

## Uso de geotecnologias em perícia ambiental na região do complexo hidrelétrico de Urubupungá

Thaís Baraldi Astolfi<sup>1</sup>  
Hélio Ricardo Silva<sup>1</sup>  
Henrique Vinicius de Holanda<sup>1</sup>  
Gustavo de Oliveira Palla<sup>1</sup>  
Sérgio Luís de Carvalho<sup>1</sup>  
Adilson Silva Bahia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia - Universidade Estadual Paulista - FE/UNESP  
Caixa Postal 31 - 15385-000 - Ilha Solteira - SP, Brasil  
{thaisastolfi, gustavo\_palla}@hotmail.com; hrsilva@agr.feis.unesp.br;  
henrique.vh@bol.com.br; sergicar@bio.feis.unesp.br; bahiams@gmail.com

**Abstract.** The deployment of the dam's hydroelectric power plant Três Irmãos impacted the municipality of Pereira Barreto (SP) in scope economic and environmental. The environmental expertise is a form of evidence used in legal proceedings that came out of environmental issues which the main object of study is environmental damage. The utilization of geotechnologies as a source of data used for environmental expertise constitutes an important tool of precision and reliability to be used in environmental evaluation. The present case aimed to assess if the filling of the reservoir of the hydroelectric plant caused damage to the rural property located at its margins through the utilization of cartographic data and remote sensing associated with the geographic information system. The altimetric quotas were identified and delimited, it was observed that the fence that delimits the farm is located at the quota of 330 meters, therefore above of the maximum maximum quota of 328.40 meters, and the filling of the reservoir caused the erosion process called "margin erosion" until the quota of 330 meters. This erosion process was accelerated due to the abrupt changes of slope classes of the grounds and the action of waves formed due the action of the predominant wind in the east-southeast quadrant that resulted in the weakening of the edges of the reservoir.

**Palavras-chave:** remote sensing, reservoir, erosion, environmental damage, sensoriamento remoto, reservatório, erosão, dano ambiental

### 1. Introdução

A construção do Complexo Hidrelétrico de Urubupungá iniciou-se em 1945 com a construção da Usina Hidrelétrica de Jupia e em 1976 iniciou-se a construção da Hidrelétrica de Três Irmãos. A implantação da Represa de Três Irmãos, localizada a 2 km da foz do rio Tiête impactou o município de Pereira Barreto tanto no âmbito econômico (submersão de solos férteis e produtíveis), quanto ambiental (alteração da dinâmica do ambiente da região) (IPT, 1989). A perícia ambiental, uma especialidade de perícia, relativamente nova no Brasil, mas que tem evoluído nos últimos anos devido ao aprimoramento da legislação ambiental e a própria necessidade humana de proteção e conservação do meio ambiente. É um meio de prova utilizado em processos judiciais, sujeito à mesma regulamentação prevista pelo Código do Processo Civil (CPC), com a mesma prática forense, mas que irá atender a demandas específicas advindas das questões ambientais, onde o principal objeto é o dano ambiental ocorrido, ou risco de sua ocorrência (Correia, 2003). Associado a esse caráter estratégico de estudo, na realização de perícias ambientais podem ser utilizadas as geotecnologias como, por exemplo, o sensoriamento remoto, que permite a obtenção de informações através de sensores sobre uma determinada área, sem haver contato direto com o fenômeno estudado. Dessa forma, as geotecnologias vêm contribuindo de forma bastante eficaz na identificação dos problemas ambientais, como também no planejamento e criação de políticas voltadas à preservação do meio ambiente. O sensoriamento remoto, aliado à utilização de dados cartográficos, permite que sejam feitos levantamentos prévios de informações relativas à área a ser periciada, desta forma, os trabalhos de campo tornam-se mais objetivos e eficientes

(Caldas, 2009). O objetivo desse trabalho foi avaliar se o enchimento do reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Irmãos ocasionou danos à propriedade rural denominada Fazenda Boa Esperança no município de Pereira Barreto localizada nas margens deste reservatório, através da utilização de dados históricos e atuais.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo, denominada Fazenda Boa Esperança, está localizada no município de Pereira Barreto e inserida na bacia do Baixo Tietê, nas margens e a montante do reservatório da usina hidrelétrica de Três Irmãos (UHE Três Irmãos), entre a Latitude  $20^{\circ} 41' 07.56''$  S e a Longitude  $51^{\circ} 13' 43.63''$  W e a latitude  $20^{\circ} 35' 48.16''$  e a longitude  $51^{\circ} 18' 40.23''$ , e altitude de 347 metros (IPT, 1989). O relevo da área é compreendido por colinas de média expressão, com topos arredondados a aplainados, restritos a extensos, com vertentes retilíneas tendendo a convexas e declividades baixas. Possui baixa densidade de drenagem e uma planície interior desenvolvida (IPT, 1989). O clima da região é do tipo tropical quente e úmido. A temperatura média anual oscila entre  $22^{\circ}$  C e  $23^{\circ}$  C, com média, no mês mais quente, superior a  $25^{\circ}$  C e, no mês mais frio, entre  $19$  e  $20^{\circ}$  C. Chove em média 1321 mm/ano, no período chuvoso a média mensal é superior a 140 mm, e situa-se entre setembro e março, e o seco com menos de 50 mm por mês ocorre de abril a setembro (CESP, 1990). A velocidade do vento médio absoluto é 1,5 m/s, sendo o mês de setembro o responsável pelos ventos máximos absolutos registrados na região com  $5,3 \text{ m.s}^{-1}$ , ainda são registrados os valores extremos do vento, com máxima acontecendo em 31 de agosto de 2000, chegando a  $21,6 \text{ m.s}^{-1}$ . Na região, a direção do vento predominante é sudeste, sem grande variação durante o ano, apenas ocorrendo em momentos de chuva. A direção do vento predominante é  $121,8^{\circ}$  em relação ao norte, vindo do sudeste (Bispo et al, 2007). De acordo com Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1999, predominam na região os solos: Argissolos Vermelho-Amarelos de textura arenosa e média (PVA10) e secundariamente, o Latossolo Vermelho de textura média (LV45), ambos originados dos arenitos. Da vegetação primitiva, representada principalmente pela floresta tropical, o cerrado e o cerrado, restam poucos e esparsos remanescentes. Os últimos remanescentes das formações ciliares existentes ao longo do rio Tietê foram derrubados em função do enchimento do reservatório da UHE Três Irmãos até a cota máximo maximum de 328,40 metros (CESP, 1990).

Para a extração das informações espaciais sobre a área estudada foram utilizadas as bandas espectrais B2, B3 e B4 das imagens dos satélites de sensoriamento remoto TM/Landsat-5, ETM/Landsat-7, órbita 222, ponto 74, de 06/08/1990, 23/10/2001 e 10/08/2003 e CCD/CBERS-2B, órbita 160, ponto 123, data de 20/04/2006, com níveis de correção 1G (geocorrigido sistematicamente). Para a formação da base cartográfica e o georeferenciamento dos produtos do sensoriamento remoto foi utilizado o seguinte material cartográfico que cobre a área de estudo: Levantamento Aerofotogramétrico Cadastral da Bacia de Acumulação de Três Irmãos, encomendado pela Companhia Energética de São Paulo – CESP e executado pela Empresa TerraFoto Atividades de Aerolevantamentos em 16/01/1980, na escala 1:25.000 com traçado das curvas de nível obedecendo a equidistância vertical de 5 metros. Folha Planialtimétrica Bela Floresta – SF-22-C-IV-1 publicada pelo Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo – IGGSP em 1967 na escala 1:50.000 e com traçado das curvas de nível obedecendo a uma equidistância vertical de 10 metros. Carta Temática Parte da Fazenda Boa Esperança – Detalhe da Região da Erosão – Escala 1:1.500 – data: 13/05/2006. Projeção Universal Transversa de Mercator, Datum oficial-SAD 69.

Para a realização deste estudo foram utilizados o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas – SPRING/INPE versão 4.3.3 e como equipamento o GPS modelo Garmin 12. Utilizando o SPRING foi estruturado o Banco de Dados Referenciado denominado: “Pereira Barreto” e em seguida foi criado o Projeto: “Fazenda Boa Esperança”.

Posteriormente foi realizada a transformação das cartas planialtimétricas do formato tiff e da carta temática do formato dxf, para o formato GRB/SPRING (GRIBB) através da utilização do módulo IMPIMA. Utilizando a operação registro no módulo SPRING foi realizado o georeferenciamento destas cartas. Na etapa seguinte foi realizada a transformação das imagens dos satélites TM/Landsat e CCD/CBERS-2B, do formato GEOTIFF para o formato GRB/SPRING (GRIBB), utilizando o módulo IMPIMA. Finalmente os produtos de sensoriamento orbital e cartográficos, foram importados para o Projeto Fazenda Bons Esperança sob a forma de planos de informações (PI's). Através do cruzamento destes planos de informações foram elaborados os documentos cartográficos que mostram a posição da cota 330 na Fazenda Boa Esperança antes e depois do enchimento do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Irmãos. As escalas de mapeamento adotadas foram de 1:25.000 que coincide com a escala apresentada no Levantamento Aerofotogramétrico Cadastral da Bacia de Acumulação de Três Irmãos, encomendado pela Companhia Energética de São Paulo – CESP e 1:50.000 que coincide com a escala apresentada na Folha Planialtimétrica Bela Floresta – SF-22-C-IV-1 publicada pelo Instituto Geográfico e Geológico de São Paulo – IGGSP.

### 3. Resultados e Discussão

A imagem apresentada na Figura 1 foi obtida no dia 06/08/1990, com a escala 1:50.000, antes do enchimento do reservatório da Usina Hidrelétrica de Três Irmãos, mostrando posição da Fazenda Boa Esperança, a cota altimétrica 330 onde a cerca que delimita parte da propriedade está posicionada e as demais cotas altimétricas, isto é as cotas 325, 320, 315, 310, 305 e 300. É possível observar nesta figura o canteiro de obras da Usina Hidrelétrica de Três Irmãos localizado no quadrante inferior esquerdo, o Rio Tietê e o seu afluente Córrego Júlia Augusta nos seus leitos originais.

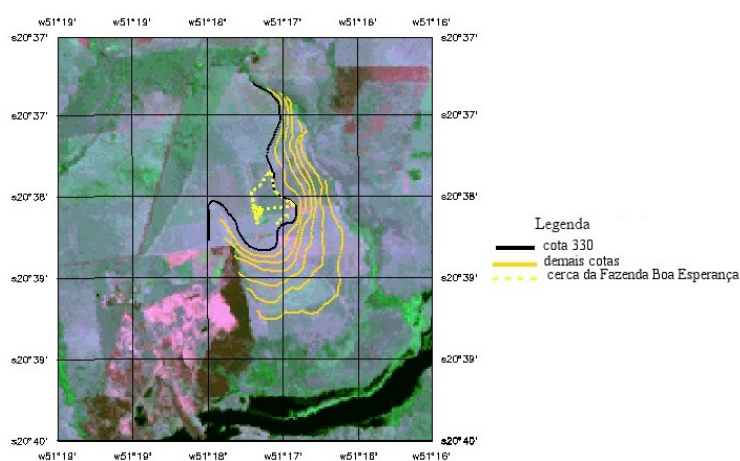


Figura 1. Posição das cotas na região onde está localizada a Fazenda Boa Esperança, antes do enchimento do reservatório da UHE Três Irmãos, na data de 06/08/1990.

A Figura 2 apresenta a região da Fazenda Boa Esperança na mesma escala da figura anterior, após o enchimento do reservatório da UHE de Três Irmãos. Observa-se que a cota altimétrica 325 esta localizada no limite entre o reservatório e a fazenda.

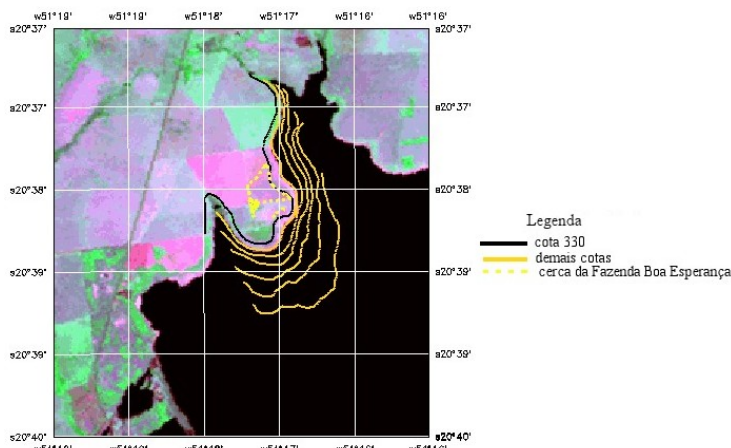


Figura 2. Região da Fazenda Boa Esperança em 23/10/2001, com a cota 325 próxima do limite entre o reservatório e a propriedade.

A Figura 3 apresenta a mesma imagem da figura 2, mas gerada utilizando apenas a banda 5 do satélite Landsat 5/TM sendo então visualizada em tons de cinza, e apresentada numa escala maior (1:12.000). Verifica-se que a posição da cota 325 está próxima ao limite deste corpo d'água, mas ainda dentro da Fazenda Boa Esperança e a cota 330, coincidindo com a cerca da fazenda. Este fato pode ser confirmado através da consulta ao site Telecheia/CESP, conforme mostra o Gráfico 1 (CESP, 2008).

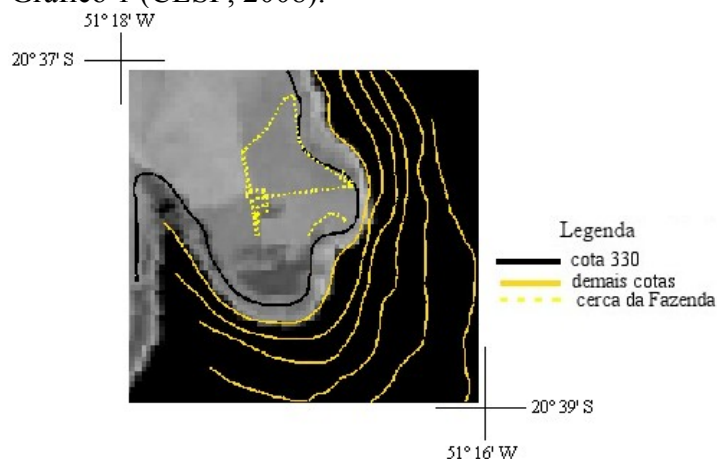


Figura 3. Região da Fazenda Boa Esperança em 23/10/2001, com a cota 325 próxima do limite entre o reservatório e a Fazenda Boa Esperança.

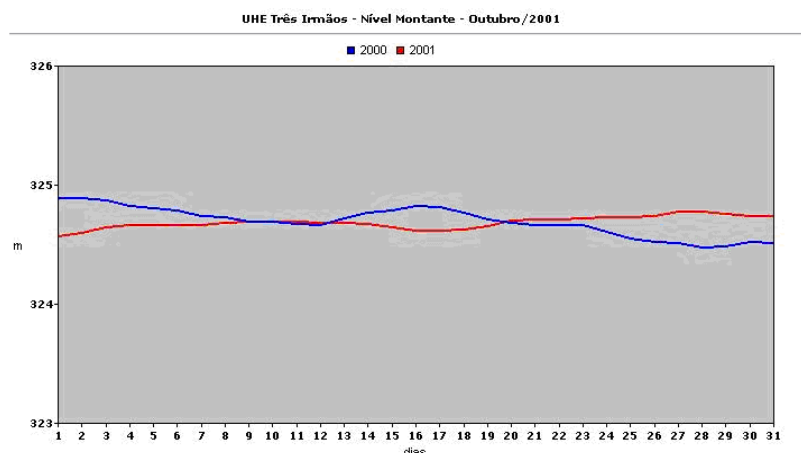


Gráfico 1. Nível do reservatório da UHE de Três Irmãos em 23/10/2001.

A Figura 4 apresenta a região da Fazenda Boa Esperança em 10/08/2003. Nesta figura, gerada através da banda 5 do satélite Landsat 5/TM na escala 1:12.000, observa-se que o nível da água do reservatório de Três Irmãos na Fazenda Boa Esperança está na cota 330.

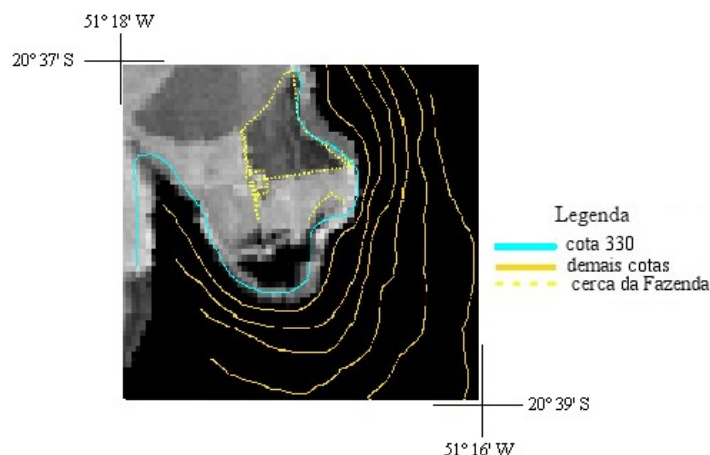


Figura 4. Região da Fazenda Boa Esperança em 10/08/2003, com a cota 330 no limite entre o reservatório e a propriedade.

No Gráfico 2 confirma-se que nesta data o nível da água do reservatório da UHE de Três Irmãos estava com valor máximo na cota altimétrica de 327,5 m (CESP, 2008). Este fato indica que em agosto de 2003 já podia estar ocorrendo o processo erosivo denominado de desbarrancamento de margem nesta área da Fazenda Boa Esperança.

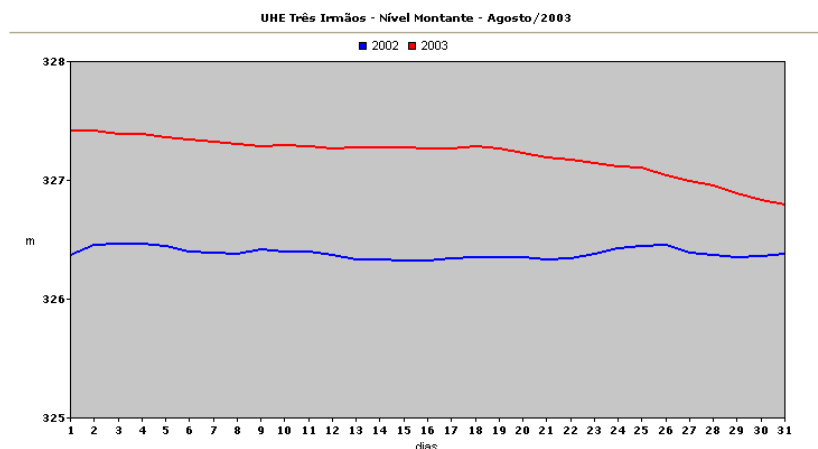


Gráfico 2. Nível do reservatório da UHE de Três Irmãos em 10/08/2003.

A figura 6 apresenta a região da Fazenda Boa Esperança, em 20/04/2006, nesta figura observa-se que o nível do reservatório continua na cota 330, coincidindo com a posição do processo erosivo extraído da Carta Parte da Fazenda Boa Esperança – Detalhe da Região da Erosão. Este fato pode ser observado na figura 7, que apresenta a mesma imagem da figura 6, gerada através da banda 5 do satélite Landsat 5/TM na escala 1:12.000.

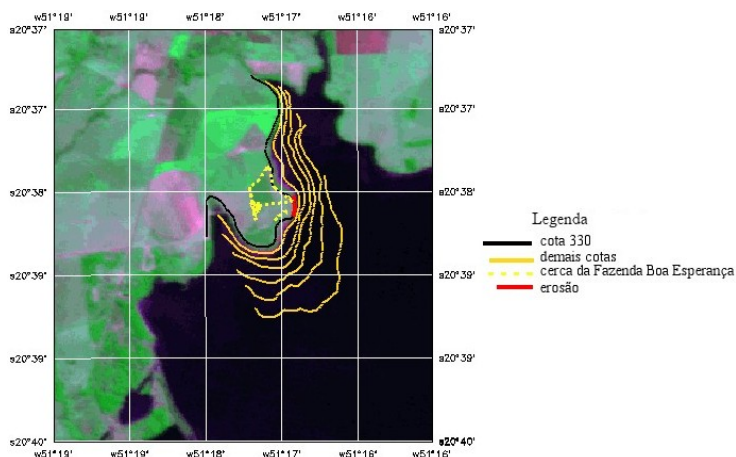


Figura 6. Região da Fazenda Boa Esperança, em 20/04/2006, destacando que o processo erosivo coincide com a cota 330.

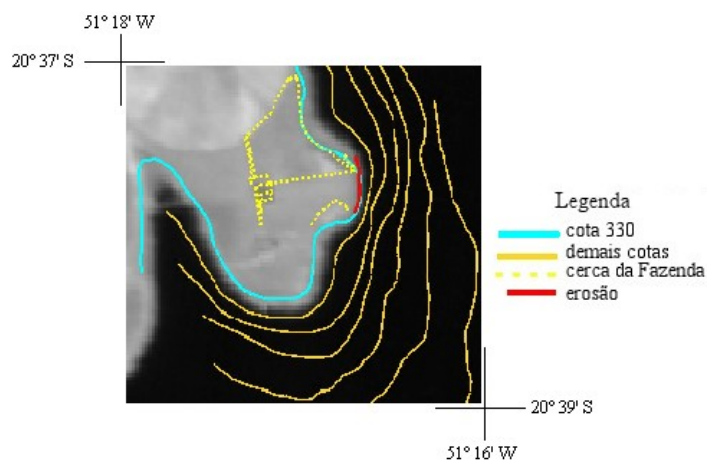


Figura 7. Região da Fazenda Boa Esperança em 20/04/2006, destacando que o processo erosivo coincide com a cota 330.

Entretanto, através da consulta ao site da CESP conforme mostra a Gráfico 3 verifica-se que o nível da água no reservatório da UHE de Três Irmãos, nesta data estava com valor inferior a cota máximo maximorum 328,40 metros. Esta diferença entre a cota observada na imagem e a informada pela CESP confirma a presença do processo erosivo denominado de desbarrancamento de margem na Fazenda Boa Esperança.

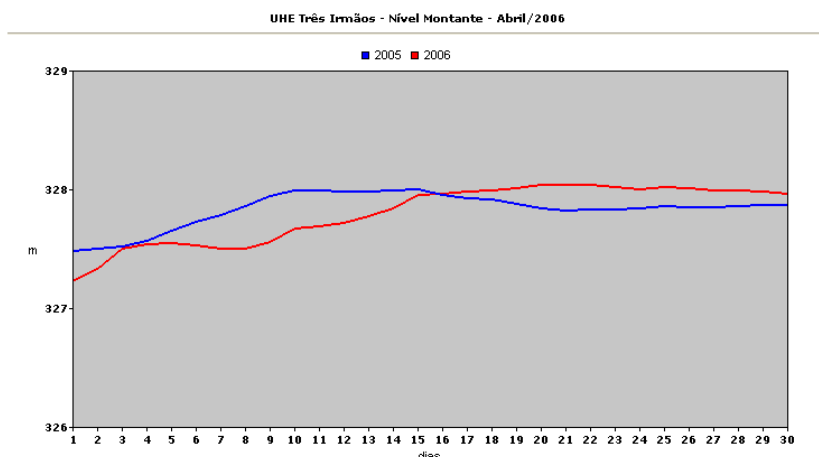


Gráfico 3. Nível do reservatório da UHE de Três Irmãos em 20/04/2006.

Este processo erosivo pode ter sido acelerado em função de um conjunto de fatores edafoclimáticos. O primeiro fator que contribuiu foi à brusca mudança das classes de declividade do terreno a partir da cota 330 que passa abruptamente da classe de declividade de 0 a 2% para a classe de 5 a 10%, conforme pode ser verificado através da Figura 8.

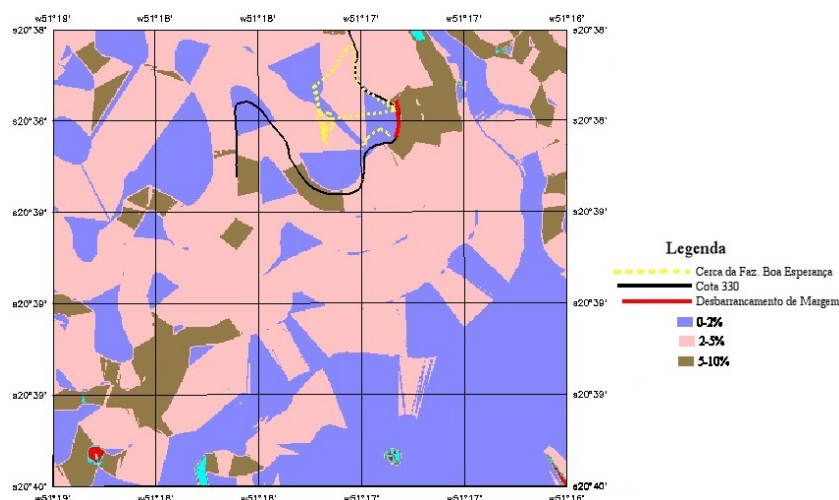


Figura 8. Classes de declividade na região da Fazenda Boa Esperança.

Somado a este fator tem-se as alterações constantes do nível de operação da UHE de Três Irmãos que associada à direção dos ventos que sopram predominantemente no quadrante sudeste (Bispo et al, 2007), contribuem para o solapamento das bordas do reservatório na Fazenda Boa Esperança com as vertentes voltadas para o quadrante leste-sudeste, conforme mostra a Figura 9.

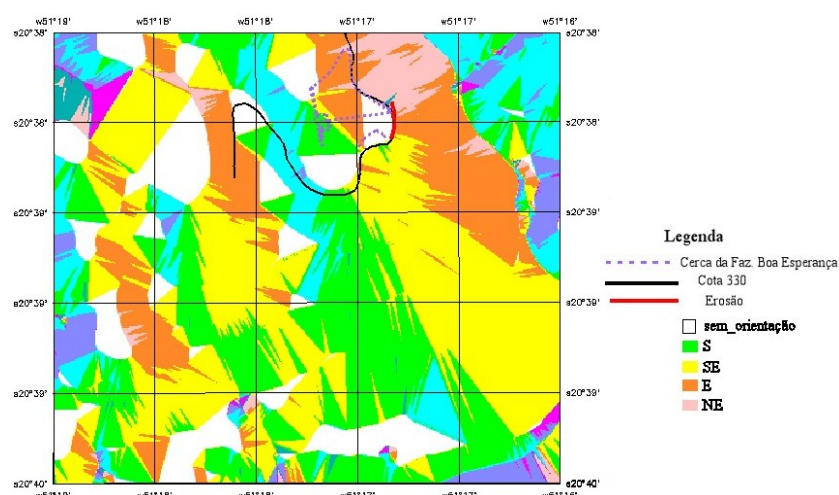


Figura 9. Orientação das vertentes na borda da UHE de Três Irmãos onde esta localizada a Fazenda Boa Esperança.

#### 4. Conclusões

Com base nos resultados obtidos na presente perícia conclui-se que: está ocorrendo o processo erosivo denominado de “desbarrancamento de margem”, nas bordas do reservatório da UHE de Três Irmãos onde está localizada a Fazenda Boa Esperança, este processo erosivo não ocorria antes do enchimento do reservatório e não é consequência das atividades desenvolvidas pelo proprietário.

O processo erosivo na margem da propriedade originou-se e desenvolveu-se acentuadamente com o enchimento do Reservatório da UHE e esta erosão, ocorre devido a

atuação das ondas as quais são formadas em função da ação dos ventos predominantes, provenientes do quadrante sudeste, aliado à mudança brusca nas classes de declividades do terreno na posição em que ocorre a erosão.

## 5. Referências Bibliográficas

Bispo, E.M; Hernandes, F.B.T.; Costa, J.C.G. **Caracterização agroclimatológica na Região de Ilha Solteira, Estado de São Paulo**. In: XIX Congresso de Iniciação Científica da UNESP, Ilha Solteira, 2007.

Buzetti, S. **Identificação dos níveis de degradação das pastagens na área de influência do Complexo de Urubupungá através da utilização de dados edáficos e morfofisiológicos associados ao geoprocessamento**. Ilha Solteira-SP, 2004.151p. (Relatório final, auxílio pesquisa processo n 2001/14574/FAPESP).

Caldas, A. J. F. S.; Rotta, G. V.; Góes, E. K.; Schamnes, J. A. **Sensoriamento remoto na perícia ambiental da Polícia Federal**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto(SBSR),04., 2009, Natal. **Anais...** INPE, 2009. Artigos, p. 3621-3628.

CESP- Companhia Energética do Estado de São Paulo. UHE Três Irmãos. **Estudo de Impacto Ambiental/EIA**. 1989.

CESP- Companhia Energética do Estado de São Paulo. UHE Três Irmãos. **Relatório de Impacto Ambiental/RIMA**. São Paulo: AR, 1990.

CESP. Operação hidráulica do Sistema CESP para controle de cheias, Usina Hidrelétrica Três Irmãos, Nível Montante. Disponível em: < [http://www.cesp.com.br/telecheia/graf\\_niveis.asp?Usina=TRI&Tipo=0](http://www.cesp.com.br/telecheia/graf_niveis.asp?Usina=TRI&Tipo=0)>. Acesso em 17 out. 2008.

Correia, P. A. S. **Perícias Ambientais**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2003. 8p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa, 1999.

IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Modelagem numérica tridimensional do fluxo subterrâneo na cidade de Pereira Barreto**. [S.l: s.n.],1998. (Relatório, 29995).

IPT - Instituto Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. **Avaliação do efeito do enchimento do reservatório da barragem de Três Irmãos sobre o nível freático na área da cidade de Pereira Barreto**. [S.l: s.n.],1989. ( Relatório 27789).

Correia, P. A. S. **Perícias Ambientais**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2003. 8p.

Caldas, A. J. F. S.; Rotta, G. V.; Góes, E. K.; Schamnes, J. A. **Sensoriamento remoto na perícia ambiental da Polícia Federal**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR),04., 2009, Natal. **Anais...** INPE, 2009. Artigos, p. 3621-3628.