

UHE Samuel: delimitação dos limites municipais na área do reservatório

João Batista Barbosa dos Santos¹
Claudio Tavares Viana Teza¹
Habib Sallum²

¹ Universidade Católica de Brasília - UCB
Campus I - QS 07, Lote 01, EPCT, Águas Claras, CEP: 71.966-700, Brasília DF, Brasil
joao.engeamb@gmail.com
Claudio@gmail.com

² Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE
SCN Quadra 06 Conj. A, Blocos B e C, Entrada Norte 2, Asa Norte, CEP: 70.716-901 –
Brasília – DF, Brasil
habib.sallum@eletronorte.gov.br

Abstract. The hydropower plants are included in a category of large engineering enterprise. Mappings are required for its deployment and limitations need the limits of the municipalities affected by reservoirs, because it is from these data that makes the calculation of the Financial Compensation. The present study has as main objective to introduce the discrepancies found in the boundaries of the municipal limits of the reservoir of the Hydroelectric Plant of Samuel-RO, as a result of the use of mappings in different scales, with regard to the data run as ANEEL guidelines and those provided by IBGE. For demonstration, were official data of IBGE overlaid, on a scale of 1: 250,000 on the reservoir map generated with LASER profiling technology, on a scale of 1: 10,000, for analysis of the discrepancies of each municipality areas struck by the reservoir. The mapping was performed during the period of maximum drawdown, to obtain the planimetric representations of existing before to the formation of the reservoir. As the cartographic databases are of different scales, the results showed significant discrepancies arising from the generalization and accuracy of these bases. The technique of LASER Profiling allows obtaining the terrain data with greater speed and precision to generate surveying the planialtimetric with reduced field support compared to traditional photogrammetric mapping processes.

Palavras-chave: cartographic base, hidrographic basin, LIDAR, financial compensation, base cartográfica, bacias hidrográficas, compensação financeira.

1. Introdução

As Usinas Hidrelétricas (UHE) estão inseridas numa categoria de empreendimentos de grande porte, que podem causar grandes modificações no ambiente natural onde estão localizadas. Nesse contexto, para o desenvolvimento dos estudos e execução do projeto, são exigidos levantamentos pormenorizados de sua área de influência, (Brasil, 2007).

As crescentes exigências dos órgãos oficiais para aprovação dos empreendimentos hidrelétricos obrigam os empreendedores a recorrerem a técnicas de obtenção de dados com mais rigor. Entre essas exigências está a precisa delimitação dos limites municipais atingidos pelo reservatório das usinas, para permitir o cálculo de rateio da Compensação Financeira.

Segundo Souza (2009), as principais técnicas para o mapeamento de extensas áreas para implantação de empreendimentos são os levantamentos aerofotogramétricos, os levantamentos topográficos terrestres e a metodologia a LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) aerotransportada, concebida pela tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*), assim como imagens satelitais.

Para a execução do mapeamento da área do reservatório das usinas, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2009) estabeleceu as Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia e Topografia, Relativos a Estudos e Projetos de Aproveitamentos Hidrelétricos, que dentre algumas especificações está o método do Perfilamento a LASER, com altura máxima de voo de 3.000m.

1.1. Sistema de Varredura LASER

O primeiro LASER óptico foi desenvolvido em 1960, porém, para a finalidade de mapeamento teve seu início nos anos 1990. O seu funcionamento basicamente consiste na emissão de um feixe de raios laser direcionado para o solo, instalado a bordo de uma aeronave – avião ou helicóptero. Os instrumentos determinam o tempo gasto pela luz para se deslocar do transmissor laser até o alvo e retornar até o receptor, Jensen (2009).

Ainda, segundo Boland (2004), citado por Jensen, a maioria dos sistemas LIDAR usados para mapeamentos topográficos utilizam a luz laser no infravermelho próximo, na região de 1040 a 1060 nm. O sistema pode emitir pulsos a taxas superiores a 100.000 pulsos por segundo, normalmente denominada de frequência de repetição de pulso. Um pulso de laser desloca-se à velocidade da luz. Então, a medição precisa do tempo percorrido pelo pulso laser desde a emissão até a recepção determina a distância percorrida pelo mesmo.

Por ser um sensor ativo, isto é, emite sua própria fonte de radiação, não necessita da luz solar para sua aplicação, sendo possível executar medições no período noturno. A Figura 1 apresenta esquematicamente o processo.

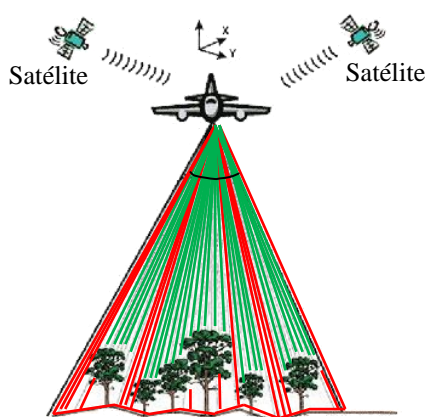


Figura 1. Ilustração do sistema de varredura LASER com pontos de solo em vermelho e de superfícies superiores em verde.

Fonte: www.mundogeo.com, acesso 13 de abril de 2012.

Com os pontos de solo é elaborado o Modelo Digital do Terreno – MDT, ou seja, a representação da superfície topográfica do solo, que pode ser representada por curvas de nível, hipsometria ou outro formato. Já com os pontos de superfície pode ser elaborado o Modelo Digital de Superfície – MDS, representando, por exemplo, a cobertura vegetal de uma área. Pelas diferenças entre o MDT e o MDS, é possível obter-se a altura da vegetação, dentre outras informações importantes.

Na Figura 2 é ilustrada uma imagem em perfil do MDT e MDS, obtidos no momento da varredura laser. Os pontos encontrados ao centro da imagem representam a superfície topográfica do solo, enquanto que a malha de pontos vista acima da superfície topográfica, margem direita e esquerda da imagem, representam, possivelmente, a vegetação local.

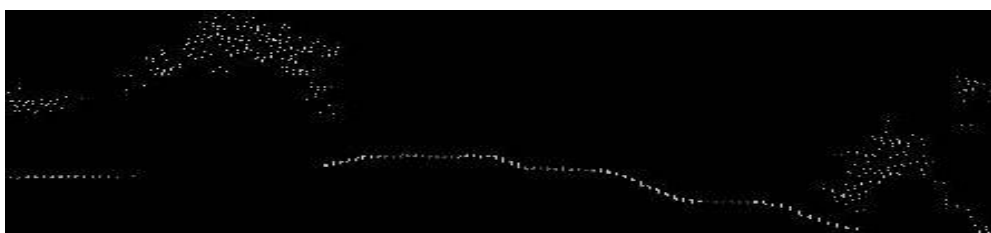


Figura 2. Imagem da representação em perfil do MDT e MDS.

Fonte: www.estereofoto.pt/index.asp, acesso 07 de abril de 2012.

1.2. Objetivos

Geral

Apresentar as discrepâncias encontradas na delimitação dos municípios atingidos pelo reservatório da UHE Samuel, relativamente aos dados do levantamento executado segundo as diretrizes da ANEEL e os dados oficiais fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Específicos

Gerar mapa a partir de dados adquiridos com o procedimento de perfilamento a LASER, da área do reservatório da UHE Samuel - RO;

Fazer a superposição dos limites municipais fornecidos pelo IBGE, na escala de 1:250.000 sobre o mapeamento a laser executado, na escala de 1:10.000;

Avaliar as discrepâncias encontradas, tendo como base os decretos de criação dos municípios.

2. Metodologia de Trabalho

A Usina Hidrelétrica Samuel está localizada no município de Candeias do Jamari, na bacia hidrográfica do rio Jamari, aproximadamente 50 km de Porto Velho, no estado de Rondônia (RO). Entrando em operação no ano de 1989, a UHE Samuel tem as seguintes características:

- Coordenadas: Lat.= 08° 45' 04" S e Long. = 63° 27' 14" W
- Potência instalada de 216 MW
- NA Max Normal: 88.99 m
- Área do Reservatório: 585 km²
- Comprimento do Reservatório: 120 km

A área da represa é irregular e estende-se no sentido norte-sul, conforme apresentado na Figura 3 a seguir:

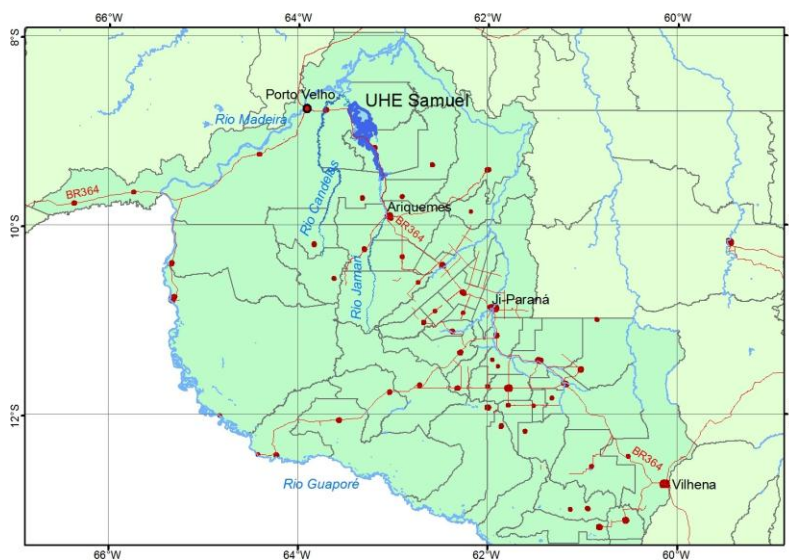


Figura 3. Localização do Reservatório da UHE Samuel - RO.

2.1. Mapeamento por LIDAR

Para obtenção dos elementos cartográficos necessários, o perfilamento a laser do mapeamento foi programado para ser realizado no período em que o reservatório atinge seu máximo deplecionamento, ou seja, quando o reservatório permanece em seus níveis mais

baixos, o que ocorre no período de novembro a dezembro, quando as vazões do rio são historicamente menores.

De acordo com a Nota Técnica da Eletronorte (2011), o mapeamento a laser da UHE Samuel foi executado com as seguintes etapas:

- *Apoio Terrestre*: trabalho realizado no período de outubro de 2010 a junho de 2011, com implantação de marcos e execução das seções topobatimétricas. O transporte de coordenadas foi executado por Rastreamento Geodésico de Satélites GPS e a altimetria por nivelamento geométrico, a partir da rede básica do IBGE;
- *Cobertura LASER*: os trabalhos foram executados no período de novembro a dezembro de 2010. Para a tomada dos dados, foi utilizado o Sensor LASER Aerotransportado ALS 50, marca Leica, juntamente com sistema de referencia inercial (IMU) e receptor GPS, instalados na aeronave BEM 810 Sêneca III. Para o recobrimento da área desejada, utilizou-se dos seguintes parâmetros:
 - ✓ Ângulo de abertura: 24°
 - ✓ Altura de voo: 2000 metros
 - ✓ Largura da faixa: 850,20 metros
 - ✓ Superposição lateral: 30%
 - ✓ Direção do voo: variável
 - ✓ Densidade média de pontos: 1,81/m²

Em decorrência do período de execução da varredura laser coincidir com período de nuvens densas e chuvas constantes, não foi possível a execução da área total por tecnologia LIDAR. Assim, uma área de 653 ha, o que corresponde 0,96% da área total foi levantada por topografia. Também a obtenção de fotografias aéreas não foi possível pelos mesmos problemas.

Produtos Gerados

Com os pontos editados, foram gerados os modelos digitais do terreno (MDT) e de superfície (MDS), a partir do qual foram extraídas as curvas de níveis referentes às elevações com equidistância de 5 metros, incluindo a delimitação do reservatório.

Com os dados do perfilamento foi gerado um Mapa Hipsométrico de Composição, na escala de 1:10.000, com as elevações variando de 81 a 106 metros de altitude, demonstrando que a região é predominantemente plana, conforme apresentado na Figura 4 a seguir.

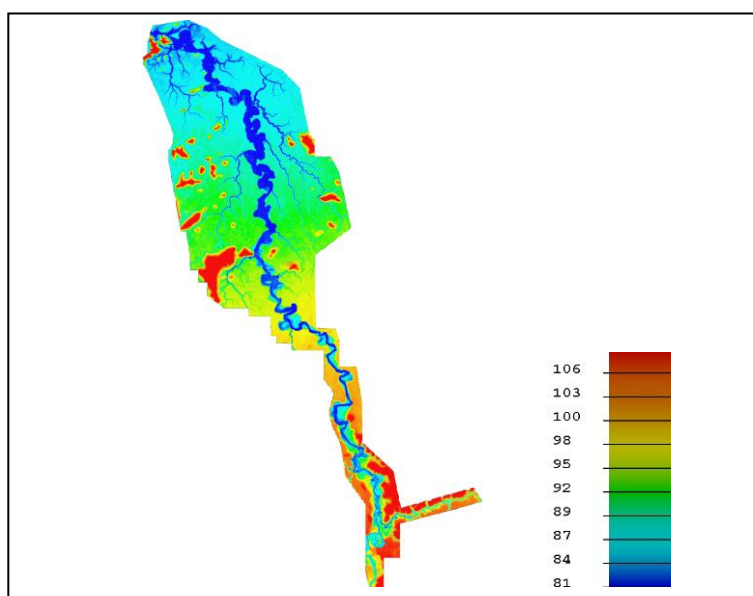


Figura 4. Mapa Hipsométrico de Composição, da UHE Samuel - RO.

- **Dados**

Os dados utilizados para elaboração do presente estudo foram:

- ✓ Dados laser da área do reservatório da UHE Samuel – RO, gerados e cedidos pela Eletronorte;
- ✓ Shapefile contendo a malha municipal do estado de Rondônia, do ano de 2010, fornecido pelo IBGE;
- ✓ Nota Técnica de Mapeamento do Reservatório por Perfilamento a LASER da UHE Samuel – RO, elaborado pela Eletronorte;
- ✓ Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia e Topografia, Relativos a Estudos e Projetos de Aproveitamentos Hidrelétricos – ANEEL;
- ✓ Lei de criação dos municípios de Alto Paraíso, Candeias do Jamari, Cujubim e Itapuã do Oeste, atingidos pelo reservatório;
- ✓ Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, que institui, para os Estados, Distrito Federal e Municípios, compensação financeira de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica;
- ✓ Resolução da Aneel nº 87, de 22 de março de 2001, que divulga os percentuais das áreas inundadas por reservatórios associados a empreendimentos de geração de energia elétrica, etc.

Para o atendimento da resolução da Aneel, para o cálculo da Compensação Financeira, a malha digital dos municípios do estado de Rondônia, edição de 2010, foi então georreferenciada no mapeamento do reservatório, na escala de 1:10.000.

3. Resultados e Discussão

Como as bases cartográficas do mapeamento a laser executado e a utilizada pelo IBGE para a elaboração da malha municipal são de escalas diferentes, na proporção de 25 vezes, o resultado apresentou discrepâncias significativas, decorrente da generalização e precisão das referidas bases. Estas discrepâncias poderiam levar a questionamentos sobre o rateio dos valores da compensação financeira, por parte de municípios que alegariam perdas.

A Figura 5 a seguir apresenta os municípios atingidos pelo reservatório da UHE Samuel.

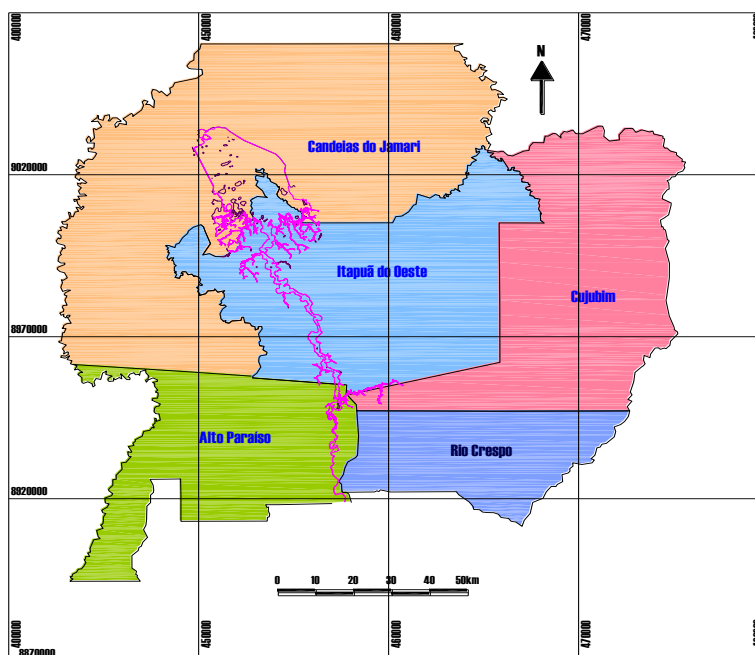


Figura 5. Municípios Atingidos pelo Reservatório da UHE Samuel

A Figura 6 abaixo demonstra as discrepâncias encontradas.

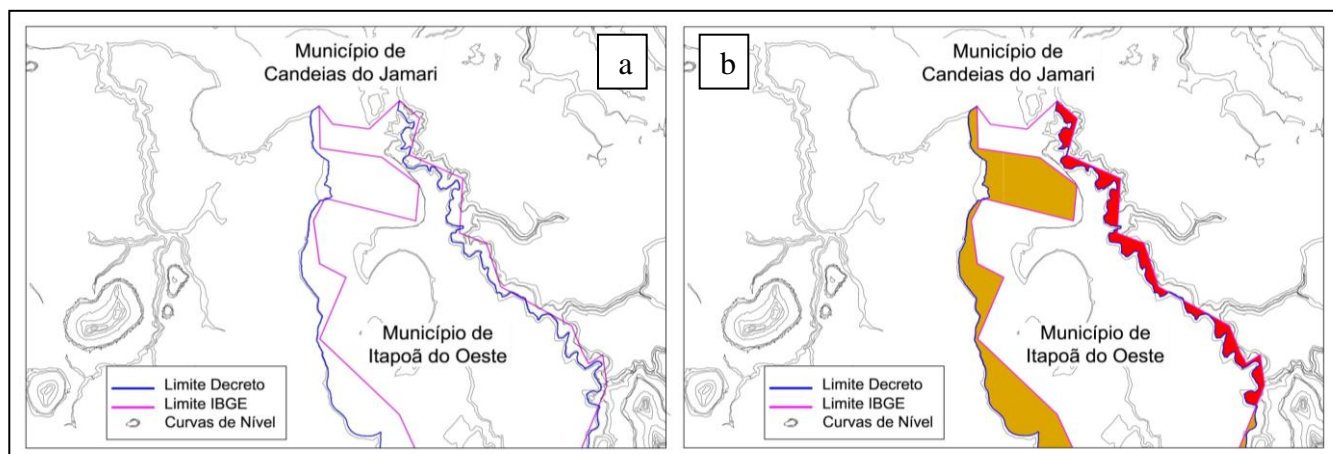


Figura 6. Discrepâncias entre limites municipais do IBGE e mapeamento a LASER.

Como pode ser observado, existem discrepâncias significativas entre os limites fornecidos pelo IBGE e os limites observados no mapeamento a LASER. Para dirimir o problema, a Aneel autorizou o seu correto posicionamento, tendo como base os dados dos limites constantes nas leis de criação dos municípios, georreferenciados sobre o mapeamento executado, mais preciso.

Como exemplo, a Figura 6 ‘b’ acima apresenta, na cor amarela, a área que o Município de Candéias do Jamari teria acrescida (5,1 km²), e em vermelho a que seria subtraída (1,6 km²) em função das divergências entre as bases cartográficas, apenas na região considerada.

Ao final, foi elaborada a tabela a seguir, com os percentuais das áreas alagadas de cada município, em relação à área total do espelho do reservatório.

Tabela 1. Percentual de área alagada por município, pelo reservatório da HUE Samuel.

Concessionário: Centrais Elétricas do Norte do Brasil S. A. – Eletrobrás/Eletronorte		
Reservatório: UHE Samuel		
Município	UF	Área (%)
Cujubim	RO	0,2982
Alto Paraíso	RO	3,4712
Itapoã do Oeste	RO	33,8865
Candéias do Jamari	RO	62,3441
Total		100,00

4. Conclusões

A compatibilização de bases cartográficas com escalas muito díspares entre si pode acarretar erros significativos. A redução de uma base cartográfica é normalmente aceita, pois a precisão não se deteriora. Porém o inverso não é verdade. Um mapa produzido na escala de 1:250.000, quando ampliado para a escala de 1:10.000, terá sempre a precisão da escala original, não sendo possível a obtenção da mesma precisão que requer um mapa na escala 1:10.000.

Frequentemente são utilizadas como referências nas delimitações municipais estradas, edificações, pequenas drenagens, etc., o que dificulta sua localização, caso alguns desses elementos não forem mais encontrados.

A utilização de tecnologias modernas, na elaboração das leis de criação dos municípios, tais como GPS, bases cartográficas de grandes escalas, imagens de satélites de alta resolução, etc., com a inclusão das coordenadas geográficas dos elementos componentes dos limites, tornaria muito mais eficaz o georreferenciamento em qualquer base cartográfica, dispensando inclusive a necessidade de utilização da malha municipal do IBGE.

O mapeamento foi executado no período de máximo deplecionamento do reservatório, para que fosse possível obter-se as representações planimétricas mais próximas das existentes antes da formação do reservatório.

A técnica de Perfilamento a LASER permite a obtenção dos dados do terreno com maior rapidez e precisão para geração de levantamentos topográficos planialtimétricos, com reduzido apoio de campo, se comparado aos processos tradicionais para mapeamento fotogramétrico.

A escala utilizada pelo IBGE também é um fator importante, pois não apresenta os detalhes necessários para a precisa delimitação dos municípios para a finalidade de Compensação Financeira, tendo em vista a utilização de bases cartográficas na escala de 1:250.000.

Os resultados obtidos neste trabalho foram muitos satisfatórios, pois atenderam aos objetivos propostos.

Agradecimentos

A Universidade Católica de Brasília e seu corpo docente que juntos me deram a oportunidade de fazer o curso de Engenharia Ambiental.

Ao meu orientador Clausio Tavares Viana Teza, pela oportunidade e apoio.

Ao Engenheiro Cartógrafo e meu coorientador Habib Sallum com sua ampla experiência, pelo suporte, correções e incentivos.

A Eletrobrás/Eletronorte pelo apoio tanto no período de estágio quanto pela autorização do uso dos dados LASER da UHE Samuel.

A todos que de alguma forma me proporcionaram o mérito.

Referências Bibliográficas

Agencia Nacional de Energia Elétrica, ANEEL. Diretrizes para Elaboração de Serviços de Cartografia e Topografia, Relativos a Estudos e Projetos de Aproveitamentos Hidrelétricos. 2009. Revisão 1.0.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, MME. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas. Brasília DF. 2007. p 24 – 26.

Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.–Eletronorte. UHE Samuel, Mapeamento do Reservatório por Perfilamento a LASER e Atualização das Curvas Cota, Área, Volume do Reservatório. Nota Técnica. 2011. 17 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 12 de agosto de 2012.

Jensen, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

SOUZA, L. N. S. **Avaliação de Qualidade Cartográfica e Extração de Bordas de Objetos Não Pertencentes ao Terreno em Produtos Gerados Pelo Sistema de Varredura LASER Aerotransportado**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2009.