

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

INSERÇÃO DE UMA MALHA DE PONTOS ENTRE SEÇÕES BATIMÉTRICAS EM RESERVATÓRIOS – ESTUDO DE CASO: RESERVATÓRIO DE IBITINGA

Artur José Soares Matos¹; Marcus Vinícius Estigoni² & Frederico Fábio Mauad³

RESUMO – Um importante elemento a ser considerado em uma bacia hidrográfica para um bom gerenciamento dos recursos hídricos são os reservatórios de água e, por conseguinte a sua curva cota-área-volume (CAV). Com o objetivo de gerar a curva CAV, este estudo apresenta o método IMP e a ferramenta computacional CAV-NH. O método IMP foi aplicado ao reservatório de Ibitinga-SP/Brasil, como estudo de caso, comparando-se diferentes espaçamentos entre as seções de levantamento. As análises indicam que o procedimento adotado prove uma modelagem mais condizente com o relevo do terreno de fundo, obtendo-se uma maior acurácia, possibilitando a diminuição do trabalho de coleta de dados em campo sem prejudicar o cálculo do volume do reservatório. A ferramenta computacional desenvolvida também foi capaz de aumentar a velocidade na obtenção dos resultados finais.

ABSTRACT – An important element to be considered in a watershed for good management of water resources are reservoirs of water and hence their quota curve-area-volume (CAV). In order to generate the curve CAV, this study presents the method IMP and computational tool CAV-NH. The method was applied to reservoir Ibitinga-SP/Brazil, as a case study, comparing different distances between the survey sections. Analyzes indicate that the procedure provides a model more suited to the reservoir bottom topography, resulting in greater accuracy, allowing reductions in a fieldwork data acquisition without affect the calculus of the volume of the reservoir. The computational tool developed also was able to increase the speed to obtain the final results.

Palavras-Chave – Batimetria, reservatórios, cota-área-volume.

1) CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Belo Horizonte, MG – Brasil, & Núcleo de Hidrometria - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – Universidade de São Paulo (NH/CHREA/EESC/USP) – São Carlos, SP-Brasil, (31) 3878- 0376, artur.matos@cprm.gov.br

2) Núcleo de Hidrometria - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – Universidade de São Paulo (NH/CHREA/EESC/USP) – São Carlos, SP-Brasil, (16) 3373-8255, mv.estigoni@gmail.com

3) Núcleo de Hidrometria - Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada – Universidade de São Paulo (NH/CHREA/EESC/USP) – São Carlos, SP-Brasil, (16) 3373-8255, mauadffm@sc.usp.br

1. INTRODUÇÃO

A água doce é um dos recursos minerais mais preciosos em nosso planeta, por muitos anos seu uso foi feito como sendo um bem ilimitado e renovável, porém esta mentalidade já foi substituída conforme a percepção de que a poluição dos corpos hídricos, o mau gerenciamento e a crescente demanda causada pelo aumento e concentração populacional em grandes centros causa a escassez deste bem.

Fatores como o clima, topografia, pedologia, cobertura e uso do solo que regem a disponibilidade hídrica espacialmente e temporalmente. Ao alterar algum destes fatores, o homem, conseqüentemente, altera o equilíbrio do ciclo hidrológico. Quando esta alteração excede o limite da resiliência do meio tem-se a diminuição da disponibilidade do recurso, que quando associado a uma demanda superior a capacidade geram situações de escassez hídrica.

No que tange ao gerenciamento de recursos hídricos um importante elemento a ser considerado são os reservatórios. Atuam, na bacia hidrográfica, reservando água da estação chuvosa para ser utilizada em estações onde a chuva é menos pronunciada, proporcionando uma melhor distribuição ao longo do tempo.

Tanto o plano nacional como os planos estaduais de recursos hídricos preconizam o uso múltiplo da água, neste contexto estão inseridos os reservatórios. Dentre seus principais usos podemos destacar a geração de energia elétrica, abastecimento urbano, industrial, irrigação, controle de cheias, aquicultura, pesca, recreação e lazer, dentre outros.

Segundo Miller Jr (2008) os 14% do escoamento mundial é capturado e armazenado pelas 45 mil maiores represas do mundo. O Brasil possui um total 23.036 espelhos d'água com área superior a 20 hectares, destes 6928 são artificiais (Carvalho *et al*, 2009). Segundo Bermann (2007) mais 34.000km² de espelhos d'água correspondem a reservatórios destinados a produção de energia.

A capacidade ou volume de reservação é um dado base para a gestão de um reservatório. Geralmente os dados de volume são expressos por uma curva que relaciona a cota (profundidade relacionada e um marco de altitude conhecida em relação ao nível do mar), a área do espelho d'água e o volume a ela associados, chamadas de curvas Cota-Área-Volume (CAV). Propiciando por meio de uma simples leitura de nível das águas do reservatório, se verificar a área de seu espelho d'água e o volume que este possui no exato momento, fornecendo subsídio para se determinar vazões a serem utilizadas em seus diversos usos, a abertura ou fechamento de comportas, etc.

Esta intervenção humana transforma ambientes lóticos em ambientes lênticos, conseqüentemente o que se observa é que o fluxo de água que chega ao reservatório perde energia cinética e ganha energia potencial, num processo onde a velocidade diminui gradualmente. Com a diminuição de velocidade, materiais em suspensão que antes eram carregados pelo fluxo começam a

se depositar, primeiro os materiais maiores e mais pesados, e posteriormente os mais finos e leves. Estes materiais são provenientes de processo erosivos, naturais e/ou antrópicos, que ocorrem dentro da sua bacia de contribuição.

Os reservatórios atuam como verdadeiros filtros de sedimentos e iniciam assim o seu processo de assoreamento. Com o passar do tempo, o acúmulo de sedimento muda o seu relevo de fundo e este não mais condiz o levantamento realizado na fase de pré-enchimento, podendo vir a gerar problemas na gestão do reservatório, de modo que a curva CAV deve ser revista e atualizada frequentemente.

No caso do uso para geração de energia elétrica, o armazenamento de água pode ser considerado como um armazenamento de energia. Considerando que nossa matriz energética é majoritariamente hidráulica, 70,10% da potência fiscalizada (ANEEL, 2012). Segundo o último Plano Decenal de Expansão de Energia (MME/EPE, 2010) que analisou a expansão de 2010 à 2019, estão previstas (para o período citado) a entrada em operação (empreendimentos já licenciados e a licenciar) um total de 37 Usinas Hidrelétricas $\geq$ UHE, correspondendo a potência de 33.384 MW instalados, e de 2.923 MW para Pequenas Centrais Hidrelétricas $\geq$ PCH (não foram estimados a quantidade de reservatórios que serão construídos, somente a potência), evidenciando um grande acréscimo nos próximos anos da quantidade de reservatórios no país.

Baseado na matriz energética brasileira e sua previsão de expansão priorizando a baixa emissão de carbono por meio de geração hidrelétrica (Yapp, 2011; Carvalho Neto, 2012), estudos de assoreamento de reservatório são de suma importância para o país, sendo fundamentais para o planejamento energético nacional, além de serem de interesse das empresas concessionárias. Porém a realização de estudos batimétricos é relativamente custosa, de modo que o desenvolvimento de técnicas que possam minimizar o trabalho em campo e agilizar o processamento de dados se mostram muito interessantes.

2. OBJETIVOS

O trabalho apresenta o desenvolvimento de um método para melhorar qualitativamente o cálculo da curva cota-área-volume em levantamentos batimétricos em reservatórios, mostrando o estudo de caso do reservatório de Ibitinga (SP). Especificamente, foi desenvolvida uma rotina para a geração de curvas CAV e posteriormente uma ferramenta computacional, visando a diminuição no tempo de processamento dos dados.

3. ASSOREAMENTO DE RESERVATÓRIOS

Os reservatórios são utilizados pelos povos há milhares de anos e com o passar do tempo suas funções e usos sofreram significativas alterações. Na sua origem serviam geralmente para o atendimento local das necessidades urbanas e rurais. Porém atualmente os reservatórios são projetados e construídos para diversas finalidades (usos múltiplos), como abastecimento, irrigação, navegação e geração de energia, entre outros, principalmente devido ao aumento de suas dimensões (motivado pelos avanços tecnológicos e aplicação de materiais mais resistentes) e técnicas de projeto mais desenvolvidas (Sternberg, 2006).

O fluxo de sedimentos que chega a um reservatório é originado na área de drenagem a montante e é transportada até o reservatório através dos corpos d'água principais e, em menor quantidade, através de fluxo superficial a partir de áreas adjacentes ao reservatório (ICOLD, 1989).

A erosão torna-se acelerada principalmente nas vertentes mais íngremes, onde a vegetação é rala ou inexistente, com solos arenosos e quando são aplicadas técnicas agrícolas inadequadas às condições dos terrenos (Emmerich & Marcondes, 1975).

Todos os cursos d'água naturais apresentam a propriedade de carrear sedimentos e o volume deste material depende da região drenada pelo curso d'água. O material transportado, partículas de rochas, solos e de matéria orgânica, caracterizam o tipo dos sedimentos do curso d'água (Branco *et. al*, 1977).

A deposição de sedimentos em reservatórios é um processo complexo que apresenta inúmeros fatores de influência, como o tamanho e a forma do reservatório; a razão entre a capacidade do reservatório e o tamanho da bacia; a razão entre a capacidade do reservatório e o deflúvio afluente; a topografia da bacia, uso da terra e cobertura vegetal; bem como a declividade e densidade da rede de canais; e características físicas e químicas do sedimento afluente (Dendy, 1968).

Todo reservatório, independente da sua finalidade e característica de operação, está fadado ao processo de assoreamento. Segundo Carvalho (1994), o assoreamento gradual do reservatório, pode vir a impedir a operação do aproveitamento. No caso de usinas hidrelétricas, isso ocorre quando o sedimento depositado alcança a cota da tomada d'água. Portanto, seja o reservatório para fins de geração de energia, de irrigação, de abastecimento ou de outros usos, o conhecimento da vida útil desse empreendimento dependerá diretamente do fluxo de sedimentos no curso d'água (Lima *et. al*, 2003).

Assim, o assoreamento do reservatório é responsável pela redução do volume disponível e dependendo da sua localização pode afetar a operação do mesmo, reduzindo, por exemplo, a vazão regularizada, principalmente em períodos de estiagens. Em centrais hidrelétricas, com a diminuição

da capacidade de armazenamento do reservatório há perdas energéticas e, conseqüentemente, financeiras. Já em outros projetos hidráulicos, além das perdas financeiras, pode haver também problemas que afetam a saúde pública, produção agrícola e navegação, pode ocasionar problemas de manobras de operação nas estruturas hidráulicas, como a tomada d'água, válvulas de descarga, comportas, dentre outros e também pode gerar gastos com dragagem de sedimentos (Miranda *et al*, 2009; ANA, 2009; Maia & Villela, 2009).

Na esfera ambiental, o carreamento de sedimentos forma uma porção significativa da carga de nutrientes e poluentes aos reservatórios, podendo acarretar na eutrofização, carga interna de metais, e conseqüente inviabilização de outros usos do corpo d'água (i.e. recreação, abastecimento de água, navegação). Num outro ponto de vista, devido à sua capacidade de reter sedimentos, reservatórios são apontados como um dos principais sumidouros de carbono, responsáveis por taxas de enterro de carbono similares ou superiores aos oceanos (Dean & Gorhan 1998; Cole *et al*, 2007; Tranvik *et al*, 2009).

Como exemplos pode-se citar a UHE Mascarenhas no município de Baixo Guandu - ES que passa por constantes dragagens (Carvalho, 1999), a PCH Casca I que encontra-se atualmente desativada, as UHEs Casca II e Casca III, as três localizadas no norte do Mato Grosso, que encontram-se com sua geração comprometida em função da alta concentração de sedimentos em seus reservatórios (Ribeiro & Salomão, 2001) e também casos que o aproveitamento teve que ser interrompido como UHE Melissa em Nova Aurora - PR (KS Construtora Galvan, 2000) e o reservatório da captação de água do município de Jundiaí - SP (DAE Jundiaí, 2008) os quais utilizaram tratores e caminhões para remoção do sedimento. Deve-se destacar também os eventuais problemas ambientais da disposição deste material dragado, que geralmente apresenta padrões elevados de contaminantes.

4. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO

Batimetria nada mais é do que um estudo topográfico subaquático e possui diversas finalidades, como fornecimento de dados para: construção de obras civis, como pontes, canais, etc., manutenção de hidrovias e portos, monitoramento da garantia do calado das embarcações; dragagens; e gestão de reservatórios.

Consiste em levantar dados referenciados ou georreferenciados da profundidade ou cota da superfície do fundo do reservatório, sendo levantados quantos dados forem necessários para que através de técnicas de modelagem 3D possa ser determinado seu relevo de fundo e o volume que este possui.

Podem ser realizados pelo levantamento da área e geometria do espelho d'água do reservatório em diferentes níveis, aplicável somente à reservatórios com altas taxas de variação de nível ou aqueles que são ocasionalmente deplecionados ou esvaziados, ou pelo levantamento de linhas topobatimétricas, amostragem de uma malha de dados de profundidade por todo o corpo do reservatório, geralmente em seções transversais ao corpo hídrico, por meio de ecobatímetros para determinação da profundidade e de equipamentos GNSS (*Global Navigation Satellite System*) para determinação do posicionamento horizontal.

O levantamento de linhas topobatimétricas é comumente visto como o único método para realização deste tipo de estudo devido ao relativo baixo custo tanto em campo quanto na análise dos dados (Blanton, 1982 *apud* Ferrari & Collins, 2006).

5. MATERIAIS

O reservatório da Usina Hidroelétrica de Ibitinga está localizado entre os municípios de Ibitinga-SP e Iacanga-SP, no rio Tietê, Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré (UGRHI 13) e sub-bacia do rio Tietê/rio Claro (Figura 1), estando situado a montante da UHE de Promissão e a jusante da UHE de Barri.

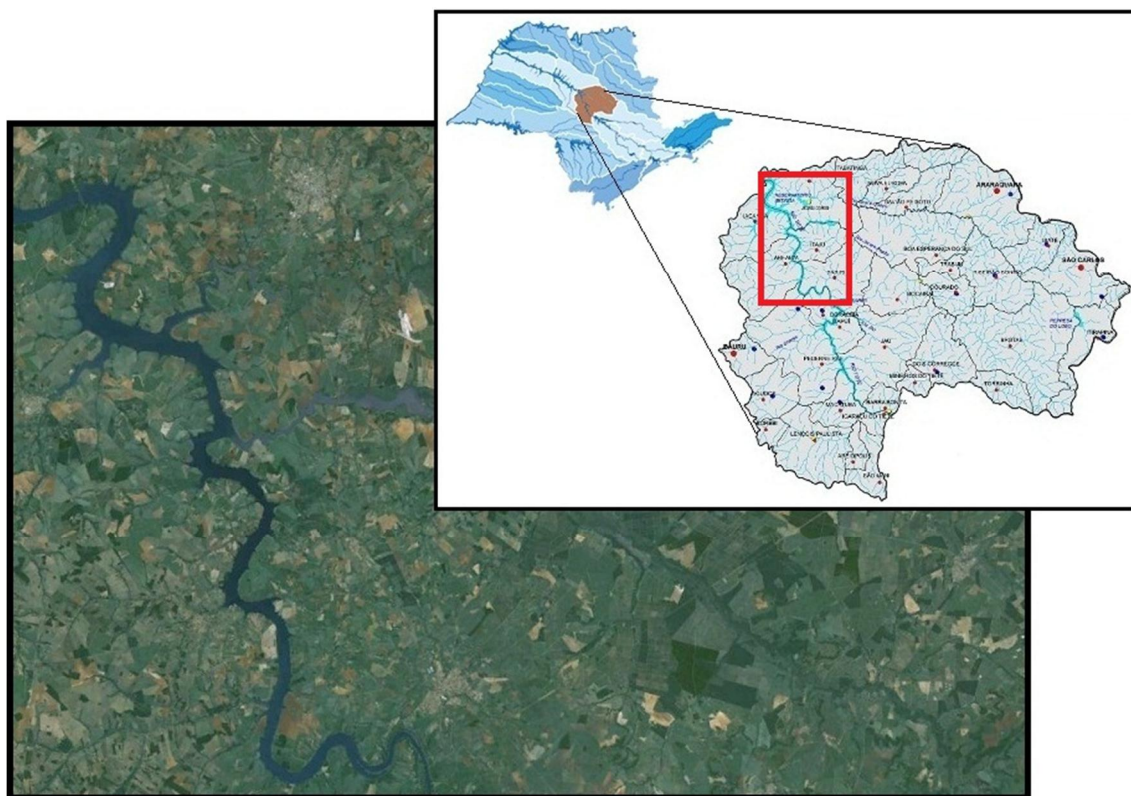


Figura 1 - Localização do reservatório de Ibitinga

De acordo com o COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TIETÊ/JACARÉ (2000) a UHE Ibitinga teve suas obras concluídas em 1969, com a instalação de três turbinas com potência total de 132

MW. Possui uma eclusa para navegação, com largura útil de 12 m, comprimento de 142,5 m e calado de 3,5 m, que está em funcionamento desde 1986 e um reservatório de cerca de 114km² de espelho d'água.

O levantamento batimétrico do reservatório foi realizado pelo Núcleo de Hidrometria CRHEA/EESC/USP entre os meses de agosto e setembro de 2004, totalizando seis dias de coleta de dados em campo e 309 seções levantadas. Para tal, foi utilizada uma sonda ADP de 1500 kHz da marca *Sontek Inc.*, um receptor GPS *Leica Geosystems* modelo *GS20 Professional Data Mapper* operando com o sistema de correção diferencial via satélite *Landstar Racal*, e o software *River Surveyor* para a obtenção e processamento dos dados.

Esta batimetria foi adaptada para este estudo e foram considerados somente o corpo principal do reservatório e as seções transversais levantadas de 500 em 500 metros. Com este distanciamento dos transectos gerou-se novas batimetrias com diferentes distanciamentos: duas de 1000 em 1000 metros e três de 1500 em 1500 metros (Figura 2)

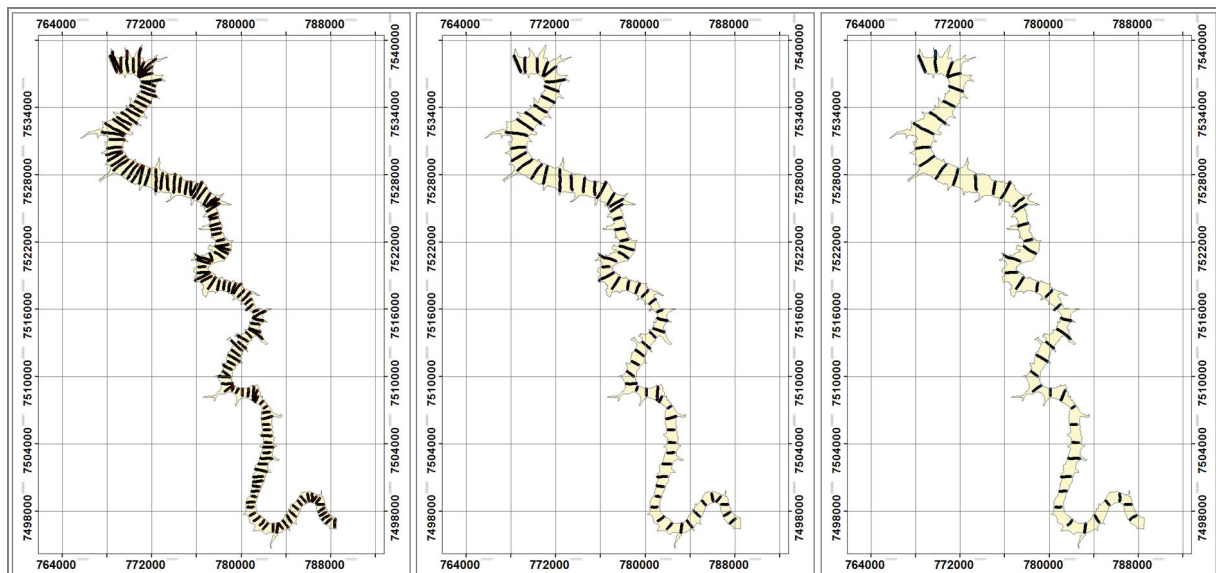


Figura 2 – Diferentes espaçamentos entre os transectos para o reservatório de Ibatinga (adaptado), de 500m em 500m (à esquerda), 1000m em 1000m (ao centro), 1500m em 1500m (à direita).

O software Arcgis 10 foi utilizado para o cálculo da curva CAV (Cota-Área-Volume), utilizando a extensão *3D Analyst*, para a geração do *TIN* e para os cálculos da área e do volume. O *TIN* foi gerado por meio das ferramentas *Create TIN* e *Edit TIN* com os pontos da batimetria (*mass point*) e com a borda do reservatório (*soft clip*) e posteriormente foi calculado o volume e a área abaixo (*below*), dado um limite superior utilizando a ferramenta *Surface Volume*.

6. MÉTODOS

O método IMP é um procedimento que foi desenvolvido para melhorar o processo de geração do MDT (modelo digital de terreno), gerando com mais qualidade o produto Cota-Área-Volume. O procedimento insere uma malha de pontos, baseados na batimetria original, e após uma série de processos, minimizando os erros provenientes da triangulação (*TIN-Triangulated Irregular Network*). A Figura 3 ilustra os efeitos da triangulação dos dados do levantamento com a borda do reservatório, esses triângulos gerados geram grandes faces planas e descontinuidades, que não traduzem a topografia do terreno. Este efeito aumenta com o distanciamento entre as seções e causa erros no cálculo do volume do reservatório. Na Figura 3-D o *TIN* foi gerado após a aplicação da rotina proposta inserindo-se uma malha de pontos com distanciamento de 5 em 5 metros.

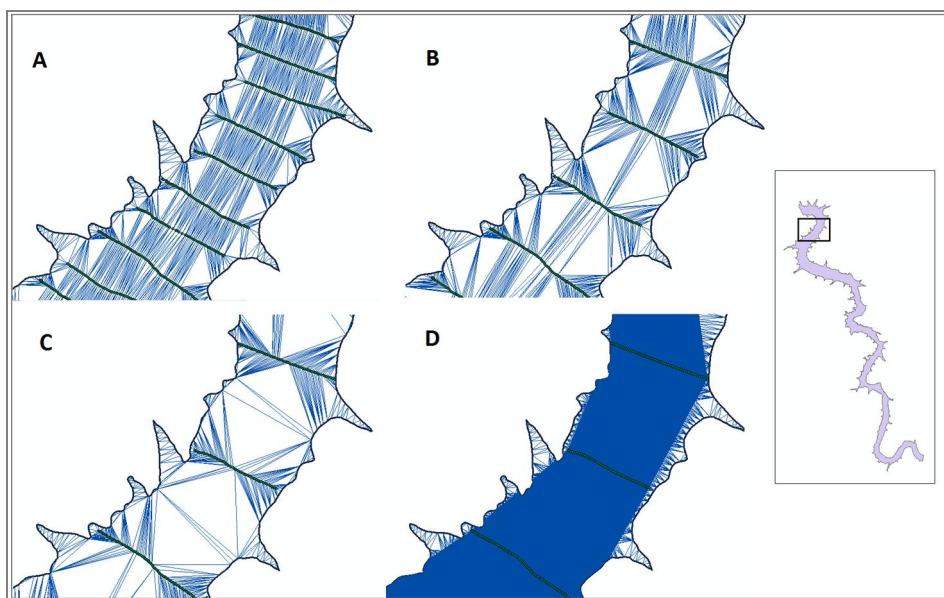


Figura 3 - TIN para diferentes distanciamentos entre os transectos para o reservatório de Ibitinga-SP. A) Distanciamento de 500 metros. B) Distanciamento de 1000 metros. C) Distanciamento de 1500 metros. D) Distanciamento de 1500 metros com a inserção de pontos.

A rotina de tratamento dos dados proposta foi automatizada e implementada na forma de uma ferramenta computacional chamada CAV-NH, utilizando a linguagem Python e algumas bibliotecas do Arcgis 10. Nesta ferramenta é necessário que o usuário informe a cota inferior e superior do reservatório e o intervalo de cálculo da curva CAV. O software processa os dados sem a necessidade do Arcgis 10 estar aberto, mas é necessário que este esteja instalado no computador e com as licenças das ferramentas *Data Management*, *Conversion Tools*, *3D Analyst* e do *Spatial Analyst* habilitadas e válidas. Ao final do processo é gerado um arquivo texto com os dados da curva Cota-Área-Volume do reservatório.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a verificação de sua eficácia, este método foi aplicado no corpo principal do reservatório de Ibitinga com diferentes distanciamentos entre seções.

A Figura 4 mostra parte do reservatório de Ibitinga, com o distanciamento das seções de 500m em 500m, onde foram gerados os MDTs sem a inserção da malha de pontos internos (à esquerda) e com a malha (à direita). Pode-se notar já nesta figura que ao simplesmente gerar um MDT por *TIN* sem as correções propostas, algumas regiões próximas as margens e entre os transectos, representam uma região de topografia plana correspondente a cota superior reservatório.

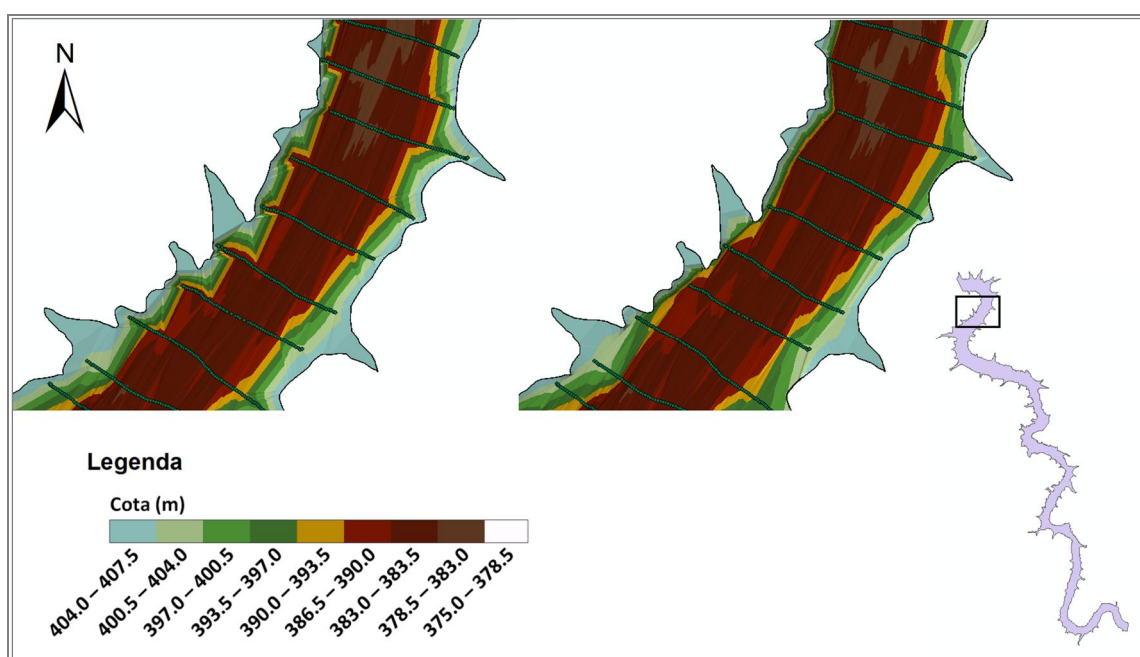


Figura 4 - Detalhes dos MDTs gerados para o reservatório de Ibatinga com espaçamento entre os transectos 500m em 500m, sem a malha de dados auxiliares (à esquerda) e após as correções propostas (à direita).

Nas Figura 5 e Figura 6 são mostrados exemplos de distanciamento de 1000 metros e de 1500 metros respectivamente, onde podemos observar que este efeito da borda se agrava à medida que o distanciamento entre as seções transversais aumenta. No primeiro caso (figura 6 à esquerda) o reservatório já começa a perder a sua forma. E já no distanciamento de 1500 metros podemos ver claramente esta questão, onde as bordas se conectam quando o *TIN* é gerado.

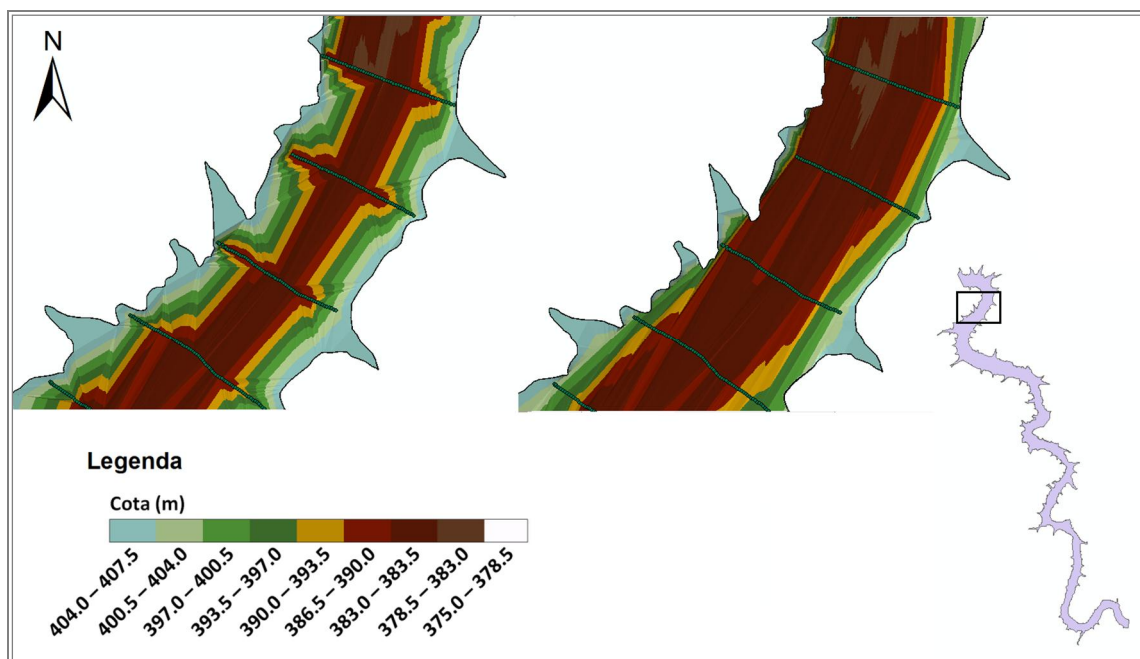


Figura 5 - Detalhes dos MDTs gerados para o reservatório de Ibatinga com espaçamento entre os transectos 1000m em 1000m, sem a malha de dados auxiliares (à esquerda) e após as correções propostas (à direita).

Se compararmos somente as figuras a direita (com a metodologia) pode-se observar que mesmo com o distanciamento entre seções, a topografia do terreno não varia muito e continua com as suas características.

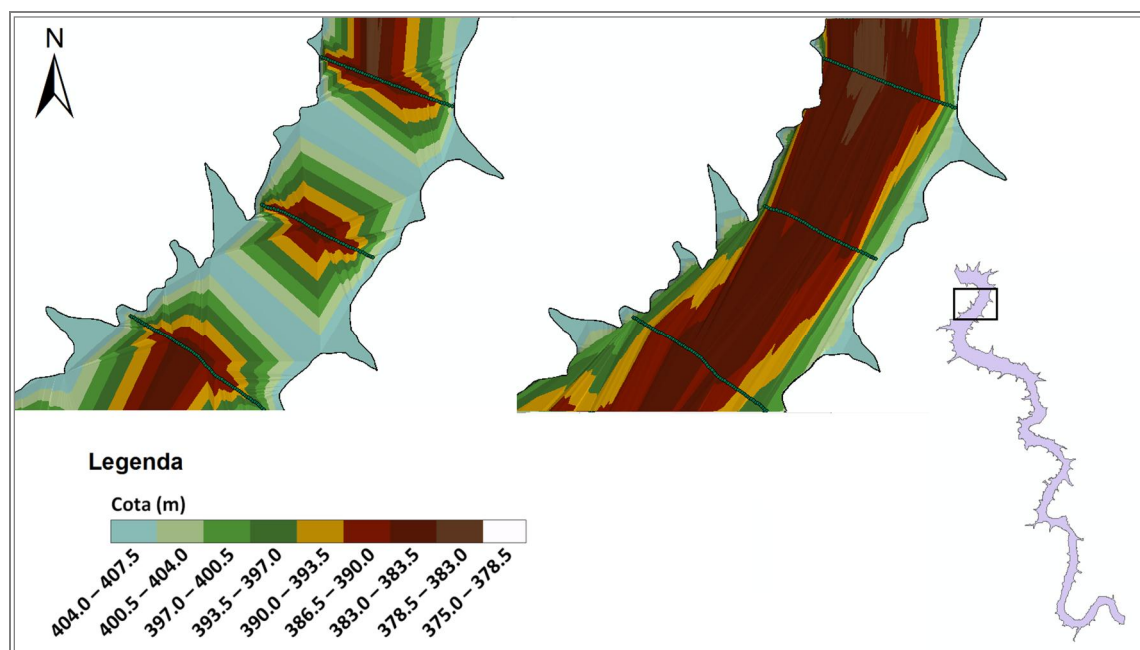


Figura 6 - Detalhes dos MDTs gerados para o reservatório de Ibatinga com espaçamento entre os transectos 1500m em 1500m, sem a malha de dados auxiliares (à esquerda) e após as correções propostas (à direita).

Foram calculadas as diferenças de volumes percentuais para cada caso em relação ao menor distanciamento de transecto (500m). Posteriormente foram comparados os volumes calculados a partir do cálculo do *TIN* sem a malha de pontos e do *TIN* com a malha de pontos. Os resultados são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Variação de volume sem a inserção da malha de pontos (1) e com a inserção da malha de pontos (2) para os diferentes distanciamentos entre os transectos.

Distanciamento entre os transectos (m)	Variação de volume ⁽¹⁾	Variação de volume ⁽²⁾
500 (referência)	0	0
1000 (Caso 1)	20,40%	3,48%
1000 (Caso 2)	20,86%	1,66%
1500 (Caso 1)	41,79%	6,14%
1500 (Caso 2)	41,86%	3,05%
1500 (Caso 3)	45,55%	6,60%

A variação chegou a 45,55% com o distanciamento de 1500 metros em relação ao cálculo do volume sem a inserção da malha pontos e a 6,60% quando se aplicado o método proposto.

8. CONCLUSÕES

Pode-se observar que a simples utilização da modelagem de terreno tipo *TIN* apresenta dificuldades ao representar o relevo do terreno, principalmente nas regiões próximas as margens. O processo de elaboração de um *TIN* pode ser definido de maneira simplificada como a interpolação linear entre os dados de maior proximidade formando superfícies triangulares. A elaboração do *TIN* em regiões com ausência de dados dispostos de maneira adequada proporciona a interpolação do contorno do reservatório entre si, gerando superfícies planas de cota correspondente a cota limite utilizada na modelação.

Como esperado, quanto maior o espaçamento entre seções maior foi o erro associado ao cálculo do volume. Para espaçamento de 1500m foi observado um desvio de até 45,55%, já para espaçamentos de 1000m o pior caso apresentou desvio de 20,86%.

Podemos destacar que a utilização do método proposto apresenta significativa melhora na qualidade dos resultados do cálculo do volume gerado para os diferentes distanciamentos de seções transversais. Proporcionando que quantidade de dados possa ser reduzida sem que seja comprometido o resultado final do levantamento, o que representa diminuição em custo e em tempo de levantamento de dados em campo.

Acredita-se também que o método aqui proposto pode ser aplicado em outros reservatórios, apresentando melhoria no cálculo do volume semelhante ao estudo de caso.

A ferramenta computacional desenvolvida tornou mais fácil e ágil o processo de geração da curva cota-área-volume, diminuindo consideravelmente o tempo de processamento dos dados.

Ante ao exposto acredita-se que esta pesquisa possa vir a contribuir significativamente para os estudos realizados pelas concessionárias de energia e pelos órgãos competentes na atualização das curvas CAV de reservatórios.

Este procedimento continuará sendo estudado e será aplicado posteriormente em outros reservatórios para que a metodologia possa ser validada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil - CPRM, ao Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq, à Fundação Para o incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial - FIPAI e à Escola de Engenharia de São Carlos - EESC / USP.

BIBLIOGRAFIA

a) Livro

Branco, S.M.; Rocha, A. A. (1977), *Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas*, Editora Edgard Blucher/CETESB, São Paulo.
Carvalho, N.O. (1994). *Hidrossedimentologia Prática*, CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais. Rio de Janeiro-RJ.
Miller Jr., G. T. (2008) *Ciência ambiental*. São Paulo: Thomson learning.

b) Capítulo de livro

Ferrari, R.; Collins, K. (2006), *Reservoir Survey and Data Analysis*, In *Erosion and Sedimentation Manual*, U. S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver - Colorado, USA.

c) Artigo em revista

Bermann, C. (2007), Impasses e controvérsias da hidroeletricidade. *Estudos Avançados* 21(59), 139-153.
Maia, A. G. & Villela, S. M. (2009), Análise do assoreamento do reservatório de Promissão através do modelo RESSASS, *Ambiência* (UNICENTRO), v. 5, p. 247 - 262.
Sternberg, R. (2006), Damming the River: a changing perspective on altering nature, *Journal of Renewable & Sustainable Energy Reviews*, V 10, Issue 3.

d) Artigo em anais de congresso ou simpósio

Carvalho, M. S. B. S.; Martins, E. S. P. R.; Soares, A. M. L. et al (2009), *Levantamento dos espelhos d'água acima de 20ha em todo o território brasileiro através de sensoriamento remoto*, XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. P 1967-1974.
Carvalho, N. O. (1999), *Reservoir Sedimentation Effects on Hydropower Generation - A Case Study*, 28th IAHR Biennial Congress Proceedings, Graz, Austria.
Cole, J.J.; Prairie, Y.T.; Caraco, N.F. et al (2007), Plumbing the Global Carbon Cycle: Integrating Inland Waters into the Terrestrial Carbon Budget. *Ecosystems* 10(1):172-185.

Dean, W.E. & Gorhan, E. (1998), Magnitude and significance of carbon burial in lakes, reservoirs, and peatlands. *Geology*, 26(6): 535-538.

Dendy, F.E. Sedimentation in the nation's reservoirs. *Journal of Soil and Water Conservation*, v.23, Jul./Ago, p. 135-13, 1968.

Lima, J. E. F. W.; Santos, P. M. C.; Carvalho, N. O.; Silva, E. M. (2003), *Fluxo De Sedimentos Em Suspensão Na Bacia Araguaia-Tocantins*, XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba - PR.

Miranda, R. B.; Mauad, F. F.; Matos, A. J. S.; Albertin, L. L. (2009), *A Relevância dos Estudos Sedimentológicos e da Aplicação de Modelos de Rede de Fluxo na Geração de Energia Hidrelétrica*, IX SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Planificación, Proyecto y Operación de Sistemas de Abastecimiento de Agua. Valencia (España), 24-27.

Ribeiro, J. C., Salomão, F. X. T. (2001), *A Morfopedologia aplicada ao Diagnóstico e Prevenção dos processos Erosivos Lineares da bacia hidrográfica do Alto rio da Casca*, VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Goiânia - GO.

Tranvik, L.J.; Downing, J.A.; Cotner, J.B. et al (2009), Lakes and reservoirs as regulators of carbon cycling and climate. *Limnology and Oceanography*. 54(6), part2: 2298-2314.

e) Outros

ANA (2009), *Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos*. Manual do Usuário. 43p.

ANEEL (2012), Banco de Informação de Geração, Disponível em <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp> Consulta realizada em 04/06/2012.

AES Tietê (2012), www.aestiete.com.br/usinas/Paginas/Ibitinga.aspx . Consulta realizada em 13/02/2012.

Carvalho Neto, J. C. (2012), *Eletrobrás President discusses Pal for Energy Investments*, Power Engineering. Vol 116, Num 6 p.70-72. Entrevista concedida à Marla Barnes e Michael Grossman.

Blanton, J. O. (1982), *Procedures for Monitoring Reservoir Sedimentation: Technical Guideline for Bureau of Reclamation*, Denver, Colorado, USA.

DAE Jundiaí (2008), *Dessassoreamento de Represa*. Disponível em: <http://www.jundiai.sp.gov.br/PMJSITE/noticiasPMJv2.nsf/vwHistoricoPorMes/1F4C38C84A283C3B032574D40068E34A?OpenDocument&arquivo=> Consulta realizada em 11/2010

Emmerich, W. & Marcondes, M.A.P. (1975), *Algumas Características do Manejo de Bacias Hidrográficas*. São Paulo. (Boletim técnico IF).

Google Earth-MAPAS. *Programa Google Earth*, 2012 - Consulta realizada em 15/02/2012.

ICOLD - International Commission on Large Dams Bulletin 67 (1989), *Sedimentation control of reservoirs / Maîtrise de l'alluvionnement des*.

KS Construtora Galvan (2010), <http://www.ksconstrutora.com.br> Consulta realizada em 11/2010.

MME/EPE (2010), *Plano Decenal de Expansão de Energia 2019*, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE.

SIGRH - *Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo*. Site: <http://www.sigrh.sp.gov.br> Consulta realizada em 05/01/2012.

Yapp, R. (2011), A view from the TOP: Brazil's Renewable Energy success story, *Renewable World Magazine*, Vol. 14, Num. 5, p. 32-37. PennWell International Publications. Distribuição on line.