

Análise das áreas de contribuição de parques aquícolas do reservatório de Furnas - MG

Moisés Pereira Galvão Salgado¹
Antônio Roberto Formaggio¹
Marcos Corrêa Neves²
Alfredo José Barreto Luiz²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{salgado, formag}@dsr.inpe.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Meio Ambiente
Caixa Postal 69 - 13820-000 - Jaguariúna - SP, Brasil
{marcos.neves, alfredo.luiz}@embrapa.br

Abstract. At the end of the year 2011 the Brazilian Agricultural Research Corporation started a project aiming to develop a model for monitoring and evaluation of impacts on fish farming in cages. The project needs to define an aquaculture park of the Furnas reservoir for the installation of a platform for collecting meteorological and limnological data. The choose of the appropriate location for positioning the platform should be based on knowledge of the topography and the land use and cover of the contribution area of each aquaculture park, so that we can establish the relationship of these factors with the water quality. This paper aims to delimit the contribution area of the Furnas reservoir and the catchment area of aquaculture parks in order to characterize the topographic factor and land use and cover around the reservoir. Therefore has the purpose of collecting information to assist in choosing an aquaculture park among the sixteen existing in Furnas reservoir for the installation of a platform for data collection. A digital elevation model generated based on SRTM data was used for the delimitation of the contributing areas. Were used images from Landsat-5 and ResourceSat-1 addition to field surveys to characterize the use and land cover around the reservoir. We found that the Furnas reservoir have a catchment area estimated at 52.264 km² while the catchment area of aquaculture parks varies from 2.5 to 630 km². The main land uses around the reservoir are for livestock and cultivation of coffee and corn.

Palavras-chave: catchment area, pisciculture, water quality, área de captação, piscicultura, qualidade da água.

1. Introdução

O reservatório de Furnas localiza-se no sudoeste do Estado de Minas Gerais, dentro da bacia hidrográfica do rio Grande e esta entre os maiores reservatórios do Brasil, com 1.440 km² de área de lamina d'água e 3.500 km de perímetro (Figura 1). O reservatório é alimentado por duas sub-bacias hidrográficas, sendo os cursos principais destas sub-bacias o próprio rio Grande e seu afluente de margem esquerda, o rio Sapucaí. Em 2007, a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca da Presidência da República (SEAP) delimitou dezesseis parques aquícolas dentro do reservatório de Furnas com o objetivo de incrementar a produção de peixe na região (Sampaio et al., 2007).

Ao final de 2011, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa - Meio Ambiente), em parceria com a Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA - Polo Regional Leste Paulista), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) iniciou a execução de um projeto intitulado "Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas - MG" com o objetivo de desenvolver um modelo para monitoramento e avaliação de impactos na criação de peixes em tanques-rede, assim como a adoção de Boas Práticas de Manejo (BPM) para a gestão ambiental de Parques Aquícolas (Manzatto et al., 2011).

Para tanto, o projeto prevê a definição de um parque aquícola dentre os dezesseis existentes no reservatório de Furnas para a instalação de uma plataforma autônoma de coleta e transmissão de dados limnológicos e meteorológicos. Deste modo, a escolha do local mais

adequado para o posicionamento da plataforma deve ser embasada no conhecimento das atividades antrópicas rurais na área de captação do reservatório, bem como dos aspectos da topografia e do uso e cobertura do solo da área de contribuição de cada parque aquícola, para que se possa estabelecer a relação destes fatores com a qualidade da água. Neste sentido, o presente artigo tem por objetivo delimitar a área de contribuição do reservatório de Furnas, bem como as áreas de contribuição dos parques aquícolas delimitados pela SEAP, visando caracterizar o fator topográfico e o uso da terra nas áreas do entorno do reservatório, com o propósito de levantar informações que auxiliem na escolha de um parque aquícola dentre os dezesseis para a instalação de uma plataforma de coleta de dados.

2. Metodologia de Trabalho

A determinação da área de contribuição das sub-bacias hidrográficas que contribuem para o reservatório de Furnas, assim como das áreas de contribuição dos parques aquícolas, foi realizada com base nos dados altimétricos da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) (Rabus et al., 2003) e Topodata (Valeriano e Rossetti, 2011). Foram utilizadas 15 folhas da altimetria Topodata (disponíveis em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/geotiff>) para a geração de um modelo digital de elevação abrangendo a área compreendida entre os paralelos 20° a 23° Sul e 43° a 47° Oeste (10.801 linhas por 14.401 colunas) (Figura 1), com espaçamento de um arco segundo (aproximadamente 30m) e sistema de coordenadas geodésicas WGS84. Em seguida, foram utilizadas 12 folhas da máscara de corpos d'água SRTM (disponíveis em: http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SWBD) para a correção do modelo digital de elevação e a eliminação de artefatos característicos destas áreas, visando adequar o modelo digital de elevação para a modelagem hidrológica.

A ferramenta *Terrain Analysis* do aplicativo *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA) (Böhner e Conrad, 2009) (disponível em: <http://www.saga-gis.org>) foi utilizado para a modelagem hidrológica do fluxo do escoamento superficial com base no modelo digital de elevação gerado, utilizando o algoritmo de fluxo simples denominado *Deterministic-8* (O'Callaghan e Mark, 1984). O pré-processamento do modelo digital de elevação consistiu no preenchimento das depressões espúrias presentes na superfície do modelo, capazes de interromper a transferência do fluxo de uma célula para outra. Para a delimitação das áreas de contribuição foram realizadas as seguintes etapas: cálculo da direção de fluxo; cálculo do fluxo acumulado; extração da rede de drenagem; delimitação das sub-bacias componentes da rede de drenagem; processamento dos polígonos das sub-bacias hidrográficas (SBH); geração dos limites das SBH-Grande e SBH-Sapucaí (Figura 1) e limites das áreas de contribuição dos parques aquícolas.

O fator topográfico foi calculado com base no modelo digital de elevação por meio do aplicativo SAGA, utilizando o algoritmo de fluxo múltiplo *Multiple Flow Directions* (Quinn et al., 1991), de modo similar ao realizado por Salgado et al. (2012). Para caracterizar o uso e cobertura da terra no entorno do reservatório foram utilizadas imagens TM/Landsat-5 da órbita 219 e pontos 74 e 75, das datas 27/08/2011 e 28/09/2011 e imagens LISS3/Resourcesat-1 da órbita 331 e pontos 92 e 93, de 15/04/2012 (disponíveis em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>), para cobrir toda a área de estudo.

A ferramenta *Imagery* do aplicativo SAGA foi empregada para realizar a classificação supervisionada por meio do método da máxima verossimilhança, utilizando amostras das seguintes classes de uso e cobertura da terra: água, solo exposto, solo com palha, cultura agrícola, pastagem, vegetação natural e reflorestamento. Em seguida, as classificações foram comparadas de modo a identificar as áreas de divergência entre classes, visando realizar a correção manual com base na interpretação visual destas áreas. As áreas urbanas também foram mapeadas por meio de interpretação visual e adicionadas à classificação final, de modo

a gerar um único mapa de uso e cobertura do solo para o entorno do reservatório de Furnas (Figura 2).

Para o diagnóstico das atividades agrícola, pecuária e silvícola foram usados os dados referentes aos levantamentos de Produção Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2011a), Produção Pecuária Municipal – PPM (IBGE, 2011b) e Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS (IBGE, 2011c) para os municípios pertencentes às duas sub-bacias hidrográficas. Os dados de produção são originários de três levantamentos anuais, relativos ao ano de 2010, realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Produção Agrícola Municipal (PAM), Produção Pecuária Municipal (PPM) e Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. (PEVS). Os dados foram recuperados do portal do IBGE, usando o Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>).

3. Resultados e Discussão

Estima-se que a área de contribuição total do reservatório de Furnas seja de aproximadamente 52.264 km², sendo que a área de contribuição da SBH do Rio Grande é de 27.128 km² e da SBH do Rio Sapucaí é de 25.135 km² (Figura 1).

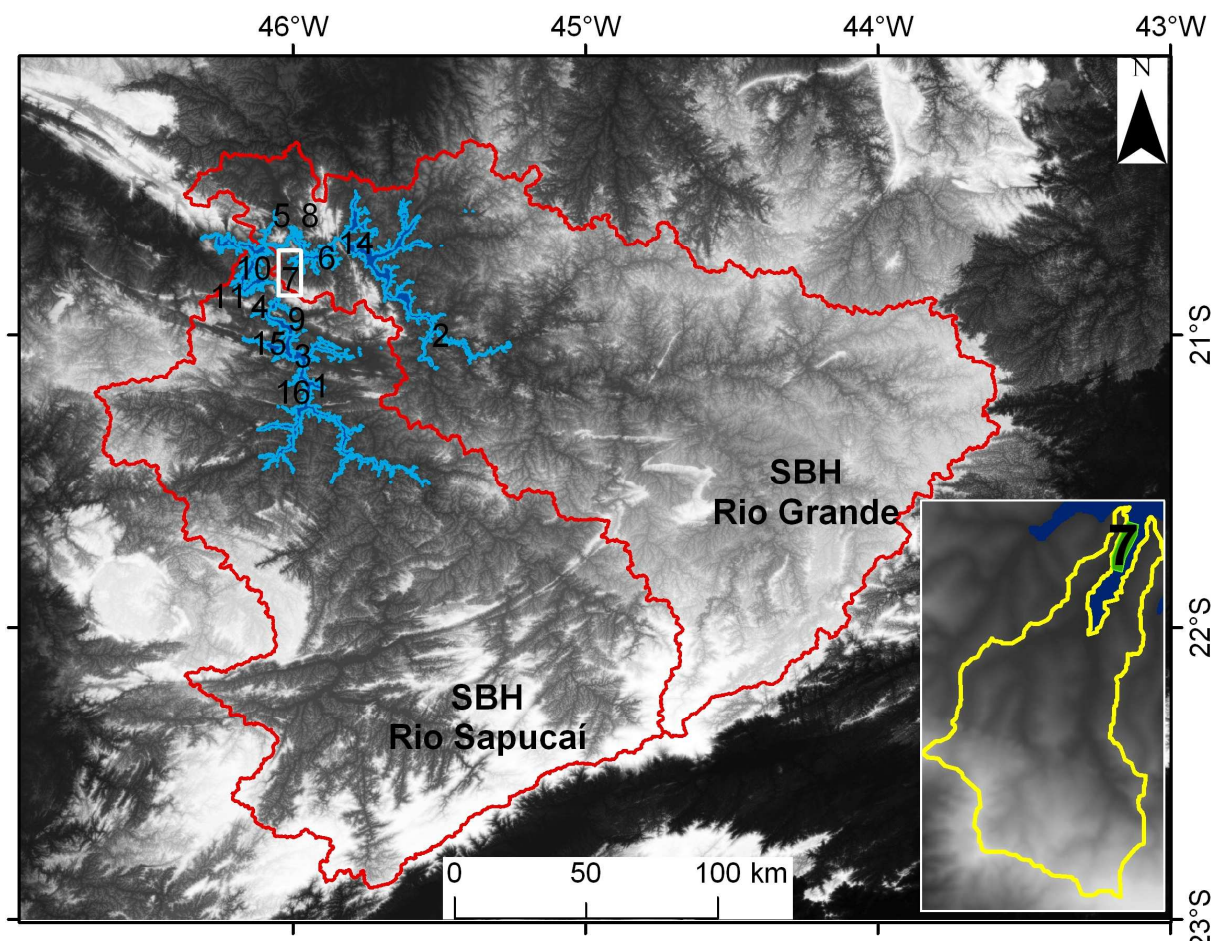


Figura 1. Altimetria da área de estudo (tons de cinza), limite das sub-bacias hidrográficas que contribuem para o reservatório de Furnas (vermelho), limite do reservatório de Furnas (azul), numeração dos parques aquícolas e ampliação da área de contribuição (amarelo) do parque aquícola número sete (verde).

O mapa de uso do solo (Figura 2) foi utilizado para quantificar os totais das classes de uso e cobertura do solo para cada uma das áreas de contribuição dos parques aquícolas

(Figura 3). Também foi calculada a média do fator topográfico (Figura 4) para as áreas de contribuição dos parques aquícolas, visando quantificar o potencial de geração e transporte de sedimentos para dentro do reservatório de Furnas.

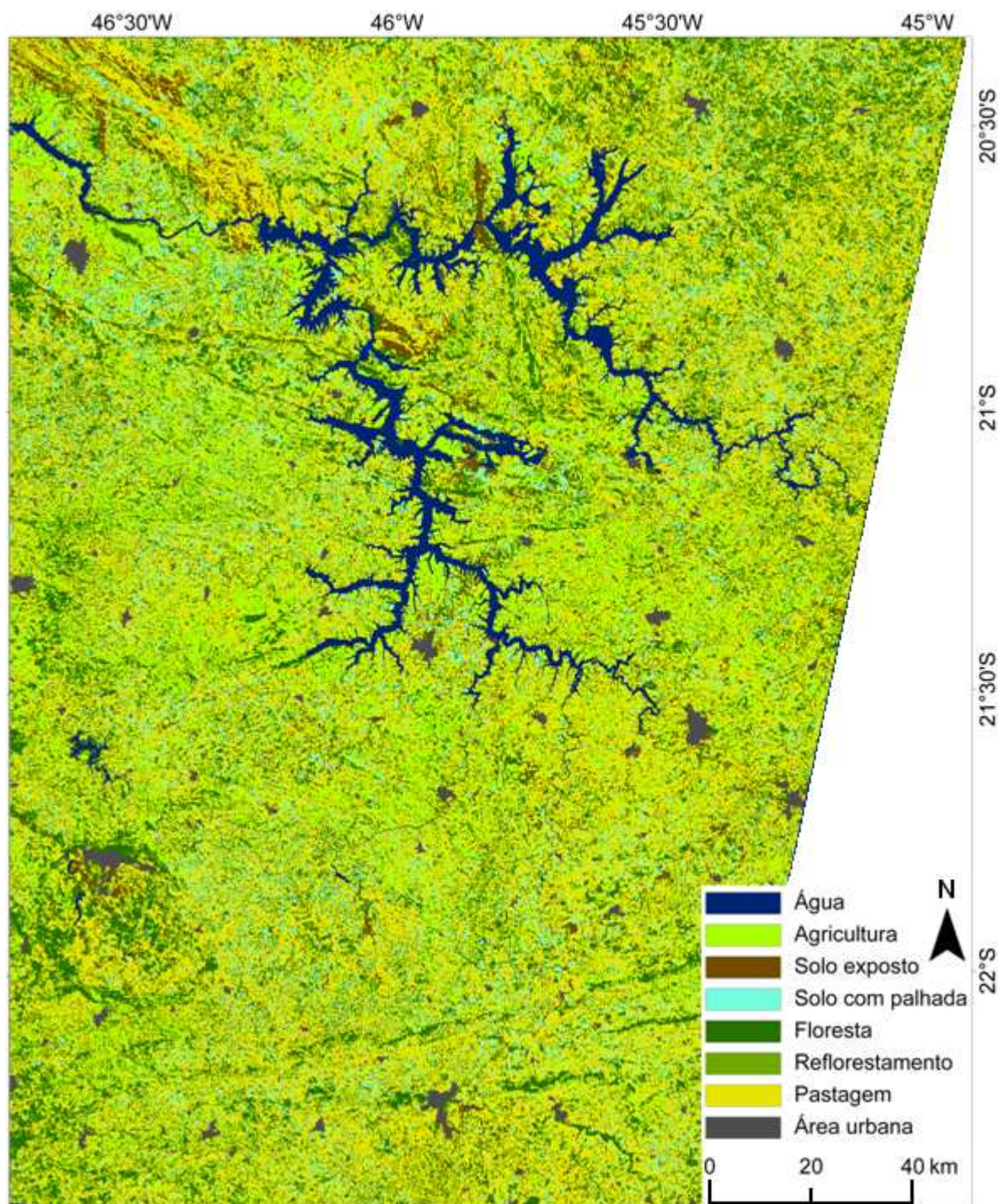


Figura 2. Mapa do uso e cobertura do solo no entorno do reservatório de Furnas - MG.

A análise dos dados da PAM evidenciou as principais culturas agrícolas cultivadas na SBH-Grande e SBH-Sapucaí. Em ambos os casos, há uma forte concentração em poucas culturas, destacando-se as culturas do café e milho, e em um plano secundário, o feijão. O perfil de plantio das culturas é semelhante para as duas sub-bacias, sendo que na SBH-Grande

há um equilíbrio maior entre as culturas de café e milho, enquanto que na bacia do rio Sapucaí, a área plantada com a cultura de café é mais que o dobro da área com milho.

O efetivo dos bovinos é muito relevante em função da área demandada para pastos. A análise dos dados da PPM evidenciou que o número de cabeças é relativamente equilibrado nas duas sub-bacias, 1,059 e 1,315 milhões de cabeças, para a SBH-Grande e SBH-Sapucaí, respectivamente.

Em relação à Silvicultura, dos sete produtos reportados pelo PEVS, três apresentam alguma relevância para a região das duas sub-bacias, são eles: madeira em tora, lenha e carvão vegetal. Contudo a produção da região das duas sub-bacias investigadas é mais direcionada a produção de madeira em tora e lenha. A produção das duas sub-bacias em relação ao total estadual é: madeira em tora, 5,6%; lenha, 5,5%; e carvão vegetal. 2,6%.

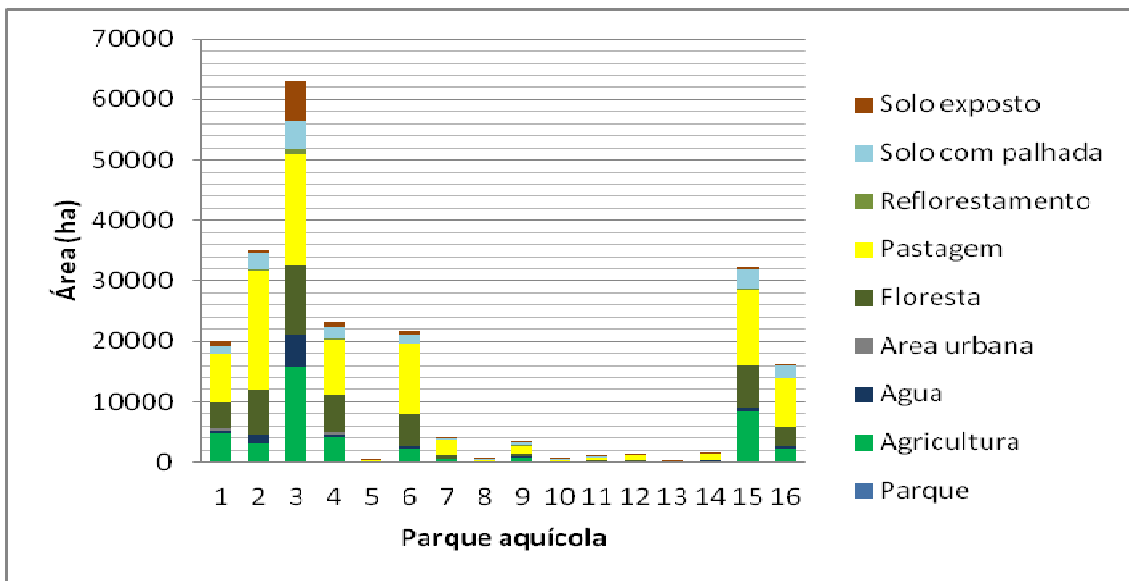


Figura 3. Área de contribuição dos parques aquícolas e classes de uso do solo presentes.

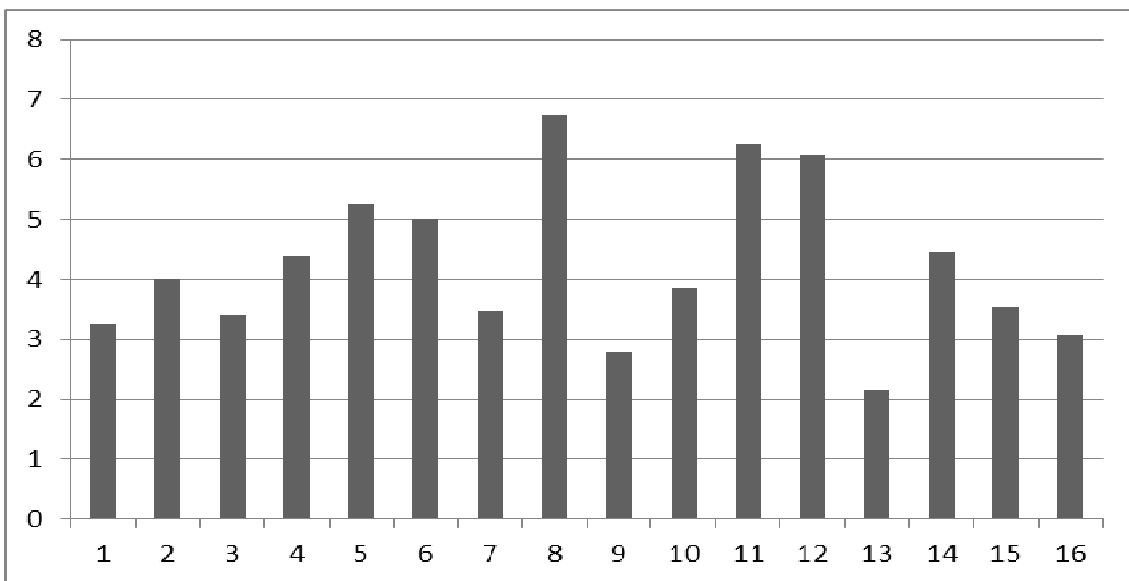


Figura 4. Média do fator topográfico para as áreas de contribuição dos parques aquícolas.

As análises dos dados PAM, PPM e PEVS evidenciaram que as duas SBH que contribuem para o reservatório de Furnas apresentam semelhanças tanto no tamanho da área de contribuição quanto nas características de produção. Entretanto, ao analisar as áreas de

contribuição dos parques aquícolas notou-se grandes diferenças no tamanho das áreas de captação. O gráfico apresentado na Figura 3 apresenta a área em hectares das classes de uso e cobertura da terra presentes em cada uma das dezesseis áreas de contribuição dos parques aquícolas. É possível verificar que o parque aquícola número três apresenta uma área de contribuição maior que os demais, enquanto que os parques aquícolas: cinco, oito, dez, onze, doze, treze e quatorze, apresentam as menores áreas de contribuição. O tamanho da área de contribuição permite quantificar a influência do escoamento superficial e do aporte de sedimentos vindos das áreas adjacentes aos parques aquícolas.

Outro aspecto importante a ser considerado na determinação de um parque aquícola para abrigar uma plataforma de coleta de dados é o fator topográfico da área de contribuição. A Figura 4 apresenta o fator topográfico médio para as áreas de contribuição dos parques aquícolas e permite diferenciar o potencial de geração e aporte de sedimentos de áreas de contribuição com tamanhos semelhantes. A localização do parque aquícola e de sua área de contribuição em relação ao reservatório e seus afluentes também deve ser considerada, pois os parques aquícolas localizados em braços menores do reservatório permitem um maior isolamento e controle das influências na qualidade da água para a criação de peixes em tanques-rede.

4. Conclusões

As informações levantadas com base no modelo digital de elevação permitiram identificar e delimitar a área de contribuição do reservatório de Furnas e de cada um dos parques aquícolas demarcados pela SEAP, assim como também possibilitaram estimar o fator topográfico e o fator topográfico médio para cada uma das áreas de contribuição dos parques aquícolas. As imagens dos satélites Landsat-5 e Resourcesat-1 juntamente com os levantamentos PAM, PPM e PEVS do IBGE permitiram caracterizar o uso e cobertura da terra na área de contribuição do reservatório de Furnas. A intersecção do mapa de uso e cobertura da terra, gerado com base nas imagens de sensoriamento remoto, e os limites das áreas de contribuição dos parques aquícolas permitiu o levantamento de informações que podem auxiliar na definição do parque aquícola para a instalação da plataforma de coleta de dados.

Referências Bibliográficas

Böhner, J.; Conrad, O. (Coord.). **System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA)**. Versão 2.0.5. Hamburg: Institute of Geography at the University of Hamburg, 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção Agrícola Municipal, Culturas Temporárias e Permanentes, 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011a.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011b.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Pecuária Municipal, 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011c.

Manzatto, C. V.; Sampaio, F. G.; Queiroz, J. F.; Losekann, M. E. (Org.). **Desenvolvimento de Sistema de Monitoramento para Gestão Ambiental da Aquicultura no Reservatório de Furnas - MG**. Jaguariúna: Embrapa, 2011. 47 p. (Projeto de Pesquisa).

O'Callaghan, J. F.; Mark, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. **Computer Vision, Graphics, and Image Processing**, v. 28, p. 323-344, 1984.

Quinn, P. F.; Beven, K. J.; Chevallier, P.; Planchon, O. The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modelling using digital terrain models. **Hydrological Processes**, v. 5, p. 59-79, 1991.

Rabus, B.; Eineder, M.; Roth, A.; Bamler, R. The shuttle radar topography mission: A new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v.57, p. 241– 262, 2003.

Salgado, M. P. G.; Formaggio, A. R.; Rudorff, B. F. T. Assessment of SRTM data applied to modeling the topographic factor of USLE. **Brazilian Journal of Cartography**, n.64, v.2, p. 10-20, 2012.

Sampaio, M. B.; Greco, M. K. B.; Pinto-Coelho, R. M. (Org.). **Estudo Técnico-Científico Visando a Delimitação de Parques Aquícolas nos Lagos das Usinas Hidroelétricas de Furnas e Três Marias – MG. Relatório de Identificação de Áreas Tecnicamente Adequadas para a Instalação de Parques Aquícolas. Reservatório de Furnas.** Belo Horizonte: UFMG, 2007. 348 p.

Valeriano, M.M.; Rossetti, D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**. v.32, p.300–309, 2012.