

## Análise multitemporal de dados topobatimétricos para avaliação do assoreamento do Reservatório do Descoberto (DF)

Karine dos Santos Taveira\*<sup>1</sup> – [karinetaveira@hotmail.com](mailto:karinetaveira@hotmail.com)

Marco Ianniruberto<sup>1</sup>, Paulo Henrique Bretanha Junker Menezes<sup>1</sup>, Henrique Llacer Roig<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília, Instituto de Geociências

Copyright 2012, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 27 a 29 de novembro de 2012. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do V SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGF ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGF.*

### Abstract

Bathymetric and topographic data have been compared among themselves and with hydrosedimentological measurements and modeling in order to estimate sediment yield in Descoberto Reservoir, Federal District, Brazil. All methods appoint for significant trapping of sediments in the reservoir, however differences between multitemporal bathymetric surveys show that contribution from direct surface drainage could be an order of magnitude greater than estimated sediment transport from tributaries. If confirmed, this should lead to reinforce policies for preservation of protection areas around margins.

### Introdução

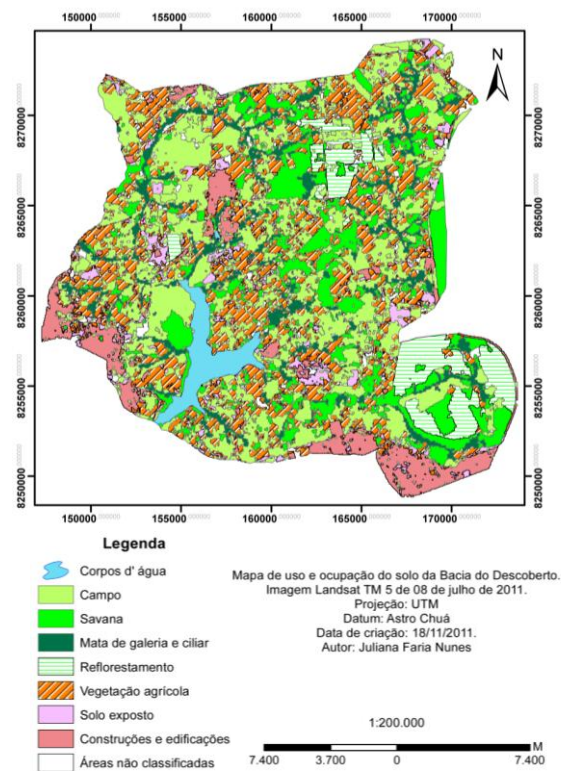
A construção de reservatórios para armazenamento d'água torna-se necessária para atender a demanda crescente para abastecimento das cidades, e ao mesmo tempo gerar energia e criar áreas de lazer. Entretanto a atividade antrópica na bacia hidrográfica, modificando o padrão de uso do solo, freqüentemente provoca aumento da erosão dos solos e conseqüente produção de sedimentos, que são carregados pelos cursos d'água e depositados nos reservatórios. O acúmulo desses sedimentos causa o assoreamento, o qual é responsável pela diminuição da capacidade de armazenamento e vida útil dessas estruturas (Marins, 2004).

A bacia do Rio Descoberto sofreu e sofre de forma bastante exacerbada deste processo de alteração do uso do solo. Em decorrência da urbanização intensiva e desordenada do território, caracterizada pelo surgimento de parcelamentos, assentamentos, loteamentos, condomínios, invasões, além da prática de agricultura, pecuária e extrativismo mineral (terra, areia e brita), sem que as medidas necessárias sejam tomadas para a manutenção da preservação do solo (Teza, 2008).

A criação das cidades satélites de Ceilândia (DF) e Águas Lindas (GO), o rápido esgotamento dos pequenos mananciais e a continua ocupação das sub-bacias dos tributários do reservatório nortearam a procura de mananciais que pudessem fornecer grandes vazões para atender ao desenvolvimento econômico e ao crescimento populacional (CAESB, 1985).

A barragem do Descoberto, construída em 1973, tem um volume máximo de acumulação de 102x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> com uma área inundada de 14,8 km<sup>2</sup> na cota 1030 m s.n.m. (Bicalho, 2006). A bacia hidrográfica do reservatório do Descoberto abrange uma área total de 444 km<sup>2</sup>,

incluindo-se também as áreas circunvizinhas do reservatório, que drenam através de pequenos córregos, e a própria área do espelho d'água do reservatório que possui área de drenagem de 86 km<sup>2</sup> (Bicalho, 2006). A bacia do Alto Descoberto vem apresentando ao longo dos anos uma expansão rural e urbana acentuada (figura 1), levando a uma demanda de água maior devido às atividades agrícolas desenvolvidas e ao abastecimento humano. Essas atividades, sem o devido planejamento de acordo com a capacidade de vazão e a quantidade de usuários, aliadas ao desmatamento, ocupação indevida de terras e depósito indevido de resíduos, prejudicam a qualidade e a manutenção desse manancial, que é o maior manancial de abastecimento de água do Distrito Federal (Cardoso, 2002)



**Figura 1 - Mapa de Uso do solo do Alto Curso da Bacia do Rio Descoberto, Distrito Federal e Goiás. Fonte: Nunes, 2011.**

O Alto Curso da Bacia do Rio Descoberto tem seu contexto geológico local relacionado ao Grupo Paranoá. Na área de estudos identificam-se 9 classes de solos, entre as quais predominam latossolos e cambissolos (Reatto et al. 2003).

Os latossolos ocupam a maior parte da área da Bacia do Rio Descoberto perfazendo um total de 70,67% da bacia, tendo como representantes o Latossolo Vermelho (LV),

ocupando 34,09% e o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) ocupando 36,58% da bacia. De acordo com Reatto et al. (2003), as classes de Cambissolos perfazem 13,8% do Alto Curso da Bacia do Rio Descoberto. Ocupam as porções mais elevadas, associados a relevos mais movimentados, suave-ondulado (3% a 8% de declive), ondulado (8% a 20%) e forte-ondulado (20% a 45%).

### Objetivo da pesquisa

Estudos voltados a avaliar o assoreamento do Reservatório do Descoberto têm utilizado abordagens diferentes: Valentim (2008) aplicou modelagem por meio da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) para determinar o potencial de produção de sedimentos na Bacia do Descoberto; Bicalho (2006) utilizou coleta e análise de dados hidrossedimentométricos para avaliar o transporte de sedimentos para o Reservatório do Descoberto. Em ambos os casos, os resultados dos estudos, independentemente do método utilizado, precisam ser validados mediante uma avaliação direta do assoreamento, para calibrar os modelos e confirmar as medições. Já Bicalho (2006) tinha apontado que o assoreamento medido por meio de comparação de um levantamento batimétrico realizado em 2002 com a planta originária do Reservatório era maior do valor obtido mediante cálculo do transporte de sedimentos pelos tributários.

O presente estudo visa complementar os trabalhos já realizados na bacia do Rio Descoberto e apresentar uma aplicação da análise multi-temporal de dados batimétricos para contribuir na estimativa do fenômeno do assoreamento do Reservatório.

### Materiais e métodos

Para a realização da pesquisa foram utilizados dados obtidos por levantamento comissionado pela empresa de abastecimento de água do Distrito Federal (CAESB) em 2002 e dados obtidos num levantamento batimétrico realizado no ano de 2011 pela própria equipe da UnB.

O levantamento de 2002 foi realizado utilizando um ecobatímetro de frequência de 208kHz, acoplado com sistema de posicionamento DGPS, ao longo de linhas de navegação orientadas NW-SE espaçadas de 100m e com pontos a cada 40m (CAESB/Magna Engenharia, 2003).

O levantamento batimétrico realizado pela Universidade de Brasília em 2011 utilizou um ecobatímetro hidrográfico Odom Echotrack CVM de dupla frequência (40/200 kHz), em conjunto com um sistema de posicionamento WADGPS com precisão decimétrica. As profundidades levantadas foram reduzidas a cota geodésica de 1030m, nível operativo do reservatório.

A navegação foi realizada por seções espaçadas 40m orientadas no sentido longitudinal dos braços do Reservatório, e seções transversais de controle com espaçamento de 500m.

As medições batimétricas foram comparadas as apresentadas pela CAESB, que disponibilizou as cotas topográficas e de profundidade levantadas no ano de 2002.

A comparação dos resultados dos levantamentos batimétricos dos anos 2002 e 2011 foi realizada

utilizando o software SURFER, tendo o cuidado de utilizar os mesmos parâmetros do algoritmo de interpolação (krigagem) para a geração dos modelos digitais do fundo.

Os mapas de volume e área do Reservatório do Descoberto foram obtidos através do processamento dos pontos batimétricos georreferenciados coletados nos levantamentos de 2002 e 2011. Para ambos foi utilizada a cota geodésica de 1.030m como nível de referência das profundidades.

Uma primeira análise da distribuição e densidade dos pontos de medição mostrou que algumas áreas não tinham cobertura em ambos os levantamentos, provavelmente em decorrência da excursão do nível do reservatório durante a estação da estiagem e a conseqüente dificuldade de navegação. Embora o método de comparação considere somente as áreas com cobertura nos dois modelos, a falta de cobertura total deve ter influencia na estimativa total do assoreamento. Além disso, foi observado que a densidade de pontos batimétricos no levantamento de 2011 foi muito mais alta á de 2002. Para avaliar o efeito da diferente densidade de amostragem foi realizada uma dizimação dos pontos batimétricos de 2011, mediante um algoritmo que recalculou por interpolação os valores de profundidade exatamente nos mesmos pontos amostrados em 2002.

### Resultados

As figuras 2a e 2b mostram os mapas batimétricos do Reservatório referentes aos anos de 2002 e 2011, do fundo até a isoipsa de 1030m.

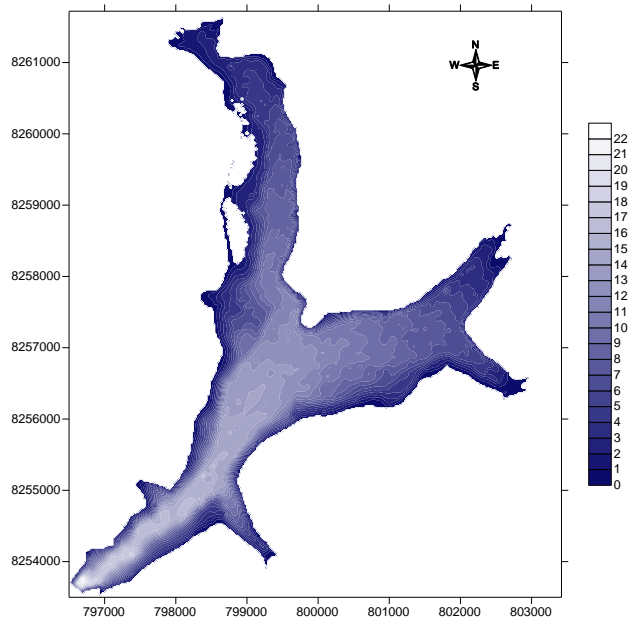
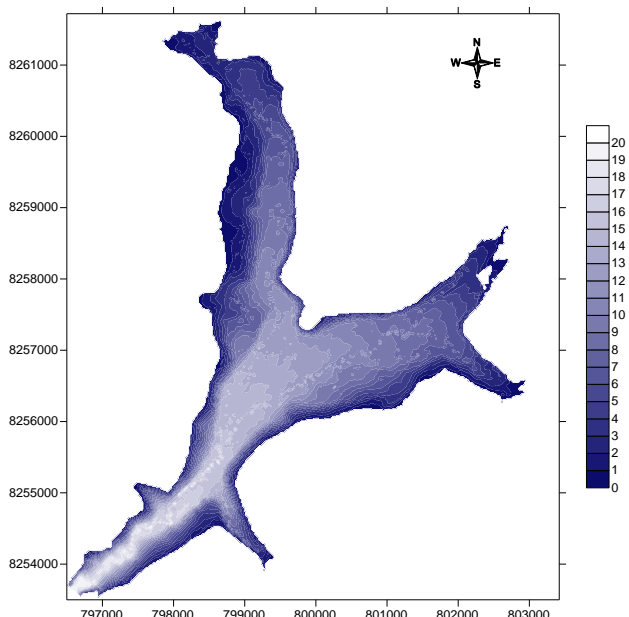


Figura 2a - Mapa Batimétrico Lago Descoberto ano 2002.



**Figura 2b - Mapa Batimétrico Lago Descoberto ano 2011.**

Os mapas mostram uma geral coerência, com algumas exceções. É possível reconhecer a diferente extensão do levantamento, com algumas áreas que não foram mapeadas em função da navegabilidade no período de execução dos trabalhos. Além disso, o maior detalhe da do mapa batimétrico de 2011 permite evidenciar os pontos de máxima profundidade em correspondência do leito submerso dos tributários.

A partir dos modelos digitais foram calculados os volumes do Reservatório, conforme reportado na tabela 1, junto com os dados obtidos em levantamentos anteriores.

**Tabela 1: Cálculo do Volume**

Ano	Volume (m <sup>3</sup> )	Fonte dos dados
1969	102.900.000	CAESB/Geotécnica (Bicalho, 2006)
1978	103.860.000	CAESB/CNEC (Bicalho, 2006)
1988	102.300.000	CAESB/Engerio (Bicalho, 2006)
2002	85.990.000	CAESB/Magna (Bicalho, 2006)
2002	85.159.240	CAESB/Magna re-processado UnB
2011	90.801.986	UnB
2011	89.163.122	UnB re-amostrado

Algumas observações podem ser feitas:

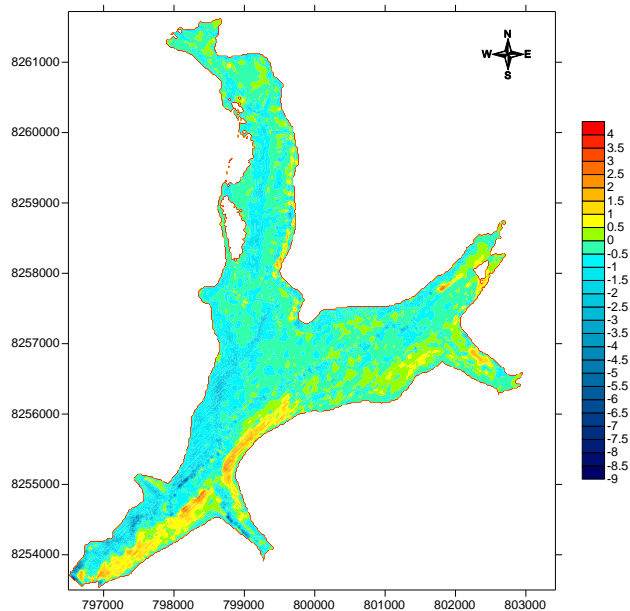
- a variação de volume aparente no período entre 1969 e 1988 parece mínima (600mil m<sup>3</sup>), enquanto entre 1969 e 2002 há uma perda de 16mi m<sup>3</sup>.
- o levantamento de 2011 aponta por um aumento do volume disponível relativamente aos dados de 2002.
- o efeito da dizimação dos dados de 2011 comportou uma diminuição do volume estimado de cerca de 2%.

Se a grande variação no período 1988-2002 pode ser justificada pela aceleração do processo de ocupação do território relativamente ao período 1969-1988, o aumento do volume útil no período entre 2002 e 2011 somente pode ser explicado por possível diferenças no cálculo da área útil e na redução dos dados. As diferentes estimativas de assoreamento são resumidas na tabela 2, junto com a perda média de volume.

**Tabela 2: Volume médio assoreado**

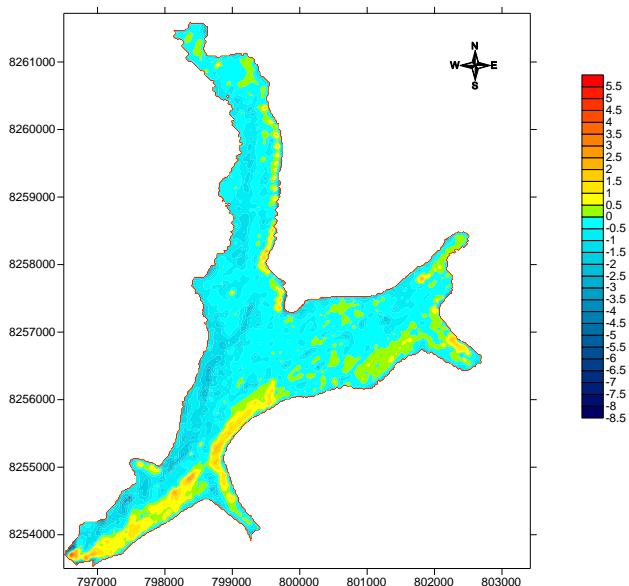
Período	Volume assoreado (m <sup>3</sup> )	Volume médio (m <sup>3</sup> /ano)	Fonte
1969-2002	16.910.000	512.424	CAESB/Geotécnica - CAESB/Magna
1969-2011	12.098.014	288.047	CAESB/Geotécnica - UnB
1969-2002	1.700.000	55.515	Bicalho

É importante ressaltar que há uma ordem de magnitude de diferença nas taxas anuais de assoreamento determinadas mediante modelos de cálculo baseados em medições hidrossedimentométricas (Bicalho, 2006) relativamente aos levantamentos topobatimétricos de 2002 e 2011. A tendência das estimativas realizadas mediante medições do transporte de sedimentos pelos tributários em subestimar o assoreamento já tinha sido apontado por Córdova e Gonzáles (1997). Para entender melhor as variações entre os levantamentos de 2002 e 2011 foram elaborados os mapas das diferenças apresentados nas figuras 3a e 3b.



**Figura 3a - Diferenças entre os modelos batimétricos de 2002 e 2011.**





**Figura 3b - Diferenças entre os modelos batimétricos de 2002 e 2011 com o modelo 2011 re-amostrado.**

Os mapas mostram que:

- na maioria do Reservatório as profundidades medidas em 2011 excedem as de 2002, e isto pode ser explicado somente com diferente método de redução das cotas;
- os máximos negativos se encontram em correspondência da calha, agora submersa, dos tributários, conforme evidenciado pelas regiões em azul mais escuro próximas ao eixo do reservatório;
- a dizimação dos dados (figura 3b) não comporta alteração qualitativa dos resultados do processamento;
- há uma significativa e coerente acumulação de sedimentos próximo à margem leste do reservatório, que pode ser atribuída ao aporte direto por escoamento superficial.

#### Discussão e Conclusões

Todos os estudos e medidas analisadas neste trabalho evidenciam acumulo de sedimentos no Reservatório do Descoberto, embora com taxas diferentes.

Cabe ressaltar que, de acordo com as figura 3a e 3b, a zona com maior aporte de sedimentos ocorre na margem leste do reservatório, e não necessariamente nas regiões aonde os principais tributários chegam ao reservatório. Esse fenômeno pode ser consequência das altas taxas de uso agrícola nessa região da bacia (figura 1 - Mapa de uso do solo), que tem como característica práticas de manejo e preparo do solo para o plantio. Além disso, em grande parte da margem leste do reservatório não houve preservação da vegetação nativa, com plantios que se estendem até a beira do lago. Essa situação pode gerar contribuição de sedimentos para o reservatório através do escoamento superficial que o atinge diretamente.

Bicalho (2006) mostrou que a partir da comparação dos resultados obtidos pela topobatimetria com os resultados obtidos na avaliação do assoreamento por meio de estudo sedimentométrico naquela data, possivelmente ocorreu uma sub-estimativa por parte do estudo sedimentométrico.

Portanto, torna-se necessário considerar a contribuição de sedimentos para o reservatório diretamente da bacia hidrográfica, por meio de processos de erosão hídrica e escoamento superficial gerado em eventos de precipitação. O escoamento superficial é a fase do ciclo hidrológico mais afetada pela pressão antrópica exercida na bacia e pode ter uma relevante contribuição ao fenômeno do assoreamento.

Valentim 2008 e Nunes 2011 mostram que na bacia predominam formas de uso que protegem pouco o solo, como áreas rurais de uso diversificado e áreas urbanas em processo de consolidação. Essas classes abrangem quase 50% da bacia e influenciam ao aumentarem a exposição do solo à erosão. As taxas estimadas de perdas de solo por erosão laminar têm média anual variando entre 0 e 386,34 t/há por ano (Valentim, 2008).

Esses fatores reforçam a necessidade de preservação da área de proteção permanente nas margens do reservatório, atuando como zona de amortecimento do escoamento superficial e dos materiais carregados por ele.

Por fim, considera-se importante avançar as discussões sobre padronização de métodos de levantamentos topobatimétrico para que os dados possam ser utilizados para análise multitemporal e avaliação do assoreamento, visto que a tecnologia tem progredido constantemente e problemas como a diferença nos métodos de aquisição, escalas de mapeamento, acurácia dos sensores e planejamento de campo sempre serão um desafio, principalmente em análises com dados de antes da criação do reservatório (topográficos) e dos primeiros estudos batimétricos do mesmo.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem o patrocínio da Fundação de Apóio a Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), o apoio logístico da CAESB e do Instituto de Geociências da UnB. A primeira autora agradece o DEG/UnB pela bolsa de permanência. Agradecemos também os alunos do IG/UnB que participaram dos trabalhos de campo: Leonardo Almeida dos Santos, Davi Oliveira Saldanha e Vitto César Miranda de Araújo.

#### Referências

Bicalho, C. C., 2006. Estudo do Transporte de Sedimentos em Suspensão na Bacia do Rio Descoberto. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

CAESB, Magna Engenharia Ltda, 2003 - Estudos de Concepção e de Viabilidade Técnica e Econômica para Elevação da Crista do Vertedouro da Barragem do Rio Descoberto. Levantamentos Topobatimétricos. Volume II – Tomo 01 de 02.

CAESB, CNEC – Consorcio de Engenheiros Consultores S.A., 1985. "Plano de proteção do Lago Descoberto". Relatório Final. Brasília - DF

Cardoso, Edith Rodrigues; Netto, Oscar de Moraes Cordeiro, 2002. Irrigação na Bacia do Lago Descoberto no Distrito Federal: Como avaliar o valor econômico da água. Dissertação de mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos, Departamento de engenharia civil e ambiental – UNB/DF.

Córdova, J.R. e González, M., 1997. Sediment yield estimation in small watersheds based on streamflow and suspended sediment discharge measurements. Soil Technology, Volume 11, pp 57-65

Marins, A. P., et al, 2004. A Influência do Assoreamento na Variação dos Níveis do Reservatório do Vacacaí-Mirim / Santa Maria – RS. Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2004. Santa Maria, Rio Grande do Sul, RS.

Nunes, Juliana Faria. 2011. Classificação e Análise do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Alto Descoberto DF/GO. Dissertação de mestrado, Universidade de Brasília, Brasília - DF, Brasil

Reatto, A., Martins, E.S., Cardoso, E.A., Carvalho Jr., O.A., Guimarães, R., Silva, A.V., Farias, M.F.R. 2003 a. Levantamento de reconhecimento de solos de alta intensidade do Alto Curso do Rio Descoberto, DF/GO, escala 1:100.000. Planaltina-DF, Embrapa-Cerrados, Boletim Técnico 111, 28p

Valentim, E. F. D. 2008. Influência do Cálculo da Área de Contribuição na Estimativa de Erosão Laminar Utilizando a Equação Universal de Perdas de Solo. Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Teza, C. T. V., 2008. Bacia hidrográfica do Alto Descoberto: as influências da ocupação e uso na disponibilidade hídrica para abastecimento público. Dissertação de mestrado, Universidade Católica de Brasília, Brasília, DF.