

# **Modelagem, em ambiente SIG, de processos erosivos do solo aplicada Às Linhas de Transmissão de Energia Elétrica**

Wosny, Guilherme Clasen<sup>1(\*)</sup>; Severo Martins, João Luiz<sup>2</sup>; Oliveira, Francisco Henrique de<sup>2</sup>  
1 - UFSC | (\*) Brazil 2 - UDESC

## **INTRODUÇÃO**

Atualmente as exigências para consolidação de um profissional competente e valorizado residem, cada vez mais, no domínio dos conhecimentos multidisciplinares. Em decorrência disto, o campo de atuação do profissional da geografia vem crescendo nos últimos tempos à medida que, têm-se consciência da importância da gestão ambiental e territorial. A transmissão de energia elétrica faz uso deste caráter administrativo, visto que as linhas de transmissões (LTs) se distribuem ao longo do território nacional e conseqüentemente tem obrigatoriedade da legalização junto a órgãos ambientais para seu funcionamento e operação. O profissional geógrafo tem nesse campo uma responsabilidade de atuação, onde não só o conhecimento sócio-ambiental é necessário como também o entendimento básico das atribuições técnicas das próprias LT's e dos sistemas de geoprocessamento, cartografia, etc, além de uma capacitação adequada que possibilitem esse tipo de serviço.

A passagem de Linhas de Transmissão (LTs) em áreas rurais, de um modo geral, pode causar diversos tipos de impactos ambientais, comprometendo a integridade dos solos, da flora, da fauna e a própria segurança das linhas e, conseqüentemente, da população que vive próximo das mesmas. Dependendo das características do meio físico, podem ocorrer interferências no bom funcionamento das LTs, gerando problemas à sociedade em geral e principalmente no seu entorno. Pode-se dizer que os processos erosivos nas estradas de acesso e próximos das torres que sustentam os cabos, destacam-se dos demais impactos que podem causar danos às torres de transmissão. Um exemplo deste tipo de situação é observado no trecho Jupιά-Mimoso, no estado do Mato Grosso do Sul, onde ocorrem processos erosivos próximo às LTs. Assim, o trabalho tem em um dos seus objetivos o entendimento da origem e tendências de avanço das erosões, associadas à fatores como solo enfraquecido, a intensidade e periodicidade de chuvas e uso e ocupação da terra.

Visualizando esse contexto e, considerando que, o conjunto de técnicas de análise geográficas associadas à aplicação/uso dos produtos de Sensoriamento Remoto (SR) é um ramo fundamental da pesquisa aplicada ao meio ambiente, principalmente quando se trata de extensas áreas da superfície da Terra, optou-se por utilizar as chamadas geotecnologias, tanto para auxiliar no diagnóstico e controle de erosão próximo as LTs, como para organizar o conjunto de informações a serem levantadas e integrá-las numa base espacialmente referenciada.

## **ÁREA DE ESTUDO E PROBLEMÁTICA**

A LT Jupιά/Mimoso de 138kV, administrada pela Eletrosul Centrais Elétricas S.A., liga a Usina hidrelétrica Engenheiro Sousa Dias localizada no município de Três Lagoas, Estado do Mato Grosso do Sul, à subestação de Mimoso no mesmo Estado. A linha se estende por aproximadamente 215 quilômetros em sentido leste-oeste percorrendo quase exclusivamente áreas dedicadas à pecuária.

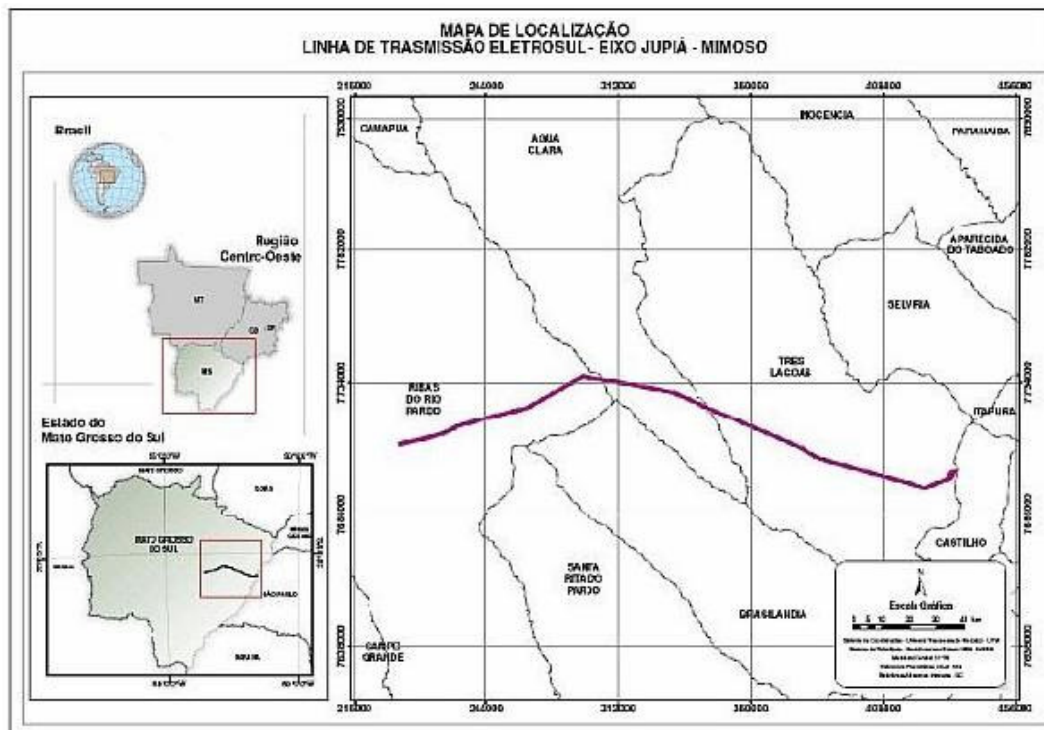


Figura 01: Mapa de Localização da LT Jupiá-Mimoso.

A vegetação ao longo deste trecho apresenta dois tipos predominantes de vegetação: floresta pioneira e o cerrado. As áreas de Formações Pioneiras são ambientes dependentes da sedimentação do terreno pela deposição fluvial. Já o cerrado é o nome regional dado às savanas brasileiras. O clima típico da região dos cerrados é quente, semi-úmido e notadamente sazonal, com verão chuvoso e inverno seco. A pluviosidade anual fica em torno de 800 a 1600 mm. Os solos são geralmente muito antigos, quimicamente pobres e profundos. Especificamente na área sob a linha de transmissão há ocorrência de Argissolos, Latossolos, Neossolos Quartzarênicos e Planossolos Hidromórficos.

A paisagem do cerrado é caracterizada por extensas formações savânicas, interceptadas por matas ciliares ao longo dos rios, nos fundos de vale. Entretanto, outros tipos de vegetação podem aparecer na região dos cerrados, tais como os campos úmidos ou as veredas de buritis, onde o lençol freático é superficial; os campos rupestres podem ocorrer nas maiores altitudes e as florestas mesófilas situam-se sobre os solos mais férteis. As árvores do cerrado são muito peculiares, com troncos tortos, cobertos por uma cortiça grossa, cujas folhas são geralmente grandes e rígidas. Muitas plantas herbáceas têm órgãos subterrâneos para armazenar água e nutrientes.

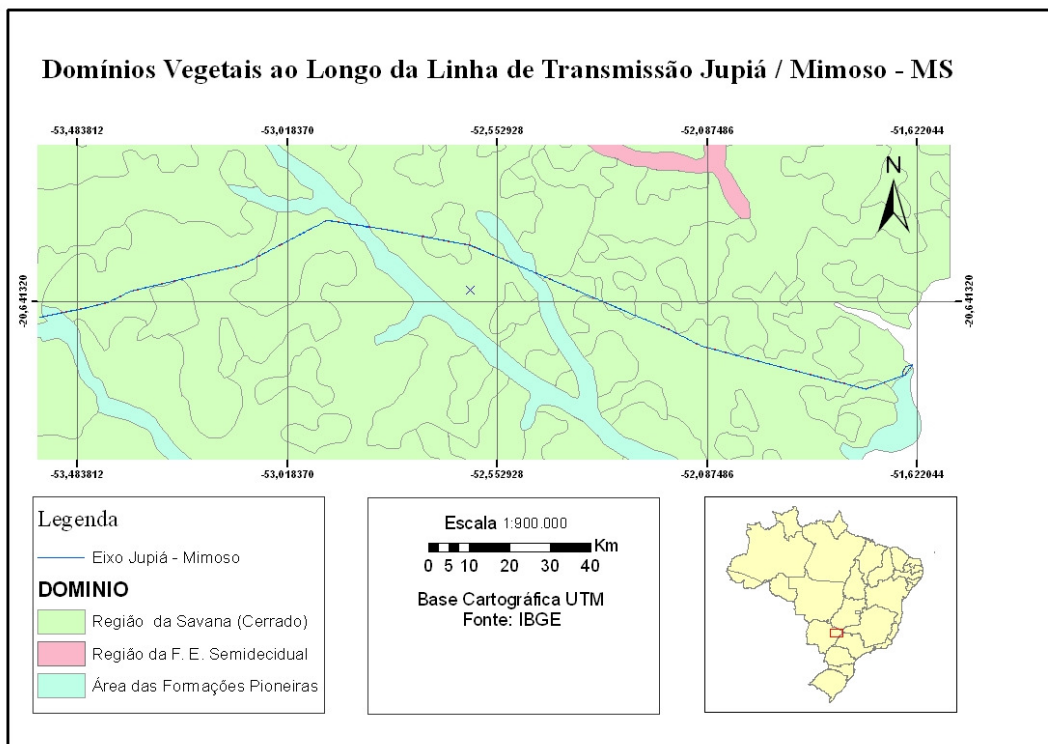


Figura 02: Domínios Vegetais ao longo do trecho da LT.

Para DEL'ARCO (1992) o avanço das atividades pecuárias no estado do Mato Grosso do Sul foram determinantes para que a vegetação do cerrado original tenha sido quase que totalmente substituída por áreas de pasto e campo. Dessa forma a compactação do solo pelo gado e retirada da vegetação contribuíram para a diminuição da percolação da água no solo e ampliação do escoamento superficial o que resultou numa forte susceptibilidade de processos erosivos. De acordo com VRIELING, (2005) isso afeta em grandes impactos ambientais e elevados custos econômicos na produção da agricultura, infra-estrutura e qualidade da água.

Outro ponto que agravou o quadro já existente foi a construção da rodovia BR 262, que liga Campo Grande a cidade de Três Lagoas e segue paralela à LT. Isso porque, a retirada de material para adensar partes da pista, buracos ao longo da estrada, contribuiu para o desencadeamento dos processos erosivos. Segundo GUERRA, (2007) o solo da região apresenta grande concentração de areia, ou seja, um solo muito arenoso além das chuvas que são fatores contribuintes à erosão.

A localização e delimitação da área de interesse foi feita a partir do eixo central da linha de transmissão, englobando aproximadamente 100m para cada lado deste eixo, tendo como referência imagens de satélite QuickBird existentes do trecho. Numa primeira análise visual sobre as imagens de satélite, considerando todo o trecho entre Jupirá-Mimoso, foram pontuados 137 focos erosivos, apesar de, a área de estudo (*buffer* de 100m), ter apresentado 61 casos de ocorrência de processos erosivos. Para respaldar as informações interpretadas nas imagens de satélite seria necessária uma visita a campo e, portanto, uma equipe foi destacada para este fim.

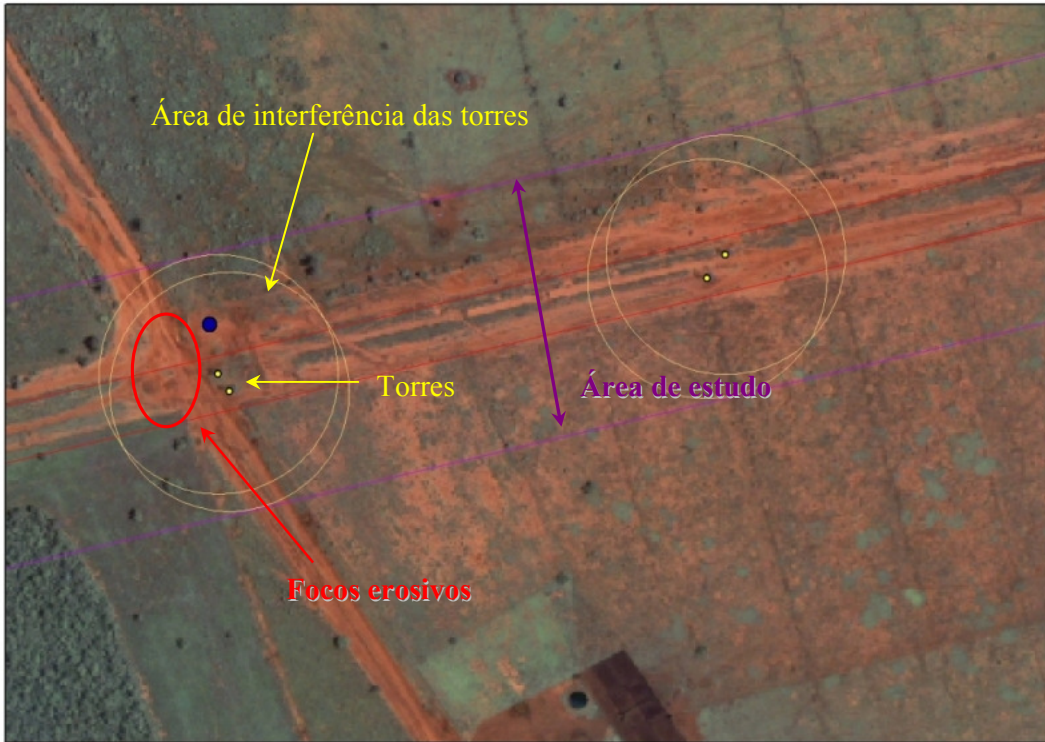


Figura 03: Focos erosivos ao longo do trecho da LT

O trabalho de campo realizado no mês de julho de 2007 teve como objetivo as descrições de campo, no que se refere às principais formas de relevo encontradas e que possam estar associadas à presença de erosão ao longo da linha de transmissão de energia, além de coletar amostras de solo para análises químicas e físicas no Laboratório de Geomorfologia da UFRJ. O uso e manejo do solo que compõem outras variáveis importantes no processo erosivo, foram, também, identificados durante o trabalho de campo. Além disso, realizou-se uma checagem de campo a respeito das interpretações das feições erosivas e do uso da terra, identificadas através de imagens de satélite de alta resolução, e georreferenciamento das amostras com uso de sistema de GPS geodésico.





Figura 04: Área de Estudo (*buffer* de 100m do eixo da LT)

## ATUAÇÃO DO GEÓGRAFO

Levando em consideração a problemática e a complexidade na concepção e gestão de um projeto de implantação e monitoramento de LT's, torna-se imprescindível a presença de profissionais atuando no dimensionamento do cenário ambiental. Neste sentido, deve haver o envolvimento de engenheiros eletricitas, geógrafos, cartógrafos, biólogos, entre outros, visando melhor interação com o ambiente. Assim, especialmente o geógrafo tem na sua formação um cabedal de conhecimentos interessantes, pois abarca o aprendizado técnico relacionado a área física, bem como o conhecimento filosófico – que retrata o relacionamento homem-natureza e sociedade-espaço. Sabendo das disciplinas de formação que enfocam o espaço como um todo (atribuindo importância tanto para o meio biótico como para o abiótico), o domínio das geotecnologias e uma visão politicamente ecológica, o geógrafo torna-se especialmente capacitado para gerar mapas temáticos inteligentes, utilizando sistemas de informação geográfica, fazendo a correlação entre dados gráficos (mapas) e banco de dados (alfanuméricos). Neste momento, não se pode deixar de ressaltar a atuação do profissional, portanto seu poder de assinatura e responsabilidade, assim como a sua submissão às leis dos conselhos Federal e Regional (CONFEA, CREA's), Legislação Ambiental, normas específicas da empresa, entre outras, são fundamentais para que o trabalho de gerenciamento do espaço físico obtenha sucesso.

Dessa maneira, caracteriza-se que a participação do geógrafo nos trabalhos voltados ao mapeamento temático das áreas presentes no entorno e abaixo das linhas de transmissão, ou seja, a Faixa de Servidão apresenta-se como um campo de atuação latente – no contexto da gestão ambiental. Sobretudo porque, o geógrafo tem em sua formação o respaldo para desenvolver essas atividades. Todas essas disciplinas: Geografia Física, Cartografia Geral, Geografia Regional I, Cartografia Temática,

Climatologia I, Geologia Geral, Aerofotogeografia, Geomorfologia, Oceanografia, Ecologia Geral, Geografia Agrária, Sociologia Rural, Biogeografia, Geografia Urbana, Sociologia Urbana, Geografia Econômica, Ecologia Política, Geografia da População, Geologia Ambiental, Planejamento Regional e Urbano, Análise e Gestão de Bacias Hidrográficas, Geopolítica, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – que compõem a maioria das grades curriculares dos cursos de geografia no Brasil, dão suporte a atuação profissional em trabalhos de gestão ambiental.

Vale ressaltar a necessidade de outros profissionais, tais como os citados acima, fortalecendo a equipe multidisciplinar, os quais adquirem na sua graduação conhecimentos específicos e de interesse, em especial, à solução das problemáticas sócio-ambientais. No caso específico da pesquisa retratada neste artigo, contou-se ainda com a intervenção dos seguintes profissionais: Engenheiro Cartógrafo, Geógrafos, Técnicos em Agrimensura, Engenheiro de Aqüicultura, entre outros profissionais da equipe técnica da Eletrosul Centrais Elétricas S.A. Todos estes discutiram em reuniões, os métodos utilizados no desenvolvimento da pesquisa integrando o conhecimento das diferentes formações envolvidas, contando também com opiniões externas, que por fim, o geógrafo – tendo uma formação holística e somado essencialmente ao conhecimento da problemática de campo, obteve o embasamento necessário à determinação final da formulação e da definição da solução do problema. Propondo à equipe a modelagem que foi ratificada e corroborada por todos.

## **MODELAGEM DE PROPENSÃO À EROSÃO**

O diferencial tecnológico utilizado neste trabalho ancora-se na aplicação de imagens de alta resolução espacial, para o controle dos processos erosivos, diagnóstico e manutenção do uso do solo na área de influência das LT's, além de outros possíveis usos que podem ser desenvolvidos, tendo como base este modelo. Com isso, entende-se que as geotecnologias atuam como um carro “abre-alas” à atuação do geógrafo, abrindo um leque ainda maior para a inserção profissional.

O avanço tecnológico do Sensoriamento Remoto otimiza as idas à campo, favorece a atualização nos produtos cartográficos e permite uma visão sinótica do meio. Além disso, caminha para o processo de interpretação de micro-feições, ou seja, passíveis de estarem presentes em documentos cartográficos de grande escala, uma vez que se implementam as resoluções temporal, radiométrica, espectral e espacial. O uso das imagens de alta resolução permite o estudo de desmatamentos, construção de estradas, ocupação ilegal, cumprimento de leis ambientais e, em especial aplicação, o levantamento dos processos erosivos das ravinas e voçorocas, pois através das imagens definem-se feições com no mínimo 0.61m de resolução espacial.

O uso do SR não seria pleno sem a combinação que se faz com os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Os conhecimentos geomorfológicos, geológicos, climáticos, biológicos, territoriais, socioeconômicos e etc., possibilitam ao geógrafo produzir e/ou interpretar as diferentes informações, aumentando a aplicabilidade do SIG, bem como dinamizando seus produtos. Neste sentido, buscou-se a criação de um modelo de áreas susceptíveis (propensas) à erosão. As técnicas de geoprocessamento e mapeamento utilizadas durante toda pesquisa deram suporte técnico e tecnológico através dos softwares utilizados.

A metodologia utilizada visou à confecção de um modelo matemático que aponte os locais de risco (pontencial) à erosão. O procedimento foi realizado com os softwares ArcGIS versão 9.2 e ERDAS Imagine versão 9.1. O modelo matemático fornece dados

para orientar as equipes de campo que fiscalizam as LTs, bem como auxiliar a Companhia Elétrica responsável numa antecipação de ações, para evitar os sinistros em área críticas. A metodologia utilizada levou em consideração as variáveis mapeadas da faixa de servidão, bem como a determinação dos “pesos” de cada uma delas em consideração a todo modelo. O método de aplicação dos “pesos” foi baseado na Equação Universal de Perda de Solo e também auxiliado pelos trabalhos de Bloise et al. (2001), Pereira (2006) e Pimenta (1998). Estes artigos subsidiaram os valores a serem atribuídos a cada classe para montar um modelo matemático a fim de apontar as áreas mais susceptíveis. De acordo com os modelos publicados e a equação universal de perda de solo, foram selecionadas as variáveis que influenciam a erosão, possibilitando análises do espaço. Após o processamento e análises destas variáveis foi obtida uma representação cartográfica das áreas mais propensas à erosão. Cada peso atribuído às variáveis determinou a relevância no resultado final considerando a operação matemática empregada em cada nível de informação, que são: declividade do terreno, acumulação de fluxo, uso e ocupação do solo, tipos de solo e manejo.

Foram utilizadas operações matemáticas de forma empírica, os cálculos das imagens que compuseram o modelo de propensão à erosão, onde arquivos *raster* receberam a hierarquia de pesos em cada classe do conjunto de níveis de informações citados acima. As fórmulas testadas foram apoiadas nos manuais do fabricante do software ArcGis da extensão Spatial Analyst e na bibliografia científica. Os pesos atribuídos à cada classe não foram sempre os mesmos, ocorrendo um ajuste mútuo conforme as fórmulas iam sendo testadas.

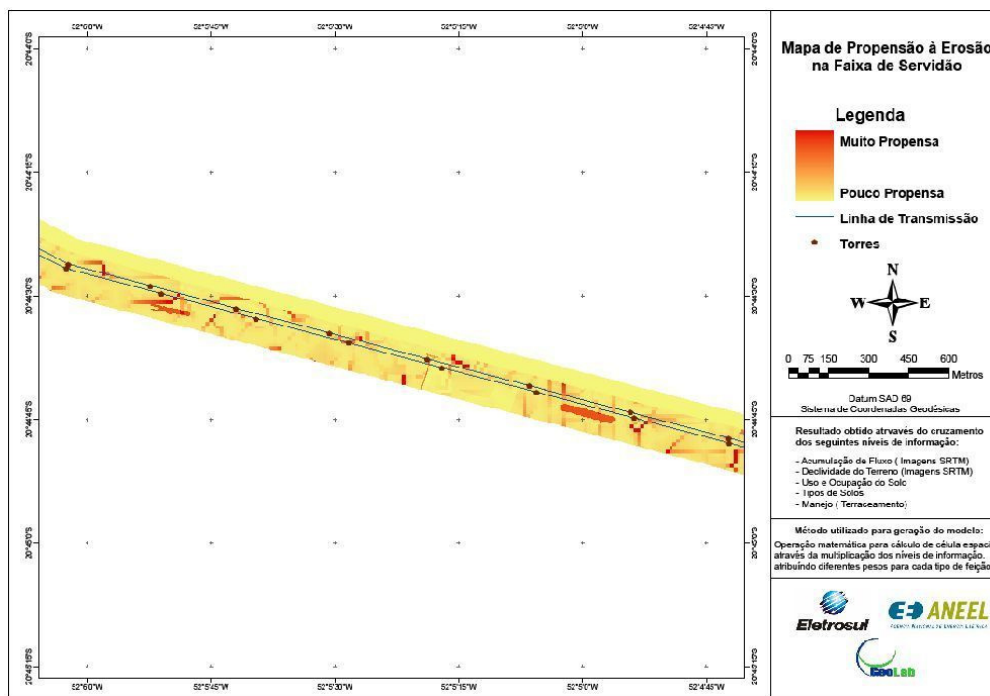


Figura 05: Mapa de Propensão à Erosão, contendo o resultado da formula final.

Depois dos cálculos desenvolvidos e obtenção da informação de propensão à erosão, é necessário confrontar os resultados com a informação de uso e ocupação do solo. Existem casos em que a preocupação da proximidade entre as torres e a alta

propensão à erosão torna-se infundada, pois pode haver uma rodovia, por exemplo, interpondo-se entre as duas, o que impediria o progresso erosivo de atingir a torre.

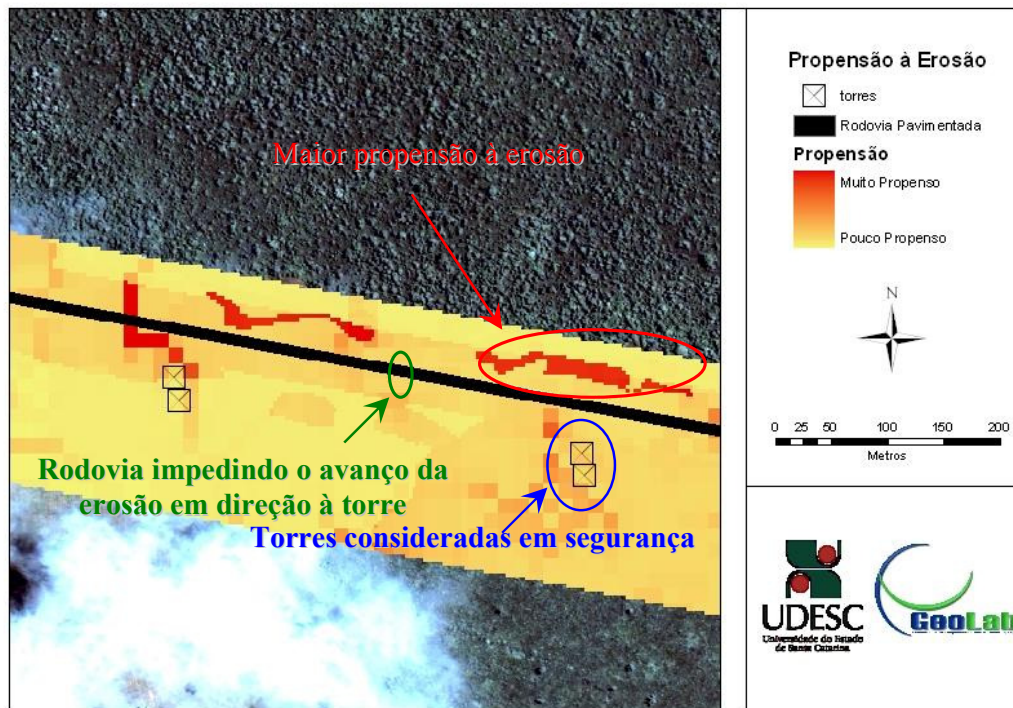


Figura 06: Rodovia impedindo que o avanço da erosão atinja a torre.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa tratou, em especial, da análise de processos erosivos de um trecho com torres de transmissão de propriedade da Empresa de Energia Elétrica, Eletrosul, compreendido em três municípios do Estado do Mato Grosso do Sul. O processo empregado neste estudo contou com a quantificação das feições erosivas próximas às torres de transmissão e alcançou resultados satisfatórios, considerando a qualidade dos dados utilizados.

Foram apontadas as torres que estão livres de influências de processos erosivos, que se caracterizam pela não proximidade ao foco erosivo e por existir alguma feição interpondo-se entre a torre e a erosão, bem como as torres que podem estar em risco. Ressalta-se que, para as torres apontadas em risco, este método não deve ser usado isoladamente, mas sim combinado com outras informações, a fim de contribuir para uma análise mais refinada (amostras de solo, avaliação da rede de drenagem, uso do solo, etc).

Obteve-se também, um bom resultado provindo do processo aplicado neste estudo devido à área de interesse ser de grande extensão (aproximadamente 215 Km). As imagens de satélites e modelos 3D permitem o recobrimento visual total em escritório, facilitando os custos com deslocamento, hospedagem e topografia. Também devem ser levados em consideração os possíveis trabalhos de monitoramento das feições que podem vir a serem feitos através da aquisição de novas imagens mais atuais, buscando o



acompanhamento da evolução dos processos erosivos existentes e um refinamento do método acima descrito poderão ser executados.

Os resultados obtidos durante o processo de geração do modelo, bem como os modelos finais, propriamente dito, foram analisados visualmente pela equipe técnica de pesquisadores e bolsistas do Laboratório de Geoprocessamento – Geolab – da Universidade do Estado de Santa Catarina. A análise visual se torna importante por motivo de não existir no acervo da Eletrosul uma imagem de satélite com data mais atual, portanto foram considerados os parâmetros do modelo e a análise visual foi realizada na imagem de satélite existente. No entanto, um acompanhamento com imagens mais atuais poderia fornecer os dados atualizados da dinâmica erosiva.

Um aspecto importante a ser ressaltado refere-se à participação, mais ou menos intensa, de profissionais com formações diversificadas, o que implica numa possibilidade de maior compreensão do objeto de estudo que, pela sua complexidade, exige um olhar multidisciplinar. Esta visão mais aberta em relação à formação de equipes multidisciplinares foi encontrada na Empresa onde o presente estudo foi realizado, e isto com certeza se configura como um elemento contributivo no processo de obtenção de resultados mais fidedignos.

Percebe-se que para o profissional geógrafo é indicada uma maior inserção na atuação junto ao órgão de classe, ou seja, ao CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia), permitindo uma maior representatividade da sua categoria e, ampliando espaços de atuação junto as diferentes instituições da sociedade civil.

Sabe-se da necessidade do fortalecimento da classe, por meio de uma articulação efetiva, na qual se integrem à sistemática do CONFEA (Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) e assim, obtenham assentos e possibilidades de determinação das políticas de formação e atuação profissional, visando a formação técnica multidisciplinar e, conseqüentemente, a responsabilidade técnica (poder de assinatura) respaldada pelo órgão. Decorrência disto seria a maior interferência de geógrafos, profissionais com formação direcionada à gestão ambiental, associado ao uso das geotecnologias, nas grandes empreitadas de cunho sócio-ambiental, as quais exercem grande influência na sociedade em geral.

## REFERÊNCIAS

ANTONIO J. T. GUERRA. *EROSÃO DOS SOLOS – PROJETO ELETROSUL – RELATÓRIO PARCIAL*. [florianópolis, Rio de Janeiro], 2007. 44 p.

DEFESA CIVIL (Org.). *Glossario: Secretaria Municipal de Defesa Civil e Trânsito*. Disponível em: <[http://www.defesacivilcantagalo.rj.gov.br/glossario/glossario\\_html-letra=E.htm](http://www.defesacivilcantagalo.rj.gov.br/glossario/glossario_html-letra=E.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2008.

DEL'ARCO, D.M. et al. *Susceptibilidade à Erosão da Macrorregião da Bacia do Paraná. Campo Grande*, 277p. Convênio de Cooperação Técnico - Científica IBGE/Estado de Mato Grosso do Sul, 1992.

DIGITAL GLOBE. An Imagery and Information Company Disponível em: < [www.digitalglobe.com](http://www.digitalglobe.com)>. Acesso em: 04 de agosto de 2006.

ESRI (Org.). *GIS Dictionary*. Disponível em: <<http://support.esri.com/index.cfm?fa=knowledgebase.gisDictionary.search&searchTerm=aspect>>. Acesso em: 20 mar. 2008

JPL- Jet Propulsion Laboratory - NASA (2003). Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/> Acesso em: 04 de agosto de 2006.

VRIELING, Anton. Erosion Assessment by satellite remote sensing in the Brazilian Cerrados. In: ENVIRONMENTAL SCIENCE GRUP WAGENINGER UR, **Erosion and Soil & Water Conservation Group**. Wagenigen: Esw, 2005. p. 1 - 1.

BLOISE, Gabriela de Lima Freitas et al. **Avaliação da Suscetibilidade Natural à Erosão dos Solos da Bacia de Olaria-DF**. Planaltina, Df: Embrapa, 2001. (Boletim Pesquisa e Desenvolvimento - Embrapa). Disponível em: <<http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2001/bolpd/bolpd14.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2008.

PEREIRA, Aloísio Rodrigues. **Determinação Perda de Solos**. 001. ed. Belo Horizonte, Mg: Deflor Bioengenharia, 2006. (Boletim Técnico - Deflor Bioengenharia). Disponível em: <<http://www.deflor.com.br/portugues/pdf/boletim1.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2008.

PIMENTA, Maria Teresa. **Directrizes para Aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG. Factor de Cultura C e Factor de Erodibilidade do Solo K**. Portugal: Snirh, 1998. (Relatórios Técnicos - INAG/SNIRH). Disponível em: <[http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/directrizes\\_perdasolos\\_sig.pdf](http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/directrizes_perdasolos_sig.pdf)>. Acesso em: 24 set. 2008.

WOSNY, Guilherme Clasen et al. **Avaliação dos Riscos dos Processos erosivos próximos as Torres das Linhas de Transmissão de Energia gerenciadas pela Eletrosul no Estado do MS**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO E GESTÃO TERRITORIAL, 8., 2008, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Ufsc, 2008. p. 1 - 10. CD-ROM.

WOSNY, Guilherme Clasen; OLIVEIRA, Francisco Henrique de; SANTO, Mariane Alves Dal. **Profissional Geógrafo E O Meio Ambiente –Linhas De Transmissão**. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA DA UDESC, 5., 2005, Florianópolis. **Anais... .** Florianópolis: Udesc, 2005. p. 111 - 117. CD-ROM.