of sample elements in Lake Paranoá, located in Brasilia-DF in Brazil, based on variability of images in the visible and infrared spectrum from the Landsat-8 / OLI sensor. The work was based on the selection of images in different seasonal periods that composing a single product called accumulated reflectance. Subsequently an unsupervised classification method was applied, which discriminated five classes with different spectral characteristics. As result, 16 points were obtained, which were the places to obtain limnological variables in places that present different water quality.

Keywords: accumulated values; water quality; sampling alignment; Paranoá lake.

#### INTRODUÇÃO

O gerenciamento adequado dos recursos hídricos fundamenta-se no conhecimento da distribuição espacial e temporal dos indicadores de qualidade da água, principalmente no caso de águas continentais destinadas ao consumo da população. Assim, em função da visão sinóptica proporcionada por dados de Sensoriamento Remoto, estes têm sido usados para avaliar importantes indicadores da qualidade da água, devido à grande abrangência espacial e temporal de imageamento da superfície terrestre (Novo *et al.*, 2007).

No entanto, para o desenvolvimento de algoritmos e validação de sensores e produtos para esse tipo de monitoramento, faz-se essencial à coleta de dados pontuais de campo como referência de caracterização de qualidade de água. Uma das premissas desses levantamentos de campo é que os elementos amostrais sejam representativos de toda variabilidade espacial do corpo d'água analisado no instante de aquisição das

imagens de sensoriamento remoto. Portanto, esses pontos devem ser distribuídos da melhor forma possível, considerando como fatores limitantes o alto custo na obtenção das variáveis limnológicas e a necessidade de simultaneidade com a aquisição das imagens de sensoriamento remoto (Liu *et al.*, 2003; Tundisi e Tundisi, 2008).

Para uma boa representatividade de um ambiente aquático, o número e a localização de elementos amostrais pontuais tem sido um assunto muito discutido na literatura. Normalmente, o número de elementos amostrais coletados fica em torno de 20 a 30, porém existem casos como os do estudo de Forster *et al.*, (1993) que utilizaram apenas nove elementos para construção de um modelo. A definição do número de elementos amostrais ideal envolve, principalmente, a heterogeneidade da variável analisada, os recursos disponíveis para a pesquisa, além da avaliação da necessidade de simultaneidade entre a coleta in situ e os dados obtidos por Sensoriamento Remoto; pois o adensamento da rede de elementos amostrais envolve maior permanência no campo e conseqüente redução da sincronia entre os dados (Liu *et al.*, 2003).

Nesse sentido, o delineamento amostral em corpos d'água pesquisados por técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são essenciais para prover a seleção de amostras estatisticamente significativas, especialmente aplicados a áreas com dimensões entre 100 a 200 km<sup>2</sup>. Dessa forma, a proposta é utilizar imagens multiespectrais em séries temporais de 10 a 20 anos capazes de avaliar a variabilidade do parâmetro físico de interesse, o que conduzirá a melhor caracterização do meio aquático observado (Pequeño *et al.*, 2016).

O presente trabalho utilizou informações de valores acumulados de dados Landsat 8 e classificação não supervisionada para gerar um delineamento amostral no reservatório de uso múltiplo, o Lago Paranoá localizada na capital do Brasil, Brasília (DF).

A criação do Lago Paranoá, teve como intuito amenizar o baixo teor de umidade do ar, nos meses de abril a setembro, e ser uma área de lazer para a população do Distrito Federal. Por se tratar de um recurso hídrico às margens de um grande centro urbano, o lago passou a ser depositário de esgoto de origem difusa e pontual, provindos da CAESB (Companhia de Água e Esgoto de Brasília) e/ou de ligações clandestinas de esgotos residenciais. Esse fato implica no aumento de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (Baptista e Neto, 2008) dentro do corpo d'água. Após a crise hídrica instaurada no DF em 2017, associada aos estudos sobre as limitações no abastecimento público do Rio Descoberto, de Santa Maria e do Torto, a CAESB está trabalhando em um sistema de captação no Lago Paranoá. Essa nova fonte de captação ocasionará no aumento de um terço na atual oferta de abastecimento do Distrito Federal (CAESB, 2014). A Figura 1 apresenta a localização do Lago Paranoá.

Segundo dados do IBGE (2010), o Distrito Federal, com uma área de 5.780 km<sup>2</sup> e uma população de aproximadamente 2.900.000 habitantes, apresenta as maiores médias anuais de crescimento populacional. Segundo o Instituto Brasília Ambiental – Ibram (2012) nos últimos anos, em virtude do forte crescimento populacional e da intensificação das atividades econômicas nos setores agropecuário, industrial e de serviços no Distrito Federal, verifica-se uma forte pressão sobre os recursos naturais, colocando em risco o uso sustentável da água, dos solos, da fauna e da flora regionais.

O Distrito Federal é caracterizado por um período de seca prolongado, predominando baixos índices de umidade relativa do ar, com cursos de água pouco extensos e com vazões relativamente modestas. Isso ocasiona limitações relativas aos aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos, que necessitam de pesquisas para o gerenciamento integrado.

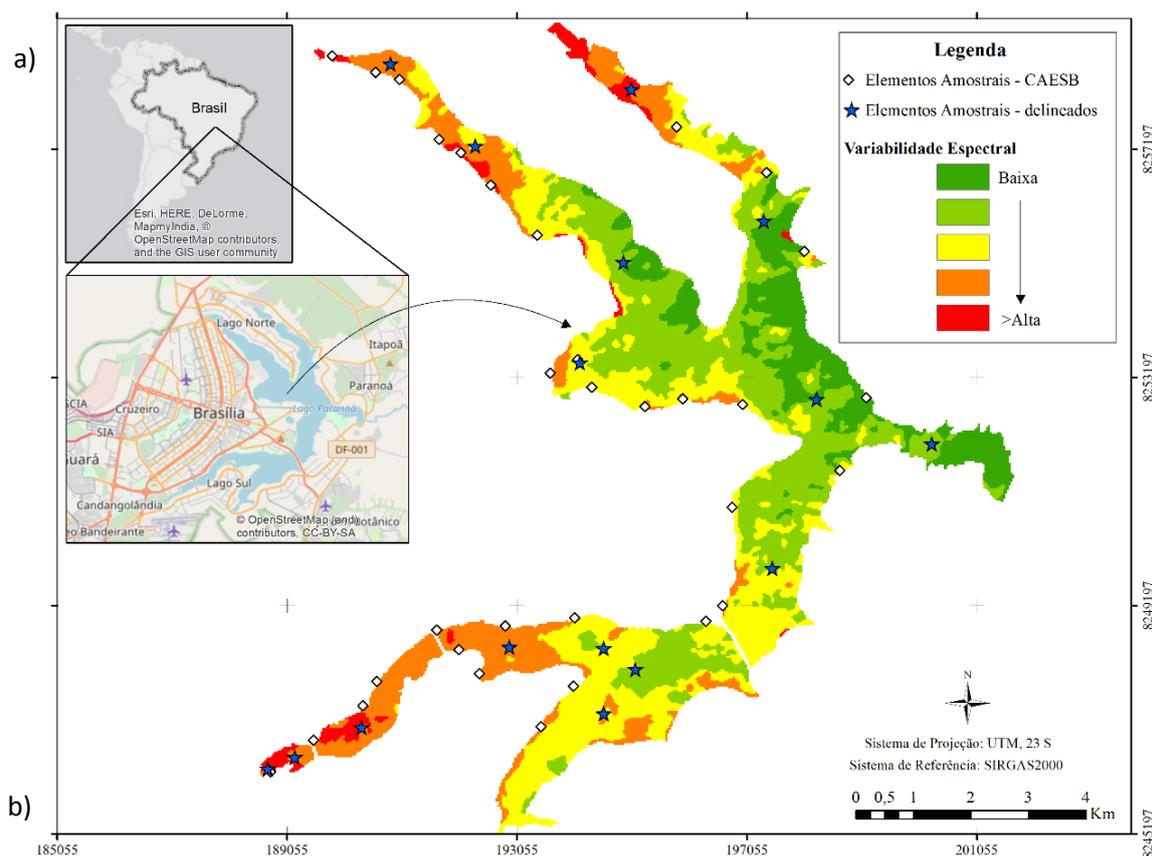


Figura 1 –a) Localização do Lago Paranoá no Distrito Federal; b) Representação das classes de variabilidade espectral e elementos amostrais utilizados pela CAESB e delineados nessa pesquisa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada a esse estudo consistiu na utilização de cinco imagens em do sensor OLI, plataforma LANDSAT de diferentes datas e estações do ano (01 junho 2015; 24 novembro 2015; 16 abril 2016; 07 setembro 2016 e 29 janeiro 2017). Os produtos OLI possuem nove (9) bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9). No entanto, nesse trabalho, foram processadas somente as bandas da região do espectro eletromagnético do visível e infravermelho próximo (Bandas 2, 3, 4 e 5) onde ocorrem as principais feições espectrais de água (Jensen, 2009). Trabalhos conduzidos em sistemas aquáticos mostraram que os produtos corrigidos para reflectância ou radiância no topo da atmosfera produziram resultados similares ou até melhores do que aqueles corrigidos atmosféricamente (Olmanson *et al.*, 2011, Kutser, 2012).

Para a definição da máscara do reservatório foi utilizada a imagem da época seca de 07 setembro de 2016, quando o reservatório está em seu menor nível. Foi criado um vetor a partir do fatiamento utilizando os menores valores da banda 5. Teoricamente, esse intervalo corresponde a resposta espectral da água e conseqüentemente delimitaria os corpos d'água presente na cena.

Devido sazonalidade climática da região de estudo, trabalhos de Hermuche & Sano (2010) e Grande *et al.*, (2016) indicam sucesso na utilização de imagens multitemporais acumulada para a melhor classificação e identificação em fitofisionomias de cerrado quando comparada a classificação de uma única passagem do sensor. Assim, visando a supressão das tendências sazonais que ocorrem no Lago Paranoá foi utilizada a técnica de valores acumulados na definição das áreas amostrais.

Essa metodologia consistiu na soma aritmética das bandas das imagens OLI das datas supracitadas. A imagem resultante é composta por quatro bandas com valores digitais que representam a soma simples das cinco datas de passagem do sensor. Nessa imagem foi aplicado o método de classificação não supervisionada ISODATA para o isolamento de áreas consideradas homogêneas. O ISODATA é um algoritmo de agrupamento de dados aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância, e também pela área (Spring, 2017).

Posteriormente, a partir desse produto, foram aplicadas filtragem passa-baixa e mínimo de pixels agregados para definição das áreas de diferentes respostas dentro do Lago Paranoá. Essas diferentes classes foram comparadas estatisticamente em relação à média, valor mínimo e máximo e desvio padrão.

Após essa análise, foi formulado uma distribuição "ideal" dos elementos amostrais da campanha de campo. Esses dados foram comparados com dados sistemáticos coletados mensalmente pela CAESB.

## RESULTADOS

O resultado do processamento dessas imagens permitiu a individualização de cinco regiões com variabilidade espectral e a indicação de dezesseis pontos amostrais no reservatório, para a identificação da dinâmica do reservatório e da qualidade de águas, para o estudo da concentração de componentes opticamente ativos, tais como matéria orgânica dissolvida, sólidos em suspensão e fitoplâncton.

A Figura 1-b apresenta a distribuição das cinco classes resultantes da classificação da imagem de valores acumulados. Como esperado, percebe-se que as classes com baixa variabilidade espectral localizam-se na parte central do lago. As extremidades representam as classes de maior variabilidade, principalmente as saídas dos Ribeirões Riacho Fundo e Bananal, a oeste ao sul e a norte, respectivamente. Nestas regiões localizam-se as estações de tratamento de esgoto e maior concentração de áreas urbanizadas.

A partir destas classes foram calculados valores de NDs (Níveis Digitais) máximos e mínimos, média e desvio padrão. A Figura 2 apresenta os valores por classe, no qual fica claro que as classes 4 e 5 apresentam maior variabilidade espectral, mostrados pelo desvio padrão.

A partir das análises da Figura 1 e 2, foram distribuídos os elementos amostrais por classes. O método de distribuição dos elementos amostrais por classes foi o aleatório. No entanto, como o objetivo dessa pesquisa é utilizar dados de sensoriamento remoto para a análise conjunta com dados obtidos em campo optou-se por evitar pontos na margem do reservatório para não ocorrer mistura espectral entre terra e água. Utilizando a premissa que quanto maior a variabilidade espectral maior a necessidade de monitoramento, foram inseridos 16 pontos sendo sua maioria concentrado nessas áreas (Figura 1).

A CAESB executa um programa contínuo e sistemático de observação e avaliação das características limnológicas do Lago Paranoá objetivando a adequabilidade das águas superficiais do Lago Paranoá e a balneabilidade do corpo d'água com base no parâmetro *Escherichia coli*. Os dados são coletados sistematicamente in situ em 30 pontos distribuídos em áreas marginais, conforme observado na figura 1. A comparação entre os

pontos visitados pela CAESB e os definidos por essa pesquisa permitem observar que a variabilidade da água do lago está representada nas duas metodologias. No entanto, há uma concentração de amostragem da CAESB maior na classe definida na figura 1 como laranja pois provavelmente a mesma é limítrofe entre as classes imprópria e própria para a balneabilidade, principal objeto da avaliação da CAESB.

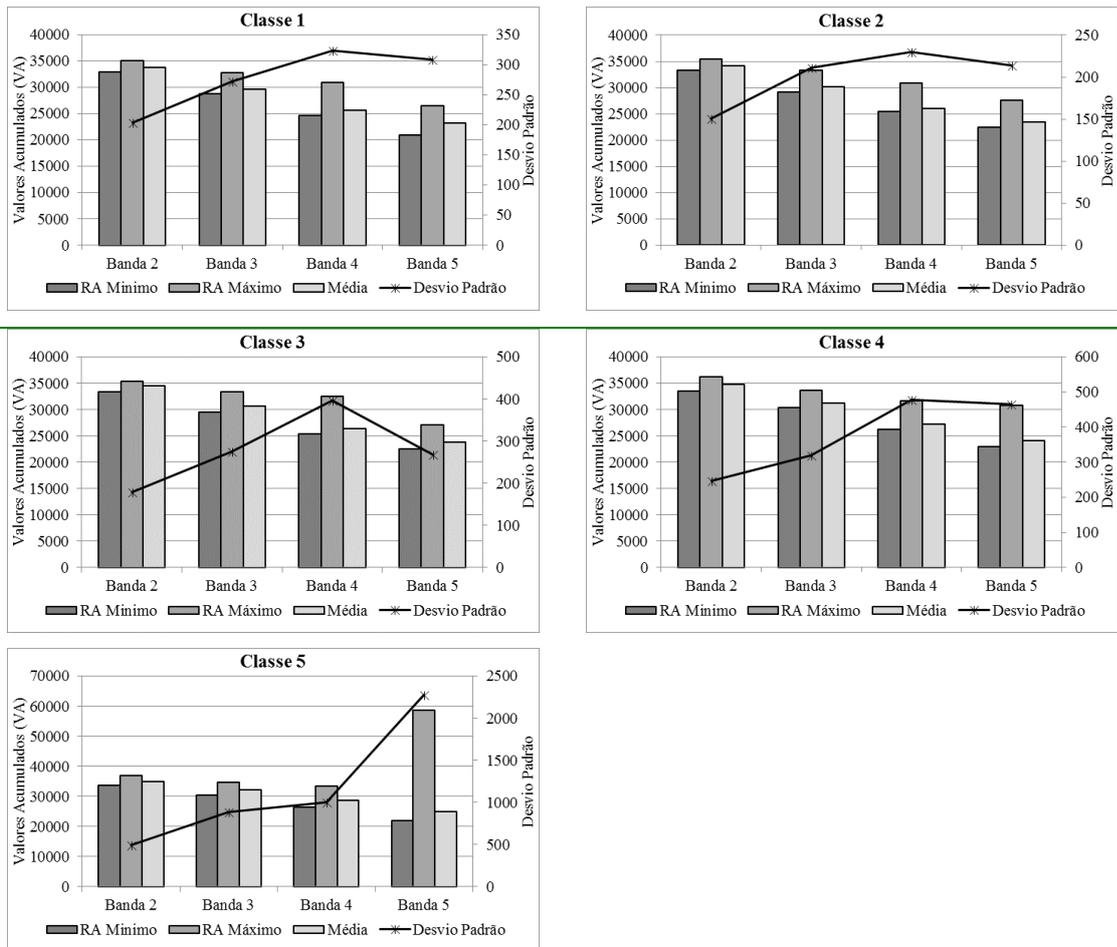


Figura 2. Gráficos com a representação dos valores de acumulados máximos e mínimos e médias das classes analisadas por bandas da imagem e o valor de desvio padrão.

### CONCLUSÕES

O método utilizado para a distribuição de pontos de coleta de variáveis limnológicas no lago Paranoá mostrou-se adequado, pois foi capaz de discriminar áreas com maior variabilidade. As classes detectadas foram base para a distribuição dos pontos

de coleta no lago. É importante mencionar que o método de distribuição dos pontos nas classes foi o aleatório, no qual em alguns casos necessitou de ajustes em virtude dos pontos serem posicionados muito próximos às margens, podendo haver ocorrência de mistura espectral com a margem do reservatório.

As áreas que merecem atenção para monitoramento localizam-se próximas as estações de tratamento de esgoto e de maior concentração de áreas urbanizadas. Assim fica evidente que se trata de áreas que necessitam maior atenção para o monitoramento da qualidade da água.

#### REFERÊNCIAS

- CAESB, Relatório da Qualidade da Água Distribuída pela Caesb em 2014. 2015. Disponível em: < <http://www.caesb.df.gov.br/balneabilidade-do-lago-paranoa/11-portal/caesb-ambiental.html>>, Acesso em: 30 abril. 2015.
- Baptista, G.M., & Neto, M.D A., 2008. O processo de eutrofização artificial no lago Paranoá, Brasília, DF, GEONOMOS, 231-39.
- IBGE, 2010. Censo 2010. Disponível em <[www. ibge. gov.br/censo2010](http://www.ibge.gov.br/censo2010)>. Acesso em 14 de julho de 2016.
- IBRAM, Os Recursos Hídricos no Distrito Federal. 2012. Disponível em < <http://www.ibram.df.gov.br/informacoes/recursos-hidricos.html>>. Acesso em 06 jun. 2015.
- Forster, B.C., Xingwei, S., Xu Baide, 1993. Remote sensing of sea water quality parameters using Landsat-TM. *International Journal of Remote Sensing*, 14: 2759-2771.
- Liu, Y., Islam, M.A., & Gao, J., 2003. Quantification of shallow water quality parameters by means of remote sensing. *Progress in Physical Geography*, 27: 24-43.